



Agrarforschung zum Klimawandel

Konferenz der Deutschen Agrarforschungsallianz
11.-14.03.2024, Potsdam

unter der Schirmherrschaft
des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Plattform

»Landwirtschaft im Klimawandel«

Agrarforschung zum Klimawandel,
Konferenz der Deutschen Agrarforschungsallianz, 11.-14.03.2024, Potsdam,
unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft

Herausgeber

Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA)
% Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Ansprechpartner

Martin Erbs, Martin Köchy
Tel.: +49 531-596-1019, -1017
E-Mail: info@dafa.de

Redaktion, Konzept

Martin Köchy

Bildnachweis

Soweit nicht anders angegeben:
© Thünen/Martin Köchy, Beate Büttner
Für die Abbildungen in den eingereichten Beiträgen sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Veröffentlicht 05/2024

DOI 10.3220/DAFA1713767287000



Agrarforschung zum Klimawandel

Konferenz der Deutschen Agrarforschungsallianz
11.-14.03.2024, Potsdam

unter der Schirmherrschaft
des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft

Programm und Beiträge

Stand: 7. Mai 2024

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

dafa

Deutsche Agrarforschungsallianz

Inhalt

Die DAFA-Plattform „Landwirtschaft im Klimawandel“	4
Zum Geleit	6
Grußwort des Bundesministers für Ernährung und Landwirtschaft	7
Grußwort des Staatssekretärs des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.....	8
Sessions und Abstracts	9
01 Wissenschaftspolitischer Auftakt	10
11 Carbon Farming – Große Maßstäbe und Steuerungsaspekte	14
12 Carbon Farming in der Anwendung	23
13 Wege der CO ₂ -Entnahme im Landnutzungssektor – Interaktive Session der Fördermaßnahme CDRterra.....	32
14 Das THEKLa-Netzwerk: THG-Bilanz, Klimaschutz, Aktuelles aus den Arbeits- gruppen und Perspektiven	40
21 Ernährung, Nachhaltigkeit und Transformation	42
22 Klimagerechte Ernährung und die besondere Rolle von Klimalabeln	48
31 Ziele, Strategien und Wege für Klimaschutz und Klimaanpassung	53
32 Heißer und trockener – reicht das aus? Welche passgenauen Klimawandel- Informationen braucht die landwirtschaftliche Praxis?.....	65
33 Quantifizierung und Projektionen von Agrar- klimaschutzstrategien und Politikinstrumenten.....	71
34 Chancen und Herausforderungen einzelbetrieb- licher THG-Bilanzierung	80
35 Die Governance des agrarischen Klimaschutzes	86
36 FAIRes Forschungsdatenmanagement für die Agrosystemforschung	91
37 Fernerkundung für die Anpassung	93
41 Landschaftsentwicklung.....	96
42 Moorentwicklung	107
43 Integrierte Ansätze zur landwirtschaftlichen Anpassung an den Klimawandel auf lokaler und regionaler Ebene	119
44 Integrierte Tier-Pflanze-Agrarsysteme.....	129
45 Paludikultur: praxis-orientierte Forschung von Projektbeispielen in Deutschland.....	136
46 Torfminderung im Gartenbau	166
51 Klimaschutz in der Rinderhaltung	176
52 Klimageeffiziente Nutztierhaltung	184
53 Landwirtschaftliche Tierhaltung im Klimawandel – Emissionsreduktion und Anpassung	202
54 Fit für den Klimawandel – ressourcenschonende und effiziente Milcherzeugung.....	213

55	Umweltverträgliche Szenarien für eine Nutztierhaltung in Deutschland	220
56	Wie wirkt sich der Klimawandel auf Bienen und Bestäuberinsekten aus – Wie kann daraus resultierenden Herausforderungen begegnet werden?.....	223
60	Agroforst	230
61	Auswirkungen des Klimawandels auf die Getreideproduktion in Deutschland und Europa	237
62	Forschungsinfrastrukturen und Modelle für Klimafolgenforschung und Klimaanpassung in Pflanzenbau und Grünland.....	245
63	Steuerung der Stickstoffdüngung	252
64	Neue Anbausysteme und Kulturen	258
65	Vorratsschutz	267
66	THG-Emissionen im Ackerbau – Bedeutung der Indikatorauswahl und mögliche Anpassungsstrategien.....	272
67	Pflanzenzüchtung zur Steigerung der Ressourcen- effizienz, Resilienz und Reduktion der THG-Emissionen	284
68	Klimaschutz in der Pflanzenproduktion bewerten – Indikatoren und Herausforderungen.....	294
69	Potentiale der Agroforstwirtschaft zur Klimaanpassung und Klimaschutz ...	305
71	Transformation vom Trog zum Teller	311
72	Transformative Forschung: Normative Aspekte des Transformationsbegriffs – Chancen und Risiken in der Agrar- und Ernährungsforschung.....	318
73	Die Transformationspfade der „Agrarsysteme der Zukunft“ – Transformative Forschung innerhalb einer Förderlinie	324
74	Regenerative Landwirtschaft als Antwort auf den Klimawandel? Von Möglichkeiten und Grenzen.....	327
81	Lebensmitteleinzelhandel: Key-Player für den Klimaschutz?.....	332
	Fotocollage mit Eindrücken von der Tagung	336
	Beteiligte.....	337
	Die Deutsche Agrarforschungsallianz.....	338



Die DAFA-Plattform „Landwirtschaft im Klimawandel“

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen für die Ökosysteme der Erde und damit für die Lebensgrundlage der menschlichen Gesellschaft. Die Art und Weise, wie wir derzeit Nahrung erzeugen, steht dabei aus drei Gründen im Fokus:

Der Sektor Landwirtschaft in Deutschland trug 2020 mit 8 % zu den Deutschland zugeordneten Treibhausgasen bei (UBA: Nationale Trendtabellen) - seit 1994 jährlich zwischen 64 und 68 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forst). Besonders klimawirksame Treibhausgase wie Distickstoffoxid und Methan sind direkt mit Ackerbau und Tierhaltung verbunden.

Landwirtschaft ist aber auch Leidtragender des Klimawandels. Steigende Temperaturen und eine Zunahme von Extremwetterlagen (z.B. Hitze, Dürre, Starkregen) erhöhen das Risiko von Ertragsausfällen. Landwirtschaftliche Betriebe sind gezwungen, ihre Produktionsstrategien anzupassen und so Risiken abzupuffern.

Landwirtschaft ist Mitgestalter des Anpassungsprozesses an die Auswirkungen des Klimawandels und damit Teil der Lösung.

Die Landwirtschaft kann Nahrungsproduktion und die Bereitstellung von anderen Ökosystemleistungen so gestalten, dass weniger Treibhausgase entstehen. Zudem kann Land- und Forstwirtschaft dafür sorgen, dass klimaerwärmendes Kohlendioxid aus der Luft langfristig in organischer Masse im Boden fixiert wird.

Die Änderung der Nahrungsmittelerzeugung und des -verbrauches ist jedoch noch zu langsam, weil Landwirte, Konsumenten und Akteure in den Prozessketten beteiligt werden wollen und unterschiedliche Prioritäten haben. In der Ausgestaltung einer politischen Agenda, deren Umsetzung und deren regelmäßigen Justierung ist es wichtig, die Expertise der Agrarforschung in Deutschland in diesen Prozess einzubinden und den Austausch zwischen politischen Akteuren und Wissenschaftlern zu fördern. Unser zentraler Beitrag dazu liegt in der stärkeren Vernetzung der Forschenden zum Thema „Landwirtschaft im Klimawandel“ innerhalb Deutschlands, insbesondere über verschiedene Forschungsstrukturen hinweg!

Die Plattform unterstützt Wissenschaftende,

- aktuelle Forschungsergebnisse zu diskutieren,
- potenzielle Synergien in der Forschungsarbeit zu identifizieren und zu verwirklichen und
- die vorhandene Expertise gezielt zu bündeln, um Politik und Gesellschaft (insbesondere die Akteure der Landwirtschaft) bestmöglich zu informieren und im Gegenzug politische und gesellschaftliche Belange in ihre Forschung zu integrieren.

Dazu veranstaltet die Plattform seit 2022 Webinare, die dem fachlichen Austausch dienen. In den Webinaren werden aktuelle Themen aus Sicht der Forschung behandelt. Damit bieten wir eine Diskussionsplattform, um sich über Fachgrenzen hinweg auszutauschen und gemeinsame Forschungsrichtungen zu entwickeln. In größeren

Abständen werden die Online-Workshops durch Konferenzen ergänzt, in denen Erkenntnisse für eine breitere Fachöffentlichkeit zusammengefasst und „Blinde Flecken“ der Forschung aufgedeckt werden sollen.

Die Webinare bestehen aus Impulsvorträgen, Diskussionsrunden und einer Verständigung über die Dokumentation von Erkenntnissen und der Identifikation von „blinden Flecken“ aus der Veranstaltung. Zudem wird eine Übersicht über laufende Projekte zu dem Thema erstellt.

Bisher fanden Webinare zu folgenden Themen statt:

- Carbon Farming
- Klimafreundliche Rinderhaltung
- Klimawandel und Erträge
- Auswirkungen des Klimawandels auf den Pflanzenschutz
- Innovative Methoden zur Emissionsminderung – Fokus Monogastrier
- Was braucht es zur Ernährungswende?
- Neue Pflanzenbausysteme und Kulturen

Näheres zu den Webinaren und die Folien der Vortragenden finden Sie auf der Webseite der Serie.



Zum Geleit

Nach mehreren Hitze- und Dürresommern ist in Europa ein breites Bewusstsein vorhanden, dass Landwirtschaft sich schon jetzt auf andere Bedingungen einstellen und noch stärker und schneller zum Klimaschutz beitragen muss. Gleichzeitig müssen die Aspekte Ernährungssicherung, Biodiversitätsschutz, Energiebereitstellung und Entwicklung des ländlichen Raumes berücksichtigt werden. Auf dieser Konferenz wurde unter anderem gezeigt, welche Potentiale in bestimmten Klimaschutzmaßnahmen stecken und wie sie durch geeignete Landbewirtschaftung umgesetzt werden können.

Auf der Konferenz „Agrarforschung zum Klimawandel“ der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA) wurde der aktuelle Stand der Wissenschaft zu zentralen Themen im Bereich Landwirtschaft im Klimawandel präsentiert und diskutiert. Ein Schwerpunkt lag auf vielversprechenden Ansätzen für zukünftige Produktionssysteme und der Nutzung von Agrarlandschaften. Einen weiteren Themenschwerpunkt bildete der Klimaschutz, angefangen mit Studien zur Erfassung von Stoffflüssen bis hin zu Konzepten für Schutzmaßnahmen und Kohlenstofffixierung. Es wurde auch gezeigt, welche Auswirkungen des Klimawandels die Landwirtschaft zukünftig erwarten, welche Anpassungsmaßnahmen Erfolg versprechen und welche Stellschrauben es für den Klimaschutz im Agrarsektor gibt. Die Konferenz bot die Möglichkeit, innovative Lösungsansätze kennenzulernen und Partner für neue Forschungsansätze zu finden.

Austausch unter den Forschenden und mit den in der Landwirtschaft tätigen Personen zu neuen Erkenntnissen und praktischen Fragen ist eine Voraussetzung, um gemeinsam den Klimawandel abzumildern und gleichzeitig unser Ernährungssystem der unausweichlichen Klimaveränderung anzupassen. Auf diese Weise können die drängendsten Fragen frühzeitig erkannt und Lösungen umgesetzt werden. Das gemeinsame Experimentieren von Forschenden und Praktizierenden ist heute schon häufiger anzutreffen als noch vor zehn Jahren. Doch viele gewohnte Abläufe, Erwartungshaltungen und Verwaltungsvorschriften der Forschungsförderung und der Agrarförderung hemmen derzeit noch den Ansatz des gemeinsamen Experimentierens in Projekten. Dazu braucht es längere Projektlaufzeiten, koordinierte, regionalspezifische Experimente, bundesweit gebündelte Fragen und Auswertungen und einen Mechanismus, der wirtschaftliche Ausfälle und Aufwendungen in Experimenten und im Forschungsbetrieb finanziell kompensiert. Zahlreiche Beiträge mit dem Ansatz des gemeinsamen Experimentierens zeigten auf der Konferenz ihre Ergebnisse. Wir freuen uns deshalb, dass das BMEL die Konferenz durch seine Schirmherrschaft unterstützte, das BMUV sich an der Konferenz beteiligte und viele Personen aus Politik und Verwaltung ihr Interesse an der Veranstaltung signalisiert haben.

Wir wissen aus vielfachen Rückmeldungen: es war eine inspirierende Konferenz!

Prof. Dr. Claas Nendel

Leibniz-Zentrum f. Agrarlandschaftsforschung
und Universität Potsdam

Sprecher

Dr. Claudia Heidecke

Thünen-Institut

stellvertretende Sprecherin

der Plattform Landwirtschaft im Klimawandel



© BMEL/Janine Schmitz/Photothek

Grußwort des Bundesministers für Ernährung und Landwirtschaft Cem Özdemir

Liebe Leserinnen und Leser,

ohne die Arbeit unserer Bäuerinnen und Bauern würde uns allen das Wichtigste fehlen: unser tägliches Brot! Eine zukunfts- und krisenfeste Landwirtschaft, die auch potenziellen Hofnachfolgern eine Perspektive bietet, ist in unser aller Interesse.

Die Klimakrise hinterlässt auch in der Land- und Forstwirtschaft deutliche Spuren. Wir haben Hitzeperioden mit geringen Niederschlägen erlebt, die regional zu Dürren geführt haben. Sie hatten Ernteverluste und großflächige Schäden in unseren Wäldern zur Folge. Regional gab es Starkregen und Überschwemmungen, Felder standen wochenlang unter Wasser. Die Ernten werden dadurch immer unkalkulierbarer. Land- und Forstwirtschaft stehen vor der Herausforderung, sich an die veränderten klimatischen Bedingungen anzupassen, um ihre Betriebe widerstandsfähiger und fit für die Zukunft zu machen.

Land- und Forstwirtschaft sind aber nicht nur von der Klimakrise betroffen – sie müssen auch ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Denn die Landwirtschaft ist durch die intensive Bewirtschaftung von Böden, die Tierhaltung und den Einsatz von Düngemitteln eine Quelle von Treibhausgasemissionen. Schon heute leistet die Landwirtschaft in Deutschland ihren nationalen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Um der Klimakrise zu begegnen und sich besser an ihre Folgen anzupassen, muss die Landwirtschaft noch nachhaltiger und innovativer werden. Forschung zu Klimaschutz und zur Klimaanpassung ist dabei von überragender Bedeutung.

Mit dem Forschungsprogramm „Klimaschutz in der Landwirtschaft“ und vielen Projekten der Ressortforschung leistet das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft einen wichtigen Beitrag zur Lösungsfindung. Die Forschungsergebnisse helfen land- und forstwirtschaftlichen Betrieben dabei, nachhaltiger zu wirtschaften. Nicht zuletzt geben sie der Politik eine Orientierung für künftige Weichenstellungen.

Vor diesem Hintergrund danke ich allen Forscherinnen und Forschern und der Deutschen Agrarforschungsallianz. Sie tragen erheblich dazu bei, die deutsche Land- und Forstwirtschaft zukunftsfähig aufzustellen, damit sie das Klima schützen, ihre Anpassungsfähigkeit erfolgreich steigern und unsere Ernährung sichern kann. Ich freue mich auf eine spannende und zukunftsweisende Konferenz.

Ihr

Cem Özdemir

Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft



Grußwort des Staatssekretärs des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz Stefan Tidow

Liebe Forschende und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Konzepte für den Klimaschutz, aber auch für eine bessere Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels, sind für die Landwirtschaft eine sehr konkrete Notwendigkeit. Dazu braucht sie auf der einen Seite den Rückhalt der Politik, insbesondere durch verlässliche Rahmenbedingungen, und gezielte Förderprogramme. Sie ist aber auch angewiesen auf eine exzellente wissenschaftliche Begleitung, auf solide Datengrundlagen, technische Neuerungen und eben systematische Denkanstöße. Und das ist die Aufgabe der Wissenschaft.

Resiliente und naturnahe Ökosysteme sind als natürliche Kohlenstoffspeicher wichtige Verbündete im Kampf gegen die Klimakrise und ihre Folgen. Je besser wir die Zusammenhänge in den Ökosystemen verstehen, desto zielgerichteter können wir daraus Handlungsoptionen für den natürlichen Klimaschutz ableiten. Eine nachhaltige Bewirtschaftung der zunehmend stärker beanspruchten Wasserressourcen verlangt, den lokalen natürlichen Wasserkreislauf in den Mittelpunkt der Bewirtschaftung zu stellen, auch in der Landwirtschaft. Natürlich muss auch die wirtschaftliche Seite stimmen, wenn notwendige Veränderungen möglich gemacht werden sollen. Deswegen unterstützen wir als Umweltministerium mit dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz und Start-up-Förderung die verschiedenen Handlungsfelder.

Produktion und Verbrauch sind eng verbunden. Flächenverbrauch für den Futteranbau zur Erzeugung von Fleisch, Milch und Eiern, die Treibhausgasemissionen der intensiven Tierhaltung oder die Umweltwirkungen von mineralischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln haben negative Auswirkungen auf Umwelt, Klima, Tierwohl und auch die menschliche Gesundheit. Sie sind daher bei der Entwicklung von Lösungsstrategien für Folgen des Klimawandels mit zu bedenken.

Für die notwendigen Veränderungen in der Landwirtschaft ist die gemeinsame Agrarpolitik der EU eine relevante Stellschraube. Die notwendigen Umweltmaßnahmen für landwirtschaftliche Betriebe lohnenswert und praktikabel auszugestalten, dabei spielen Sie, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, eine wichtige Rolle.

Meine Damen und Herren, das Programm dieser Veranstaltung macht sehr deutlich, dass Sie sich dieser Aufgabe mit viel Engagement stellen. Ich wünsche Ihnen deswegen einen fruchtbaren Austausch, vor allen Dingen gute Erkenntnisse und Ergebnisse. Ich wünsche mir sehr, dass diese Konferenz ein weiterer wichtiger Baustein wird, um angesichts des Klimawandels die Zusammenarbeit der Politik mit der Praxis im Sinne nachhaltiger Lösungen zu festigen und vor allen Dingen nach vorne zu führen.

[Aus dem Grußwort bei der Eröffnung der Konferenz am 11. März 2024, gekürzt und bearbeitet von der DAFA-Geschäftsstelle]

Sessions und Abstracts

Agrarforschung zum Klimawandel

"Wir müssen unsere Landwirtinnen und Landwirte im Kampf gegen die Klimakrise weiter unterstützen. Die Landwirtschaft ist dabei mehrfach betroffen. Sie trägt zur Klimakrise bei, sie leidet in besonderer Weise an ihr - aber sie ist auch Teil der Lösung im Kampf gegen die Klimakrise. Wir brauchen wirksame Lösungen für die nachhaltige, klimaschonende Arbeit im Feld und im Stall. Nutzen und schützen, bewahren und weiterentwickeln – das müssen wir miteinander in Einklang bringen, für Betriebe mit guter Perspektive auch in den kommenden Generationen.

Wir als Bundesregierung tun unseren Teil dazu, mit der Weiterentwicklung der Tierhaltung, mit dem Ausbau des Öko-Landbaus oder dem Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz, mit dem wir beispielsweise Moore wiedervernässen.

Die Agrarforschung zum Klimawandel trägt ihren - sehr wesentlichen - Teil dazu bei, die Grundlagen der Landwirtschaft zu schützen. Damit unsere Versorgung mit heimischen und regionalen Produkten sicher ist, heute, aber auch in 20 oder 50 Jahren."

Cem Özdemir

*Minister für Ernährung und Landwirtschaft,
bei der Eröffnung der Konferenz, 11. März 2024*



01 Wissenschaftspolitischer Auftakt

Moderation: Dr. Claudia Heidecke, Thünen-Institut, und Prof. Dr. Claas Nendel, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) und Universität Potsdam

- Eröffnung
 - Bundesminister Cem Özdemir, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
 - Grußwort | Staatssekretär Stefan Tidow | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
- Keynote-Vorträge
 - Agricultural research challenges in the context of climate change and Planetary Boundaries | Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen, Abteilungsleiter Klimaresilienz, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), und Professor für Nachhaltige Landnutzung und Klimawandel, Humboldt-Universität zu Berlin
 - Deutsche Landwirtschaft im Klimawandel - die wichtigsten Stellenschrauben | Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Präsident Thünen-Institut
- Diskussionsrunde: Klimaschutz und die Rolle der Landwirtschaft

Moderation: Prof. Dr. Peter H. Feindt, Humboldt-Universität zu Berlin

 - Silvia Bender, Staatssekretärin, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
 - Dr. Christine Chemnitz, Direktorin Agora Agrar
 - Max von Elverfeldt, Vorsitzender Familienbetriebe Land & Forst
- Diskussionsrunde: Klimaanpassung - Fokus Wasser

Moderation: Prof. Dr. Anna Häring, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE)

 - Prof. Dr. Frank Ewert, Direktor Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)
 - Tobias Fuchs, Leitung Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Deutscher Wetterdienst (DWD)
 - Lena Hübsch, Leiterin Niedersächsisches Kompetenzzentrum Klimawandel
 - Thomas Abel, Geschäftsführer Abteilung Wasserwirtschaft, Verband kommunaler Unternehmen
- Gemeinsames Resümee der beiden Diskussionsrunden
 - Dr. Annette Freibauer, Vizepräsidentin Wissen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
 - Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Präsident Thünen-Institut
 - Prof. Dr. Dirk Messner, Präsident Umweltbundesamt (UBA)



Landwirt, Energiewirt, Klimawirt

Manfred Kriener, Journalist

✉ kriener@t-online.de

Die Landwirtschaft ächzt unter den Folgen der Klimakrise: Hochwasser, Dürren, Ernteverluste. Wie kann sie widerstandsfähiger und nachhaltiger werden? Und wie kann sie zur Klimaneutralität beitragen? Die Transformation des Agrar- und Ernährungssystems stand im Mittelpunkt der DAFA-Wissenschaftskonferenz „Agrarforschung zum Klimawandel“.

Schon wieder ein Temperaturrekord. Der soeben zu Ende gegangene Februar 2024 war der wärmste Februar seit Beginn der Aufzeichnungen 1881. Auch das Jahr 2023 steht an der Spitze mit den im Jahreslauf weltweit höchsten, jemals gemessenen Temperaturen. „Sie steigen und steigen und die 1,5 Grad-Erwärmung ist fast erreicht“, sagte Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen, Leiter der Forschungsabteilung Klima-Resilienz am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Wird die kritische 1,5-Grad-Schwelle überschritten, dann spürt das vor allem die Landwirtschaft, die schon jetzt unter den sich erst langsam entwickelnden Folgen der Klimakrise ächzt. Im Frühjahr 2024 setzten die nicht enden wollenden Regenfälle die Felder in weiten Teilen Deutschlands teils monatelang unter Wasser. Zuvor hatten mehrere Dürrejahre mit starker Trockenheit regional für große Ernteverluste gesorgt.



Äcker und Ställe, Wälder und Weiden stecken im Schwitzkasten der Klimakrise – ein Thema, das allen unter den Nägeln brennt, die sich mit Landwirtschaft, Ernährung und Forsten beschäftigen. Ganz besonders auch der Agrarwissenschaft, deren Daten, Analysen und Lösungsansätze „die Landwirte und Landwirtinnen in ihrem Kampf gegen die Klimakrise unterstützen“ sollen, wie Landwirtschaftsminister Cem Özdemir zum Auftakt der Wissenschaftstagung „Agrarforschung zum Klimawandel“ sagte.

Mehr als 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind nach Potsdam zum großen Ratschlag gekommen – zur Diskussionsplattform für eine zukunftsfeste Landwirtschaft. Die Veranstalter, die Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA), hat für die Konferenz *Agrarforschung zum Klimawandel* ein „atemberaubendes Programm“ (Özdemir) vorgelegt. 90 Posterpräsentationen und mehr als 100 Vorträge standen auf der Tagesordnung. Wie kann Landwirtschaft nachhaltiger und widerstandsfähiger werden? Wie kann sie ihre Treibhausgas-Emissionen reduzieren, Humus aufbauen, mehr Kohlenstoff in den Böden binden? Dabei geht es um nicht weniger als „die Grundlagen unserer Existenz“, wie der Landwirtschaftsminister eingangs sagte. Vier Tage lang wurde auf der Konferenz der Forschungsstand zum Themenblock „Landwirtschaft und Klimawandel“ präsentiert und diskutiert. Im Mittelpunkt stand ein agrarpolitischer Klima-Dreiklang: Die Landwirtschaft

- als ein wesentlicher Verursacher der Klimakrise
- als Leidtragender durch die teils katastrophalen Folgen
- und als Teil der Lösung mit großen Potenzialen

Am Eröffnungstag standen zwei heikle Problemfelder immer wieder im Fokus:

die Moore und die Tierhaltung. Der Instrumentenkasten, um die Klimabilanz der Landwirtschaft zu verbessern, ist zwar erstaunlich groß. Aber gleich in mehreren Vorträgen wurden einige „Hebel“ mit besonders starker Klimawirkung als vorrangige Maßnahmen herausgestellt: Dazu gehören die Wiedervernässung der Moorböden und ein Rückgang der Tierhaltung, gekoppelt an eine verstärkt pflanzenbetonte Ernährung der Menschen. Bei den Moorböden, die gewaltige Mengen an Kohlendioxid speichern können, durfte die Paradoxie der aktuellen Entwicklung nicht verschwiegen werden. Bis weit in das 20. Jahrhundert wurde alles getan, um die Moore trocken zu legen und für die Landwirtschaft nutzbar zu machen. Jetzt werden die genau gegenteiligen Anstrengungen gefordert, um die Klimabilanz entscheidend verbessern zu können. In vielen Maßnahmenkatalogen steht die Wiedervernässung der Moorböden ganz vorn. Sie sind „das A und O“ in der Bodenpolitik, sagte Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Präsident des Thünen-Instituts und Mitglied des Vorstands der DAFA. Denn die trockengelegten Moore setzen gewaltige Mengen an klimawirksamen Gasen frei. Ein Prozess, der durch die Wiedervernässung gestoppt werden kann.

Eine andere Stellschraube mit großem Klimapotenzial sind Produktion und Konsum tierischer Lebensmittel. Die Tierhaltung ist für massive Treibhausgas-Emissionen verantwortlich, weltweit für rund 14 Prozent der gesamten THG-Emissionen. Sie muss, darüber herrschte am Eröffnungstag weitgehende Einigkeit, deutlich verringert werden. Also weniger Tiere in den Ställen, was aber nur funktioniert, wenn gleichzeitig auch der Konsum von Fleisch und Milchprodukten reduziert wird. „Der hohe Verzehr tierischer Produkte hat einen großen Einfluss auf Klima, Tierwohl und auf unsere Gesundheit“, sagte Umwelt-Staatssekretär Stefan Tidow.

Auch Folkhard Isermeyer forderte kleinere Tierbestände. Er legte nach und präsentierte ein ganzes Maßnahmenbündel, um die Tierhaltung klima- und umweltfreundlicher zu machen. Dazu gehört die Optimierung der Fütterung im

Rinderstall, die Vergärung der Tierexkreme in Biogasanlagen oder die emissionsfreie Lagerung von Gülle und Gärresten. Eine pflanzenbetonte Ernährungsumstellung könne durch politische Lenkung - etwa mit Hilfe der Mehrwertsteuer - gezielt unterstützt werden. Dann wäre die Pflanzenkost mehrwertsteuerfrei, während klimaschädliche Lebensmittel mit höheren Steuersätzen bepreist werden. Isermeyer: „Eigentlich eine einfache Sache - man muss es nur wollen.“ Außerdem sollte eine Einbeziehung der Landwirtschaft in den Emissionshandel weiter vorangetrieben werden.

Die Traktordemonstrationen wegen der Agrardieselentscheidung der Bundesregierung und die Wut der aufgebrachten Bauern, die auch in anderen Ländern auf die Straße gehen - sie war auch in Potsdam immer wieder ein Thema. Ebenso die Sorge, dass europaweit der Green Deal der EU mit Rücksicht auf die Bauern weiter abgeschwächt wird. Die politische Umsetzung der Transformation des Agrarsystems sei extrem schwierig, betonten gleich mehrere Redner. „Wir müssen die Landwirte und Landwirtinnen mitnehmen in der Klimapolitik“, hieß es dann, ihre Leistungen für Umwelt und Klima müssten gezielter honoriert werden.

Der Veränderungsdruck ist gewaltig und er verlangt Tempo, die Landwirtschaft müsse ihren Ausstoß an Klimagasen „reduzieren, wo immer es möglich ist“, sagte Minister Özdemir. Die Dringlichkeit einer nachhaltigen Veränderung unterstrich auch der Agrarökonom und Nachhaltigkeitsforscher Lotze-Campen. Er bezifferte die versteckten (externen) Kosten und Schäden des globalen Agrar- und Ernährungssystems auf jährlich mehr als 10.000 Milliarden US-Dollar, das entspreche mehr als zehn Prozent der globalen Wirtschaftsleistung. Und diese Abschätzung sei noch vorsichtig gerechnet.

Lotze-Campen skizzierte Kippunkte des Klimawandels und die Überschreitung planetarer Grenzen durch die Menschheit. Ob Süßwassernutzung, Stickstoff-Kreislauf, globale Erwärmung oder biologische Vielfalt - die Menschheit dringe in Territorien vor, die das Erdsystem ins

Taumeln geraten lasse. Klimatisch habe sich die Erde über drei Millionen Jahre in einem extrem stabilen Korridor bewegt, der niemals verlassen wurde. „Jetzt bewegen wir uns mit hoher Geschwindigkeit aus diesem Korridor hinaus“ - mit unabsehbaren Folgen.

Die düsteren Zukunftsperspektiven hinsichtlich aktueller Trends wurden von der dritten Säule im Klima-Dreiklang der Potsdamer Konferenz wieder ein wenig aufgehellt. Die Landwirtschaft könne und müsse Teil der Lösung sein. „Die Biodiversitätsverluste können gestoppt werden, die Stickstoff-Überschüsse können halbiert werden, der ganze Agrar- und Ernährungssektor kann zu einer Klima-Senke werden“, sagte Lotze-Campen vom PIK. Thünen-Präsident Isermeyer hatte eine ganze Reihe von Maßnahmen parat, um die Klima- und Umweltbilanz der Landwirtschaft zu verbessern, vor allem die Kohlenstoffspeicherung in den Böden und Wäldern: Grünlandumbruch vermeiden, neue Wälder etablieren, Hecken pflanzen, Zwischenfrüchte anbauen, kein Holz mehr verbrennen, Holz dauerhaft nutzen und einlagern und natürlich die Emissionen aus entwässerten organischen Böden stoppen. Seine Liste der Optionen war ebenso lang wie eindrucklich.

Gleichzeitig könne die Landwirtschaft einen großen Beitrag zum Jahrhundert-Projekt der Energiewende leisten. Freiflächen-Photovoltaik ist die neue Königsdisziplin für einen schnelleren und kostengünstigeren Ausbau der Erneuerbaren Energien. Ob bodennah an Weidezäunen, aufgeständert über Apfelbäumen und Hopfengerüsten oder auch über Moorflächen - Isermeyer sieht große Chancen für PV-Anlagen in der Landwirtschaft, zumal sie gleichzeitig Sonnen- und Hagelschutz böten.

Die Landwirtschaft als Verursacher, Leidtragender und Teil der Lösung in der Klimakrise, die Verwandlung des Landwirts zum Energie- und Klimawirt - die großen Themen sind gesetzt auf der Potsdamer Konferenz. Aber auch die kleineren, weniger spektakulären und doch relevanten. Die Transformation des Agrarsystems steckt auch in vielen Details. Und sie bezieht den Handel und die Verbraucherinnen und Verbraucher mit ein. Dies sieht man an den vielen Posterpräsentationen. Sie reichen von „Torfallalternativen für den Gartenbau“ über „Die Transformation in der Außer-Haus-Verpflegung“ bis zur „Bewertung des CO₂-Fußabdrucks des deutschen Weinbaus“.



Bilder: © Thünen/Martin Köchy

11 Carbon Farming – Große Maßstäbe und Steuerungsaspekte

Moderation: Mareike Söder, Thünen-Institut

Beim Carbon Farming muss es heißen: klotzen - nicht kleckern. Was bringen Maßnahmen, die vielleicht pro Flächeneinheit nur eine geringe Menge Kohlenstoff speichern, dies aber auf großen Flächen angewendet werden kann? Auch die Steuerung dieser Maßnahmen ist nicht trivial. Denn wenn sie gezielt gefördert werden sollen, müssen entweder die Maßnahmen oder die (kleinen) Veränderungen erfasst werden. In dieser Session werden verschiedene Ansätze vorgestellt.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Carbon Farming in integrierten Milchviehsystemen in Europa | Aura Cárdenas
 - Carbon Farming-Ansätze auf politischer Ebene - ein Vergleich aus neun europäischen Ländern | Susanna Hönle
 - Humusprogramme: Maßnahmen- oder ergebnisbasierte Auszahlungen für mehr Klimaschutz? | Daniel Hermann
 - Crop rotations for enhanced soil carbon sequestration – A modeling study in southwestern Germany | Ahmed Attia
 - Berücksichtigung der Kohlenstoffspeicherung in LCA-Studien - Emissionsfaktoren bei Umwand... | Andreas Roesch
- Poster
 - Klimabilanzierung von Agroforst angepasst für deutsche Klima- und Bodenverhältnisse | Theresa Tritsch
 - Bewertung des CO₂-Fußabdrucks der Weinproduktion in Deutschland | Nina Minges
- Fazit

Carbon Farming in integrierten Milchviehsystemen in Europa

Cardenas, Aura¹✉; Dragoni, Federico¹; Dollé, Jean-Baptiste²; L'Hôte, Anais²; Amon, Barbara^{1,3}

¹ Leibniz Institute für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam, ² Institut de l'Élevage (IDELE), Paris, Frankreich, ³ University of Zielona Góra, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Environmental Engineering, Zielona Góra, Polen

✉ acardenas@atb-potsdam.de

Die Landwirtschaft verursacht Treibhausgasemissionen und leistet gleichzeitig einen Beitrag zur Aufnahme von CO₂ durch C-Bindung. Insbesondere die Tierhaltung ist weltweit für 14,5% der vom Menschen verursachten THG-Emissionen verantwortlich. Potenziale zur Emissionsminderung liegen u.a. in der Steigerung der Energieeffizienz, Kreislaufführung von Nährstoffen und der Integration von Pflanzenbau und Tierhaltung, durch welche Grünland genutzt werden kann, um sowohl die C-Bindung zu erhöhen und die biologische Vielfalt zu fördern. Der Landwirtschaftssektor ist unmittelbar von der Verordnung zur Lastenteilung (ESR-(EU) 2018/842) und der Verordnung über Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) 2018/841 betroffen. In der ESR wurden den Mitgliedstaaten Ziele für die Emissionsreduktion in Nicht-ETS-Sektoren, inkl. Landwirtschaft, vorgegeben. Eine zentrale Herausforderung besteht daher darin, Maßnahmen zu ergreifen, die zu den Emissionsreduktionszielen beitragen, ohne die Nahrungsmittelproduktion zu gefährden, und gleichzeitig die C-Speicherung zu verbessern, sich an den Klimawandel anzupassen und die Biodiversität zu erhalten. Zu diesem Zweck

müssen komplexe und innovative klimaintelligente Lösungen und Technologien sorgfältig erprobt, bewertet und umgesetzt werden.

Die EU-Projekte "Climate Farm Demo" und "LIFE CARBON FARMING" konzentrieren sich auf die Demonstration praktischer, regionaler Lösungen, die Implementierung standardisierter Bewertungsinstrumente und die Sensibilisierung eines breiten Spektrums von Stakeholdern. Das Netzwerk der Initiative "Climate Farm Demo" besteht aus 1.500 Pilotbetrieben in Großbritannien, der Schweiz, Serbien und 24 weiteren EU-Ländern, die klimafreundliche Maßnahmen demonstrieren und validieren. Das Projekt "LIFE CARBON FARMING" entwickelt harmonisierte Instrumente und Methoden, die speziell für die Bewertung der Auswirkungen von Lösungen und Technologien zur Emissionsreduzierung konzipiert sind. Validierungsverfahren sollen Landwirten helfen, ihren C-Fußabdruck zu verringern, die Einführung von Mechanismen für Carbon Farming und den freiwilligen C-Markt erleichtern und deren Verbreitung fördern.

Carbon Farming-Ansätze auf politischer Ebene – ein Vergleich aus neun europäischen Ländern

Hönle, Susanna E.¹ ; Heidecke, Claudia²

¹Humboldt-Universität Berlin ²Thünen-Institut, Braunschweig

 susanna.hoenle@hu-berlin.de

Die ambitionierten Klimaziele der EU und vieler weiterer Länder wie Deutschland, sehen eine Treibhausgasneutralität bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts vor. Ein wesentlicher Faktor, um diese Ziele zu erreichen, besteht in dem Beitrag sogenannter „negativer Emissionen“ oder „carbon removals“, mit denen die verbleibenden Restemissionen kompensiert bzw. ausgeglichen werden sollen. Neben zukunftsweisenden technologischen Ansätzen, liegt ein starker Fokus auf dem Ausbau von CO₂-Senken im Landwirtschafts- und Landnutzungsbereich. Wegen ihrer flächenmäßigen Relevanz kommt dabei den landwirtschaftlich genutzten Flächen eine hohe Bedeutung zu.

Der Begriff Carbon Farming bezieht sich im engeren Sinne auf Maßnahmen, die zu einer Erhöhung bzw. Stabilisierung des CO₂-Speichers im Boden und zum Aufbau ober- bzw. unterirdischer Biomasse beitragen. Im weiteren Sinn werden aber auch Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen aus landwirtschaftlichen Agrarsystemen (Verringerung des Stickstoffeinsatzes, Reduktion des Tierbestandes) als Carbon Farming bezeichnet. Im Unterschied zu klassischen Agrarklimaschutzmaßnahmen beinhaltet der Begriff Carbon Farming zudem den Aspekt, dass die Klimaschutzleistung einen eigenen Output landwirtschaftlicher Tätigkeit darstellt, der entsprechend extra entlohnt werden sollte. Die Höhe der Entlohnung bemisst sich dabei an dem zusätzlich eingespeicherten oder vermiedenen CO₂. Dies impliziert, dass eine Form der ex-post Evaluierung auf Betriebsebene erfolgen muss, an welche die Zahlung gekoppelt werden kann („result-based payments“).

Agrarklimapolitische Maßnahmen waren und sind bislang Teil der Gemeinsamen Agrarpolitik und beruhen damit entwe-

der auf regulatorischen oder förderpolitischen Instrumenten. Parallel dazu bieten seit einigen Jahren in vielen europäischen Ländern private Initiativen und Unternehmen Landwirten Verträge an, die „result-based payments“ für (erfolgreiche) Carbon Farming-Maßnahmen in Aussicht stellen.

Egal ob durch klassische Agrarpolitik oder durch öffentliche bzw. private „result-based payments“: Für die nationalen Klimaschutzziele ist Carbon Farming nur dann relevant, wenn sich die Effekte im nationalen THG-Inventar spiegeln. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob und wie Länder Carbon Farming in ihre Klima- und Agrarpolitik integrieren. Inwiefern werden „result-based payments“ als zusätzliche Honorierung von Klimaschutzleistungen angeboten und wie werden diese überwacht, gemessen und auf die nationalen Klimaziele angerechnet? Welche Relevanz wird Carbon Farming beigemessen und wie verhält es sich zu anderen agrarklimapolitischen Strategien und Instrumenten?

Diese Fragen wurden im EJP Soil-Projekt „Roadmap for carbon farming schemes“ (Road4Schemes) zwischen 2022 und 2023 mittels Experten-Befragungen in 9 europäischen Ländern nachgegangen. Dabei wurden Einschätzungen sowohl von Experten für die Treibhausgasinventare als auch von politischen Entscheidungsträgern eingeholt, systematisch analysiert und verglichen.


Es zeigt sich, dass die Relevanz von Carbon Farming sehr unterschiedlich wahrgenommen wird; und insbesondere die Frage der Messung und Anrechenbarkeit stellt in vielen Ländern noch ein großes Fragezeichen dar.

Humusprogramme: Maßnahmen- oder ergebnisbasierte Auszahlungen für mehr Klimaschutz?

Block, Julia Barbara¹; [Hermann, Daniel²](#) ; Mußhoff, Oliver¹

¹ Departement für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung Universität Göttingen, 37073 Göttingen,

² Institute für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik Universität Bonn, 53115 Bonn

 daniel.hermann@ilr.uni-bonn.de

Die Verringerung der Treibhausgase in der Atmosphäre ist eine der größten Herausforderung für unsere heutige Gesellschaft. Umfassendes Potenzial für die Bindung von Treibhausgasen liegt unter unseren Füßen: Der landwirtschaftlich genutzte Boden. Durch die Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Boden können Landnutzer Kohlenstoffdioxid binden und gleichzeitig ihre Böden widerstandsfähiger gegen extreme Wetterereignisse machen, die durch den Klimawandel verstärkt werden. Um Landwirte zu ermutigen, Humus aufzubauen und damit Kohlenstoff zu binden, haben Nichtregierungsorganisationen sogenannte „Humusprogramme“ entwickelt. Diese verbinden die Fähigkeit, Kohlenstoffdioxid in landwirtschaftlichen Böden zu speichern, mit einer existierenden Zahlungsbereitschaft für die Kompensation von Kohlendioxidemission. In diesem Zusammenhang sind maßnahmenbasierte Belohnungssysteme daran, die etablierten ergebnisorientierten Zahlungsansätze in der praktischen Anwendung herauszufordern. Üblicherweise werden Humusprogramme auf Grundlage der Veränderung des Humusgehalts über die Zeit entlohnt. Dieser Humusgehalt erlaubt einen direkten Rückschluss über den Gehalt der organischen Substanz im Boden und damit dem gespeicherten Kohlenstoffdioxid. Dem gegenüber sind maßnahmenbasierte Zahlungen an spezifische kohlenstoffanreichernde Maßnahmen geknüpft. Im Kontext landwirtschaftlicher Böden können dies z.B. eine Stilllegung oder die Anlage von Hecken sein.

Vor diesem Hintergrund wird mit Hilfe eines Discrete-Choice-Experiments untersucht, wie sich maßnahmen- und ergebnisbasierte Ansätze auf die Bereitschaft von Landwirten zur Teilnahme an Humusprogrammen auswirken. Neben


dem Bezahlungssystem „maßnahmen- und ergebnisbasiert“, wird die Auswirkung weiterer Attribute der Humusprogramme auf die Akzeptanzbereitschaft untersucht (siehe Tabelle 1).

Tab. 1. Attribute des Choice-Experiments

Attribut	Ausprägung
Zahlungsbasis	Maßnahmen/ Ergebnis
Programmdauer (Jahre)	5/10/15
Prämie (€)	30/40/50
Auszahlungszeitpunkt	Jährlich/ am Laufzeitende
Prüfmechanismus	Intern/ Unabh. Prüfung
Programmanbieter	Staatl./Unternehmen/Privatperson

Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnahme der Landwirte an Humusprogrammen doppelt so wahrscheinlich ist, wenn die Humusbildung maßnahmenbasiert (nicht ergebnisorientiert) honoriert wird. Daher würde ein ergebnisbasiertes Humusprogramm den Geldgeber etwa 20 € pro Tonne gebundenes Kohlenstoffdioxid im Boden mehr kosten als ein maßnahmenbasiertes Humusprogramm. Außerdem bevorzugen Landwirte kürzere Programmlaufzeiten, höhere finanzielle Anreize und eine jährliche, staatlich finanzierte Zahlung. Die Ergebnisse dieser Studie tragen zur Entwicklung effizienter und zielgerichteter Humusprogramme bei und zeigen politische Maßnahmen zur Erhöhung der Kohlenstoffvorräte auf.

Crop rotations for enhanced soil C sequestration – A modeling study in southwestern Germany

Attia, Ahmed ; Marohn, Carsten; Shawon, Rahman Ashifur; de Kock, Arno; Strassemeyer, Jörn; Feike, Til

Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

 ahmed.attia@julius-kuehn.de

Increasing soil carbon contents is considered as one of the most imperative direction for sustainable crop production contributing to carbon sequestration and enhancing soil properties. The present study explores the potential of increasing soil organic carbon stocks using the process-based agroecosystems model Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). The model was calibrated and evaluated using a comprehensive, high-quality dataset on crop-soil-atmosphere processes assessed over nine years from 2009 to 2018 at six sites in southwestern Germany (Weber et al., 2022 - 10.5194/essd-14-1153-2022). Results of model simulation of key crop-related variables such as crop phenology, aboveground biomass during the season, and grain/seed yield and key soil-related parameters such as soil respiration and temperature as well as soil organic carbon developments indicated good agreement between simulated and observed data for a range crop rotations comprising several field crops grown in the region with winter wheat (WW), winter barley (WB), winter rapeseed (WR), and silage maize (SM) being the dominant crops. The parameterized model is applied at spatio-temporal scale to explore the potential of enhancing soil carbon stock by optimizing the cropping sequence among those field crops including an increase in cover crops. A total of 36 crop rotations with 2 or 3 possible CCs based on the available cultivation window between the main crops were implemented in 3 cycles in the 2 possible CCs rotation of winter wheat (WW)-winter rapeseed (WR)-CC-winter barley

(WB)-CC-silage maize (SM) and the 3 possible CCs rotation WR-CC-WB-CC-WW-CC-spring barley (SB) rotation which resulted in 10 CCs treatments based on the number of non-legume to legume CC in the rotation. For instance, the N0-L1 treatment indicates 0 non-legume CC and 1 legume CC, N2-L1 treatment indicates 2 non-legume CC, and 1 legume CC, ... etc. Results of model performance and impact of CCs treatments across sites and years on crop yield and water productivity and soil related N and C variables were analyzed. Comparison be-

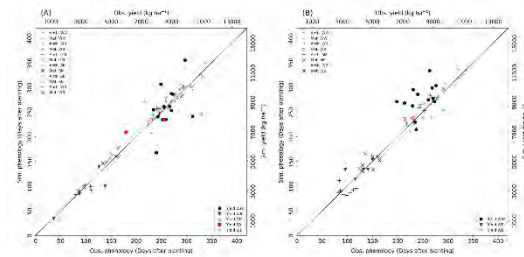


Fig. 1 Comparison of (A) model calibration at sites S1, S4, and S6 of anthesis (Anth.) and maturity (Mat.) and grain yield of winter wheat (WW), winter barley (WB), spring barley (SB), and seed yield of winter rapeseed (WR) and (B) model evaluation at sites S2, S3, and S5

tween observed and simulated crop phenology and final grain/seed yield indicated good model performance predicting these crop variables in the model calibration and evaluation stages (Fig. 1). This was demonstrated by an nRMSE < 10% for the phenology dataset for all crops, except silage maize which had slightly > 10% nRMSE at anthesis, and an nRMSE < 20% for grain yield for all crops except for winter rapeseed which had 21.2% nRMSE in calibration.

Berücksichtigung der C-Speicherung in LCA-Studien – Emissionsfaktoren bei Umwandlung von Grünlandflächen unterschiedlicher Intensität

Roesch, Andreas¹ ✉; Sonja G. Keel²; Chloé Wüst-Galley², Thomas Nemecek¹

¹Agroscope, Forschungsgruppe Ökobilanzen, Zürich, Schweiz

²Agroscope, Forschungsgruppe Klima und Landwirtschaft, Zürich, Schweiz

✉ andreas.roesch@agroscope.admin.ch

Böden spielen im globalen Kohlenstoffkreislauf eine wichtige Rolle, da diese grosse Mengen organischen Kohlenstoff speichern können. Böden können durch Nutzungsänderungen zu CO₂-Quellen und Senken werden. So zeigen Feldmessungen und Modellstudien, dass in Grünland auf mineralischen Böden deutlich mehr Kohlenstoff gespeichert werden kann als in Ackerböden. Aber nicht nur durch die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland oder der Wiedervernässung organischer Böden kann zusätzlicher Kohlenstoff langfristig im Boden gespeichert werden, sondern auch durch Änderungen der Bewirtschaftungsintensität von Grünlandflächen.

In der Ökobilanzmethode SALCA (Nemecek et al. 2023, submitted) werden CO₂-Emissionen durch folgende Prozesse berücksichtigt:

- (1) Anwendung Kalkung und Mineraldünger in Form von Harnstoff
- (2) Drainage von Moorböden
- (3) Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- (4) Änderung der Bewirtschaftungsintensität von Grünland.

In dieser Studie befassen wir uns mit dem letzten Prozess (4). Dabei wird das Simulationsmodell Roth C (Coleman et al. 1997) verwendet, um den Kohlenstoffvorrat von fünf verschiedenen Grünlandtypen mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität für die Schweiz abzuschätzen. Modellrechnungen zeigen, dass sich der Kohlenstoffvorrat (im Gleichgewichtszustand) für unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten von Grünland (im nationalen Durchschnitt) teilweise signifikant unterscheiden (Tabelle 1). So wird in einer intensiv genutz-

ten Wiese rund 7.6 t C je ha mehr Kohlenstoff gespeichert als in einer extensiv genutzten Wiese. Damit kann erwartet werden, dass bei einer (langfristig bleibenden) Extensivierung von Wiesen viel CO₂ freigesetzt wird (Quellenwirkung). Das ist bedeutsam, weil durch Extensivierungsmassnahmen im Grünland Biodiversität gefördert wird, jedoch gleichzeitig CO₂ freigesetzt wird. Zu beachten gilt, dass die Zahlenwerte in Tabelle 1 mit grossen Unsicherheiten behaftet sind; Resultate von Langzeitversuchen bestätigen aber die Freisetzung von CO₂ bei Extensivierung (Ammann et al. 2020).

Bei der Berechnung von Emissionsfaktoren (Einheit: t C je ha und Jahr) durch Änderung der Landnutzung wird üblicherweise mit einer Periode von 20 Jahren gerechnet.

Tab. 2. Unterschiede in den SOC-Vorräten (in t C je ha) für fünf Grünlandkategorien. Nationale Mittelwerte für alle Schweizer Landwirtschaftsflächen. Abkürzungen: Extensive Wiese EM, extensive Weide EP, wenig intensive Wiese LM, intensive Wiese IM, intensive Weide IP.

		Umwandlung zu				
		EM	EP	LM	IP	IM
Umwandlung von	EM	0	0.78	4.04	5.63	7.65
	EP	-0.78	0	3.26	4.85	6.88
	LM	-4.04	-3.26	0	1.59	3.61
	IP	-5.63	-4.85	-1.59	0	2.02
	IM	-7.65	-6.88	-3.61	-2.02	0

Klimabilanzierung von Agroforst angepasst für deutsche Klima- und Bodenverhältnisse

Tritsch, Theresa¹ 

¹Georg-August-Universität Göttingen

 t.tritsch@stud.uni-goettingen.de

Immer mehr Landwirt*innen haben Interesse an Agroforst. Bei den Eintragungen auf der Agroforstkarte des Deutschen Fachverbandes für Agroforstwirtschaft sind 152 Agroforstflächen zu finden. Agroforst ist nicht nur fördernd für die Biodiversität auf dem Acker, sondern kann durch Laubfall und Wurzeln zur Humusbildung beitragen. Durch den hohen Kohlenstoffgehalt im Humus und den Kohlenstoff in der Gehölzbiomasse kann bei Erhaltung dieser ein Kohlenstoffspeicher geschaffen werden (Meyer et al. 2022 - 10.1016/j.agee.2021.107689). Welche Wirkung Agroforst für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb aus Klimasicht hat, soll mit dieser Arbeit evaluierbar werden. Ziel dieser Arbeit ist es, ein anwendbares Klimabilanzierungstool auf Grundlage von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu schaffen und dabei vor allem durch die Gemeinsame Agrarpolitik förderfähige Agroforstsysteme mit einzubeziehen.

Durch Literaturrecherche werden relevante Daten identifiziert, die für eine Klimabilanzierung von Agroforst erforderlich sind. Diese Daten für den Agroforst werden dem Klimabilanzierungstool für Landwirtschaft hinzugefügt, das vom Projekt BODEN.KLIMA der Bioland-Stiftung entwickelt wurde. Der Agroforst-Teil des Tools wird so entwickelt, dass sich neu verfügbare wissenschaftliche Ergebnisse in Zukunft mit einpflegen lassen. Das Klimabilanzierungstool richtet sich im landwirtschaftlichen Teil nach den im Jahr 2023 verfügbaren Daten des Berechnungsstandards einzelbetrieblicher Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK 2021).

Wie hoch die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist, auch im Vergleich zu den Emissionen, wird durch Klimabilanzierung quantifiziert, deren Endergebnis in CO₂-Äquivalenden angibt, wieviel Koh-

lenstoffdioxid aus der Atmosphäre gezogen oder in diese emittiert wurde. Die durch die Bewirtschaftung anfallenden Emissionen werden in Emissionsposten zusammengefasst und sind für die Anwendenden als Ergebnis einsehbar. Die Daten werden bei Unterschieden sowohl an die ökologische wie an die konventionelle Bewirtschaftung angepasst. Für ein genaues Ergebnis ist weitere Forschung erforderlich, da Datenlücken in der Bilanz bestehen werden. Diese Lücken bei verschiedenen Agroforstsystemen sind bei Verfügbarkeit und durch Eintragung der Daten im Klimabilanzierungs-Tool einfach zu schließen.

Im Rahmen des Klimawandels ist die Einsparung von CO₂-Emissionen und zusätzliche Bindung von Kohlenstoff wichtig. Hecken und Bäume können in Wurzeln und Biomasse über dem Boden eine große Menge an Kohlenstoff aufnehmen (Meyer et al., 2022). Darüber hinaus bietet Agroforst bei zunehmenden Wetterereignissen wie Starkregen, Sturm und Dürre, einen zusätzlichen Schutz für das Ackerland (Aggarwal et al. 2018 - 10.5751/ES-09844-230114). Die Klimabilanzierung von Agroforst kann die Potentiale verschiedener Agroforstsysteme in ihrer Kohlenstoffspeicherung aufzeigen und zu einer Vergleichbarkeit von Betrieben in der Praxis führen. Daraus ergeben sich Maßnahmen, die für eine bessere Klimabilanz ergriffen werden können. Mit der Anlage und der Erhaltung von Agroforstsystemen sind Kosten verbunden, die nicht alle Landwirt*innen tragen können. Die bisherige Förderung durch die Gemeinsame Agrarpolitik ist nicht ausreichend. Durch ein aus Klimabilanzierung quantifizierbares Bilanzergebnis ergeben sich weitere Fördermöglichkeiten für klimapositive Betriebe im Bereich Agroforst.

Bewertung des CO₂-Fußabdrucks der Weinproduktion in Deutschland zur Erschließung zusätzlicher Klimaschutzpotenziale im Weinbau

Minges, Nina¹ ✉; Schlich, Iven²; Trapp, Oliver¹; Feike, Til²

¹Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Rebenzüchtung, Geilweilerhof, Siebeldingen

²Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

✉ nina.minges@julius-kuehn.de; iven.schlich@julius-kuehn.de

Der landwirtschaftliche Sektor verursacht ca. 10-12 % der globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und trägt damit substantiell zum Klimawandel bei. Weltweit wird der Anteil der Weinwertschöpfungskette an den anthropogenen THG-Emissionen auf etwa 0,3 % geschätzt (Rugani et al. 2013 - 10.1016/j.jclepro.2013.04.036). In Ländern mit hoher Weinproduktion und hohem Weinkonsum pro Kopf kann dies jedoch um ein Vielfaches höher liegen (Amienyo et al. 2014 - 10.1201/b18459-4). Obwohl der Anteil der Rebfläche an der gesamten deutschen landwirtschaftlichen Nutzfläche nur 0,6 % beträgt, weist Deutschland, als einer der zehn größten Weinproduzenten der Welt und eines der fünf Länder mit dem höchsten Weinkonsum, bedeutende Möglichkeiten zur Verringerung der THG-Emissionen im Weinsektor auf.

Der Weinbau und der gesamte Agrarsektor leiden unter den negativen Auswirkungen des Klimawandels. Insbesondere die häufiger auftretenden Extremwetterphänomene stellen eine Herausforderung für den Weinbau dar. Die klimaschützende Reduzierung der THG-Emissionen im Weinbau liegt somit im Eigeninteresse der Winzer; woran es Ihnen jedoch dringend fehlt sind verlässliche Informationen und Entscheidungshilfen hinsichtlich effektiver THG-Minderungspotenziale.

Im Rahmen des CaberNET-Projektes wird der CO₂-Fußabdruck der deutschen Weinproduktion untersucht und bewertet, um Faktoren zur Verringerung der THG-Emissionen zu identifizieren und zu evaluieren, sowie Handlungsempfehlungen für Winzer bereitzustellen.

In einer Lebenszyklusanalyse (LCA) werden die THG-Emissionen entlang der Weinproduktionskette beurteilt und bewertet und die vier Hauptproduktionsschritte betrachtet; i) Neuanlage eines Weinbergs, ii) Traubenproduktion, iii) Weinproduktion und iv) Abfüllung. Hinsichtlich der LCA Systemgrenzen, wird eine partielle LCA durchgeführt, welche sich von „cradle to gate“ erstreckt und die Produktionsschritte Vertrieb, Konsum und Recycling nicht berücksichtigt. Um den Status quo der THG-Emissionen zu beschreiben und geeignete THG-Minderungspotenziale zu identifizieren, werden 1 kg Trauben, 1 l Wein und eine 0,75 l Weinflasche als funktionelle Einheiten definiert.

In persönlichen und virtuellen Interviews werden Daten von rund 100 Weingütern aus den wichtigsten deutschen Anbaugebieten erhoben. Die Daten stammen aus dem Produktionsjahr 2022 und umfassen alle Informationen über die Stoff- und Energieflüsse im betriebsspezifischen Produktionssystem einer Flasche Wein.

Mittels ökonomischer Modelle, werden Ursache-Wirkungs-Beziehungen der CO₂-Fußabdrücke von Wein untersucht und demografische, betriebs-, regions- und managementspezifische Faktoren berücksichtigt, um THG-Minderungspotenziale zu ermitteln. Monte-Carlo-Analysen werden zur Quantifizierung der inhärenten Unsicherheiten, die sich aufgrund unterschiedlicher methodischer Bewertung der Systemgrenzen, Parameterwahl, oder Variabilität der Eingangsdaten ergeben, durchgeführt.

Fazit | Carbon Farming: Große
Maßstäbe und
Steuerungsaspekte

12 Carbon Farming in der Anwendung

Moderation: Mareike Söder, Thünen-Institut

Für die langfristige Festsetzung von Kohlenstoff im Boden gibt es viele Ideen. In dieser Session werden mehrere Möglichkeiten vorgestellt und bewertet.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Kann Kalkung die mikrobielle C-Nutzungseffizienz hin zur C-Anreicherung optimieren? | Julia Schröder
 - Pflanzenkohle aus Gärrest im Stall und auf dem Acker - ein integraler Ansatz | Matthias Plöchl
 - Mehrjährige Blühstreifen als CO₂-Speicher in der deutschen Agrarlandschaft | Christopher Poeplau
 - Effekte der Bodenverdichtung auf Produktivität, Wurzelwachstum und Kohlenstoffeintrag | Elron Wiederemann
- Poster
 - Partielle Krumenvertiefung - Innovation für Klimaschutz, Bodengesundheit & Ertrag | Michael Sommer
 - Effekte der partiellen Krumenvertiefung auf C_{org} im Boden und Ertrag in historischen Feldversuchen | Marisa Gerriets
 - Bundesprogramm zum Humuserhalt und -aufbau des BMEL | Linda Homann
- Fazit

Kann Kalkung die mikrobielle C-Nutzungseffizienz hin zur C-Anreicherung optimieren?

Schroeder, Julia¹ ✉; Dămătîrcă, Claudia²; Bölscher, Tobias³; Chenu, Claire³; Schmidhalter, Urs⁴; Elsgaard, Lars⁵; Tebbe⁶, Christoph C.; Poepflau, Christopher¹

¹Thünen-Institut für Agrarclimatschutz, Braunschweig, ²CMCC Foundation, Division on Climate Change Impacts on Agriculture, Forests and Ecosystem Services, Viterbo, Italien, ³Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR EcoSys, Palaiseau, Frankreich, ⁴Technische Universität München, TUM School of Life Sciences, Freising, ⁵Aarhus University, Department of Agroecology, Tjele, Dänemark, ⁶Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig

✉ julia.schroeder@thuenen.de

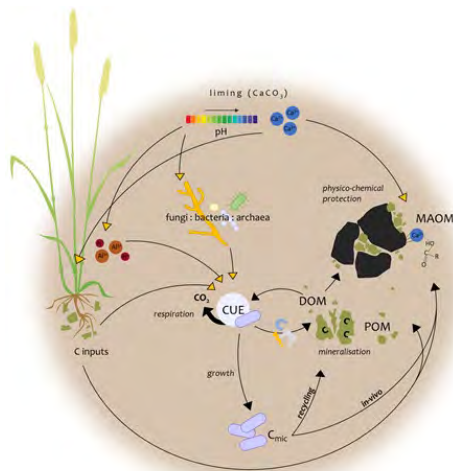


Abb. 1. Mögliche Kalkungseffekte auf die C-Nutzungseffizienz (CUE) und den C-Kreislauf in landwirtschaftlichen Böden.

Klimaverträgliche Landwirtschaft zielt darauf ab, den Bestand an organischem Bodenkohlenstoff (SOC) zu schützen und zu erhöhen. Bodenmikroorganismen spielen dabei eine Schlüsselrolle, denn sie bauen SOC zur Energie- und Ressourcengewinnung ab. Die mikrobielle C-Nutzungseffizienz (CUE) beschreibt die Aufteilung des verstoffwechselten C zwischen mikrobiellem Wachstum und Atmung. Bei einer hohen CUE geht anteilig weniger C als klimarelevantes CO₂ verloren und die Stabilisierung von SOC durch mikrobielle Transformation pflanzenbürtiger organischer Substanz wird wahrscheinlich begünstigt. Die CUE hängt unter anderem vom pH-Wert ab. Mittels Kalkung ließe sich die mikrobielle Physiologie vielleicht in Richtung C-Anreicherung optimieren. Es ist jedoch unklar, ob die CUE durch Kalkung manipuliert werden kann und wie dies zu Veränderungen des SOC-Bestands beiträgt. In der vor-

gestellten Studie wurden Kalkungseffekte auf die CUE, die mikrobielle C-Biomasse, die Abundanz mikrobieller Domänen, die C-Vorräte und die Erträge von Böden aus drei europäischen Langzeitfeldexperimenten untersucht. Kontrollböden wurden zusätzlich im Labor gekalkt, um direkte Effekte auf die CUE zu ermitteln.

Die Langzeitkalkung beeinflusste die CUE signifikant durch Veränderungen des Boden-pH-Wertes, wobei der pH-Bereich darüber bestimmt, ob die CUE ab- oder zunahm: Die Erhöhung des pH_{H₂O}-Wertes von 4,5 hin zu neutralen Bedingungen führte zu einem signifikanten Rückgang der CUE um 40 %, während die Verschiebung von 5,5 und 6,5 auf leicht alkalische Bedingungen die CUE um 16 % und 24 % erhöhte. Die Gesamtbeziehung zwischen CUE und pH-Wert folgte einer U-förmigen Kurve, was bedeutet, dass die CUE in landwirtschaftlichen Böden bei pH_{H₂O} = 6,4 am niedrigsten sein könnte. Die Laborkalkung führte zu ähnlichen CUE-Veränderungen wie die Langzeitkalkung, was nahelegt, dass die CUE tatsächlich gezielt durch Kalkung gesteuert werden könnte. Jedoch war die beobachtete Zunahme der SOC-Vorräte nicht maßgeblich durch die CUE bedingt. Wahrscheinlicher ist, dass der positive Einfluss der Kalkung auf die Erträge (C-Input) und die mikrobielle Abundanz der Biomasse die SOC-Bestände langfristig erhöhte.

Eine Steuerung des Boden-pH durch Kalkung zur Optimierung der CUE scheint nicht geeignet, um die SOC-Vorräte zu erhöhen, denn die CUE war in den pH-Bereichen am höchsten, in denen das Pflanzenwachstum beeinträchtigt wird.

Pflanzkohle aus Gärrest im Stall und auf dem Acker - ein integraler Ansatz

Plöchl, Matthias¹ ✉; Böhm, Anna-Luise², Schultze, Maja³, Jens Unrath², Thomas Hoffmann³

¹B3 Projektbetreuung, Potsdam, ²Frankenförderforschungsgesellschaft, Berlin, ³Leibniz-Institut für Agartechnik und Bioökonomie, Potsdam

✉ mp-b3@b3-bornim.de

Die Pyrolyse von separiertem festem Gärrest führt zu einer Pflanzkohle (PK), die sowohl als Einstreu in Rinderställen als auch zur Verbesserung der Bodeneigenschaften von Äckern geeignet ist. Die hier vorgestellten Ergebnisse resultieren aus einem praxisorientierten Projekt. Der Gärrest wurde mit einem Carbon Twister® pyrolysiert, der auch 100 % Gärrest verarbeiten kann.

Die Pflanzkohle ist als Einstreuzusatz im Kälberstall, Bullenstall und Milchviehstall geeignet. Bereits mit 5 Masse-% Pflanzkohle im Mist wird bei sommerlichen Temperaturen (23,5°C) eine signifikante Treibhausgasemissionsreduktion erreicht (Abb. 1). Für die praktische Handhabung empfiehlt es sich, die auszubringenden Kohlemengen in Volumeneinheiten anzugeben. Die 5 Masse-% PK im Mist werden bei einer Zugabe von 18 L Pflanzkohle auf 100 kg Stroh erreicht.

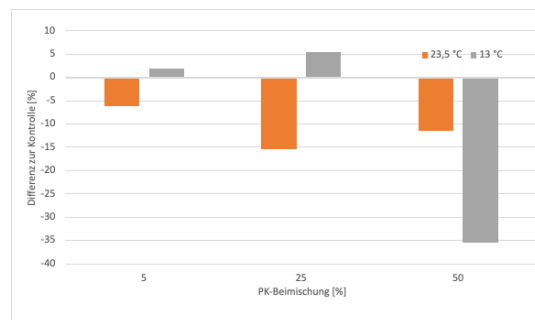


Abb. 1. THG-Emissionsreduktion verschiedener Pflanzkohle-Stallmist-Mischungen bei Sommer- und Wintertemperaturen

Nach der Entmistung sollte die dreifache Tagesmenge an Pflanzkohle eingestreut werden. Danach wird die Pflanzkohle täglich eingestreut, vorzugsweise in den feuchten Zonen wie dem Tränkebereich.

Die Pflanzkohle wird von den Tieren in den Mist eingetreten und dabei auch zer-

kleinert. Die Anwendung der Pflanzkohle führt zu keiner zusätzlichen Verschmutzung der Tiere, im Gegenteil die Tiere haben deutlich weniger feuchte Stellen als die Tiere ohne PK-Einstreu.

Durch die Anwendung der Pflanzkohle wird die Entmistungsspanne deutlich verlängert (z.B. von 4 auf 5 Wochen).

In der praktischen Erfahrung ersetzen 700 L Pflanzkohle 1 Tonne Stroh.

Die Feldversuche lieferten aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen und nicht ausreichender Erntemengen nur wenige auswertbare Ergebnisse. In den parallelen Laborversuchen mit Acker-Schmalwand (*Arabidopsis thaliana*) waren die Ergebnisse eindeutiger (Abb. 2). Schon mit geringen PK-Beimischungen von 2,5 bis 5 % wurden positive Effekte auf Wurzelwachstum, Wachstum des Grünanteils der Pflanzen und die Wasserhaltekapazität des Bodens erreicht. Bei größeren PK-Beimischungen waren diese Effekte nicht immer eindeutig. Eine Beimischung von 2,5 % unter Feldbedingungen ist eine Herausforderung, was die einzusetzende Menge von PK betrifft. Hier sind Werte von etwa 1 % PK in den obersten Zentimetern des Bodens eher realistisch.



Abb. 2. Entwicklung von Wurzel- und Grünanteil bei Acker-Schmalwand (*Arabidopsis thaliana*) bei den Pflanzkohlebeimischungen 0, 2,5, 5, 10, 15, 20, 25 Masse-% am Versuchstag 38

Mehrjährige Blühstreifen als CO₂-Speicher in der deutschen Agrarlandschaft

Poeplau, Christopher¹

✉ christopher.poeplau@thuenen.de

Die Anlage von Blühstreifen oder Blühflächen ist eine Agrarumweltmaßnahme, welche vor allem darauf abzielt, Biodiversität in Agrarökosystemen zu fördern. Nicht nur Insekten, auch Kleinsäuger können von den bunten Streifen, die häufig am Rande von Äckern etabliert werden, profitieren. Weitgehend ausgeräumte Agrarlandschaften werden sowohl ästhetisch, als auch ökologisch aufgewertet. Darüber hinaus könnten Blühstreifen auch für Boden und Klima positive Effekte haben. Sowohl die ober- als auch unterirdische Biomasse von Blühstreifen verbleibt im Feld, und der Boden wird permanent durchwurzelt und bleibt ungestört, wodurch sich ein bislang wenig erforschtes Potenzial zum Humusaufbau ergibt.

Um dieses Potenzial bundesweit abzuschätzen, wurde die vorliegende Studie in mehreren Teilschritten durchgeführt. Im ersten Schritt wurde die Biomasse von insgesamt 23 Blühstreifen beprobt, um ein erstes Bild zur Nettoprimärproduktion und dem damit verbundenen C_{org}-Eintrag in den Boden zu erhalten. Gleichzeitig wurden sowohl in den Blühstreifen, als auch angrenzenden Äckern Bodenproben entnommen, um Bodeneigenschaften und Kohlenstoffvorräte zu ermitteln. Da das Durchschnittsalter der Blühstreifen nicht mehr als 3 Jahre betrug, wurde jedoch nicht davon ausgegangen, signifikante Änderungen im C_{org}-Vorrat feststellen zu können. Deshalb wurde in einem nächsten Schritt das Modell RothC benutzt, um mit Hilfe der gemessenen Biomasse-Daten die Effekte von Blühstreifen auf C_{org}-Vorräte in 0-30 cm Tiefe zu schätzen. Dies wurde an insgesamt 1533 Standorten der Bodenzu-

standserhebung Landwirtschaft durchgeführt, für die sowohl die initialen C_{org}-Vorräte in 0-30 cm Tiefe, als auch Bewirtschaftungsdaten zur Verfügung standen. Alle 23 Blühstreifen wurden auf jedem der 1533 Standorte modelliert, um die mögliche Spanne an Effekten abzuschätzen.

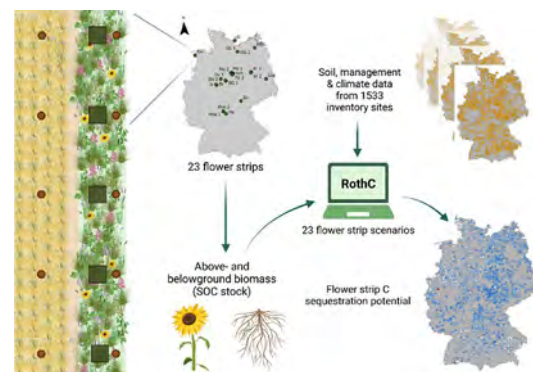


Abb. 3. Schematische Darstellung der einzelnen Schritte der Studie.

Im Mittel über die ersten 20 Jahre, könnten langfristiger angelegte Blühstreifen den C_{org}-Vorrat im Boden jährlich um $0.48 \pm 0.36 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ erhöhen. Nicht überall in Deutschland würde es zu einer deutlichen Erhöhung der C_{org}-Vorräte durch Blühstreifen kommen. Hierbei gibt es aber deutliche regionale Unterschiede. Vor allem in Intensiv-Tierhaltungsregionen, wo der C-Eintrag auf Ackerböden relativ hoch ist, würde eine Umwandlung zu Blühstreifen im Mittel keine Erhöhung des C-Eintrags darstellen. Wenn 1 % der deutschen Ackerfläche in Blühstreifen umgenutzt würde, käme dies einer jährlichen Kompensation von etwa 0.4 % der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen gleich.

Effekte der Bodenverdichtung auf Produktivität, Wurzelwachstum und Kohlenstoffeintrag

Wiedermann, Elron¹ ✉; Reinelt, Laura¹; Rolfes, Lennart²; Don, Axel¹

¹Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

²Thünen-Institut für Agrartechnik, Braunschweig

✉ Elron.Wiedermann@thuenen.de

In mehr als 70% der landwirtschaftlich genutzten Böden ist die Durchwurzelung im Unterboden beeinträchtigt, meist durch zu hohe Lagerungsdichten. Bodenverdichtung wirkt sich nachteilig auf wichtige Bodenfunktionen aus und beeinträchtigt das Wurzelwachstum. Die Wurzelentwicklung in die Tiefe ermöglicht den Zugang zu Wasser und Nährstoffen im Unterboden und fördert damit die Pflanzenproduktivität. Damit sind ausreichend tiefe Wurzeln ein zentrales Element für eine klimaangepasste nachhaltige Landwirtschaft. Zusätzlich bringen Wurzeln organischen Kohlenstoff in tiefere Bodenhorizonte und können damit zum Erhalt und Aufbau von Bodenkohlenstoff beitragen und damit einen Klimaschutzbeitrag leisten. Bodenverdichtung kann ein Ergebnis der Bewirtschaftung sein, die durch den Einsatz immer schwerer werdender Maschinen die Bodenfunktionen gefährdet. Die Auswirkungen unterschiedlich starker Bodenverdichtung auf das Wurzelwachstum in tiefere Bodenhorizonte sowie die Auswirkungen auf die Kohlenstoffspeicherleistung der Böden sind unzureichend verstanden.

Die vorliegende Studie wurde durchgeführt, um die Auswirkungen variierender Befahrungsdichten (i) auf die Bodenverdichtung zu bestimmen. Weiterführend wurde untersucht, inwieweit dies (ii) das Wurzelwachstum, (iii) den aus den Wurzeln stammenden Kohlenstoffeintrag und (iv) die Biomasseproduktion beeinflusst.

Zu diesem Zweck wurden Boden und Pflanzenbiomasse von zwei Winterweizenfeldern und einem Maisfeld entlang zunehmender Befahrungsdichten beprobt. Spezifische Bodenparameter wurden mit der Entnahme von Stechzylindern und einer Rammkernsondierung bis zu einem Meter Tiefe erhoben. Der aus den Wurzeln stammende Kohlenstoffeintrag wird anhand der gemessenen Wurzelmasse abgeschätzt. Die Wurzelbiomasse in 20 cm Tiefe und die oberirdische Biomasse wurden quantifiziert, um die Auswirkungen auf die Biomasseproduktivität zu bewerten.

Erste Ergebnisse deuten auf eine intensivere Durchwurzelung des Oberbodens (<20 cm) bei steigender Befahrungsdichte im Mais hin, während die oberirdische Biomasse mit steigender Befahrungsdichte abnimmt. Die vollständige Datenauswertung wird auf der Tagung vorgestellt und diskutiert.

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens versprechen die Wechselwirkungen zwischen Bodenverdichtung, Wurzelwachstum und Kohlenstoffspeicherung besser zu verstehen. Diese Erkenntnisse sind relevant, um ableiten zu können, wann Bodenfunktionen durch Bodenverdichtung eingeschränkt werden und damit eine klimafreundliche und klimaangepasste Landwirtschaft gefährden.

Partielle Krumenvertiefung – Innovation für Klimaschutz, Bodengesundheit & Ertragssteigerung

Sommer, Michael^{1,2} ✉; Leue, Martin¹; Baur, Andreas³; Gerriets, Marisa¹.

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, ²Institut für Umweltwissenschaften und Geographie, Universität Potsdam, Potsdam, ³TIRRECCONSULT, Müncheberg.

✉ sommer@zalf.de

Die partielle Krumenvertiefung (pKV) - als meliorative Maßnahme - führt durch den Austausch von Ober- mit Unterboden einerseits zur nachhaltigen Erhöhung des Humusvorrates und damit zu einer CO₂-Senkenwirkung (s. Poster Gerriets et al.).

Andererseits wird durch das schachtweise Durchbrechen der weitverbreiteten Verdichtungszone in Unterböden (30-45 cm) der Wurzelraum für Kulturpflanzen vergrößert und der Zugang zu Wasser- und Nährstoffressourcen im Unterboden ermöglicht. Dies führte in historischen Experimenten zu Ertragssteigerungen von bis zu 5 dt je ha (s. Poster Gerriets et al.).



Abb. 4. Prototyp des 6-Schar Carbon Farming - Drehpfluges (CF-Pflug) der Firma LEMKEN GmbH & Co. KG.

In dem BMEL-BLE geförderten DIP-Projekt „CarbonTillage“ (LEMKEN, ZALF) wird ein neu entwickelter pKV-Pflug, der „Carbon Farming“-Pflug (CF-Pflug), zur Nullserie weiterentwickelt und dessen Klima-, Ertrags- und Umweltwirkung auf unterschiedlichsten Standorten der nordostdeutschen Moränenlandschaften getestet.

Entlang eines Boden-Klima-Gradienten von Mecklenburg-Vorpommern bis nach Nordsachsen wurden hierfür (i) zunächst Flächen mit historischen pKV-Versuchen identifiziert, (ii) dort neue Streifenversuche (1-2 ha) angelegt, (iii) die Böden vor und nach der pKV beprobt sowie (iv) Ertragserfassung mittels UAS durchgeführt. Auf diesen Flächen erfolgt zudem ein umfangreiches Monitoring der Regenwurmpopulationen, um mögliche Auswirkungen der pKV zu quantifizieren.

Gemeinsam mit Kooperationspartnern aus der Landwirtschaft finden weiterhin großflächige (5-10 ha), standortspezifische Praxiserprobungen zur Überprüfung der Ertragswirkung der pKV und der technischen Optimierung des CF-Pfluges statt.



Abb. 2. Standortspezifische Praxiserprobungen nahe Müncheberg.

Parallel zu den obigen Forschungsaktivitäten etabliert die agrathaer GmbH, gemeinsam mit ZALF und LEMKEN, das „Innovationsnetzwerk Bodenbearbeitung“ zur Verbreitung der partiellen Krumenvertiefung und des CF-Pfluges in der Praxis im Kontext des Carbon Farmings.

Effekte der partiellen Krümenvertiefung auf C_{org} im Boden & Ertrag in historischen Feldversuchen

Gerriets, Marisa^{1,2} ✉; Leue, Martin¹; Baur, Andreas³; Sommer, Michael^{1,2}

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, ²Institut für Umweltwissenschaften und Geographie, Universität Potsdam, Potsdam, ³TIRRECCONSULT, Müncheberg.

✉ marisa.gerriets@zalf.de

Die partielle Krümenvertiefung (pKV) ist eine Meliorationsmaßnahme und wurde ab Ende der 1950er bis zur Deutschen Wiedervereinigung in der DDR zur Erhöhung der Erträge und der Ertragssicherheit entwickelt. Durch die Anlage von mit Oberbodenmaterial verfüllten Schächten im Unterboden bis 50 cm Tiefe (Abb. 1) wurden Verdichtungszone unterhalb der Pflugtiefe nachhaltig aufgebrochen und den Pflanzen der Zugang zu Wasser- und Nährstoffressourcen im Unterboden ermöglicht.



Abb. 5. Bodenprofil unmittelbar nach Durchführung der partiellen Krümenvertiefung.

Wir untersuchten die Ertragswirkung der pKV in historischen Versuchen an 47 Orten in der DDR mit unterschiedlichen Boden- und Klimabedingungen. Über 250 Ertragsvergleiche zwischen pKV und normaler Pflugfurche von 1961 bis 1987 zeigen eine Erhöhung der Erträge um 6% bei Getreide und 8% bei Hackfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben). Da es hinsichtlich der Ertragswirkung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bodenbedingungen gab, wirkte sich die pKV unabhängig von den vorherrschenden Bodenbedingungen positiv auf die Erträge aus.

Neben der Erhöhung der Erträge beeinflusst die pKV auch die C-Vorräte in Böden. Bei der Anlage der Schächte wird kohlenstoffarmes Unterbodenmaterial in den Oberboden verlagert. Dadurch entsteht hier ein Ungleichgewicht (Untersättigung). Durch die Bindung von C-Verbindungen an Eisenoxiden, in Aggregaten und über Kationenbindung ist nach ein bis zwei Dekaden das alte C-Level erreicht. Durch die Verlagerung des kohlenstoffhaltigen Oberbodenmaterials in größere Tiefe wird dieses stabilisiert (O_2 -Mangel, geringerer C-Input u.a.).

Anhand von historischen Versuchen zur pKV in Brandenburg wurde die Nachhaltigkeit der pKV in Bezug auf die C-Vorräte im Boden im FNR-Projekt „Krümen senke“ analysiert. Nach ~40 Jahren enthalten die Schächte 50 bis 100% des SOC-Gehalts des Oberbodens zur Zeit der Anlage. Die SOC-Gehalte im Oberboden sind heute höher als zum Zeitpunkt der pKV.

Die Besonderheit der pKV als meliorative Maßnahme ist die Unabhängigkeit der C-Sequestrierung von der langfristigen Bewirtschaftung. Vielmehr bestimmen Bodeneigenschaften die Raten und Größenordnung der C-Sequestrierung. Aufgrund der Tiefe der Schächte (unterhalb des normalen Bearbeitungshorizonts) sind diese weitestgehend unbeeinflusst von nachfolgender Bodenbearbeitung bzw. -bewirtschaftung.

Die pKV stellt damit nicht nur eine sehr vielversprechende und nachhaltige Maßnahme für den Klimaschutz (Stichwort: Carbon Farming) dar, sondern auch für die Ertragsstabilität.

Bundesprogramm zum Humuserhalt und -aufbau des BMEL

Iffland, Hanna¹; Schäfer, Yonas¹; Homann, Linda¹ ✉

¹Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 53179 Bonn

✉ Linda.Homann@ble.de

Humus besteht zu rund 58 % aus Kohlenstoff. Wird Pflanzenmaterial zu Humus umgesetzt, wird der darin enthaltene Kohlenstoff im Boden gespeichert und kann als CO₂ somit nicht klimawirksam werden. Das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung sieht deshalb vor, dass das Kohlenstoffspeicherungspotenzial der landwirtschaftlich genutzten Böden verstärkt aktiviert werden soll.

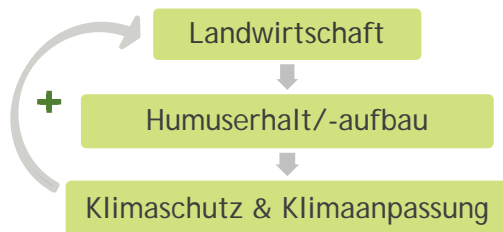


Abb. 6 Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Landwirtschaft, Humus und Klimawandel.

In Deutschland sind 2,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in landwirtschaftlich genutzten Böden gespeichert. Durch agronomische Maßnahmen, die für den Eintrag und die Bindung organischer Substanz in den Boden sorgen, kann ein Verlust von organischem Kohlenstoff durch Mineralisierung und somit die Emission von CO₂ verhindert werden.

Humus ist zusätzlich von elementarer Bedeutung für wichtige Bodenfunktionen wie Fruchtbarkeit, Nährstoffverfügbarkeit, Lebensraum für (Mikro-) Organismen, Regulierung des Wasserhaushalts und Erosionsminderung. Dadurch trägt Humus entscheidend zur **Resilienz** der Landwirtschaft gegenüber den sich wandelnden klimatischen Bedingungen bei.

Im Rahmen des **Bundesprogramm zum Humuserhalt und -aufbau** setzt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) verschiedene Maßnahmen um, die dazu beitragen, Wissen

über eine humusmehrende und -erhaltende Landwirtschaft zu generieren und möglichst großflächig in der **landwirtschaftlichen Praxis** zu verbreiten. Gezielt soll hierbei durch die Förderung von Modell- und Demonstrationsvorhaben sowie Forschungs- und Entwicklungsvorhaben die flächendeckende Umsetzung humusmehrender und -erhaltender Maßnahmen (Tab. 1) und Strategien in der landwirtschaftlichen Praxis forciert werden.

Tab. 3. Maßnahmen zum Humusaufbau und Humuserhalt.

Etablierte Maßnahmen
Verbesserte Fruchtfolge; Zwischenfrüchte; Anbau von humusmehrenden Kulturen (z.B. Leguminosen)
Erprobte Maßnahmen
Landnutzungsänderungen; mehrjährige Energiepflanzen; Streuobstwiesen; Hecken
Vielversprechende Maßnahmen
Agroforst; Pflanzenkohle; wurzelstarke Sorten; Agri-Photovoltaik; Moorbodenschutz
Maßnahmen zum Wissenstransfer
Austausch und Vernetzung zwischen Praxis und Forschung; Schulungen; Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Feldtage)

Diese Maßnahmen werden in verschiedenen Projekten erprobt und deren Wirksamkeit weiter erforscht. Berücksichtigung finden dabei unterschiedliche Maßnahmenpakete, Kulturen, Bewirtschaftungsformen sowie Betriebsgrößen bundesweit auf verschiedenen Standorten.

Das Bundesprogramm Humus ist eine langfristig angelegte Maßnahme, die mindestens bis zum Jahr 2031 laufen wird. Je nach finanzieller Ausstattung sind weitere Förderbekanntmachungen geplant.

Fazit | Carbon Farming in der Anwendung

Einzelne Maßnahmen zur C-Speicherung befinden sich in der Erprobung um die tatsächliche Speicherwirkung in der Praxis zu quantifizieren. Durch Blühstreifen gibt es einen positiven Effekt auf die C-Speicherung. Offen ist, ob Verlagerungseffekte berücksichtigt werden müssen. Ggf. gibt es Zielkonflikte zwischen Diversität und Biomassesteigerung. Ebenso sind Trade-offs bei der Kalkung zur Erhöhung des organischen Bodenkohlenstoff mit dem Pflanzenwachstum zu beobachten. Pflanzenkohle aus Gärprodukten zum Einsatz im Stall und zur Ausbringung auf dem Acker hat neben positiver Wirkung auf das Pflanzenwachstum und die Kohlenstoffbindung auch positive Auswirkungen auf das tierische Wohlbefinden und reduziert den Strohbedarf. Zur Rolle der Bodenverdichtung auf reduzierte Tiefendurchwurzelung auf den C-Eintrag besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

■ Notwendige weitere Forschung

- Welche Maßnahmen haben das Potential vom Pilotprojekt in die breite Anwendung skaliert zu werden?
- Wie kann auf politischer Ebene ein Carbon Farming Gesamtkonzept erstellt werden, dass für die vielversprechendsten Lösungen Anreize setzt und gleichzeitig Raum lässt für Innovation und standortoptimale Wahl der Maßnahmen?
- Wie können Trade-offs mit anderen Zielen möglichst vermieden bzw. reduziert werden?

■ Notwendige weitere Vernetzung

- Über unterschiedliche Skalen hinweg, etwa von der Ebene des Designs von Politikinstrumenten und Steuerungsmaßnahmen mit den Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung Einzelmaßnahmen.

13 Wege der CO₂-Entnahme im Landnutzungssektor – Interaktive Session der Fördermaßnahme CDRterra

Dr. Sabine Reinecke (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, CDR-PoEt), Dr. Carsten Paul (Leibniz-Zentrum f. Agrarlandschaftsforschung (ZALF), GONASIP), Dr. Juliane El Zohbi (GERICS / Hereon, CDR-SynTra), Dr. Nikolas Hagemann (Ithaka Institut, PyMiCCS), Dr. Ruben Seibert, JLU, BioNet), Dr. Karina Winkler (KIT, STEPSEC), Dr. Maximilian Witting (LMU, STEPSEC)

Der Landnutzungssektor spielt eine zentrale Rolle für die Reduktion der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Um bis 2045 das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen, bedarf es neben der Reduktion auch Ansätze, die Kohlendioxid dauerhaft aus der Atmosphäre entziehen. Der Kohlenstoff wird dabei dauerhaft im Boden oder in der Biomasse gespeichert. Dazu gehören unter anderem Methoden wie Agroforstsysteme, Pflanzenkohle, beschleunigte Verwitterung, angepasste Fruchtfolgen oder Wiedervernässung von Mooren.

Aber wie wirksam ist die CO₂-Entnahme im Landnutzungssektor? Welchen Einfluss hat die sozioökonomische Entwicklung auf das CO₂-Bindungspotential? Was sind mögliche Synergien, aber auch mögliche Konflikte? Was sind vor allem die zentralen sozio-politischen Herausforderungen? Welche Chancen gibt es vor dem Hintergrund der sich wandelnden Agrarpolitik der EU? Sind Maßnahmen für die CO₂-Entnahme (Carbon Dioxide Removal, CDR) in der Landwirtschaft in der nötigen Breite machbar bzw. erwünscht? Diesen Fragen für den Landnutzungssektor nachzugehen ist ein Fokus der BMBF-Fördermaßnahme CDRterra, die die politischen, ökologischen, technischen und gesellschaftlichen Fragen zu verschiedenen CDR-Methoden in den Blick nimmt.

In dieser Session werden Forschende von CDRterra zusammen mit Stakeholdern aus Politik und Praxis in Deutschland die technischen, ökonomischen aber auch insbesondere gesellschafts-politischen Potentiale und Herausforderungen herausarbeiten und diskutieren. Am Ende der Diskussion werden offene Fragestellungen zu CO₂-Entnahme im Landnutzungssektor zusammengetragen.

Die Session wird ergänzt durch eine Postersession mit Details zu und ersten Ergebnissen aus den einzelnen Projekten und Methoden in der Landwirtschaft.

Beitragende Konsortien

BioNet (Multi-level Assessment of Bio-based Negative Emission Technologies)

Partnerinstitutionen: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Justus-Liebig Universität Gießen (JLU), Universität Greifswald

CDR PoEt (Carbon Dioxide Removal Options: Policy and Ethics, Fallstudie Agroforst)

Partnerinstitutionen: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Perspectives Climate Research, CAU zu Kiel, adelphi, Climate Analytics

GONASIP (Governing multi-scale heterogeneities to activate natural carbon sink potentials)

Partnerinstitutionen: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)

PyMiCCS (Pyrogenic carbon and carbonating minerals (PyMiCCS) for enhanced plant growth and carbon capture and storage)

Partnerinstitutionen: Universität Hamburg, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Hochschule Geisenheim University, Ithaka Institut

STEPSEC (Scrutinizing the feasibility of terrestrial CDR potentials under socio-ecological constraints)

Partnerinstitutionen: CAU zu Kiel, Karlsruhe Institut für Technologie, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, TU München, Ludwig-Maximilians-Universität München, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

CDRSynTra (CDR Synthese and Transfer)

Partnerinstitutionen: Deutsches Museum, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Climate Service Center Germany (GERICS) / Helmholtz Zentrum Hereon, Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), Ludwig-Maximilians-Universität München, Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP)

Landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmethoden und ihre CO₂-Entnahmepotenziale

Seibert, Ruben¹

¹Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen, 35392 Gießen

✉ Ruben.Seibert@bot2.bio.uni-giessen.de

Verschiedene landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmethoden haben die Fähigkeit der Atmosphäre CO₂ zu entziehen und längerfristig im Boden zu speichern, wodurch Kohlenstoffvorräte in Mineralböden erhöht werden können. Außerdem können durch diese Methoden die Kohlenstoffverluste durch die Zersetzung des Kohlenstoffs verringert werden, wodurch die sonst auftretenden Emissionen in die Atmosphäre, reduziert werden.

Zu den bewährten Bewirtschaftungsmethoden gehören die ganzjährige Bodenbedeckung (GB) durch Zwischenfruchtanbau, die Zugabe von organischem Dünger oder Kompost (OD&K) auf Ackerland, bodenschonende Landwirtschaft durch Direktsaat (DS) und die Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland (Flächenumwandlung; FIU). Andere Methoden, die ein längerfristiges Potenzial für eine größere Kohlenstoffakkumulation im Boden bieten können, aber in landwirtschaftlichen Produktionssystemen bisher selten oder gar nicht eingesetzt werden, sind Agroforstsysteme (AgrF) und die Verwendung von Biokohle (BK) als Bodenzusatz.

Stellt man das CO₂-Entfernungspotenzial der oben erwähnten Bewirtschaftungsmethoden dem Entfernungspotenzial von konventioneller Bewirtschaftung (KLW) gegenüber (Abb. 1), so zeigen diese jeweils ein positives CO₂-Entfernungspotenzial, während die konventionelle Bewirtschaftung ein negatives CO₂-Entfernungspotenzial aufweist. Bei der Gegenüberstellung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), zeigt die konventionelle Landwirtschaft den höchsten THG-Ausstoß (Abb. 2). Bilanziert man am Ende die THG-Emissionen mit dem CO₂-Entfernungspotenzial der einzelnen Bewirtschaftungsmethoden, so zeigen, mit Ausnahme der konventionellen Bewirtschaftung, alle eine Netto negative Emission. Dies bedeutet, es

wird mehr CO₂ in das Bodensystem aufgenommen als ausgestoßen.

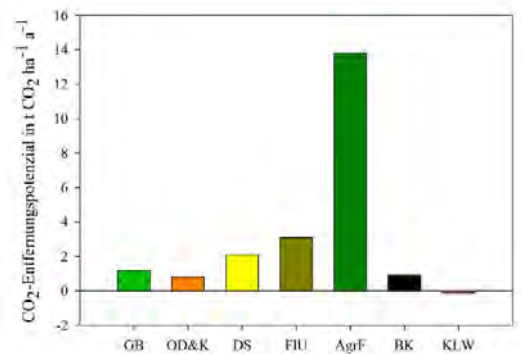


Abb. 7. CO₂-Entfernungspotenzial unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmethoden.

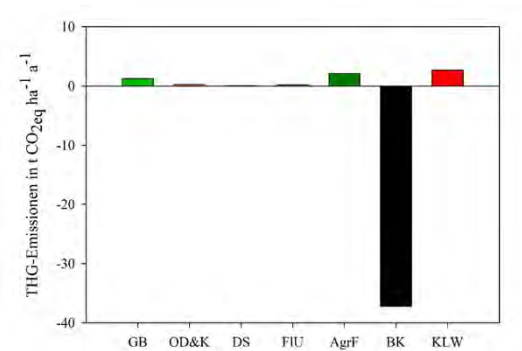


Abb. 2. THG-Emissionen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmethoden.

Durch die oben genannten Methoden kann der organische Kohlenstoff im Boden zunehmen und die THG-Emissionen abnehmen. Die Sequestrierungsraten können jedoch stark variieren, da diese immer abhängig von unterschiedlichen Bedingungen (Bodeneigenschaften, klimatische Bedingungen, Anbaumethoden, angebaute Kulturen) sind. Auch kann eine Sättigung des Kohlenstoffgehalts im Boden erreicht werden, was im Laufe der Jahre zu einem Rückgang der Kohlenstoffsequestrierung und Zunahme der THG-Emissionen führen kann.

CDR PoEt - Chancen und Herausforderungen für neue Agroforstsysteme in Deutschland und darüber hinaus

Montero-de-Oliveira, Fernando-Esteban¹; [Mayr, Sebastian](#)¹ ✉; Reinecke, Sabine²;

¹Albert-Ludwigs-Universität, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Freiburg, ²Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Departement für Agrar- und Ernährungssysteme, Frick (Schweiz)

✉ sebastian.mayr@waldbau.uni-freiburg.de

Neben der CO₂-Bindung bieten Agroforste für Gesellschaft, Natur und Landwirt*innen viele Vorteile - im Vergleich zur separaten land- und forstwirtschaftlichen Nutzung. Es bleibt jedoch unklar, wie und welche Agroforstsysteme umzusetzen sind, um maximale soziale, politische und finanzielle Unterstützung zu erhalten. Trotz der vielen Vorteile kommen Agroforste kaum als explizite Klimamaßnahme zur Anwendung. In der Fallstudie Oberrhein analysieren die Forscher*innen in CDR-PoEt systematisch und praxisbezogen welche politischen, praktischen und gesellschaftlichen Hürden sowie Chancen für die Ausweitung der Agroforstwirtschaft - nicht nur für Deutschland - bestehen.

In Stakeholder-Prozessen in der Oberrheinregion sowie Interviews mit einer Vielzahl an Akteuren hat das CDR-PoEt generell ergründet, ob und inwiefern Agroforst die Zukunft der Landwirtschaft in der Region bestimmen kann? Es wurden gemeinsam Fragen eruiert wie:

- Welche Agroforstsysteme sind besonders attraktiv für Landwirt*innen und die Gesellschaft?
- Was sind politische, praktische und gesellschaftliche Hürden?
- Welche Möglichkeiten für die Skalierung bestehen bereits? Warum entscheiden sich z.B. Landwirt*innen unter oft widrigen politischen und wirtschaftlichen Umständen für die Agroforstwirtschaft und schaffen es, erfolgreiche Unternehmer zu werden (oder auch nicht)?
- Wer sind die wichtigen Akteure in der Region - auch jenseits der deutschen Grenze -, die bestehende Skalierungsprozesse antreiben oder hemmen.
- Welche politischen Instrumente können eingesetzt werden und sind wünschenswert für die Einführung und Aufrechterhaltung von Agroforstsystemen und die Nutzung ihrer Vorteile? Welche Rolle spielen dabei konkret finanzielle Anreize?

Auswirkungen von CDR auf die zukünftige Landnutzung in Deutschland

Winkler, Karina¹ ✉; Witting, Maximilian²; Gulde, Felix²;

¹Karlsruhe Institut für Technologie, IMK-IFU, Garmisch-Partenkirchen, ²Ludwig-Maximilians-Universität, Department für Geographie, München

✉ karina.winkler@kit.edu

Um in Zukunft Netto-Null-Treibhausgasemissionen zu erreichen, wird die CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre (Carbon Dioxide Removal, CDR), auch bekannt als negative Emissionen, ein zusätzlicher, aber unvermeidlicher Teil des Klimaschutzportfolios werden. Abhängig von der sozioökonomischen Entwicklung, aber auch vom Fortschreiten des Klimawandels, kann Deutschland verschiedene Wege der Umsetzung von CDR-Maßnahmen im Landsystem beschreiten.

Das Forschungsprojekt STEPSEC untersucht die Machbarkeit landbasierter CO₂-Entnahme unter sozio-ökologischen Rahmenbedingungen. Im Rahmen des Projekts werden daher, unter anderem in drei partizipativen Stakeholder Workshops,

- 1) qualitative und quantitative CDR-bezogene Visionen über die Zukunft der CO₂-Entnahme und des Landsystems in Deutschland, sowie
- 2) Narrative zu unterschiedlichen landnutzungserweiterten sozioökonomischen Entwicklungspfaden (SSPs) auf nationaler Ebene

entwickelt und deren Implikationen für die zukünftige Landnutzung geprüft. Dies geschieht in Kombination mit Klimaszenarioszenarien, um die Entwicklung des deutschen Landsystems im Hinblick auf Bioenergie, Agroforstwirtschaft und Aufforstung/Wiederaufforstung umfangreich simulieren zu können.

Hierfür wird CRAFTY-DE entwickelt, ein agentenbasiertes Modell des deutschen Landsystems (siehe Abb. 1). CRAFTY-DE verwendet dabei für verschiedene Landnutzungsarten unterschiedliche Typen von Agenten mit spezifischen Verhaltensweisen der Landbewirtschaftung, wie z.B. intensiven Getreideanbau, ex-

tensive Beweidung oder Bioenergie-Plantagen. Die entwickelten SSP-Narrative fließen in Form von Szenarien quantifizierbarer Indikatoren als sozioökonomische Standortfaktoren mit ein. Die natürliche Eignung der Landoberfläche für verschiedene Landnutzungstypen und CDR-Maßnahmen (z.B. Potenzial für Kohlenstoffentnahme oder Ernteerträge) beruht auf Ergebnissen von dynamischen Vegetationsmodellen.

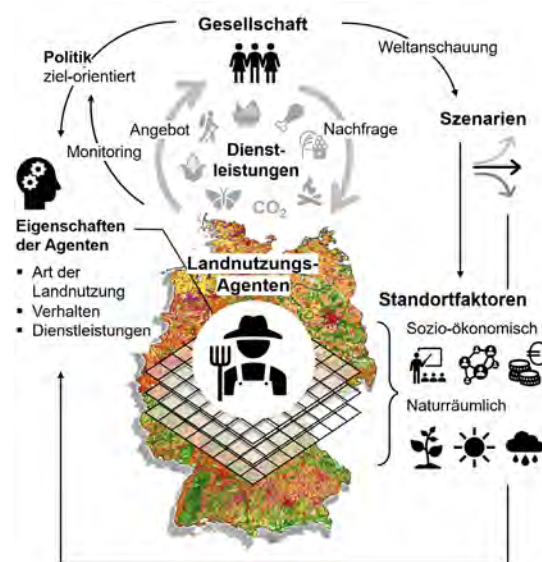


Abb. 1. Funktionsweise und Komponenten des agentenbasierten Modells des deutschen Landsystems CRAFTY-DE

Indem wir die Zukunft des deutschen Landsystems mit CRAFTY-DE modellieren, simulieren wir, welche Pfade zeitabhängiger Maßnahmen die CDR-bezogenen Visionen in Deutschland erreichen könnten. Wir untersuchen, welche Auswahl und welche Proportionen von landbasierten CDR-Methoden am besten geeignet sind, um Klimaschutz, Ernährungssicherheit und Umweltschutz in Einklang zu bringen.

Einfluss von Carbon-Farming-Maßnahmen auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen

Strauss, Veronika^{1,2} ✉; Paul, Carsten¹; Dönmez, Cenk¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, ²Leibniz Universität Hannover, Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie, Hannover

✉ veronika.strauss@zalf.de

Carbon Farming (CF) bezeichnet landwirtschaftliche Verfahren zur Erhöhung des Kohlenstoffgehalts in ackerbaulich genutzten Böden. Neben dem Klimaschutzeffekt durch Kohlendioxidentnahme (CDR) können sich CF-Maßnahmen auch positiv auf die Bereitstellung vieler Ökosystemleistungen auswirken, etwa den Erosionsschutz verbessern, Nährstoffeinträge in Gewässer verringern oder zum Artenschutz beitragen. Jedoch können sie auch unerwünschte Auswirkungen haben, etwa reduzierte Flächenproduktivität oder erhöhten Wasserverbrauch.

Welche Nebeneffekte in welcher Stärke auftreten, variiert abhängig von Standortfaktoren. Deren Auswirkungen sind oft unklar, so dass die Landwirtschaft bezüglich der Implementierung von CF-Maßnahmen vor erheblicher Planungsunsicherheit steht. Dies bremst die Umsetzung von CF in der Landwirtschaft.

Im CDRterra-Projekt GONASIP wird herausgestellt, welche Nebeneffekte ausgewählte CF-Maßnahmen neben dem Klimanutzen mit sich bringen und wie diese den Gesamtwert der Maßnahmen verändern. Zudem sollen Einflussfaktoren und deren Effekte identifiziert und so die Unsicherheit bezüglich der Vorhersagbarkeit der Gesamtwirkung von CF-Maßnahmen verringert werden.

In diesem Vortrag werden die Auswirkungen der CF-Maßnahmen

- *Zwischenfruchtanbau*
- *Fruchtfolgediversifizierung durch Leguminosen und Mehrjährige*
- *Kurzumtriebsplantagen*
- *Agroforstsysteme*
- *Aufforstung marginaler Flächen*
- *Wiedervernässung drainierter ehemaliger Moorböden*

auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen in Deutschland vorgestellt. Daneben wird dargelegt, welche Einflussfaktoren räumliche Variabilität verursachen.

Als Fallbeispiel stellen wir für die CF-Maßnahme *Agroforst* die räumlich unterschiedlichen Effekte anhand ausgewählter Ökosystemleistungen kartografisch vor. Dadurch wird ersichtlich, in welchen Regionen Agroforst mit einem besonders hohen Zusatznutzen einhergehen würde. Auf der anderen Seite stellen wir heraus, an welchen Standorten die Opportunitätskosten durch die Verringerung der landwirtschaftlichen Nutzfläche besonders hoch wären.

Die Methode der kombinierten kartografischen Darstellung von positiven und negativen Nebeneffekten kann dabei helfen, Regionen zu identifizieren, in denen ein hoher Klimaschutzeffekt mit einem hohen Zusatznutzen sowie geringstmöglichen Opportunitätskosten einhergehen würde. Die Ergebnisse können die Entscheidungsfindung in landwirtschaftlichem Management und Landschaftsplanung sowie das Design eines regulatorischen Rahmens für die effektive Kohlendioxidentnahme unterstützen.

PyMiCCS: Pflanzenkohle und Gesteinsmehl - eine gute Kombination für Landwirtschaft und Klima?

Vorrath, Maria-Elena¹ ✉; Hagemann, Nikolas^{2,3}; Amann, Thorben¹; Johannes Meyer zu Drewers^{2, 3}

¹Institut für Geologie, Universität Hamburg, Hamburg, ²Ithaka Institut gGmbH, Goldbach, ³Agroscope, Zürich, Schweiz

✉ maria-elena.vorrath@uni-hamburg.de

Sowohl Pflanzenkohle als auch Gesteinsmehl werden traditionell in der Landwirtschaft angewendet. Neben bodenverbessernden Eigenschaften bieten sie gleichzeitig das Potential zur CO₂-Entnahme bzw. -speicherung. Gibt es Synergieeffekte für Landwirtschaft und Klima, wenn beide Produkte gemeinsam angewendet werden oder sie durch die gemeinsame Pyrolyse verbunden werden („mineral-doping“ / Co-Pyrolyse)?

Bisherige Studien zur Anwendung von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft zeigen vielversprechende Effekte bezüglich der Pflanzengesundheit, Ernteerträge, Bodenökologie, Treibhausgasreduktion, Bodengesundheit und Klimawandelresilienz (Schmidt et al. 2021 - 10.1111/gcbb.12889). Gesteinsverwitterung kann ebenfalls zur Bodenverbesserung beitragen, Nährstoffe bereitstellen und die landwirtschaftliche Produktion verbessern (Swoboda et al. 2021 - 10.1016/j.scitotenv.2021.150976).



Abb. 8. Inkubationsexperimente zur Quantifizierung des CO₂-Entnahmepotentials verschiedener Kombinationen von Gesteinsmehl und Pflanzenkohle. (Foto: T. Amann)

Um das kombinierte CO₂-Entnahme- und Speicherungspotential von Pflanzenkohle und Gesteinsverwitterung sowie ihre kombinierten Einflüsse auf Agrarökosysteme zu untersuchen, werden

Experimente im Labor (Abb. 1), im Gewächshaus und im Freiland (Deutschland und Kenia) durchgeführt. Auf Grundlage der Experimente findet eine modellbasierte Evaluierung von Rückkopplungen und Skalierungspotentialen hinsichtlich Bodenkohlenstoff, Nährstoffhaushalt, Vegetation und Kohlenstoffsequestrierung statt (Abb. 2).

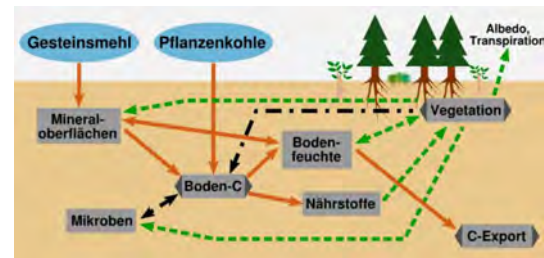


Abb. 2. Schematisches Modell zur Untersuchung von Rückkopplungen der Bodenvegetation und globaler Skalierung.

Erste Ergebnisse zeigen, dass es deutliche Unterschiede bei Freisetzung verschiedener Nährstoffe gibt und die kombinierte Anwendung die Bodenhydrologie verbessert. Dies kann wiederum auch den Verwitterungseffekt und damit die CO₂-Sequestrierung positiv beeinflussen. Die Experimente zeigen, dass eine gezielte Auswahl der Ausgangsmaterialien, Produktionsmethode und Anwendungsszenarien wichtig ist, um CO₂-Sequestration zu maximieren und gleichzeitig Bodeneigenschaften zu optimieren.

Durch einen engen Austausch zwischen Wissenschaft, Agrarindustrie und Landwirtschaft sollen Best-Practice-Richtlinien erarbeitet und Bewertungsstandards für CO₂-Entnahmepotential und Umweltauswirkungen von Pflanzenkohle/Gesteinskombinationen entworfen werden.

CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre: Erfahrungsberichte aus der landwirtschaftlichen Praxis

El Zohbi, Juliane¹ ✉; Rechid, Diana ¹

¹ Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon, Hamburg

✉ juliane.el_zohbi@hereon.de

Der Agrarsektor rückt immer mehr ins Rampenlicht, wenn es um landbasierte Entnahmen von CO₂ aus der Atmosphäre und dessen Speicherung geht. Humusaufbau, Agroforst, Pflanzenkohle - seien hier als Stichworte für Methoden genannt, um CO₂ vermehrt der Atmosphäre zu entnehmen und im Boden oder Biomasse zu speichern.

Das GERICS (Climate Service Center Germany) des Helmholtz-Zentrums Hereon führt im Rahmen von der BMBF Förderlinie CDRterra im Projekt CDRSynTra eine Fallstudie in Schleswig-Holstein und Hamburg durch. Wir haben in 29 leitfadengestützten Interviews mit Akteurinnen und Akteuren aus dem Landwirtschaftssektor im Zeitraum von Januar bis Juli 2023 gesprochen. Ziel der Gespräche war es zu erfahren, was für Erfahrungen bisher mit Methoden zur CO₂ Entnahme gemacht wurden, wie der Wissenstand ist, was für Informationsbedarfe es gibt, was für offene Fragen im Raum stehen.

Tab. 4. Zuordnung der Interviews pro Akteursgruppe. Die Mehrheit der Interviewten vertraten mehr als nur eine Akteursgruppe.

Interviews pro Akteursgruppe	Anzahl
Landwirt:innen	9
Landwirtschaftliche Interessenverbände	9
Nichtregierungsorganisationen / Umweltverbände	5 / 2
Forschung	4
Behörden	5
Unternehmen	6

Was braucht die landwirtschaftliche Praxis für die Umsetzung von CO₂-Entnahme Methoden? Aus dem Bereich der Anpassung der Landwirtschaft an die Klimafolgen wissen wir, dass passgenaue Klimakenngrößen über das zukünftige Klima wichtig sind, um Lösungsansätze zu entwickeln. Wie sieht das im Bereich CO₂-Entnahme aus, spielen Klimainformationen bei dem Einsatz von Pflanzenkohlen, dem Aufbau von Agroforst oder anderen Methoden eine entscheidungsfindende Rolle? Antworten dazu werden auf der Konferenz vorgestellt.

Fazit | Wege der CO₂-Entnahme im Landnutzungssektor – Interaktive Session der Fördermaßnahme CDRterra

■ Offene Fragen

Welche weiteren Hemmnisse gibt es bezüglich CDR und CO₂-Speicherung als Geschäftsmodell?

- Langfristige Maßnahmen sind am wirksamsten, benötigen aber sehr viel Überzeugungsarbeit. Zur Förderung sind die Skalierbarkeit sowie die verschiedenen Zeithorizonte zentral
- Zusätzliche Kosten, die auf den Verbraucherpreis aufgeschlagen werden

Wie wird CDR und CO₂-Speicherung für die Landwirtschaft attraktiver?

- Umstellende Landwirte brauchen feste Überzeugung, dass sie das Richtige tun. Es gebe in der Community wenig Vorbehalte und Interesse daran, was die Vorreiter machen (Push-Pull-Faktoren). Der Druck auf die Landwirte ist spürbar, es wird aber dringend mehr Begleitung benötigt. Vorbilder, Netzwerke, soziale Medien und gesellschaftliche Anerkennung sind enorm wichtig und die finanzielle Anerkennung von Ökosystemdienstleistungen ist gewünscht
- Der Informationsaustausch zwischen Forschung und Praxis sollte erhöht werden. Hier wäre es hilfreich Erfahrungen und Erkenntnisse stärker auszutauschen
- Betriebe sollten die Möglichkeit haben, verschiedene CO₂-Entnahme-Maßnahmen kombinieren zu können und bei der Bilanzierung aufsummieren zu können.

■ Notwendige weitere Forschung zur CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre

1. Der Blick auf das Thema CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre im Agrarbereich muss noch mehr Dimensionen erhalten und Zielkonflikte müssen noch mehr berücksichtigt werden
2. Gibt es additive Effekte, wenn man verschiedene CO₂-Entnahme-Maßnahmen (z.B. Pflanzenkohle, Agroforst, Humusaufbau, etc.) kombiniert?
3. Von nachgelagerten Betrieben, z.B. Lebensmittelherstellern, werden dringend wissenschaftliche Grundlagen für die THG-Bilanzierung benötigt. Derzeit werde z.B. nach dem Cool Farm Tool bilanziert. Ob die Ergebnisse wirklich belastbar sind, sei unklar. Zumeist ist die Unternehmensberichterstattung international nicht abgestimmt und wissenschaftlich nicht ausgereift genug

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity

1. wirtschaftlich-politische Dimension stärker integrieren (Realität der Landwirtschaft)

... entlang der Wertschöpfungskette

1. Stärkerer Austausch zu CDR und seiner Wirkung/seinen Herausforderungen in der Landwirtschaft: mehr Anreize für Diskussionen zwischen Wissenschaft und dem agrarischen Privatsektor und Wissenstransfer für Verbraucherinnen und Verbraucher
2. Falschinformationen über Zertifikate sind weit verbreitet. Hier muss gegengesteuert werden, um die Wirksamkeit und dadurch auch das Vertrauen zu erhöhen.

14 Das TheKLa-Netzwerk: THG-Bilanz, Klimaschutz, Aktuelles aus den Arbeitsgruppen und Perspektiven

Harald Becker (Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing

Das TheKLa-Netzwerk ist ein offenes Netzwerk zum Austausch und Wissenstransfer, das vom TFZ in Straubing organisiert wird. Kernthemen sind die THG-Bilanz und Klimaschutz und -anpassung in der Landwirtschaft. Zentrale Wissensplattform ist www.thekla-netzwerk.de

Ablauf

- Kurze Begrüßung
- **BEK: Berechnungsstandard Einzelbetrieblicher Klimabilanzen**

Die Arbeitsgruppe des BEK wird vom KTBL geleitet. Vorgestellt werden die Neuerungen, Anpassungen und Haupt-Diskussionspunkte zur Aktualisierung des Berechnungs-Standards

- **Expertengruppe THG-Bilanz Milchvieh**

In dieser Gruppe geht es explizit um das Produkt Milch und die dazugehörigen Produktionsschritte in der Tierhaltung. Federführend der im November 2022 gegründeten Gruppe ist das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft.

Es erfolgen eine Zusammenfassung der zurückliegenden Treffen und der Jahrestagung sowie die Auflistung aktueller Knackpunkte und Erkenntnisse.

- **Arbeitskreis Agrar-Klima-Beratung**

Hier haben sich interessierte Beratungskräfte zusammengetan, um

THG-Bilanz und Klimaberatung stärker in die Beratung zu integrieren. Dabei geht es sowohl um methodische und fachliche Ansätze als auch um die Tool-Auswahl und die Verbesserung der Reichweite. Fachlich federführend ist die Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

- **Arbeitsgruppe Toolvergleich**

Die im Dezember 2023 gegründete Arbeitsgruppe Toolvergleich hat sich zum Ziel gesetzt, transparent die zahlreichen im Umlauf befindlichen Tools zu vergleichen. Damit sollen Einsteigern und Fortgeschrittenen die Vorteile und Möglichkeiten der Tools aufgezeigt werden. Wir stellen erste Ergebnisse vor.

- **Potenziale und Perspektiven: Zukunft des TheKLa-Netzwerks**

Aktuell läuft das TheKLa-Netzwerk als von der FNR finanziertes Projekt bis Juli 2024. Als zentrale Schnittstelle zu den Themen THG-Bilanz und Klimaschutz verbindet es bereits weit über 300 Stakeholder aus den Bereichen Beratung, Forschung, Verbände, Behörden, Politik und Praxis.

Ziel ist es, das TheKLa-Netzwerk langfristig und breit aufgestellt noch zu vergrößern, um der komplexen Thematik und den vielen Interessenten und Neueinsteigern gerecht zu werden. Hierzu gibt es Ansätze und Ideen, die wir vorstellen und gemeinsam diskutieren wollen.

Fazit | Das THeKLa-Netzwerk: THG-Bilanz, Klimaschutz, Aktuelles aus den Arbeits- gruppen und Perspektiven

Beim THeKLa-Netzwerktreffen wurden die bisherigen und aktuellen Tätigkeiten beschrieben. Das THeKLa-Netzwerk läuft in der aktuellen Fassung Mitte 2024 aus und soll verlängert und ggf. vergrößert werden. Die entstandenen Arbeitsgruppen werden als wichtig gesehen und dienen vor allem dem Austausch und der Vernetzung.

■ Offene Fragen

- Wie kann das THeKLa-Netzwerk zukünftig unabhängig, dauerhaft und praxisorientiert fungieren?
- Finden wir einen einheitlichen Bilanzierungsgrundsatz für Betriebe, der egal mit welchem Tool dann vergleichbare Ergebnisse liefert?
- Ist eine Anbindung an internationale Standards noch möglich?

■ Notwendige weitere Forschung

- ... zur Anpassung an den Klimawandel
 1. Bessere Schulung der Beratungskräfte

2. Exaktere Abschätzung von Schutzmaßnahmen

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Umgang mit shifting baselines auf den Betrieben
2. Maßnahmenbasierte Finanzierung und Honorierung

... zur Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre

1. Berücksichtigung der Humusbilanz in der THG-Bilanz als großer Knackpunkt
2. Tatsächliche Humusbindung durch Maßnahmen im Pflanzenbau sollte mit tatsächlichen Zahlen unterlegt werden.

■ Notwendige weitere Vernetzung

- Innerhalb der Forschungscommunity sind fast alle großen und wichtigen Institutionen bereits bei THeKLa involviert. Einzelne Unis und Behörden fehlen noch.
- Noch mehr Stakeholder aus dem Bereich Praxis, Verarbeitung und Handel
- Über www.thekla-netzwerk.de

21 Ernährung, Nachhaltigkeit und Transformation

Moderation: Ralf Bloch, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE)

Was treibt die Transformation der Ernährungssysteme? Ist es eher die Produktion oder die Nachfrage? Wenn es vor allem die Nachfrage ist, müssen Wege gefunden werden, die klimafreundliche Ernährung aus Sicht der Konsumenten erstrebenswert machen und erleichtern.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Barrierenanalyse in der zirkulären Lebensmittelindustrie durch Fuzzy-DEMATEL Ansatz | Davit Markosyan
 - ~~• Hindernisse einer Ernährungstransformation. Eine Auswertung von Leser:innen-Kommentaren | Katharine Heyl~~
 - "Einstieg in den Ausstieg?" - Fleischalternativen für eine Ernährungswende | Frederike Neuber
- Poster
 - Transformation in der Außer-Haus-Verpflegung: Effektive Hebel für eine nachhaltige Zukunft | Julia Heinz
- Fazit

Barrierenanalyse in der zirkulären Lebensmittelindustrie mit Hilfe des Fuzzy-DEMATEL-Ansatzes

Markosyan, Davit¹ ✉; Grundmann, Philipp²

^{1, 2} Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

✉ davitzmarkosyan@gmail.com

Die Lebensmittelindustrie belastet die natürlichen Ressourcen stark und hat erhebliche Umweltauswirkungen. Laut Ritchie und Roser (2022) trägt das globale Ernährungssystem etwa 26 % der weltweiten Emissionen bei. In der Zeit nach der industriellen Revolution haben verschiedene wirtschaftliche Denkschulen die dringende Notwendigkeit einer nachhaltigeren und ressourceneffizienteren Transformation der Lebensmittelindustrie erkannt. Das aufstrebende Konzept der Kreislaufwirtschaft zielt darauf ab, das lineare Wirtschaftsmodell zu ändern und Nachhaltigkeit in der Lebensmittelindustrie zu fördern. Dennoch bietet die bestehende Literatur hauptsächlich einen Überblick über die Barrieren, die eine erfolgreiche Umsetzung behindern. An Forschung, die die Hierarchie dieser Barrieren und die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen ihnen untersucht, insbesondere im deutschen Kontext besteht weiterhin ein dringender Bedarf.

Durch tiefgehende Interviews mit ausgewählten Fallstudien und Branchenexperten sowie durch Fuzzy-DEMATEL-Analyse haben wir die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den ausgewählten Barrieren identifiziert.

Als Ergebnis der Literaturübersicht und der Experteninterviews haben wir acht Hauptbarrieren für die Analyse ausgewählt. Diese Barrieren wurden in fünf Hauptkategorien unterteilt: Marktentwicklung, Verbraucherperspektive, Technologie und Ressourcen, Finanzen, Wissen und Bildung, Governance.

Tab. 5. ■ Ursache ■ Wirkung

Unklare Definition der Kreislaufwirtschaft (B1)
Mangel an Produktgestaltung und Abfallinfrastruktur (B2)
Mangelndes Bewusstsein und Vertrauen der Verbraucher gegenüber kreislaforientierten Produkten (B3)

Mangel an privaten und öffentlichen Finanzierungsmöglichkeiten (B4)
Schwache politische Anreize, Politiküberwachung und -bewertung (B5)
Mangel an Netzwerken und Zusammenarbeit in der Lieferkette (B6)
Geringe Menge und Qualität des Materialflusses (B7)
Hohe Investitionskosten und lange Amortisationszeiträume (B8)

Als Ergebnis der Fuzzy-DEMATEL-Analyse wurden vier Hauptursachenbarrieren identifiziert, die in Rot hervorgehoben sind und in der Grafik oberhalb der horizontalen Linie liegen.

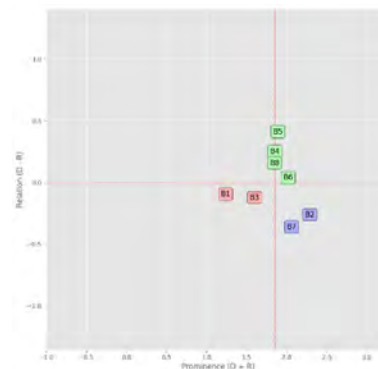


Abb. 1: Ursache-Wirkung-Barrieren

Zusätzlich erfordern B2 und B7 sofortige Aufmerksamkeit, da sie als sehr signifikante Barrieren gelten und entsprechende Maßnahmen ergriffen werden müssen, um sie anzugehen. Es bestehen individuelle Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen B2 und B7, B5 und B2, B4 und B7 sowie B6 und B2.

Diese Studie trägt zur Weiterentwicklung des Wissens im Bereich der Kreislaufwirtschaft bei, indem sie die Hauptbarrieren aufdeckt, mit denen Unternehmen während ihres Übergangs konfrontiert sind. Wir bieten praktische Ratschläge für Unternehmen, um diese Transformation reibungslos zu bewältigen. Darüber hinaus unterbreiten wir politische Empfehlungen, um datengesteuerte, gezielte Politiken für öffentliche Behörden zu ermöglichen.

Hindernisse einer Ernährungstransformation. Eine Auswertung von Leser:innen-Kommentaren.

Heyl, Katharine^{1,2} ✉; Ekar dt, Felix¹

¹Forschungsstelle Nachhaltigkeit und Klimapolitik, Leipzig und Berlin, ²Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

✉ katharine.hey l@uni-rostock.de

Die Änderung von Ernährungsweisen ist ein zentrales Element, um den Agrarsektor mit diversen Nachhaltigkeitszielen in Einklang zu bringen.

Vor diesem Hintergrund ist es unumgänglich, den Konsum tierischer Produkte zu reduzieren. Der Fleischkonsum nimmt dabei eine prominente Rolle ein, weil die Fleischproduktion mit vielfältigen Umweltproblemen verknüpft ist. Neben klimaschädlichen Treibhausgasemissionen sind hierbei auch negative Auswirkungen auf die Biodiversität beispielsweise durch Nährstoffüberschüsse hervorzuheben.

Folglich bedarf es einer Verhaltensänderung. Verhaltensänderungen sind jedoch komplex und werden durch viele Faktoren beeinflusst. Um eine Ernährungstransformation herbeizuführen gilt es, diese Faktoren und ggf. daraus resultierende Hindernisse zu überwinden.

Diesen Faktoren und Hindernissen widmet sich der vorliegende Beitrag. Er stellt die Ergebnisse einer qualitativen Inhaltsanalyse von Leser:innen-Kommentaren vor, die als Reaktion auf einen Online-Zeitungsartikel, der für weniger Fleischkonsum plädiert, verfasst wurden (Heyl & Ekar dt, 2021 - 10.1016/j.jclepro.2021.129857). In dem Forschungsprojekt wurde untersucht, ob sich in verschiedenen Disziplinen identifizierte Motivationsfaktoren von (nicht-)

nachhaltigem Verhalten in den Leser:innen-Kommentaren widerspiegeln. Die untersuchten Motivationsfaktoren umfassen Wissen, Werte, Eigennutzen, strukturelle Probleme, Normalitätsvorstellungen und Emotionen. Im Zuge der qualitativen Inhaltsanalyse wurden in den Leser:innen-Kommentaren mehrere Themen identifiziert und diese den Motivationsfaktoren zugeordnet (siehe Abb. 1).

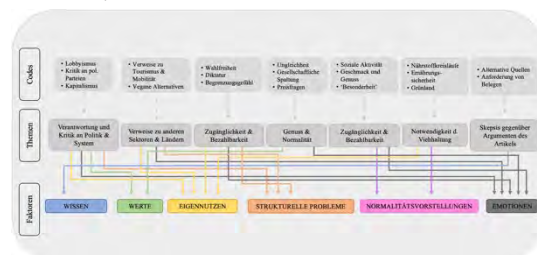


Abb. 1: Ergebnisübersicht

Die Ergebnisse zeigen, dass in der Tat diverse Motivationsfaktoren einer Ernährungstransformation im Wege stehen: Emotionen, Eigennutzen und strukturelle Probleme nehmen eine prominente Rolle ein, während Werte und (fehlendes) Wissen eine untergeordnete Bedeutung haben. Diese Faktoren-Verzahnung in Kombination mit der Interdependenz aller gesellschaftlichen Akteure (z. B. Landwirt:innen, Verbraucher:innen, Politiker:innen, Wähler:innen) ist ein Erklärungsansatz dafür, warum die Erreichung globaler Nachhaltigkeitsziele so herausfordernd ist.

„Einstieg in den Ausstieg?“ – Fleischalternativen für eine Ernährungswende

Neuber, Frederike¹✉; Antony, Florian²; Klatt, Anne³; Lakner, Sebastian⁴; Renner, Britta⁵; Speck, Melanie⁶; Spiller, Achim⁷; Crane, Kylie⁸

¹Institut für Philosophie/Institut für Anglistik und Amerikanistik, Universität Rostock, Rostock; ²Ökoinstitut, Freiburg; ³Umweltbundesamt, Dessau; ⁴Lehrstuhl für Agrarökonomie, Universität Rostock, Rostock; ⁵Lehrstuhl für Gesundheitspsychologie, Universität Konstanz; ⁶Sozioökonomie in Haushalt und Betrieb, Hochschule Osnabrück; ⁷Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen, Göttingen; ⁸Lehrstuhl für Cultural Studies, Universität Rostock, Rostock

✉ frederike.neuber@uni-rostock.de

Produktion und Konsum von Fleisch gehören in Deutschland zu den zentralen Ursachen für regionale Nährstoffüberschüsse, sind mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden und benötigen im Kontext einer steigenden Nutzungskonkurrenz viel landwirtschaftliche Fläche. Immer mehr Verbraucher:innen möchten ihren Fleischkonsum reduzieren und die aktuellen Verbrauchsdaten zeigen eine Abnahme gegenüber den Vorjahren. Eine Reduktion des Fleischkonsums erscheint daher sowohl ökologisch als auch moralisch geboten und lässt sich wirtschaftspolitisch mit dem Konzept der „Exnovation“, also dem Auslaufen nicht nachhaltiger Technologien, begründen.

Wir, die Autor:innen, bilden eine Arbeitsgruppe im Deutschen Komitee für Nachhaltigkeitsforschung in Future Earth, die die Frage adressiert, welche Rolle einerseits Fleisch aus der Landschaftspflege (Landschaftspflegefleisch, LPF) und andererseits zellkultiviertes Fleisch („in-vitro Fleisch“, ivFI) für eine Ernährungswende im Sinne einer Fleischreduktion spielen können.

LPF und ivFI stellen Alternativprodukte zu konventionellem Fleisch dar, die Konsument:innen einen umwelt-, klima-, sozial- und tierwohlverträglicheren Fleischkonsum in Aussicht stellen. Im Gegensatz zu anderen (z.B. pflanzlichen oder Insekten-basierten) Alternativprodukten kommen sie theoretisch dem Bedürfnis nach „richtigem Fleisch“ und

„echtem Genuss“ stärker entgegen. Allerdings weisen die beiden Produkte wesentliche Unterschiede auf: ivFI wird als technisch, künstlich und tendenziell eher unnatürlich wahrgenommen, LPF dagegen als traditionell und naturnah vermarktet. Eine weitere technische Herausforderung von ivFI könnte der hohe Energiebedarf bei der Erzeugung sein. LPF wiederum ist eine aufwändige Haltungsform, die aktuell aus wirtschaftlicher Sicht nicht immer wettbewerbsfähig ist.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob LPF und ivFI eine Reduktion des Fleischkonsums substantiell unterstützen – also, ob sie einen „Einstieg in den Ausstieg“ ermöglichen – oder ob sie vielmehr gegenwärtige Konsummuster ohne substantielle Änderungen legitimieren. Welche Hemmnisse und Lösungsansätze ergeben sich daraus für die Produktion, Vermarktung und den Konsum dieser Produkte?

Unser Forschungsansatz ist konsequent interdisziplinär und praxisorientiert. Die Lebenszyklusanalyse der beiden in Frage stehenden Alternativprodukte wird eingefasst von ethischen, psychologischen und kulturellen Fragen hinsichtlich des Fleischkonsums. Unser Ziel ist es, die Zielkoordinaten Landnutzung, nachhaltige Tierhaltung und Ernährung zusammenzubringen und damit Orientierung für die Ernährungswende in Deutschland zu schaffen.

Transformation in der Außer-Haus-Verpflegung: Effektive Hebel für eine nachhaltige Zukunft

Heinz, Julia^{1,2} ✉; Speck, Melanie¹

¹Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Am Krümpel 31, 49090 Osnabrück ²Technische Universität Berlin, Institut für berufliche Bildung und Arbeitslehre, Fachgebiet Bildung für Nachhaltige Ernährung und Lebensmittelwissenschaft, Marchstraße 23, 10587 Berlin

✉ j.heinz@hs-osnabrueck.de

Die globale Lebensmittelproduktion hat einen entscheidenden Einfluss auf die ökologischen Systeme, den Klimawandel und die Überschreitung der planetaren Grenzen nach Rockström et al. (2009 - 10.1038/461472a).

Die Außer-Haus-Verpflegung (AHV) stellt einen entscheidenden Hebel in der Ernährungstransformation dar. Mit 75,8 Mrd. Euro Jahresumsatz ist die AHV der zweitwichtigste Absatzkanal für die Ernährungsindustrie in Deutschland. (Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie, Jahresbericht 2022/2023)

Betriebe der AHV bilden ein Bindeglied zwischen der Produktion (Herstellung der Nahrungsmittel) und dem Konsum (Verzehr durch die Gäste) und sind somit ein wichtiges Forschungsfeld für die Reallaborforschung. (Speck et al. 2020 - 10.4455/eu.2020.038.)

Innerhalb zahlreicher Forschungsprojekte (NAHGAST, susDISH, KlimaTeller) steht die Nachhaltigkeitsbewertung von Mittagessmahlzeiten im Fokus (Speck et al. 202 - 10.3390/su12031136) und die Vollverpflegung wird meist nicht betrachtet. Diese Lücke gilt es zu schließen, damit eine systemische Betrachtung umgesetzt werden kann. Zudem werden diverse Verpflegungsgruppen (z.B. in Senioreneinrichtungen, Krankenhäusern) betrachtet, welche bislang nicht im Fokus der Forschung stehen. Auch in der Praxis zeigt sich Verbesserungspotenzial im Bereich der Nachhaltigkeit, die 6. Care Studie zeigt, dass die Nachhaltigkeit nur für 33% der Betriebe einen sehr wichtigen Stellenwert hat (Deutsches Krankenhausinstitut, K&P Consulting GmbH 2022 unter: <https://www.kup-consult.de/magazin/6-care-studie/>).

In der vorliegenden Arbeit werden Küchenbetriebe der AHV (n=5) aus den Bereichen Care und Education werden hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen untersucht. Dabei wird sich die Arbeit von der Einzelmenüebene wegbewegen und dazu übergehen, ganze Menüs in der Vollverpflegung zu bewerten.

Hierfür werden Wochenspeisepläne der Mittagsverpflegung (Menüs n=140) sowie die Auswahl für die Frühstücks- und Abendverpflegung mittels Ökobilanzierung (LCAI Methode ReCiPe 2016 Midpoint (H)) hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen bewertet (Aufnahme des Ist-Zustandes), um die Vollverpflegung abzubilden. Darüber hinaus wird dargestellt, wie hoch die durchschnittliche Umweltbelastung pro Verpflegungsteilnehmer:in pro Betrieb ist. Im Anschluss wird in Co-Creation mit den Betrieben an einem umweltschonenden Soll-Zustand gearbeitet. Es werden Stellschrauben aufgezeigt, wie eine nachhaltige Vollverpflegung in der AHV erlangt werden kann. Dabei konzentriert sich die Arbeit vorwiegend auf die Rezeptur- und Speiseplanebene, eröffnet jedoch auch erste Ansätze im Bereich der Managementebene (u.a. Beschaffungsstrategien).

Erste Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die Frühstücks- und Abendmahlzeiten einen sehr hohen Anteil an tierischen Produkten und damit Optimierungspotenzial aufweisen. Dies kann vor allem durch eine veränderte Auswahl an Auswahlmöglichkeiten für die Kund:innen erreicht werden. Erste Möglichkeiten zur nachhaltigeren Gestaltung haben sich innerhalb der Mittagsverpflegung gezeigt: Die teilnehmenden Betriebe ersetzen bzw. reduzieren ressourcenintensive Zutaten (wie z.B. Fleisch durch Hülsenfrüchte).

Fazit | Ernährung, Nachhaltigkeit und Transformation

■ Offene Fragen

- Wie können Kreisläufe in der Lebensmittelindustrie geschlossen werden?
- Welche Rolle können einerseits Fleisch aus der Landschaftspflege und andererseits zellkultiviertes Fleisch („in-vitro Fleisch“) für eine Ernährungswende im Sinne einer Fleischreduktion spielen?
- Welche Hemmnisse und Lösungsansätze ergeben sich daraus für die Produktion, Vermarktung und den Konsum dieser Produkte?
- Wie kann der ökologische Fußabdruck der Außer-Haus-Verpflegung trotz bestehender Hemmnisse verringert werden?

22 Klimagerechte Ernährung und die besondere Rolle von Klimalabeln

Thünen-Institut für Marktanalyse, Thünen-Institut Stabstelle Klima & Boden, Georg-August Universität Göttingen - Lehrstuhl Marketing für Lebensmittel und Agrarprodukte, Corsus GmbH, Max Rubner-Institut - Institut für Ernährungsverhalten

Angeichts der immer dringender werdenden Transformationsprozesse kommt auch der Klimawirkung von Ernährung in der gesellschaftlichen Debatte eine immer wichtigere Rolle zu.

Für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen entlang der komplexen Wertschöpfungsketten in der Land- und Ernährungswirtschaft sind Ernährungsentscheidungen und -verhalten wichtig. Diese werden jedoch durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wie beispielsweise Wissen, Kompetenzen, Vertrauen, gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Ernährungsumgebungen.

Im Rahmen dieser Session werden verschiedene Projekte ihre unterschiedlichen Perspektiven zum Thema Klimalabel, klimagerechte Ernährung sowie die dafür nötige Datenverfügbarkeit vorstellen.

Gemeinsam mit dem Plenum können Projektergebnisse diskutiert sowie Perspektiven für Forschung und Vernetzung herausgearbeitet werden.

Ablauf

- *Einführung*
- *ENKL-Projekt*: Klimagerechte Ernährung aus der Perspektive von Verbraucherinnen, Verbrauchern und Gesellschaft
- *Projekt Klimalabel*: Überblick, Einordnung und Bewertung bestehender Klima-Labeling-Ansätze (Berechnungsgrundlagen, Kontrollen, Systemgrenzen, regulatorischer Rahmen)
- *Projekt EEKlim*: Empirische Ergebnisse zur Verständlichkeit und Handlungswirksamkeit von Klima-Kennzeichnungen; Methoden-Konzept und bestehende Datenlücken für Deutschland
- *Gemeinsame Diskussion* mit allen Redner:innen
Transformationspotenzial klimagerechter Ernährung und Klimalabel: Welche Hürden sind zu überwinden, welche Wissenslücken müssen noch geschlossen werden? Welche (An-)Forderungen stellen wir an die Bereitstellung von Basisdaten für das Klimalabelling?
- *Sessionfazit*
- *Abschluss*

Klimagerechte Ernährung aus der Perspektive von Verbraucher:innen und Gesellschaft

Bröcker, Felix¹ ✉; Mathias, Franziska²; Derstappen, Rebecca²; Kohane, Sarah¹; Christoph-Schulz, Inken; Priefer, Carmen¹

¹Max Rubner-Institut (MRI) - Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten, Karlsruhe; ²Thünen-Institut für Marktanalyse, Braunschweig

✉ Felix.Broecker@mri.bund.de

Ernährungsweisen, d. h. was wir essen und wie wir dies tun, sind für Veränderungen im Bereich Ernährung ein zentraler Ansatzpunkt, da sie Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette haben. Um einen Beitrag zu mehr Klimaschutz und -gerechtigkeit zu realisieren, müssen Ernährungsweisen insbesondere ökologisch nachhaltig und sozialverträglich gestaltet werden. Sowohl auf Ebene der Verbraucherinnen und Verbraucher als auch auf gesellschaftlicher Ebene ergeben sich hierfür Handlungsfelder, die bislang noch nicht ausreichend untersucht sind. Das ENKL-Projekt umfasst das Projekt „Klimagerecht Essen“ am Thünen-Institut (TI) sowie das Projekt „Soziale Dimension einer klimagerechten Ernährung“ am Max Rubner-Institut (MRI). Im Beitrag werden Zwischenergebnisse aus beiden Teilprojekten vorgestellt und ein Austausch mit dem Plenum angeregt, mit der Möglichkeit, den Forschungsstand zu ergänzen. Im Rahmen des Projekts „Klimagerecht Essen“ wird analysiert, vor welchen Herausforderungen und Schwierigkeiten unterschiedliche Verbrauchergruppen stehen, wenn es um die Umsetzung eines klimagerechten Ernährungsverhaltens im Alltag geht. Denn obwohl es bereits viele Informationen zu klimagerechtem Ernährungsverhalten gibt, zeigt die Praxis, dass dieses derzeit eher wenig umgesetzt wird. Dabei sind Motivation und Wissen über eine klimagerechte Ernährung nicht die einzigen Faktoren, die das Ernährungsverhalten bestimmen. Auch die Ernährungsumgebung beeinflusst, wie ökologisch nachhaltig und sozialverträglich Ernährungsweisen gestaltet sind. Im Rahmen von Expertinnen- und Experteninterviews wurden zunächst die Empfehlungen zu einem klimagerechten Ernährungsverhalten hinsichtlich ihrer Relevanz und

Umsetzbarkeit im Alltag eingeordnet. Diese werden durch leitfadengestützte Interviews mit Verbrauchern und Verbraucherinnen ergänzt, die sowohl den Status Quo bezüglich einer klimafreundlichen Ernährung in Deutschland erfassen als auch Hürden und Strategien zur Umsetzung eines klimagerechten Ernährungsverhaltens identifizieren. Das Projekt „Die soziale Dimension klimagerechter Ernährung“ untersucht, was soziale Nachhaltigkeit in Bezug auf Produktion und Verbrauch von Lebensmitteln bedeutet. Bislang ist Sozialverträglichkeit als eine der Zieldimensionen nachhaltiger Ernährung noch unterrepräsentiert. Insbesondere in Bezug auf Verbraucherinnen und Verbraucher ist zudem nicht klar, welche Themen dies umfasst und was der Referenzrahmen ist. Für die Transformation der Ernährungs- und Agrarsysteme und auch die Weiterentwicklung orientierungsgebender Ansätze wie Label ist die sozialverträgliche Gestaltung der Ernährung jedoch ein wesentlicher Baustein, ohne den Wandel nicht gelingen kann. Im Rahmen des Projekts wurden Screening-Gespräche geführt sowie eine vergleichende Literaturanalyse begonnen. Zudem wurde im Rahmen von Workshops mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Politik der Wissensstand in der sozialen Dimension in Bezug auf Verbraucherinnen und Verbraucher gemeinsam aufgearbeitet. Dabei wurde über Problemlagen gesprochen, gemeinsame Ziele definiert und bestehende Hürden benannt. Beispielhafte Themen sind die Leistbarkeit umwelt- und klimaverträglich hergestellter Lebensmittel, soziale Teilhabe und eine faire Gestaltung der Verbraucherinnen- und Verbraucherverantwortung, z.B. über die Ernährungsumgebung.

Überblick, Einordnung und Bewertung bestehender Klima-Labeling Ansätze

Trebbin, Anika ✉; Geburt, Katrin; von Meyer-Höfer, Marie; Schmidt, Thomas

Institut für Marktanalyse, Braunschweig

✉ anika.trebbin@thuenen.de

Mehrere Studien der letzten Jahre zeigen, dass immer mehr Konsument*innen auf eine klimafreundliche Ernährung achten, auch wenn dabei größtenteils ungeklärt bleibt, wie diese ‚Klimafreundlichkeit‘ im Detail definiert ist. Vielen Verbraucher*innen ist es demnach wichtig, durch eine entsprechende Kennzeichnung der Produkte eine bewusste Kaufentscheidung für mehr Klimafreundlichkeit treffen zu können.

benennen in relativen Zahlen die Reduktion an Emissionen gegenüber einem vergleichbaren Produkt oder einem bestimmten Zeitpunkt, oder es handelt sich um Kompensationslabel, die (mittels einer Skala) bewerten, wie stark ein Lebensmittel das Klima belastet (Abb. 1). Die dem Label jeweils zugrunde liegende Klimabilanz (in kg CO₂-Äquivalenten) oder Nachhaltigkeitsbewertung entstammt dabei häufig ganz unterschiedlichen Quellen und Berechnungen, welche meist (1) nicht direkt nachvollziehbar sind und (2) nicht einheitlich und unabhängig kontrolliert werden.

Der Beitrag gibt einen Überblick über diese Problematik und ordnet sie in aktuelle Bestrebungen der Harmonisierung auf unterschiedlichen regionalen und politischen Ebenen ein. Zudem wird ein Einblick auf das KlimaLabel-Hauptprojekt gegeben. Dieses hat zum Ziel, Empfehlungen zu erarbeiten, wie belastbare Datengrundlagen und Methoden für die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks (und darüber hinaus potentiell weiterer Umweltindikatoren) von Lebensmitteln in Deutschland entwickelt werden können. Der zu entwickelnde Ansatz soll (1) zeitreihenfähig sein, da sich die Werte durch neue Technologien und Verfahren im Zeitablauf verändern, (2) unterschiedliche Produktionsweisen abbilden können, z. B. konventionelle und ökologische Landwirtschaft, (3) Szenario-fähig sein, um künftige Entwicklungen abschätzen und bewerten zu können, sowie (4) transparent dokumentiert und öffentlich zugänglich sein.



Abb. 9. Aktuelle Nachhaltigkeits- und Klimalabel

Entsprechend dieser Trends im Ernährungsverhalten ist zu beobachten, dass die Wirtschaft in den letzten Jahren immer mehr auf den Klimaschutz bezogene Labeling-Aktivitäten entfaltet hat. Verbraucher*innen sehen daher immer öfter Lebensmittel mit (unterschiedlichen) Klimalabeln im Supermarkt. Diese geben die Menge an ausgestoßenen Treibhausgasen in absoluten Werten an, oder sie

Verbrauchergerechte Klima- und Umweltkennzeichnung benötigt eine valide Datenbasis

Schulze-Ehlers, Birgit¹ ✉; Schoppa, Frederick¹, Eberle, Ulrike²; Rödder, Marius²;

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Göttingen, ²corpus-corporate sustainability GmbH, Hamburg

✉ birgit.schulze-ehlers@agr.uni-goettingen.de

Das Projekt EEKlim - Entwicklung und Erprobung eines Klimalabels für Lebensmittel in Niedersachsen - umfasst die drei Teilbereiche „Verbraucherforschung“, „Stakeholderprozesse“ und „Datengrundlage“. Aus zwei Teilbereichen berichten wir in diesem Beitrag.

Überlegungen zu einem Lebensmittel-Label, das einen Vergleich der Umweltwirkungen am Produkt ermöglicht, sind nicht neu. In vielen Ländern gibt es Vorschläge für eine Ampel-kennzeichnung ähnlich dem Nutri-Score.

Unsere Forschung zeigt: Verbraucher* innen können das umweltfreundlichste Produkt schnell identifizieren, wenn ihnen ein mehrstufiges, farbcodiertes Label vorgelegt wird. Auch Zahlenwerte eignen sich grundsätzlich für schnelle Produkt-vergleiche. Deutlich wird auch, dass Klima allein den Verbraucher*innen als Labelinhalt nicht ausreicht. Auch Wasser, Artenvielfalt und menschliche Gesundheit werden hohe Wichtigkeiten zugewiesen. Die Gefahr eines Heiligenschein-Effekts, durch den mehr Umweltwirkungen oder gar Tierwohl-leistungen mit einem Klimalabel verbunden werden, ist groß.

Ein Gesamt-Fußabdruck ergänzt um weitere Subscores, ist nach unseren Ergebnissen problematisch, weil dies zwar die optische Attraktivität und gefühlte Informationsvermittlung für Verbraucher*innen verbessert, nicht aber zum objektiven Verständnis des Labelinhalts beiträgt. Zudem können aus Platzgründen ggfs. nicht alle enthaltenen Aspekte abgebildet werden, was Verzerrungseffekte hervorruft.

Im Teilbereich „Datengrundlage“ geht es darum, welche Umweltwirkungen in der Lebenszyklusanalyse zum aktuellen Zeitpunkt überhaupt abgebildet werden können und welche Daten vorliegen.

Um Umweltauswirkungen von Lebensmitteln quantifizieren zu können, wird eine valide Datenbasis benötigt. Insbesondere relevant ist es, dass die Prozesse der Rohwarenerzeugung gut abgebildet sind, da diese Lebenswegphase in der Regel die Umwelt-auswirkungen maßgeblich bestimmt.

Am besten gelingt dies natürlich auf Basis spezifischer Daten für das jeweilige Produkt. Diese müssen selbstverständlich nach einheitlichen und eindeutigen Regeln erhoben werden. Gleiches gilt für die Quantifizierung der Umweltauswirkungen - auch hier ist es wesentlich, dass die Regeln produktgruppenübergreifend einheitlich und eindeutig festgelegt sind. Dies ist notwendig, um Wettbewerbsverzerrung zu verhindern. Für jede Quantifizierung von Umweltauswirkungen werden auch sogenannte generische Daten benötigt, z. B. um Angaben zu Zutaten zu erhalten, die in kleinen Mengen genutzt werden oder Zutaten zu denen keine spezifischen Informationen erhalten werden können. Aber ebenso werden generische Daten benötigt für Emissionen aus Transporten, für die Herstellung von Düngemitteln und Pestiziden oder für die Energieversorgung. Auch hierfür benötigt es einheitliche und eindeutige Regeln. Gleichwohl existiert diese Datenbank derzeit nicht für in oder für Deutschland erzeugte Lebensmittel. Selbstverständlich gibt es verschiedene kostenpflichtige Datenbanken, die auch Angaben für Lebensmittel enthalten - umfassend ist jedoch keine dieser Datenbanken. Benötigt wird eine Datenbank nach dem Vorbild der französischen Datenbank Agribalyse.

Gefördert durch das Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz des Landes Niedersachsen.

Fazit | Klimagerechte Ernährung und die besondere Rolle von Klimalabeln

Agrarforschung zum Klimawandel sollte den Agrar- und Ernährungssektor zusammen denken. Denn jeder regulative Eingriff - ob Förderung oder Verbot - beeinflusst letztlich auch das Nahrungsmittelangebot. Der Preis sowie die Produkt- und Prozessqualität hängen maßgeblich von den Produktionsbedingungen und -beschränkungen ab. Gleichzeitig werden diese durch die Wünsche von Verbraucher- und Bürger*innen mitbestimmt.

Nach aktueller Studienlage ist der Wunsch nach umwelt-, tier- und sozialgerechten Produktionsweisen in der Bevölkerung groß. In einem weitgehend unregulierten Labeldschungel und bei relativ geringem Wissensstand, können Verbraucher*innen aber kaum entsprechend dieser Wünsche handeln.

Die während der Session vorgestellten Projekte gaben Einblicke in die Möglichkeiten klimagerechter Ernährung aus der Perspektive von Verbraucher*innen und Gesellschaft, sowie in die Datenlage zur Bewertung von Umwelt- und Klimawirkungen.

- Projekt ENKL (MRI und TI) vertieft soziale Fragestellungen, die sich in diesem Zusammenhang ergeben, aus theoretischer (MRI) und empirischer (TI) Perspektive.
- Projekt KlimaLabel (TI) gibt Einblicke in die Grundlagen der Lebenszyklusanalyse (LCA) sowie die Datenlage zur Klimafreundlichkeit und Nachhaltigkeit von Lebensmitteln anhand ihrer CO₂-Fußabdrücke.
- Projekt EEKlim zeigt anhand von Verbraucherstudien (Uni Göttingen), wie Missverständnisse und Halo-Effekte reduziert und interpretative Labels gestaltet werden können. Corsus legt ein Methodenkonzept für die Datengrundlage zur Entwicklung und Erprobung eines Klimalabels für Lebensmittel in Niedersachsen vor.

■ Schlussfolgerungen:

- Eine klare, öffentliche Kennzeichnung von Klima- bzw. Umweltwirkungen kann die Transformation zu nachhaltigeren Agrar- und Ernährungssystemen unterstützen, darf aber nicht das einzige politische Instrument sein.
- Faire Ernährungsumgebungen können nachhaltiges Einkaufsverhalten mit Hilfe von Labeln unterstützen. Dabei ist auf eine inklusive d.h. leicht verständliche Gestaltung zu achten. Fachbegriffe wie Biodiversität, oder irreführende Kategorien wie „Pestizide“, sind zu vermeiden.
- Eine konsistente, umfassende LCA-Datenbank für den CO₂-Fußabdruck von Lebensmitteln in Deutschland liegt aktuell nicht vor.

■ Offene Fragen, weiterer Forschungs- und Diskussionsbedarf:

- Welche klimafreundlichen Ernährungsweisen sind möglich und wie können Lebensmittel nachvollziehbar gekennzeichnet werden?
- Welche Rolle können Klimalabel in Zukunft sowohl auf dem Markt für Lebensmittel als auch in der politischen Debatte spielen?
- Inwiefern kann die Berücksichtigung sozialer Aspekte die Wirksamkeit von Klimalabeln erhöhen?
- Welche Kennzeichnung erzielt eine wirksamere Verhaltensänderung: inter- oder intra-Kategorie-Differenzierung?
- Wie können in Deutschland vorhandene LCA-bezogene Daten systematisiert, ausgebaut und für (Klima-)Label nutzbar gemacht werden?

31 Ziele, Strategien und Wege für Klimaschutz und Klimaanpassung

Moderation: Claudia Heidecke, Thünen-Institut

Das Ziel des Klimaschutzes, die durchschnittliche globale Temperaturerhöhung auf unter 1,5 K zu halten, ist schnell aufgeschrieben. Doch welche Maßnahmen die schnellsten und günstigsten Ergebnisse liefern, hängt oft von den Umständen ab. Ob die Maßnahmen erfolgreich waren, weiß man erst, wenn man nachmisst, sei es direkt oder indirekt.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Klimaschutzziele und Emissionsprojektionen für Landwirtschaft und Landnutzung in Deutschland | Bernhard Osterburg
 - Klimaschutzmaßnahmen auf Betrieben und Konsumänderung - Potenzial für Klimaschutzziele | Maria Bystricky
 - Land- und Wasserwirtschaft in Brandenburg: Herausforderungen eines überprägten Wasserhaushalts im Klimawandel | Wolf Raber
 - Dürreforschung, insbesondere Vorhersage und Genetik als Schlüssel zur Ernährungssicherheit | Roland Baatz
- Poster
 - HotSpots der Bodenerosionsgefährdung durch Wasser in Deutschland | Marcel Schmieder
 - Identifying effective strategies for Franconia's dry climate cereal cultivation | Omer Shlomi
 - KlimaFern - Fernerkundung für eine Verbesserung der Klimaberichterstattung | Marcel Schmieder
 - Agrarflächennutzung aus dem All kartiert: Daten zur Quantifizierung von Klimaschutzmaßnahmen | Marcel Schmieder
 - Paludianbau - Potenziale und Herausforderungen für Managemententscheidungen | Carla Mucche
 - Ermittlung des Wasserbedarfs von Karpfenteichwirtschaften im Land Brandenburg | Robert Seeger
- Fazit

Klimaschutzziele und Emissionsprojektionen für Landwirtschaft und Landnutzung in Deutschland

Bernhard Osterburg¹ ✉, Roland Fuß², Joachim Rock³, Sebastian Rüter⁴, Sascha Adam³, Karsten Dünge³, Claus Rösemann², Wolfgang Stümer, Bärbel Tiemeyer², Cora Vos²

Thünen-Institut, ¹ Stabsstelle Klima und Boden, ² Institut für Agrarklimaschutz; ³ Institut für Waldökosysteme; ⁴ Institut für Holzforschung; Braunschweig, Hamburg und Eberwalde

✉ bernhard.osterburg@thuenen.de

Projektionsberichte sollen über die künftig erwarteten Entwicklungen der Treibhausgasemissionen informieren und ergänzen damit die Emissionsberichterstattung für die vergangenen Jahre. Dieser Beitrag untersucht die Entwicklung der Klimaschutzziele für die deutsche Landwirtschaft, den Landnutzungssektor und die Bedeutung der Projektionsberichte.

Mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz wurden im Jahr 2019 erstmals sektorale Klimaschutzziele auch für die Landwirtschaft festgelegt. Im Jahr 2021 wurden die Ziele als Reaktion auf ein Bundesverfassungsgerichtsurteil zur unzureichenden Generationengerechtigkeit der Klimaschutzpolitik leicht angehoben, und es wurden Zielwerte für den Landnutzungssektor festgelegt.

Im Jahr 2023 wurde ein Entwurf zur Änderung des Bundesklimaschutzgesetzes vorgelegt. Die Zielerreichung soll künftig sektorübergreifend anhand der erwarteten Emissionsentwicklungen überprüft werden. Basis für diese jährliche Bewertung sollen die Projektionsberichte sein, die dadurch eine zentrale Bedeutung erhalten. Die Zielbeiträge der Sektoren sollen zwar auch weiterhin dokumentiert werden, die Verbindlichkeit der Zielerreichung wird aber aufgehoben.

Im Projektionsbericht 2023 wird ein Szenario mit Maßnahmen (MMS) dargestellt, das beschlossene Maßnahmen und ihre Wirkungen darstellt, und ein Szenario mit weiteren Maßnahmen (MWMS), das zusätzliche, konkret geplante, aber noch nicht beschlossene Maßnahmen enthält. Grundlage dafür bildet das Klimaschutzprogramm 2030 und darauf aufbauende Maßnahmen- und Förderprogramme. Im MMS werden die Ziele für den Landwirtschaftssektor bei kumulativer Betrachtung bis 2030 um 20 Mio. t CO₂-Äqu.

übererfüllt. Im MWMS beträgt die Übererfüllung unter der Annahme, dass weitere Maßnahmen erfolgreich umgesetzt werden, sogar 40 Mio. t CO₂-Äq. Im MMS sinken die Emissionen des Sektors Landwirtschaft auf 58,0 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030, im MWMS auf 54,1 Mio. t CO₂-Äq. Im Projektionsbericht 2021 war dagegen noch von einer Zielverfehlung bis 2030 ausgegangen worden.

Grund für die Abweichungen zwischen den beiden letzten Projektionsberichten ist die Einführung einer neuen, verbesserten Methodik für die Berechnung der direkten Lachgasemissionen auf Grundlage von Messdaten aus Deutschland. Dadurch fallen die berichteten Emissionen der Landwirtschaft um ca. 5 Mio. t CO₂-Äq. pro Jahr niedriger aus als mit der alten Berechnungsmethode.

Im Landnutzungssektor (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft - LULUCF) werden die Ziele des Klimaschutzgesetzes den Projektionen zufolge in beiden Szenarien nicht erreicht, trotz der vergleichsweise optimistischen Annahmen zur Entwicklung der Waldsenke und zum Moorbodenschutz. Einen Beitrag zur projizierten Entwicklung leistet auch der angenommene Rückgang des Torfabbaus auf Null bis zum Jahr 2040.

Im August 2023 hat der Expertenrat für Klimafragen in einer Stellungnahme ein systematisches Monitoring der Klimaschutzmaßnahmen und eine Wirkungsabschätzung der Emissionsminderungen gefordert. Die ex-ante Bewertung der Klimaschutzpolitik durch Projektionsberichte muss künftig also durch die ex-post Evaluierung von Klimaschutzmaßnahmen unterstützt werden.

Klimaschutzmaßnahmen auf Betrieben und Konsumänderung - Potenzial für Klimaschutzziele

Bystricky, Maria¹ ✉; Stüssi, Martin¹; Gaillard, Gérard¹

¹Agroscope, Forschungsgruppe Ökobilanzen, Zürich, Schweiz

✉ maria.bystricky@agroscope.admin.ch

Die Landwirtschaft ist mit ihren Klimaschutzzielen Teil eines Gefüges aus internationalen Verpflichtungen, nationalen Zielen, gesellschaftlichen Erwartungen und Forderungen des Handels. Im Agrarsektor bestehen grundsätzlich zwei Ansätze, durch welche die Klimawirkung reduziert werden kann:

- a) Durch Klimaschutzmaßnahmen auf Betrieben, wobei weiterhin dieselben Produkte hergestellt werden
- b) Durch Umstellen der Produktion auf klimaschonende Produkte (auf Ebene von einzelnen Betrieben bis hin zum gesamten Agrarsektor eines Landes).

Ansatz b) bringt nur einen Nutzen, wenn sich gleichzeitig der Konsum der Bevölkerung ändert. Wenn dieser gleichbleibt, werden die klimaschädlichen Produkte von anderen Produzenten bezogen, und die Klimawirkung der Ernährung ändert sich bestenfalls nur geringfügig. In diesem Beitrag beantworten wir die Frage: Wie groß ist das Potenzial von einzelbetrieblichen Klimaschutzmaßnahmen für den gesamten Agrarsektor im Vergleich zum Potenzial des Konsums? Welche Klimaschutzmaßnahmen sind vielversprechend, welche sind weniger wirksam?

Zimmermann et al. (2017) haben gezeigt, dass durch eine Optimierung des Konsums bis zu 50% der Klimawirkung des Schweizer Ernährungssektors eingespart werden könnten. Dafür müsste sich die Bevölkerung gemäß der Ernährungspyramide ernähren und das Produktportfolio der Schweizer Landwirtschaft müsste sich anpassen: Einerseits müsste die Tierhaltung um fast die Hälfte zurückgehen (besonders stark bei Schweinen und Mastrindern). Andererseits müssten deutlich mehr Brotgetreide, Gemüse und Obst angebaut werden.

Demgegenüber ist das Potenzial aus Klimaschutzmaßnahmen auf Landwirtschaftsbetrieben kleiner. Agroscope hat zusammen mit der Schweizer Produzenten- und Vermarktungsorganisation IP-SUISSE ein System entwickelt, in dem ihre Mitgliedsbetriebe Klimaschutzmaßnahmen umsetzen müssen. 6676 Betrieben ist es bis 2022 gelungen, ihre Treibhausgasemissionen gegenüber 2016 um ca. 11 % zu reduzieren. Einzelne Maßnahmen trugen dabei deutlich mehr zur Zielerreichung bei als andere: Spitzenreiter waren die Abdeckung von Güllebehältern, die Erhöhung der Anzahl Laktationen bei Milch- und Mutterkühen, die Wärmeerzeugung mit Holz und die Phasenfütterung bei Schweinen. Weitere Maßnahmen wie das Anlegen eines Agroforstsystems oder die Wärmerückgewinnung bei beheizten Ställen hatten bei einzelnen Betrieben ein hohes Potenzial für die Treibhausgasreduktion, wurden aber nur selten umgesetzt und könnten also bei einer höheren Umsetzungsrate eine große Wirkung haben.

Um den Konsum zu ändern, muss eine große Anzahl von Akteuren erreicht werden, auf die sowohl der Staat als auch die Privatwirtschaft nur wenig Einfluss haben. Durch Einflussnahme von Politik und Privatwirtschaft sind Klimaschutzmaßnahmen auf Betrieben einfacher umzusetzen, weil deutlich weniger Akteure etwas ändern müssen. Letztlich ist also dieser Ansatz mindestens kurzfristig leichter umzusetzen, und beide Ansätze müssen miteinander einher gehen, wenn es darum geht, ambitionierte Ziele zu erreichen.

Zimmermann A., Nemecek T., Waldvogel T., 2017. Umwelt- und ressourcenschonende Ernährung: Detaillierte Analyse für die Schweiz. Agroscope Science Nr. 55.

Land- und Wasserwirtschaft in Brandenburg: Herausforderungen eines überprägten Wasserhaushalts im Klimawandel

Raber, Wolf¹ ✉; Eulitz, Katja²; Dost, Philipp³

¹DMT GmbH & Co. KG, Berlin, ²DHI WASY GmbH, Berlin, ³BGD ECOSAX GmbH, Dresden

✉ wolf.raber@dm-t-group.com

Das Bundesland Brandenburg im Nordosten von Deutschland ist eine der trockensten Regionen Deutschlands. Die Folgen des Klimawandels mit einer Häufung von Starkniederschlagsereignissen, langen Trockenphasen und erhöhten Temperaturen setzen den Wasserhaushalt unter Druck und führten seit 2018 zu extremen Niedrigwassersituationen im Grund- und Oberflächenwasser. Die eiszeitlich geprägte Landschaft Brandenburgs weist durchlässige Schwemmsande und Geschiebemergel in den Hochflächen sowie Auen- und Moorböden in den Niederungen auf. Niederschlag versickert schnell in tiefere Schichten oder fließt über das weit verzweigte, künstlich erweiterte Gewässernetz oberirdisch ab. Trockenheit durch fehlende Niederschläge führt daher schnell zu einem Defizit im Bodenwasserspeicher, so dass Wasser für die Versorgung der Vegetation und zur Speisung der Grundwasserleiter fehlt. Sinkende Grund- und Oberflächenwasserstände stellen Risiken und negative Auswirkungen für Natur, Landwirtschaft und Wasserversorgung dar. Dabei entwässert das historisch gewachsene Meliorationssystem die Landschaft und muss durch gezielte Anpassung und Sanierung von Stau- und Regelbauwerken an die Folgen des Klimawandels angepasst werden.

Das im Jahre 2021 durch das Brandenburger Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz beschlossene Landesniedrigwasserkonzept enthält Ansätze, die notwendig sind, um durch Wasserrückhalt in der Landschaft und ressourcenschonenden Umgang mit Wasser, die Vorsorge vor Niedrigwasser und das Management von extremen Niedrigwasserereignissen zu verbessern.

Die Umsetzung des Konzeptes umfasst regionale Aktivitäten, die von mehreren

Ingenieurbüros durch Leistungen des Projektmanagements, der Koordinierung und Steuerung unterstützt wird. Im Rahmen des Niedrigwassermanagements in 16 Flussgebieten Brandenburgs werden die sektorübergreifende Schnittstelle und Anpassungsbedarfe zwischen einem Wassermanagement mit dem Leitbild der Niedrigwasservorsorge und Bedarfen der Landwirtschaft und angepasster Landnutzung deutlich.

Zentrale Themenfelder, die bearbeitet werden, sind:

- Erhöhter Wasserrückhalt in der Landschaft durch angepasstes Staumanagement und Steuerung von Dränagen.
- Reduktion des Wasserverbrauchs der Landwirtschaftlich in Zeiten geringer Wasserverfügbarkeit.
- Schaffung von Retentionsräumen in der Fläche zur Infiltration von Starkniederschlagsereignissen.

Als Grundvoraussetzungen für ein angepasstes Handeln in den Themenfeldern müssen die entsprechenden Rahmenbedingungen in der Land- und Wasserwirtschaft angepasst werden:

- Sensibilisierung und Knowhow der beteiligten Akteure.
- Rechtlich regulative und organisatorische Rahmenbedingungen für angepasstes Handeln.
- Finanzierung, Förderung und Projektträgerschaft von konkreten Maßnahmen.

Dürreforschung, insbesondere Vorhersage und Genetik, als Schlüssel zur Ernährungssicherheit

Baatz, Roland¹ ✉; Nendel, Claas^{1,2}; Rezaei, Ehsan Eyshi¹

¹Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg, ²Universität Potsdam, Potsdam

✉ roland.baatz@zalf.de

Ernährungssicherheit ist in Zeiten des Klimawandels zu einem Brennpunkt globaler Bemühungen geworden. Da Dürren, die durch den Klimawandel intensiviert werden, die Nahrungsmittelproduktion bedrohen, haben sich Wissenschaftler darauf konzentriert, sowohl vorhersagende Modelle als auch genetische Lösungen zu entwickeln, um diese Krise anzugehen.

Unsere Untersuchung, basierend auf mehr als 130,000 wissenschaftlichen Zusammenfassungen aus der Scopus-Datenbank von Elsevier, unterstreicht die umfangreichen und vielfältigen Forschungsanstrengungen auf diesem Gebiet. In der Untersuchung kartieren wir die Forschungslandschaft zum Thema Dürre in feine, mittlere und grobe Themengebiete mittels eines Verfahrens aus dem maschinellen Lernen. Seit den 1980er Jahren hat sich die Anzahl der Trockenheitsforschungsstudien exponentiell erhöht, wobei insbesondere die Themenbereiche „Genetik“ und „Vorhersage“ in den letzten Jahrzehnten anteilig dominieren und einen positiv ansteigenden Trend in der Dürreforschung aufzeigen.

Der genetische Ansatz in der Trockenheitsforschung konzentriert sich auf die Entwicklung von Kulturpflanzen, die gegenüber Trockenstress widerstandsfähig sind. Aktuelle Fortschritte in der Genetik, insbesondere in den Bereichen „Pflanzenzüchtung“ und „Pflanzen-Stressreaktion“, zeigen die zunehmende Bedeutung von Techniken wie Genexpressionsanalyse, Stress-Toleranz-Forschung und anti-oxidative Mechanismen.

Parallel dazu hat die Vorhersageforschung einen erheblichen Aufschwung erlebt. Dank der beispiellosen Fortschritte in Sensortechnologien, Umweltüberwachungssensoren, Modellierungstools und künstlicher Intelligenz sind Wissenschaftler jetzt besser in der Lage,

Dürreereignisse vorherzusagen und geeignete Gegenmaßnahmen zu empfehlen.

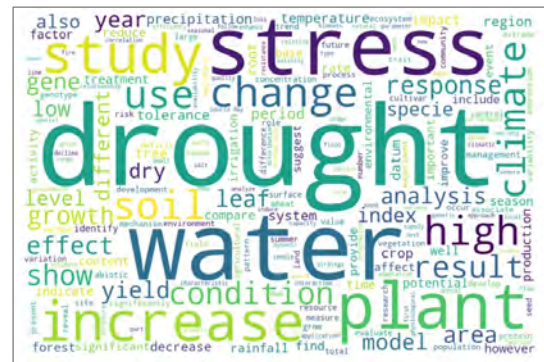


Abb. 10. Word Cloud der Schlüsselwörter für die Dürreforschung

Bemerkenswert ist auch, dass trotz eines Rückgangs im relativen Anteil der Forschung zu Themen wie „Ökologie“ und „Wassernutzungseffizienz“, die absolute Anzahl der Forschungsarbeiten in diesen Bereichen weiter zunimmt. Dies zeigt die Breite und Tiefe der Forschungsanstrengungen im Bereich des Forschungsfelds zur Trockenheit.

Abschließend betonen wir die Relevanz der Ergebnisse zur Identifikation von Forschungstrends, Förderung interdisziplinärer Forschungszusammenarbeiten, Quantifizierung der Bedeutung verschiedener Forschungsbereiche für politische und strategische Entscheidungen im Kontext der Dürreproblematik, und als Grundlage und Inspiration für die Entwicklung neuer Forschungsprojekte durch Aufzeigen eines datengetriebenen und umfassenden Bildes der Forschung im Bereich Trockenheit.

HotSpots der Bodenerosionsgefährdung durch Wasser in Deutschland

Saggau, Philipp^{1,2} ✉; Broeg, Tom¹; Gocht, Alexander¹; Erasmi, Stefan¹; Steinhoff-Knopp, Bastian³

¹Thünen Earth Observation (ThEO), Thünen-Institut, Braunschweig ²Geographisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, ³Stabsstelle Klima und Boden, Thünen-Institut, Braunschweig

✉ philipp.saggau@thuenen.de

Bodenerosion durch Wasser gilt europaweit als eine der größten Gefahren für landwirtschaftliche Böden und bedroht langfristig die Erträge und die Ernährungssicherheit sowie den Zustand von Oberflächengewässern.

Regionale, flächendeckende Informationen zur Bodenerosionsgefährdung sind daher von zentraler Bedeutung, um eine gute Informationsgrundlage für Entscheidungsträger zu schaffen, Ziele und Instrumente für vorbeugenden Bodenschutz zu entwickeln und Maßnahmen umzusetzen. Eine der größten Herausforderungen bei der flächendeckenden Erosionsabschätzung ist der Mangel an räumlich-expliziten Informationen über Bodenbeschaffenheit und -bewirtschaftung (z.B. Feldstrukturen, Fruchtfolgen), die jedoch zentrale Faktoren für die Erosionsgefährdung darstellen.

Ziel des Projektes "HotSpots der Bodenerosionsgefährdung in Deutschland" ist es daher, unter Verwendung aktueller Fortschritte in der Fernerkundung, wichtige erosionsrelevante Informationen abzuleiten, um bundesweit eine verbesserte räumlich-explizite Ableitung der Erosionsgefährdung zu gewährleisten, mit der die aktuelle Bewirtschaftungssituation auf Feldblock bis Parzellenebene abgebildet werden kann.



Abb. 11. Die Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG)

Die an deutsche Verhältnisse angepasste Allgemeine Bodenerosionsgleichung (ABAG) wird dabei als bewährtes Bodenerosionsmodell zur Identifizierung von

hochaufgelösten Wassererosionsgefährdungsgebieten für ganz Deutschland eingesetzt. Es wird gezeigt, wie Fernerkundungsdaten durch die Ableitung von Bodeninformationen und angebauten Fruchtsequenzen zwischen 2017 und 2021 verwendet werden können, um die ABAG-basierten K- und C-Faktoren (Erodierbarkeit des Bodens und Einfluss der Bewirtschaftung auf den Bodenabtrag) bundesweit räumlich hochaufgelöst vorherzusagen.

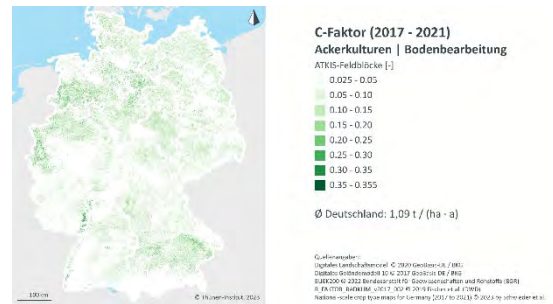


Abb. 2. Bodenbedeckungs- und Bewirtschaftungsfaktor (C-Faktor) für die aus Erdbbeobachtungsdaten abgeleiteten Kulturen der Jahre 2017-2021

Diese Informationen können zur Identifikation gefährdeter Böden, in jährlicher Fortschreibung als Grundlage für ein Monitoring der Erosionsgefährdung und Szenarien zur Analyse der Wirkung von Schutzmaßnahmen genutzt werden.

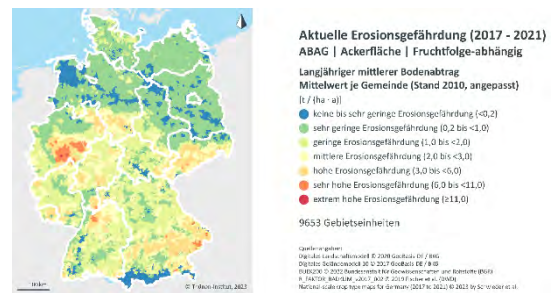


Abb. 3. HotSpots der Erosionsgefährdung durch Wasser auf Gemeindeebene

Identifying effective strategies for Franconia's dry climate cereal cultivation

Shlomi, Omer¹ ✉; Schaubberger, Bernhard^{1,2}; Wiesmeier, Martin³; Sümmerer, Manuel³.

¹ Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Science (HSWT), Freising, ² Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam. ³ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

✉ omer.shlomi@hswt.de

Farmers cultivating cereals in Germany have experienced unfavorable conditions during the recent decade due to more frequent droughts and heat episodes (Lüttger & Feike, 2018 - 10.1007/s00704-017-2076-y). These events are likely to aggravate in the future (Trnka et al., 2014 - 10.1038/nclimate2242). Drought and heat-related yield reductions were already being seen in cereal crops all over the country (Webber et al., 2020 - 10.1088/1748-9326/aba2a4; Schmitt et al., 2022 - 10.1016/j.foodpol.2022.102359).

Franconia covers the northern part of Bavaria, the most important region for wheat and silage maize cultivation. At the same time, Franconia is the driest region in Bavaria with mean annual precipitation <600 mm. In the past ten years, there has been a noticeable variability in crop yields. (Fig. 1).

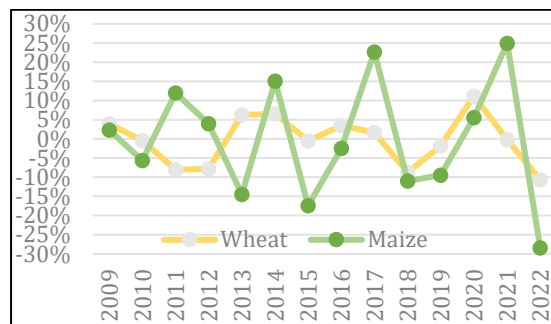


Fig. 1. Percentage of yield change from the 5-year moving average in Franconia, based on yield data from the Bayerisches Landesamt für Statistiken.

Previous studies investigating adaptation options of cereals to climate variability suggested practices such as early maturing cultivars, preceding sowing dates and breeding towards resistant varieties.

The objective of this study was to identify the challenges farmers in Franconia have faced in recent years regarding climate conditions. The temporal focus was

from 2015 until the harvest of 2023. Based on that, by integrating farmer's knowledge and experience we aimed to identify successful adaptation strategies that reflect in higher and stable production under dry conditions - but also promise good yields in wet years.

Our approach was multi-faceted, including the evaluation of agricultural strategies, climate data, satellite data and spatial characteristics. In addition, we used long-term experiment results on cereal cultivation methods to support the research findings. By conducting in-depth interviews with ~100 farmers in the region, we explored recent and local farming perspectives. With this combination of methods, we aimed to dissect successful approaches and understand pivotal causes for sustainable productivity.

Eventually, we will be able to recommend a comprehensive set of scientifically sound and practical approaches for economic, climate resilient cereal farming under increasingly dry conditions in Northern Bavaria.

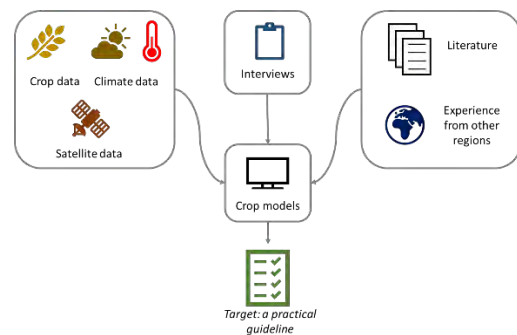


Fig. 2. A flow chart of the data sources used in the research.

Our project has started in 2023; the first results will be available at the time of the conference.

KlimaFern - Fernerkundung für eine Verbesserung der Klimaberichterstattung

Erasmi, Stefan¹ ✉; Muro, Javier¹; Brög, Tom¹; Blickensdörfer, Lukas^{1,2}; Fuß, Roland³; Gocht, Alexander¹; Don, Axel³; Schwieder, Marcel¹

¹Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig; ²Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin; ³Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

✉ stefan.erasmi@thuenen.de

Die Novellierung der EU-Landnutzungsverordnung sieht vor, dass die Mitgliedsstaaten ab dem Jahr 2028 für die Vorlage der Treibhausgasinventare auf räumlich explizite Daten und Methoden für die Schätzungen der Emissionen und der Kohlenstoffspeicher zurückgreifen (vgl. Anhang 5, Teil 3 EU-LULUCF-VO). Die Verfügbarkeit von bundesweiten und flächendeckenden hochauflösenden Landnutzungsdaten und insbesondere „Aktivitätsdaten“, also solchen Maßnahmen der Flächennutzung, die potenziell zur Kohlenstoffbindung und damit zum Klimaschutz beitragen, ist aber begrenzt. Obwohl seit dem Antragsjahr 2023 eine eindeutige Rechtsgrundlage für die Nutzung von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) der Länder für Aufgaben des Umweltmonitorings gegeben ist (siehe hierzu GAPInVeKoSG), ist eine bundesweit flächendeckende und zeitnahe Abbildung der Landnutzung in der Agrarlandschaft auf Basis von InVeKoS aktuell noch nicht absehbar. Die Satelliten-Fernerkundung ist grundsätzlich geeignet, diese Lücke zu schließen.

Das übergreifende Ziel des Projekts KlimaFern ist die Verbesserung der Datengrundlage für den LULUCF-Teilsektor landwirtschaftliche Flächennutzung. Dies wird erreicht durch die Entwicklung von Instrumenten zur flächendeckenden Erfassung und Evaluierung von Aktivitätsdaten auf Basis von zeitlich und räumlich hochauflösenden Satellitendaten unterschiedlicher Systeme (optisch und Radar). Darüber hinaus wird das Potenzial der Daten aus der Fernerkundung für die Verifizierung der Ergebnisse der Berichterstattung untersucht. Die Datengrundlage bilden die Daten der Sentinel-Satelliten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus (Sentinel-1 / -2). Durch die Integration der Sentinel-Daten mit Daten der Landsat-Missionen

kann der Untersuchungszeitraum erweitert werden, um ex-post Analysen für den Bezugszeitraum der Berichterstattung (1990) durchzuführen. Ergänzt wird das Projekt mit kommerziellen und hochauflösenden Daten der Planet Satelliten.

Aus den Satellitendaten werden Indikatoren berechnet, die den Zustand und die Flächennutzung (Aktivitätsdaten) deutschlandweit beschreiben. Mit Bezug zum Klimaschutz und der Minderung von Emissionen aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung bedeutet dies insbesondere die Erfassung von Indikatoren zum Humuserhalt und -aufbau sowie zum Grünland- und Moorbodenschutz.

Konkret umfasst das Projekt KlimaFern drei Teilprojekte:

1) *Monitoring von Maßnahmen zum Humuserhalt in Ackerland (inkl. Hecken und Feldgehölzen)*. Dies umfasst die Erfassung von Feldfrüchten, Fruchtfolgen und Zwischenfrüchten in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung sowie die Verteilung von Hecken und ihre Entwicklung im Laufe der Zeit.

2) *Monitoring von Maßnahmen zum Erhalt von Dauergrünland*. Hier liegt der Fokus auf der Ausdehnung und Verteilung von Grünlandflächen seit 1990, sowie auf der Bestimmung des Alters und Bewirtschaftungsintensität von Dauergrünland.

3) *Monitoring des Bodenkohlenstoff-Gehalts im Ackerland*. Das Teilprojekt erforscht inwieweit der Zustand und die Veränderung des Bodenkohlenstoffs auf Grundlage von Satellitenzeitreihen abgeleitet werden können.

Erste Ergebnisse und bereits verfügbare, flächendeckende Datensätze auf nationaler Ebene werden präsentiert.

Agrarflächennutzung aus dem All kartiert: Daten zur Quantifizierung von Klimaschutzmaßnahmen

Tetteh, Gideon¹ ✉; Schwieder, Marcel^{1,3}; Pham, Vu Dong²; Blickensdörfer, Lukas^{1,3}; Gocht, Alexander¹; Neuenfeldt, Sebastian¹; van der Linden, Sebastian²; Erasmí, Stefan¹

¹Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig; ²Institut für Geographie und Geologie, Universität Greifswald, Greifswald; ³Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

✉ gideon.tetteh@thuenen.de

Die landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland unterliegt einem stetigen Wandel, u.a. durch die Anpassung der Bewirtschaftung an den Klimawandel und neue agrarpolitische Rahmenbedingungen. Die Erfassung der Landnutzung und ihrer Veränderungen ist daher zentral für viele Aufgaben auf nationaler und europäischer Ebene, wie die Treibhausgasberichtserstattung, die Evaluierung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen der gemeinsamen Agrarpolitik, sowie für das nationale Biodiversitätsmonitoring. Die für diese Berichts- und Monitoringaufgaben benötigte flächendeckende und räumlich explizite Datengrundlage kann aus Satellitendaten abgeleitet werden und umfasst räumlich und thematisch detaillierte Karten der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung sowie Karten mit einem aggregiertem Klassenkatalog zur Landnutzung von 1990 bis heute.

Basierend auf den dichten Zeitreihen von Satellitenbildern des Copernicus-Programms und KI-Methoden kartieren wir die jährliche landwirtschaftliche Flächennutzung mit hohem thematischen und räumlichen Detailgrad seit 2017 (Abb. 1). Auf nationaler Ebene unterscheiden die Karten 23 Hauptfruchtarten und landwirtschaftliche Nutzungen. Durch eine zusätzliche jährliche Segmentierung der Agrarlandschaft sichern wir konsistente und zuverlässige Ergebnisse auf Schlagebene. Die hohen Kartengenauigkeiten und die Übereinstimmung mit Daten der Agrarstatistik bestätigen die räumlich konsistenten Ergebnisse.

Für die Evaluierung von Klimaschutzmaßnahmen und die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen der landwirtschaftlichen Flächennutzung ist neben der aktuellen Landnutzung auch die

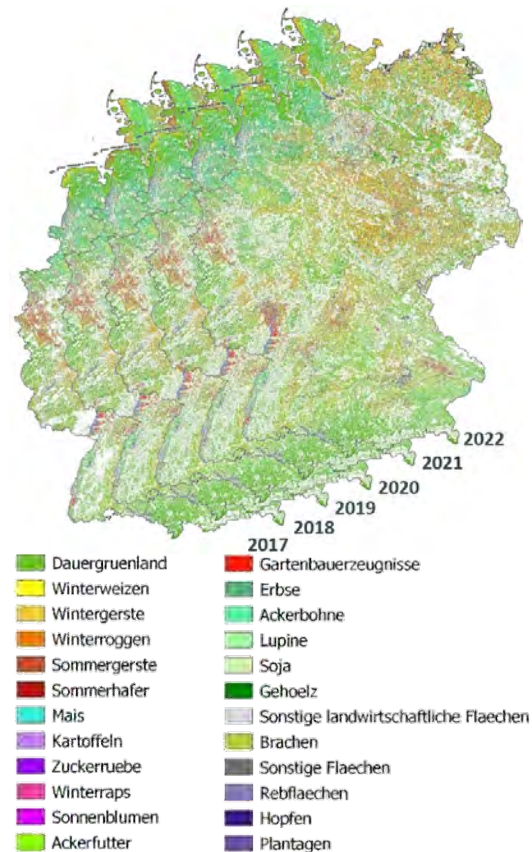


Abb. 12: Zeitreihe der deutschlandweiten flächendeckenden Kartierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung für 2017 - 2022. Datenzugang: <https://atlas.thuenen.de/atlant/en/fern-erkundungsatlas>

Landnutzungshistorie relevant. Hierfür werden aktuell zeitlich übertragbare KI-Modelle entwickelt, die auf historische Satellitendaten des Landsat-Archivs angewandt werden können. Erste Ergebnisse zeigen, dass dieser Ansatz es ermöglicht die landwirtschaftliche Nutzung bis zum Basisjahr der Treibhausgasberichtserstattung (1990) flächendeckend zu erfassen. Die abgeleiteten Produkte leisten einen substantiellen Beitrag sowohl für die Erfassung aktueller als auch historischer Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft.

Paludianbau - Potenziale und Herausforderungen für Managemententscheidungen

Muche, Carla ✉; Hamidi, Dina; Heindorf, Claudia

✉ carlalea.muche@stud.uni-goettingen.de

Intakte Moore machen nur ca. 3 % der weltweiten Landfläche aus, aber sie speichern doppelt so viel Kohlenstoff wie alle Wälder auf der Welt zusammen. In Deutschland sind 90 % der Moore trockengelegt und für rund 7 % der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich. 72 % der trockengelegten Moorflächen werden landwirtschaftlich bewirtschaftet, weshalb alternative Bewirtschaftungsmethoden gefördert werden sollen, die die nasse Bewirtschaftung von Mooren erlauben und damit die natürlichen Leistungen von Mooren erhalten. Paludikulturen mit Torfmoos (*Sphagnum* sp.) und Sonnentau (*Drosera* sp.) bieten eine Chance, um eine Vielzahl an natürlichen Leistungen wiederherzustellen. Allerdings birgt diese Transformation der Landnutzung auch Herausforderungen.



Abb. 1 Paludikultur mit (Torfmoos und Sonnentau) in Ramsloh

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden auf Grundlage bisheriger Daten aus der Literatur die Potenziale und Herausforderungen der beiden Paludikulturen mit Torfmoos und Sonnentau anhand der Nature's Contribution to People herausgearbeitet, um eine Entscheidungshilfe unter anderem für interessierte Landwirt:innen zu bieten (Tab. 1 & 2). Ergänzend zur Literaturrecherche haben wir Expert:innenbefragungen durchgeführt ($n = 16$). Die Ergebnisse zeigen, dass der Paludianbau einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann sowie ein vielversprechendes Potenzial aufweist nachhaltige Ressourcen, unter anderem

für die Gartenbau- und Pharmaindustrie herzustellen. Ein optimales Wassermanagement, ein Ausbau der Absatzmärkte sowie die Überzeugung der Landwirt:innen stellen die größten Herausforderungen dar.

Tab. 1 SWOT-Matrix Paludianbau mit Torfmoos

Stärken:	Schwächen:
Torfmoose speichern Wasser & sind gute Torfbilder	Treibhausgaseinsparung abhängig vom Wasserstand
Torfmoose besitzen torfähnliche Eigenschaften	Hoher Installations- und Kostenaufwand
Klimaschutz & Vorbildfunktion	Negative Assoziationen mit Mooren
Chancen:	Risiken:
Klimaschutz & Artenschutz	Mangelnde Niederschläge & Wasserstände
Nachhaltiger Torfersatz	Geringe Akzeptanz der Landwirt:innen
Wachsendes Interesse am Moor- und Klimaschutz	Mangelnde Kommunikation unter Entscheidungsträgern

Tab. 2 SWOT-Matrix Paludikultur mit Sonnentau

Stärken:	Schwächen:
Spontane Ausbreitung auf Torfmooskulturen möglich	Potenzielle Gefahr für Insekten
Medizinisch wertvolle Sekundärmetabolite	Bisher keine ökonomisch rentable Produktion möglich
Lange Tradition als Heilpflanze	Abneigenden Assoziationen in der Vergangenheit
Chancen:	Risiken:
Schaffung von Mikrohabitaten	Mangelnde Wasserverfügbarkeit & trockene Sommer
Kommerzielle Produktion für Pharmaindustrie	Unzureichende Kenntnisse über Produktion
Erhalt einer jahrhundertealten Heilpflanze	Geringe Akzeptanz der Landwirt:innen

Für die soziokulturellen Werte von Paludikulturen bedarf es weiterer Forschung, da sie eine ebenso bedeutende Rolle für die Transformation von Landschaften spielen, wie die ökologischen und ökonomischen Aspekte.

Ermittlung des Wasserbedarfs von Karpfenteichwirtschaften im Land Brandenburg

Seeger, Robert¹ ✉; Dr. Müller-Belecke, Andreas¹

¹Institut für Binnenfischerei e.V. (IfB), Potsdam-Sacrow

✉ robert.seeger@ifb-potsdam.de andreas.mueller-belecke@ifb-potsdam.de

In einer Zeit des fortschreitenden Klimawandels rücken vermehrt Fragen zum Wasserbedarf landwirtschaftlicher Produktionsverfahren, einschließlich der Bewirtschaftung von Karpfenteichen, in den Fokus. Brandenburg ist mit einer teichwirtschaftlichen Nutzfläche von 3353 ha und einer Jahresproduktion von rund 600 t Speisekarpfen im Jahr 2021 der drittgrößte Produzent nach Sachsen und Bayern. Eine Stichprobe von 16 Teichen unterschiedlicher Altersklassen, charakteristischer Untergrundstruktur und Hydrologie sollen detaillierte Kenntnisse über die Wasserbilanz brandenburgischer Karpfenteichwirtschaften im Jahresverlauf liefern und zukünftig dazu beitragen, die Rolle der Karpfenteiche im regionalen Wasserhaushalt sowie ihren Wasserbedarf gegenüber den Wasserbehörden darzustellen.

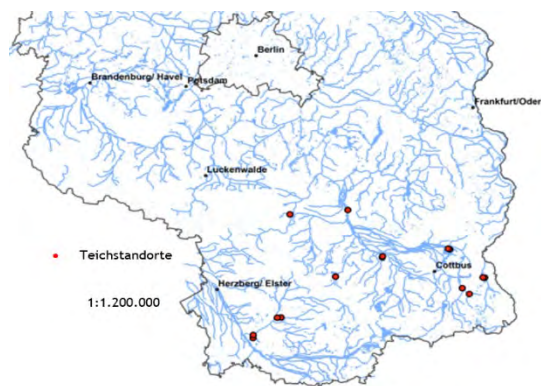


Abb. 1. Standorte der für die Wasserbilanzierung in Brandenburg untersuchten 16 Karpfenteiche.

Im Frühling bis Herbst steht einer relativ konstanten Versickerung von 1 l/(s·ha) eine steigende Verdunstung gegenüber die im Sommer (2022) mit durchschnittlich 0,88 l/(s·ha) den Wasserbedarf von 45 % eines Teiches ausmachte. Das verminderte Wasserdargebot der Vorflut während der Vegetationsperiode von Frühling bis zum Herbst kann den durchschnittlichen Wasserbedarf von 1,5 bis

2 l/(s·ha) in überdurchschnittlich warmen Jahren nicht vollständig abdecken. Bei einem durchschnittlichen Schilfrohrflächenanteil von 19 % machte die Verdunstung über *Phragmites* sp. im Frühling 12 %, im Sommer 29 %, im Herbst 17 % und im Winter 13 % gegenüber der Evaporation der freien Teichfläche aus.

Tab. 6. Wasserbedarf von Karpfenteichen unterschiedlicher Studien in Deutschland.

l / s·ha	Autor
1	Schäperclaus (1961)
3,2 - 10,4	Rümmeler (2020)
0,5 - 4,9	vorliegendes Projekt (2023)

Die Flächenerträge in Brandenburg lagen in den letzten zehn Jahren unter 300 kg/ha. Eine mögliche Empfehlung ist die ausschließliche Nutzung der bedarfsärmeren Teiche für die Speisekarpfenproduktion mit einer angestrebten semi-intensiven Bewirtschaftung von > 650 kg/ha und Teiche mit großen Verlustraten in Anbetracht einer Ökodieleistung extensiv zu bewirtschaften. Damit ist ein gleichbleibender Ertrag bei gleichzeitig geringerer Wassernutzung möglich. Von den in der Niederlausitz untersuchten Teichen sind das 70 %, die einen Wasserbedarf von weniger als 1,5 l/(s·ha) aufweisen, wobei der durchschnittliche Bedarf bei 1 l/(s·ha) liegt, während 30 % der Teiche im Durchschnitt 3,6 l/(s·ha) benötigen. Um dem infolge des Klimawandels möglicherweise verstärkten Verlust der Teichlebensräume vorzubeugen, ist eine stärkere Einbeziehung der aus Wassermangel nicht mehr wirtschaftlich nutzbaren Teichflächen in die Naturschutzförderung zu überlegen. Einer Verlandung und einem damit einhergehenden Rückgang von Feuchtbiotopen steht eine Bewirtschaftung der ungenutzten Karpfenteiche als Ökosystemleistung durch Teichwirte entgegen.

Fazit | Ziele, Strategien und Wege für Klimaschutz und Klimaanpassung

Eine Quantifizierung von zukünftigen Emissionen und die Wirkung von geplanten Maßnahmen wird immer bedeutender; so werden ex-ante Bewertung der Klimaschutzpolitik durch Projektionsberichte gefordert, und diese sollten wissenschaftlich fundiert sein.

Eine Optimierung des Konsums von Ernährungsprodukten kann einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten; dafür müssen aber viele Akteure erreicht werden.

Im Bereich Klimaanpassung wird an einem Beispiel aus Brandenburg deutlich, dass es sektorübergreifende Schnittstellen und Anpassungsbedarfe zwischen einem Wassermanagement mit Fokus der Niedrigwasservorsorge und Bedarfen der Landwirtschaft und angepasster Landnutzung gibt.

In den letzten 30 bis 40 Jahren hat sich die Anzahl der Studien zum Thema ‚drought‘ bzw. Trockenheit exponentiell erhöht. Es gibt dabei Publikationen

mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen oder aus unterschiedlichen Disziplinen, die es ggf. zu beachten gibt, wenn der Stand der Forschung widergespiegelt wird.

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. integriertes Wassermanagement mit der Betrachtung von sektorübergreifenden Schnittstellen und lokalen Ansätzen und Pilotstudien

2. erweitertes Methodenspektrum bei der Untersuchung von Trockenheitsrisiken und Auswirkungen von Dürren

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. wissenschaftlich fundierte Bewertung der Wirkung von Maßnahmen zum Klimaschutz

2. Ansatzstellen und deren Umsetzung für eine Optimierung des Konsums klimafreundlicher und angepasster Ernährung

32 Heißer und trockener – reicht das aus? Welche passgenauen Klimawandel-Informationen braucht die landwirtschaftliche Praxis?

Juliane El Zohbi, Diana Rechid, Florian Knutzen, Katharina Bülow, Susanne Pfeifer; Climate Service Center Germany (GERICS) / Helmholtz-Zentrum hereon GmbH ✉ juliane.el_zohbi@hereon.de

Eine zentrale Frage ist, welche Auswirkungen des Klimawandels die Landwirtschaft zu erwarten hat, welche Anpassungsmaßnahmen erfolgsversprechend sind und welche Stellschrauben für den Klimaschutz im Agrarsektor nötig sind.

Es gibt viele allgemeine Informationsquellen zu zukünftigen Änderungen des Klimas. Diese Angebote beschränken sich meist auf die generelle Bereitstellung von Informationen, als dass sie passgenaue Informationen für die landwirtschaftliche Praxis bereitstellen.

Climate Services haben sich zur Aufgabe gemacht, Klimainformationen nutzbar und nützlich für die Praxis aufzubereiten. In dieser Session tragen Projekte vor, die Bedarfe aus der landwirtschaftlichen Praxis in Bezug auf Klimainformationen identifiziert haben und praxistaugliche Anwendungen für die Landwirtschaft entwickelt haben.

Diese Session wendet sich an Praktiker:innen aus der Landwirtschaft inklusive Züchtung, sowie Forschende, die für ihre Untersuchungen an passgenauen Klimainformationen interessiert sind. Wir widmen uns dem Ackerbau, dem Weinanbau sowie dem Forst. Die Fokusregion ist Deutschland.

Ablauf

Die Session besteht startet mit vier Kurzvorträgen („Schaufenstern“) inklusive anschließender Fragerunde.

Schaufenster #1

Passgenaue Klimawandel-Informationen für die Landwirtschaft

Schaufenster #2

Modellgestützte Analyse der Ertragsbildung unter klimatischen Veränderungen

Schaufenster #3

A valuation of Climate Services for Viticulturists: Tackling fungal diseases

Schaufenster #4

Herausforderungen durch Trockenheit und Hitze im Wald - Einblicke in den Forstsektor

Im Anschluss werden durch interaktive Elemente im Stile eines Workshops Bedarfe zu Klimainformationen diskutiert und ausgelotet, Informationsquellen aufgezeigt und aktuelle Informationslücken identifiziert.

Passgenaue Klimawandel-Informationen für die Landwirtschaft

El Zohbi, Juliane¹ ✉; Rechid, Diana¹; Bathiany, Sebastian² und Schlüsselpartner aus der Praxis

¹ Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon, Hamburg; ²Earth System Modelling, School of Engineering & Design, Technical University of Munich, Munich, Germany

✉ juliane.el_zohbi@hereon.de

Zentrale Fragen sind, welche Auswirkungen des Klimawandels die Landwirtschaft zu erwarten hat, welche Anpassungsmaßnahmen erfolgsversprechend sind und welche Stellschrauben für den Klimaschutz im Agrarsektor nötig sind.

Es gibt viele allgemeine Informationsquellen zu zukünftigen Änderungen des Klimas. Diese Angebote beschränken sich meist auf die generelle Bereitstellung von Informationen, als dass sie passgenaue Informationen für die landwirtschaftliche Praxis bieten. Um die Anpassung in der Landwirtschaft an den Klimawandel zu unterstützen, sind nicht nur Aussagen zur jährlichen oder jahreszeitlich gemittelten Klimaänderung notwendig, sondern spezifisch landwirtschaftlich relevante Kenngrößen.

zusammen mit Akteuren aus der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein fundierte und praxisgerechte Klimadatenprodukte. Diese sind als interaktive Klimakarten-Browser, Klimakalender für Feldfrüchte und Wärmebereiche-Viewer sowie einem Dürredossier auf der Webseite <https://www.adapter-projekt.de/klima-produkte/index.html> abrufbar.

Der Klimakalender für Feldfrüchte beispielsweise stellt auf konkrete Entwicklungsphasen von Kulturpflanzen zugeschnittene Klimakenngrößen bereit.

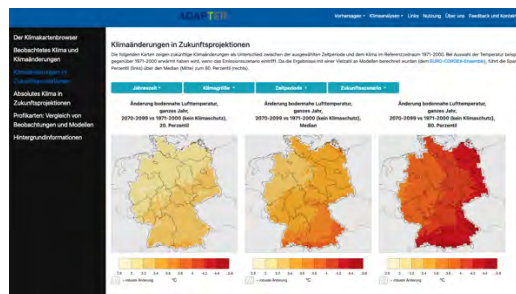


Abb. 13. Der Klimakartenbrowser - eines von vier Klimadatenprodukten unter <https://www.adapter-projekt.de/>.

Vor diesem Hintergrund machte das von der Helmholtz-Gemeinschaft geförderte Wissenstransferprojekt ADAPTER die Ergebnisse hochaufgelöster regionaler Klimamodellsimulationen für Entscheidungen in landwirtschaftlichen Betrieben, der Pflanzenzucht und Beratung zur Entwicklung von Lösungsansätzen nutzbar. In enger Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis entwickelte das GERICS (Climate Service Center Germany) des Helmholtz-Zentrums Hereon

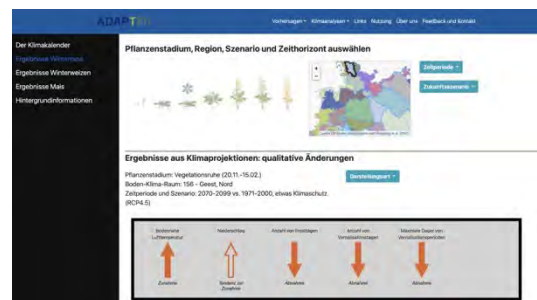


Abb. 2. Der Klimakalender - eines von vier Klimadatenprodukten unter <https://www.adapter-projekt.de/>.

Um zu verstehen, wie genau die Klimadatenprodukte von der Praxis eingesetzt und verwendet werden, haben wir 16 leitfadengestützte Gespräche mit Akteuren aus der Landwirtschaft geführt. Wir sind dabei Fragen nachgegangen wie: Welche neuen Erkenntnisse haben Sie durch das Klimadatenprodukt gewonnen? Welche Entscheidungen werden oder wurden bereits beeinflusst? Welche Herausforderung bestehen bei der Nutzung von Klimadatenprodukten?

Die Antworten aus der Praxis auf diese Fragen werden wir bei der Konferenz vorstellen.

Herausforderungen durch Trockenheit und Hitze im Wald - Einblicke in den Forstsektor

Knutzen, Florian¹ ✉; Averbeck, Paul²; Rechid, Diana¹; Katharina Bülow¹, Groth, Markus¹ und Praxispartner aus dem Forstsektor.

¹Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon, Hamburg ✉; ²IES Landau, Institute for Environmental Sciences, University of Kaiserslautern-Landau (RPTU).

Deutschland erlebte vier Trockenjahre in nur fünf Jahren, begleitet von anhaltender Hitze (2018 bis 2020 und 2022). Dies stellt eine ernsthafte Herausforderung für den Forstsektor dar, da die Auswirkungen dramatisch sind. Wassermangel beeinträchtigt die Vitalität der Bäume und führt zu einer erhöhten Anfälligkeit für Kalamitäten. Auch für die Arbeitssicherheit sowie den Aufwand an Kontrollen im Wald gibt es Konsequenzen. Wie beurteilt die Forstpraxis diese Auswirkungen? Welche Veränderungen werden in Folge von Dürren beobachtet? Welche spezifischen Klimafaktoren zeigen die größten Konsequenzen? Welche Anpassungskonzepte werden angesichts dieser extremen Wetterereignisse diskutiert? Und wie beeinflusst all das die Beteiligten hinsichtlich Ihrer Arbeit?

Tab. 7. Die fünf meistgenannten Antworten (%) von 22 Forstfachleuten auf die Frage nach den Klimaextremen mit den größten Auswirkungen auf ihren Sektor (ohne Sturm). (M-A): März - August; (M-M): März - Mai; (J-A): Juni - August. Die Befragung wurde 2021 und 2022 durchgeführt.

Frage: Welche Klimaextreme haben den größten Einfluss auf Wälder?	
100 %	Dürre in Vegetationsperiode (M-A)
77,3 %	Aufeinanderfolgende Trockenjahre
63,3 %	Dürre im Frühjahr (M-M)
36,4 %	Längere Hitze im Sommer (J-A)
18,2 %	Längere Vegetationsperiode (M-A)

Um diesen Fragen nachzugehen, wurde ein Netzwerk mit unterschiedlichen Praxisakteuren aus dem Forstsektor aufgebaut. Dafür wurden Interviews und Workshops mit 22 Stakeholdern durchgeführt. Die unterschiedlichen Formen der wissenschaftlichen Dialoge basierten auf systematischen Literaturlauswertungen, einer qualitativen Analyse und wurden

einer Wirkungsreflexion durch einen externen Partner unterzogen. Während es hinsichtlich der entscheidenden Klimaparameter und ihren größten Auswirkungen weitgehende Einigkeit in der Beurteilung durch die Praxis gab, konnten bezüglich möglicher Anpassungsmaßnahmen weitreichende Konflikte festgestellt werden.

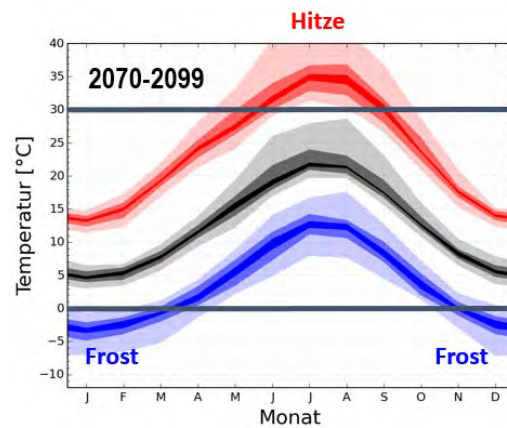


Abb. 14. Risiko von Frost- und Hitzeeinwirkung am Beispiel 'Rheinebene und Nebentäler'. Über den 30-Jahreszeitraum und jeden Monat gemittelte Tagesmaximumtemperatur (rot), Tagesmitteltemperatur (grau) und Tagesminimumtemperatur (blau). Je intensiver die Farbe, desto mehr Klimamodelle des "EURO-CORDEX Ensemble" befinden sich in diesem Bereich; graue Linien bei 0°C (Frost) und 30°C (Hitze); Projektion mit RCP 8.5 (Bathiany, S. & Rechid, D.: Klimakartenbrowser ADAPTER Produktplattform. Version 2.0, Juni 2021, Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum hereon GmbH).

Außerdem wurden besondere Praxisbedarfe an Klimaänderungsinformationen mit einzelnen Stakeholdern ermittelt. Beispielsweise werden aufgrund verstärkter Dürren im Frühjahr Pflanzungen häufig in den Herbst verlegt. Klimaprojektionen können dabei helfen, Dürren und Spätfröste gegeneinander abzuwägen. Einige Ergebnisse des vom BMBF geförderten Projekts CS4eXtremes werden hier vorgestellt.

A valuation of Climate Services for Viticulturists: Tackling fungal diseases

Nam, Christine¹ ✉; Massano, Laura Teresa²; Graca, Antonio³; Cotroneo, Rossana⁴; Dell'Aquila, Alessandro⁴; Caboni, Federico⁵

¹ Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon, Hamburg, Germany

² Scuola Universitaria Superiore (IUSS), Pavia, Italy

³ Sogrape Vinhos, Avintes, Portugal

⁴ Italian National Agency for New Technologies (ENEA), Rome, Italy

⁵ Lutech SPA, Milan, Italy

✉ christine.nam@hereon.de

Viticulturists need to develop adaptation strategies to mitigate the impact of climate change, which affects a grapevine's physiology and wine typicity. They can benefit from climate services, which translate physically based variables, such as temperature and precipitation, into actionable, decision relevant bioclimatic indicators, such as Spring Rain, Heat Stress Days, and Warm Spell Duration.

Bioclimatic indicators, such as these, enable viticulturists mitigate fungal diseases, specifically downy and powdery mildew, as well as sunburn.

Accurate seasonal forecasts of these bioclimatic indicators can help with viticulture, labor, and stock management, as well as improve the yield and value of wine-quality grapes. Seasonal forecasts of these bioclimatic indicators are available on the MED-GOLD project's dashboard.

This presentation will cover how we used the seasonal forecast accuracy of the bioclimatic indicators to determine an annual service fee to access these forecasts on the dashboard. The case study region of this analysis was performed for the Douro wine region of Portugal.

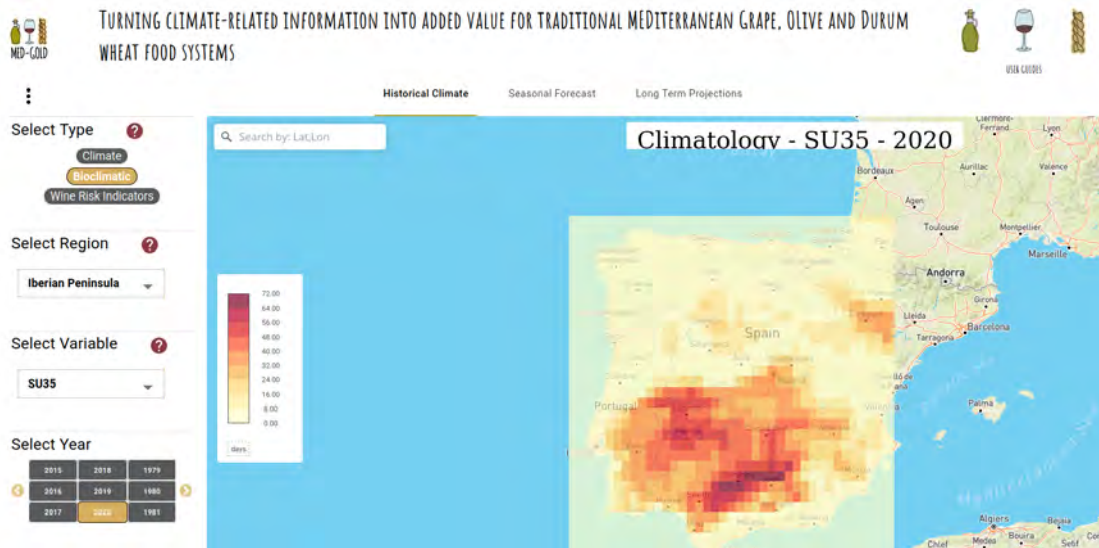


Abb. 15: Screenshot of the MED-GOLD dashboard showing the Historical Climate of Spring Rain for 2020 over the Iberian Peninsula.

Modellgestützte Analyse der Ertragsbildung unter klimatischen Veränderungen

Rose, Till¹ ✉; Grossmann, Finn¹; Pfeifer, Susanne²; Hackenberg, Dieter³; Kage, Henning¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Uni Kiel; ²Helmholtz-Zentrum hereon GmbH, Climate Service Center Germany (GERICS), Geesthacht; ³KWS Saat SE & Co. KGaA, Einbeck

✉ rose@pflanzenbau.uni-kiel.de

Im Zuge des Klimawandels kann die Zuckerrübe durch den vermehrten Transpirationsanspruch in Folge steigender Temperaturen und eine zukünftige Verschiebung der Niederschlagsmengen vom Sommer in die Wintermonate in ihrer Ertragsleistung stark gefährdet sein.

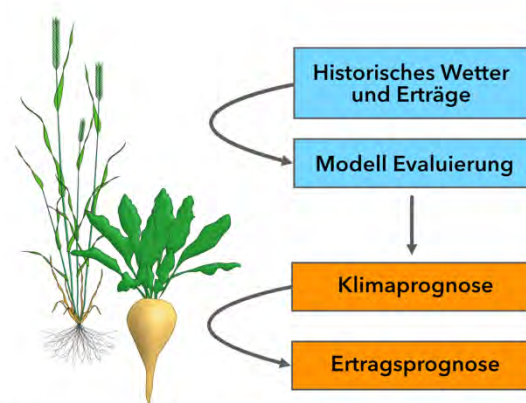
Im von der BLE geförderten Projekt „Beets4Future - Zuckerrübe der Zukunft“ soll hierzu - neben der Interaktion mit dem Faktor Sorte und möglichen pflanzenbaulichen und züchterischen Anpassungsmaßnahmen - zunächst die Konsequenz der projizierten Klimaänderung auf die Ertragserwartung der Zuckerrübe abgeschätzt werden.

Bei der Zuckerrübe kann neben dem steigenden Transpirationsdefizit durch eine potenzielle Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes und eine schnellere Jugendentwicklung aber auch das „Problem“ der Kultur - der späte Beginn der Hauptwachstumsphase - verbessert werden und ein deutlich positiver Effekt einer klimatischen Erwärmung auftreten. Zusätzlich wirken die steigenden atmosphärischen CO₂-Gehalte förderlich in der Assimilationsleistung unter sonst gleicher Witterung.

Der dynamische Prozess des Pflanzenwachstums interagiert in jedem Tageszeitschritt mit den aktuellen Witterungsgrößen. Durch die mathematische Abbildung in Pflanzenwachstumsmodellen kann diese Interaktion abgebildet werden und sich der Frage „Heißer und trockener - reicht das aus?“ aus pflanzenphysiologischer Sicht genähert werden.

In Simulationsstudien mit einem Pflanzenwachstumsmodell für die Kulturart

Zuckerrübe wird der Einfluss klimatischer Trends der nahen Vergangenheit und prognostizierter Trends für die Zukunft dargestellt. Ein Vergleich simulierter Erträge mit gemessenen Zeitreihen in unterschiedlichen Regionen Deutschlands dient zunächst zur Evaluation der Belastbarkeit der Simulationen.



Pflanzenwachstumsmodelle

Abb. 16. Nutzung der Pflanzenwachstumsmodelle für einen vergleichenden Blick auf die klimatischen Trends der Vergangenheit und die prognostizierte Zukunft.

Ergänzt wird die Auswertung mit einem vergleichenden Blick auf die Kulturart Winterweizen, um die Frage nach der Bedeutung von saisonalen Verteilungsmustern und Spezifika der unterschiedlichen Kulturen umfassender betrachten zu können.

Die verwendete Simulation des Aussaatzeitpunktes wird in dem Beitrag „Aussaatzeitpunkt der Zuckerrübe im Zuge des Klimawandels“ dargestellt.

Fazit | Heißer und trockener – reicht das aus? Welche passgenauen Klimawandel-Informationen braucht die landwirtschaftliche Praxis?

Die Session widmete sich der Frage, welche passgenauen Klimawandel-Informationen die landwirtschaftliche Praxis benötigt. Dazu haben wir im Rahmen der Session erörtert, wie Klima- und Agrarforschung gut zusammenarbeiten können, um für die Praxis nützliche Informationen zu generieren. Die vorgestellten Klimadatenprodukte umfassten zwei digitale Anwendungen - zum einen für den Pflanzenbau, zum anderen für den Weinanbau - sowie einen Flyer zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel. Ein vierter Beitrag widmete sich der Schnittstelle von Wachstums- und Klimamodellierung am Beispiel der Zuckerrübe. Die Beiträge zeigten, dass die Auswertung von Modellergebnissen eng an die Aktivitäten aus der Praxis (z.B. Aussaat) geknüpft sein müssen, um praxisrelevant zu sein. Es wurde demonstriert, dass das sogar zu einer Monetarisierung von wissenschaftsbasierten Produkten zur Entscheidungsfindung führen kann. In aller Kürze - heißer und trockener reicht für die Praxis als Information nicht aus.

■ Offene Fragen

- Welche Hemmnisse gibt es bezüglich des Erfolges von Klimageserviceprodukten? Wie stellen wir eine gute Kommunikation sicher, vor allem in Bezug auf Unsicherheiten und Bandbreiten von Klimamodellergebnissen?
- Wie können die zahlreichen verschiedenen Webportale untereinander verlinkt und „verschnitten“ werden, so dass sich die Praxis besser orientieren kann?
- Wie kann man Landwirten bzw.

Praxisakteuren aus der Landwirtschaft einen finanziellen Anreiz geben, mit der Wissenschaft zusammenzuarbeiten (Projektgelder auch für die Praxisakteure o.ä.)?

■ Notwendige weitere Forschung zur Anpassung an den Klimawandel

1. Die Koppelung von Wachstums- und Ertragsmodellen mit Klimaprojektionen ist ein Schlüssel, um praxisrelevante Informationen zu generieren, lässt aber in der Umsetzung noch wissenschaftliche Fragen offen.
2. Wie kann an historisch beobachteten klimatischen Trends das Vertrauen in die Aussagen gesteigert werden? Historische Zeitreihen von Erträgen, in denen nur der Faktor Witterung Variation verursacht?
3. Das Einbeziehen von Schädlingen und Krankheiten sowie deren Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen in Wachstumsmodelle würde die Realität besser abbilden. Pflanzenwachstumsmodelle könnten mit phytopathologischen Modellen kombiniert werden.
4. Es gibt bisher kaum regionale Modellierung von wiedervernässten Mooren auf langen Zeitskalen in Hinblick auf Fragen wie etwa: Reicht das verfügbare Wasser (Niederschlag) aus, um die dauerhafte Vernässung zu gewährleisten? Wie ändert sich das lokale Klima?
5. Die Größe "Pflanzenverfügbares Bodenwasser" ist eine Kenngröße, die bei der Auswertung von Klimasimulationen noch keine Rolle gespielt hat, aber eine hohe Praxisrelevanz hat.

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity

Eine Einbindung möglichst vieler Disziplinen erhöht die Anwendbarkeit der Produkte für die Praxis

... mit der landwirtschaftlichen Praxis

Nur mit der Einbindung der Praxis in die Entwicklung von Informationsmaterialien können nutzbare und nützliche Produkte entstehen.

33 Quantifizierung und Projektionen von Agrar- klimaschutzstrategien und Politikinstrumenten

Thünen-Institut: Dr. Alisa Spiegel (Stabsstelle Klima und Boden), Dr. Davit Stepanyan (Institut für Betriebswirtschaft)

Die Entwicklung vom Kohlenstoffmärkten, marktbasierter Instrumente und Strategien der CO₂-Bepreisung sind auch für den Agrarsektor Möglichkeiten die ambitionierten Klimaschutzziele zu erreichen. Eine Quantifizierung von langfristigen Strategien und eine Bewertung von marktbasierter Politikinstrumenten ist daher entscheidend für die Bewertung einer erfolgreichen Klimapolitik. In dieser Session sollen agrarökonomische Zusammenhänge und aktuelle Projektionen für den Agrarklimaschutz vorgestellt werden.

Ablauf

Die Session wird auf Englisch abgehalten. Fragen können auch auf Deutsch gestellt werden.

■ Vorträge

- Distances to climate targets in EU-27 agriculture: explorative analysis | Alisa Spiegel
- Ansatzstellen für die Umsetzung einer CO₂-Bepreisung in der Landwirtschaft und Landnutzung | Claudia Heidecke
- Impacts of National vs European Carbon Pricing on Agriculture | Davit Stepanyan
- A food system transformation can enhance global health, environment and social inclusion | Benjamin Leon Bodirsky
- How to Close Nutrient Cycles in Agriculture? Innovative Solutions & Environmental benefits | Jörg Rieger

■ Poster

- Neue Bilanzierungsansätze von Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft | Peter Breunig
- Entwicklung eines integrativen GIS-basierten Nachhaltigkeitsanalyse-Tools (NBiomasseBW*) | Elisabeth Angenendt

■ Diskussion

- Identifikation von Wissenslücken und Forschungsschwerpunkten

Distances to climate targets in EU-27 agriculture: explorative analysis

Spiegel, Alisa¹ ✉; Heidecke, Claudia¹; Osterburg, Bernhard¹

¹Stabsstelle Klima und Boden, Thuenen Institute, Braunschweig

✉ alisa.spiegel@thuenen.de

With the Farm-to-Fork strategy and the Effort-Sharing regulation (ESR), the agricultural sector in the EU has several entry points to contribute to climate change mitigation at the EU level. However, most climate mitigation plans for the agricultural sector stay at the national level, while a cross-country analysis is lacking despite data availability. We aim to explore national distances to the ESR climate targets 2030 in agriculture across the EU Member States (MSs) and to explain the observed heterogeneity. For this analysis, we assume that the ESR targets proportionally hold for agriculture.

The progress towards the climate targets is, among others, documented in the projection reports (EEA). For each EU MS, we derived a so-called 'distance to climate targets 2030', i.e., the relative difference between the assumed targeted GHG emission in agriculture and the projected one. The heterogeneity across MSs is remarkable: while Malta and Croatia are going to reach their 2030 targets very well, ten MSs, including Germany, France, and Denmark, are expected to emit 2030 over 50% more GHG in agriculture than targeted, according to the projections. Likewise, the progress over the years differs across MSs: only some MSs have improved their projections for agriculture over years.

Employing the Jenks natural breaks classification to the latest projected distance to climate targets 2030 in agriculture and its progress over 2016-2021 projections, we assigned each EU MS to one of the two classes:

1. With a considerable distance to climate targets in 2030 in agriculture and/or poor progress ("red cluster")
2. With a small distance to climate targets in 2030 in agriculture and/or good progress ("green cluster")

Next, we compared other variables among classes using the Mann-Whitney-U test. The ESR uses GDP per capita as the basis for the distribution of targets across the EU MSs; yet, there is no significant difference among classes in GDP from agriculture per capita found. Moreover, the contribution of agriculture to national GHG accounts differs across the EU MSs. Climate targets might hit agriculture particularly hard in MSs with high GDP and high share of agricultural emissions.

We also observe that the red cluster is characterised by more intensive agriculture and has little space to intensify and increase efficiency. So, the only way for these MSs to fulfil climate responsibilities is to work with innovations and radical transformations. Significant differences among classes were found in mitigation measures. The green cluster is characterised by fewer measures in total, yet a higher share of implemented (vs. planned) ones. Regarding content, the red cluster focuses more on nature- and sustainability-related mitigation measures, while the green cluster focuses on organic-, efficiency-, and livestock-related measures despite having a lower share of permanent grassland and lower livestock density.

Our conclusions are twofold. First, to facilitate agriculture's contribution in achieving climate targets, sectoral targets should be clarified and clear cross-sectoral benchmarks for mitigation should be established, e.g., via carbon pricing. Second, since some MSs currently face a hefty burden of ambitious climate targets, these Member States should be supported in their efforts to find innovative solutions for radical transformations.

Ansatzstellen für die Umsetzung einer CO₂-Bepreisung in der Landwirtschaft und Landnutzung in Deutschland im Vergleich mit internationalen Beispielen

Heidecke, Claudia¹ ✉; Osterburg, Bernhard²

Thünen-Institut, Braunschweig

✉ claudia.heidecke@thuenen.de

In den letzten Jahren hat die Diskussion um eine CO₂-Bepreisung von landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen in der wissenschaftlichen Community zunehmend an Bedeutung gewonnen, ist aber in Deutschland noch weit von einer politischen Umsetzung entfernt. Anders sieht dies in Neuseeland als einer der Spitzenreiter mit ersten Erfahrungen bei der Einführung von CO₂-Preisen aus. Aber auch Kanada und Dänemark machen sich auf den Weg und bereiten konkrete Umsetzungsoptionen für ökonomische Instrumente vor. In dieser Arbeit diskutieren wir Möglichkeiten einer Einführung von CO₂-Preisen für die deutsche Landwirtschaft und für den Bereich der Landnutzung anhand von theoretischen Überlegungen, bisherigen Simulationen und im Vergleich mit den Ansätzen aus Dänemark und Neuseeland.

In Neuseeland und Dänemark wird an Umsetzungen anhand von einzelbetrieblichen Erfassungen der Treibhausgasemissionen gearbeitet. Dies wurde bislang als wenig realistisch in der Umsetzung befunden (siehe auch Isermeyer et al. 2019). Da Tools zur einzelbetrieblichen Emissionsberechnung aber in den letzten Jahren im Vormarsch sind, stellt sich die Frage, wie eine Umsetzung in Deutschland aussehen könnte, welche Tools nutzbar wären und wie Tools für die Integration einer Bepreisung nutzbar gemacht werden können.

Am Beispiel von Stickstoff erläutern wir die Ansatzstellen. Zunächst müssen die jährlichen Lachgasemissionen für jeden Betrieb ermittelt werden anhand von

eingesetzten Düngemitteln, Flächennutzung, Erträgen, Ernterestmanagement und Stickstoffbilanzen. Eine Ansatzstelle wäre es, für einen politisch festgelegten Stickstoffüberschuss eine kostenlose Ausstellung von Zertifikaten pro Hektar auszugeben. Betriebe, die unter diesem Schwellenwert bleiben, könnten die nicht benötigten Zertifikate verkaufen, Betriebe mit besonders hohem Stickstoffüberschuss müssten Zertifikate kaufen. Diese Option erfordert, dass die Behörden ein flächendeckendes Nährstoffkataster führen und die Angaben der landwirtschaftlichen Betriebe mit den Angaben des Futter- und Düngemittelhandels abgeglichen werden. Eine andere Möglichkeit könnte darin bestehen, an den „Flaschenhälsen“ der Stickstoffflüsse anzusetzen, d. h. bei einer überschaubaren Anzahl von Düngemittelfabriken und Importeuren, die Stickstoffdünger auf den Markt bringen. Auch der Futtermittelhandel müsste einbezogen werden, da über diesen Weg viel Stickstoff in die Agrarproduktion gelangt. Hier könnte die Bepreisung schwieriger sein als bei Stickstoffdünger, da nur ein Teil des Futters von großen Unternehmen verkauft wird.

Analog werden Überlegungen für die Einbeziehung von Methanemissionen, von weiteren Kohlendioxidemissionen und die Festlegung von Kohlenstoff dargelegt. Abschließend zeigt ein Vergleich mit internationalen Beispielen, dass eine Emissionsbepreisung in der Landwirtschaft vor dem Hintergrund der immer ambitionierteren Klimaschutzziele in anderen Ländern schon heute entwickelt und eingeführt wird.

Impacts of National vs European Carbon Pricing on Agriculture

Stepanyan, Davit¹ ✉; Heidecke, Claudia²; Osterburg, Bernhard²; Gocht, Alexander¹

¹ Johann Heinrich von Thuenen Institute of Farm Economics, Braunschweig, ² Johann Heinrich von Thuenen Institute, Coordination Unit Climate, Braunschweig

✉ davit.stepanyan@thuenen.de

The agricultural sector has the potential to contribute to reaching both global and national climate targets. Lately, frequent discussions emerge among academics as well as policymakers regarding whether the agricultural sector should be subject to carbon pricing under different emission trading systems. Germany has set ambitious climate targets envisaging to reach carbon neutrality by 2045, and the EU plans reaching carbon neutrality by 2050. However, the current GHG emission mitigation trends are not in line with this goal. In this study, we quantitatively analyze the environmental and economic effects of the possible inclusion of the agricultural sector into a carbon pricing scheme, once for Germany only, and second for the EU. Moreover, we evaluate the role of already existing and novel technological mitigation options in the GHG emissions mitigation quest. For this study, we have applied the well-known Common Agricultural Regionalized Impact Analysis (CAPRI) model. CAPRI explicitly accounts for a number of already existing or innovative GHG mitigation technologies for EU agriculture.

The results reveal several important implications of such a policy option. First, even if Germany chooses to take this step unilaterally, a net emission reduction effect is reached in the agricultural sector and the gap between the total projected and targeted 2030 emissions in Germany is reduced by 10%. Although this effect is notably more substantial if the entire EU adopts a similar policy. Moreover, the EU gap in 2030 is also reduced by 14%. Second, the consideration of the effects of already existing or novel mitigation technologies has a significant impact on the results and even further contributes to emission reduction in Ger-

many or the EU. The scenarios that ignore the possible uptake of such technological options are proven to underestimate the mitigation potential of the simulated policy options by about a factor of two. EU producers, as a result of simulated policy scenarios, lose their competitiveness which is stronger pronounced in the case of ruminants and cereal production. This leads to reduced exports from the EU and increased imports to the EU causing emission leakage in all scenarios. The leakage rate is lower in the case of EU-wide implementation of the policy, however, again the scenarios that neglect the potential of technological mitigation options overestimate this rate by a factor of three.

Our results further indicate the importance of investing in the R&D of cost-efficient and easily transferable mitigation technologies for the EU agricultural sector considering both their economic and environmental effects. Above all, with our quantitative analysis for Germany and for the European Union, we can conclude that a carbon pricing scheme for the agricultural sector could be a valuable and cost-efficient instrument to reach national or EU-wide mitigation targets under manageable side effects. Given the option that leakage rates can be further reduced by policies on the consumer side, by border taxes, the results are even more promising to further assess the option for carbon pricing for this sector.

Full paper:

Stepanyan et al. 2023. - 10.1088/1748-9326/acdcac

A food system transformation can enhance global health, environment and social inclusion

Benjamin Leon Bodirsky^{1,2} ✉, Felicitas Beier^{1,3}, Florian Humpenöder¹, Debbora Leip^{1,3}, Michael Crawford¹, David Meng-Chuen Chen^{1,3,10}, Marco Springmann¹⁶, Bjoern Soergel¹, Zebedee Nicholls^{6,7,8,9}, Jessica Strefler¹, Jared Lewis^{6,8,9}, Jens Heinke¹, Christoph Müller¹, Patrick von Jeetze^{1,3}, Kristine Karstens^{1,3}, Isabelle Weindl¹, Miodrag Stevanović¹, Pascal Führlich¹, Abhijeet Mishra^{1,3,14}, Edna J. Molina Bacca^{1,3}, Alexandre C. Köberle^{1,12,13}, Xiaoxi Wang^{1,11}, Vartika Singh^{1,3,4,5}, Claudia Hunecke¹, Quitterie Collignon¹, Pepijn Schreinemachers², Simon Dietz¹⁶, Ravi Kanbur¹⁷, Jan Philipp Dietrich¹, Hermann Lotze-Campen^{1,3,10}, Alexander Popp^{1,18}

¹ Potsdam Institute for Climate Impact Research, Leibniz Association, Potsdam, ²World Vegetable Center, Tainan, Taiwan, ³Humboldt University, Berlin, ⁴Indian Institute of Management, Ahmedabad, India, ⁵International Food Policy Research Institute, New Delhi, India, ⁶International Institute for Applied System Analysis, IIASA, Laxenburg, Austria, ⁷Melbourne Climate Futures, University of Melbourne, Melbourne, Victoria, Australia, ⁸School of Geography, Earth and Atmospheric Sciences, University of Melbourne, Melbourne, Victoria, Australia, ⁹Climate Resource, Northcote, VIC, Australia, ¹⁰Integrative Research Institute for Transformations of Human-Environment Systems (IRI THESys), Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, ¹¹China Academy for Rural Development, School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou, China, ¹²Grantham Institute for Climate Change and Environment, Imperial College London, United Kingdom, ¹³Centre for Climate Finance and Investment, Imperial College Business School, United Kingdom, ¹⁴International Food Policy Research Institute, Washington, District of Columbia, United States of America, ¹⁵University of Oxford and London School of Hygiene and Tropical Medicine, UK, ¹⁶London School of Economics, London, UK, ¹⁷Cornell University, New York, USA, ¹⁸Faculty of Organic Agricultural Sciences, University of Kassel, Witzenhausen

✉ bodirsky@pik-potsdam.de

The current global food system has detrimental outcomes for global health, environmental conditions and social inclusion. A coherent vision of a desirable food system can guide a sustainable food system transformation and help to structure political processes and private decisions by quantifying potential benefits, facilitating debates about co-benefits and trade-offs, and identifying key measures for desirable change. Such a transformation requires integrating measures targeting human diets, livelihoods, biosphere integrity, and agricultural management.

Here, we apply a global food and land system modeling framework to quantify the impacts of 23 food system measures by 2050. Our multi-criteria assessment shows that a food system transformation can improve outcomes for health, the environment, social inclusion, and the economy. All individual measures come with trade-offs, particularly those targeting agricultural management, while few trade-offs and multiple co-benefits are linked to dietary change measures. By combining measures in packages, trade-offs can be reduced and co-benefits enhanced. We show that a sustainable food system also requires a transformation of the overall economy to stop

global warming, reduce absolute poverty, and create alternative employment options. Within the context of a cross-sectoral sustainable development pathway, the food system transformation improves 14 of our 15 outcomes, including reducing mortality by 261 million life years per year, a moderate chance to limit warming to 1.5° and no increase in absolute poverty.

This integrated assessment is carried out using the open-source land and food system model MAgPIE (Dietrich et al 2019), linked with a food demand model (Bodirsky et al 2020), the vegetation, crop and hydrology model LPJmL (Schaphoff, et al., 2018; von Bloh et al., 2018), the reduced-complexity climate model MAGICC (Meinshausen et al 2020), a dietary health model (Springmann et al 2021), an income distribution and poverty model (Soergel et al 2021) as well as with results from the macro-economy and energy system model REMIND (Baumstark et al 2021).

References:

Baumstark, L. et al. 2021. DOI: 10.5194/gmd-2021-85.
 Bodirsky et al. 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-75213-3.
 Dietrich et al (2019) DOI: 10.5194/gmd-12-1299-2019.
 Springmann et al 2021. DOI: 10.1016/S2542-5196(21)00251-5.
 Schaphoff et al. 2018. DOI: 10.5194/gmd-11-1343-2018.
 von Bloh et al. 2018. DOI: 10.5194/gmd-11-2789-2018.
 Soergel et al. 2021. DOI: 10.1038/s41467-021-22315-9.
 Meinshausen et al 2020. DOI: 10.5194/gmd-13-3571-2020.

How to Close Nutrient Cycles in Agriculture? Innovative Solutions & Environmental Benefits

Rieger, Jörg¹ ✉; Guarathne, Anoma¹; Lesschen, Jan Peter²; Stepanyan, Davit¹; Gocht, Alexander¹

¹Thuenen Institute of Farm Economics, Braunschweig, ²Wageningen University and Research, Netherlands

✉ joerg.rieger@thuenen.de

Sustainable agricultural intensification is needed to tackle food insecurity in Europe, but it is also associated with various environmental challenges, such as GHG emissions, acidification and eutrophication. Inadequate manure management and excessive nitrogen and phosphorous fertilizer application lead to eutrophication, contamination of ground and surface water with nitrates. The development of innovative technologies and new farming management practices in agriculture can help bridge the current nutrient gap, reducing environmental pressure. In the Horizon 2020 Nutri2Cycle project, existing CNP flows and innovative farm management systems and technologies are proposed, tested, and analysed.

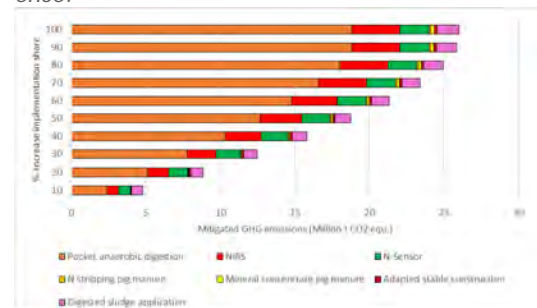
Investigated technologies include: (1) Small/Farm-scale anaerobic digestion of pig manure ("Pocket anaerobic digestion"), (2) stable construction for separated collection of solid manure and urine ("Adapted stable construction"), (3) Using digestate, precision agriculture and no-tillage ("Digested sludge application"), (4) Near-infrared sensor technology in the nutrient application of liquid manure ("NIRS"), (5) Sensor technology to assess crop N status ("N-Sensor"), (6) Substituting external mineral nutrient input from synthetic fertilisers by recycled organic based fertilizers in arable farming ("N stripping pig manure"), (7) Pig manure processing and replacing mineral fertilizers ("Mineral concentrate pig manure").

We investigate the (potential) mitigation of environmental emissions from implementation of each technology in Europe in 2030 using the CAPRI and MITERRA-Europe model. The mitigation effect is quantified for a range of implementation shares, ranging from the assumed initial

implementation share to the maximum estimated implementation share.

Results show that among all modelled technologies "Pocket anaerobic digestion" emerges as a solution, offering the most significant benefits at the EU level with regard to agricultural GHG emissions (see Figure 1). The maximum application of pocket anaerobic digestion leads to the mitigation of 18.8 million tonnes CO₂ eq., which reduces the agricultural GHG emissions in the EU-27 by 4.8%. The highest reductions occur in livestock-intensive countries like Germany, Spain, Italy, France and Denmark.

Figure 17. Mitigated GHG emissions in the EU for technologies scenarios compared to the reference.



In terms of the nutrient-related environmental impacts of the modelled technologies, we analyse their influence on mineral fertilizer utilization, manure application, nitrogen (N) surplus, and N leaching. Compared to other technologies, the N-Sensor shows the highest potential for reducing N-surplus, achieving a 2.6% reduction in the EU at maximum implementation share, followed by NIRS with a potential reduction of 2.1% compared to the reference in 2030.

Overall, our findings highlight the potential of innovative agricultural technologies to contribute to sustainability goals in the EU.

Neue Bilanzierungsansätze von Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft

Breunig, Peter²; Marouf, Yakzan¹ ✉; Mergenthaler, Marcus¹

¹Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Landwirtschaft

✉ marouf.yakzan@fh-swf.de

Die Reduktion tierhaltungsbedingter Treibhausgase (THG) wird als wichtiges Instrument zur Erreichung landwirtschaftlicher Klimaschutzziele angesehen (Osterburg 2021 - 10.1007/978-3-662-62081-6_34-1). Nachfrageseitig wird der Reduktion von tierischen Produkten im Konsum eine starke Klimaschutzwirkung zugesprochen (Sun et al. 2022 - 10.1038/s43016-021-00431-5). Offen bleibt vielfach, wie Produktion und Konsum tierischer Produkte aufeinander abgestimmt reduziert werden sollen (Breunig & Mergenthaler 2022 - 10.12767/buel.v100i2.425).

Die Einbeziehung von Kohlenstoff-Opportunitätskosten (COC) ist ein neuer Ansatz, der bei Beendigung der landwirtschaftlichen Aktivität eine positive Klimawirkung durch die Kohlenstoff-Speicherleistung der natürlichen Vegetation berücksichtigt. Dieser sehr allgemeine Grundsatz wurde bisher kaum in konkreten Modellrechnungen auf die Tierhaltung angewandt.

In dem in 2023 gestarteten NRW-Projekt werden szenarienbasierte bio-physikalische Modellrechnungen durchgeführt, die die Kohlenstoff-Opportunitätskosten berücksichtigen und die entgangene Kohlenstoff-Speicherleistung in Tonnen CO₂ pro Tonne Agrarprodukt berechnen. Im Hinblick auf die Tierhaltung führt der Ansatz insbesondere durch die Berücksichtigung von Futteranbauflächen zu neuen Ergebnissen in der Klimawirkung der Tierhaltung.

In die Bewertung der Klima- und Umweltwirkung der Landwirtschaft fließen im Projekt folgende Grundsätze ein: (1) Einbeziehung von Kohlenstoff-Opportunitätskosten: Es kann eine aus Klimagesichtspunkten effiziente Nutzung der global knappen Fläche erreicht werden.

(2) Getrennte Effizienzbetrachtung von Angebots- und Nachfrageseite zur Identifikation von optimierten Handlungsoptionen mit Marktmodellierung und Reaktionen auf Angebots- und Nachfrageseite.

Eine erste Modellierung der Angebotsseite für die Schweinefleischerzeugung in NRW (Szenarien A) berechnet den Klimavorteil in t CO₂e. Für die Nachfrageseite (Szenarien N) werden Klimakosten in t CO₂e berechnet.

Tab. 8. Szenarien zur Klimawirkung von Maßnahmen bei Angebot und Nachfrage Schweinefleisch

Szenario	Wirkung	
A1: Reduktion Schweinefleischerzeugung in NRW um 50%	Klimavorteil	-
A2: Verringerung Produktionsmissionen um 50% durch effizientere Tierhaltung.	Klimavorteil	+
A3: Reduktion der landw. Fläche zur Schweinefleischerzeugung um 20%	Klimavorteil	+
N1: Redukt. Konsum proteinreicher Lebensmittel um 10%	Klimakosten	↓
N2: Nachfrage von Lebensmittelangeboten mit 20% weniger Kohlenstoffopportunitätskosten	Klimakosten	↓
N3.1: Umstellung von Schweinefleisch auf Milchprodukte	Klimakosten	↑
N3.2: Umstellung von Schweinefleisch auf pflanzliche Produkte	Klimakosten	↓

Nicht alle Szenarien führen zu positiven Wirkungen im Hinblick auf den Klimaschutz.

Entwicklung eines integrativen GIS-basierten Nachhaltigkeitsanalyse-Tools (NBiomasseBW*)

Angenendt, Elisabeth¹ ✉; Sponagel, Christian¹; Strigl, Lea M.²; Fornoff, Felix²; Schwemmler, Robin³; Klein, Alexandra-Marie²; Weiler, Markus³; Bahrs, Enno¹

¹Fachgebiet (FG) Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim; ²Professur für Naturschutz und Landschaftsökologie, Universität Freiburg; ³Professur für Hydrologie, Universität Freiburg

✉ elisabeth.angenendt@uni-hohenheim.de

Die Steigerung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft, insbesondere hinsichtlich des Klimaschutzes und der Biodiversität, ist ein zentraler Bestandteil der aktuellen politischen Bemühungen auf allen Ebenen (Bundesländer, Bund, EU). Für eine Bewertung einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion gibt es zwar schon verschiedene Bewertungstools, diese setzen meist am Gesamtbetrieb an und sind i.d.R. durch einen sehr großen Aufwand bei der Datenerfassung gekennzeichnet. Meist fehlt auch der regionale und naturräumliche Bezug, wodurch eine differenzierte Betrachtung des landwirtschaftlichen Biomassebaus, nicht möglich ist. Im Rahmen des Forschungsprojektes haben wir ein integratives GIS-basiertes Nachhaltigkeits-Analysemodell entwickelt, das eine kulturarten- und stand-ortspezifische Nachhaltigkeitsbewertung mit einer vergleichsweise einfachen Datenerfassung auf verschiedenen räumlichen Ebenen ermöglicht.

Hierzu wurde das Landnutzungsmodell PALUD (Sponagel et al. 2022 - 10.1016/j.landusepol.2022.106085) und das bodenhydrologische Modell RoGeR (Steinbrich et al. 2021 - 10.3243/kwe2021.02.004 Bd. 14, S. 94-101) zu einem GIS-basierten Analysemodell gekoppelt. Hiermit werden für die wichtigsten landwirtschaftlichen Ackerbaukulturen, für verschiedene Anbauintensitäten und für typische Boden-Klimacluster in Baden-Württemberg ökonomische und

abiotische ökologische Indikatoren berechnet (vgl. Abb. 1). Diese werden um kulturartenspezifische Biodiversitätswerte ergänzt, die im Rahmen von sehr differenzierten Feldversuchen für zahlreiche Kulturarten erfasst wurden. All diese Daten fließen in ein GIS-basiertes

Web-Modell ein, das den Landwirten ermöglicht, die Anbauplanung anhand der verschiedenen integrierten Indikatoren zu überprüfen und mögliche nachhaltigere Optionen aufzuzeigen (vgl. Abb. 2). Ziel ist es, dass Web-Modell mit dem integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem zu koppeln und den Landwirten zur Verfügung zu stellen.

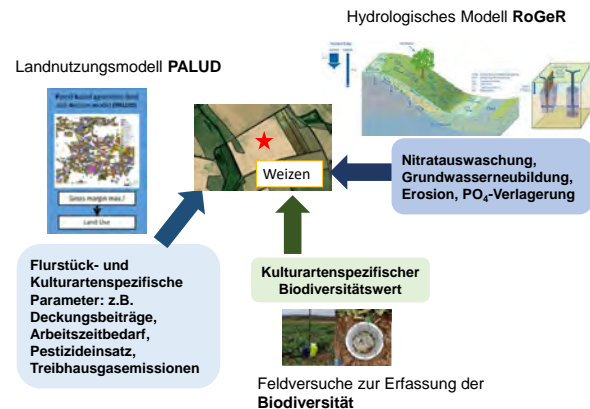



Abb. 1: Überblick über das integrative GIS-basierte Nachhaltigkeitsanalysemodell



Indikator	Einheit	Wert	
Deckungsbeitrag	€/ha	800	●
Arbeitsstunden	€/h	60	●
THGE	kg CO ₂ -eq/ha	2100	●
C-Bilanz im Boden	C/ha	-280	●
Nitratauswaschung	kg N/ha	30	●
Pestizideinsatz	kg/ha	4,7	●
Biodiversität	Index/crop	2	●

Abb. 2: Auswahl einiger Nachhaltigkeitsindikatoren des Web-Modells und deren Einordnung

Das Projekt wird durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz BW im Rahmen der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg gefördert.

Fazit | Quantifizierung und Projektionen von Agrarklimaschutzstrategien und Politikinstrumenten

■ Offene Fragen

Eine Quantifizierung von langfristigen Strategien und eine Bewertung von marktbasierten Politikinstrumenten des Klimaschutzes in der Landwirtschaft ist entscheidend für die Bewertung einer erfolgreichen Klimapolitik.

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel und Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre

1. Obwohl mehrere Minderungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und in den Ernährungs-

systemen diskutiert und bewertet wurden, ist die genaue Umsetzung unklar.

2. Die Einführung einer CO₂-Bepreisung in der Landwirtschaft erscheint vielversprechend, ihr Design bleibt jedoch eine offene Frage.

■ Notwendige weitere Vernetzung

- mit Forschern, die Klimaschutzstrategien in der Landwirtschaft in verschiedenen Regionen bewerten, zum methodischen und empirischen Austausch
- mit Landwirten und landwirtschaftlichen Erzeugern für Nuancen hinsichtlich der praktischen Umsetzung von Klimaschutzstrategien
- mit politischen Entscheidungsträgern für einen schnellen Austausch von Signalen über gesellschaftliche Präferenzen und Ergebnisse der Strategiebewertung

34 Chancen und Herausforderungen einzelbetrieblicher THG-Bilanzierung

Nina Grassnick (Thünen Institut); Harald Becker (Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe); Daniel Bretscher (Agroscope)

Die EU sowie Deutschland haben sich zum Ziel gesetzt die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft in den nächsten Jahren zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden bzw. werden Politikmaßnahmen entwickelt, die die Umsetzung von THG-Minderungsmaßnahmen auf den landwirtschaftlichen Betrieben beschleunigen sollen. Die Wirkungen verschiedener THG-Minderungsmaßnahmen auf der Betriebsebene sind derzeit noch nicht vollständig erforscht. Diese Informationen werden jedoch benötigt, um zielgerichtete Politikmaßnahmen zu entwickeln, umzusetzen und deren Wirkung evaluieren zu können.

Somit möchten wir uns in dieser Session zu dem aktuellen Stand der Forschung im Bereich einzelbetriebliche THG-Bilanzen austauschen, sowie noch offene Fragestellungen identifizieren insbesondere zu den Themen Systemgrenzen, Verlagerungseffekte, Ergebnisunsicherheit und Zielkonflikte. Für Unternehmen in der Land- und Ernährungswirtschaft sowie für die Landwirtschaft- und Ernährungspolitik stellen sich zudem zahlreiche Fragen bezüglich der Auslobung und (finanziellen) Entschädigung von Klimaschutzmaßnahmen, deren Wirkungsnachweis häufig an die einzelbetriebliche THG-Bilanzierung gebunden ist.

Außerdem möchten wir diese Session nutzen, um Wissenschaftler:innen aus verschiedenen Netzwerken/Projekten, die sich mit einzelbetrieblichen THG-Bilanzen beschäftigen (TheKla Expert:innen Netzwerk, GRA Farm To Regional Scale Integration Netzwerk, HumusKlimanetz und ClieNFarms) zusammen zu bringen. Auf diese Weise können mögliche Synergien zwischen laufenden und geplanten Aktivitäten und mögliche Kooperationen identifiziert werden.


Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Chancen und Grenzen einzelbetrieblicher Treibhausgasbilanzierung in der Landwirtschaft | Daniel Bretscher
 - Vorstellung des ClieNFarms Projekt und Überblick von THG-Bilanzen von Bio-Milchviehbetrieben | Deise Knob
 - Vorstellung des TheKLa-Netzwerks und Aktivitäten zu einzelbetrieblichen THG-Bilanzen | Harald Becker
 - Humusaufbau für den Klimaschutz in Deutschland - Erste Ergebnisse aus dem HumusKlimaNetz | Claudia Heidecke
- Diskussion
 - Wie können Verlagerungseffekte berücksichtigt werden und welche Systemgrenzen müssen dabei betrachtet werden? Welche Probleme entstehen dabei?
 - Welche Rolle spielen Ergebnisunsicherheiten und wie ist damit umzugehen?
 - Wie können Fragen der „Zusätzlichkeit“ und des „Benchmarkings“ angegangen werden?
 - Was ist das Potential der einzelbetrieblichen „Klimaoptimierung“ in Europa im Vergleich zu anderen (Politik-) Instrumenten in der Land- und Ernährungswirtschaft?
 - Welche Zielkonflikte ergeben sich mit anderen Nachhaltigkeitsindikatoren (ökologisch, sozial, ökonomisch)?
- Ausblick und Verabschiedung

Chancen und Grenzen einzelbetrieblicher Treibhausgasbilanzierung in der Landwirtschaft

Bretscher, Daniel¹ ; Graßnick, Nina²

¹Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz, ²Thünen-Institut, 38116 Braunschweig

 daniel.bretscher@agroscope.admin.ch

Landwirtschaftliche Treibhausgas (THG)-Rechner sind wichtige Werkzeuge, um betriebliche Reduktionspotentiale zu identifizieren und Bemühungen zur Reduktion der Emissionen zu quantifizieren und gegebenenfalls zu entgelten. Basierend auf Literaturstudien und einer globalen Umfrage zur Ausgestaltung und Anwendung einzelbetrieblicher THG-Rechner in praxisbezogenen Klimaschutzprojekten werden hier die Chancen und Grenzen der entsprechenden THG-Rechner ausgelotet.

Die Rückmeldungen auf die Umfrage umfassen 30 Projekte, die insgesamt 23 verschiedene THG-Rechner anwenden. Die meisten Projekte stammen aus Industrieländern und haben eine Verbindung zu wissenschaftlichen und/oder staatlichen Programmen.

Typischerweise umfassen die Systemgrenzen der THG-Rechner alle Emissionen von den Vorleistungen bis zum Hof. Kohlenstoffsequestrierung in Böden und in Biomasse wird nur in ungefähr der Hälfte der Rechner berücksichtigt, meist anhand von groben Kennzahlen. Datenqualität, Leckagen und Unsicherheiten werden nur in wenigen Fällen systematisch erfasst. Weiterhin werden überbetriebliche systemische Zusammenhänge im Sinne einer „Consequential LCA“ (Brander 2022 - 10.1080/17583004.2022.2088402), wenn überhaupt, meist nur im Rahmen der Klimaschutzprojekte berücksichtigt, nicht aber in den einzelbetrieblichen Berechnungsmodellen selbst.

Gemäß der Umfrage werden THG-Rechner hauptsächlich für Sensibilisierung, Beratung und Monitoring eingesetzt. In nur etwa einem Drittel der Projekte dient die Bilanzierung als Grundlage für (finanzielle) Entschädigungen, obschon eine solche häufig als Hauptmotivation für den Einsatz von THG-Rechnern angegeben wird. Entsprechend

selten ist auch die Auslobung von konkreten Reduktionsleistungen.

Praktisch umsetzbare und tatsächlich erreichte Reduktionspotentiale liegen im Mittel unter 15% (Abb. 1). Die theoretisch erreichbaren Reduktionspotentiale werden dagegen mit durchschnittlich 22% höher eingeschätzt.

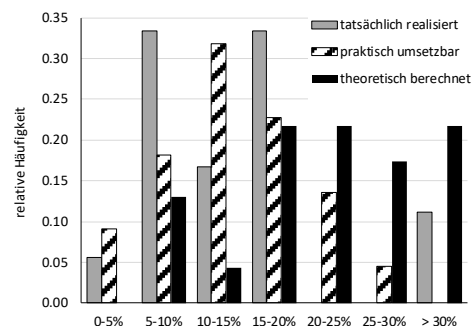


Abb. 18. Vergleich von unterschiedlichen Abschätzungen von Reduktionspotentialen in landwirtschaftlichen Klimaschutzprojekten.

Insgesamt ist die einzelbetriebliche Treibhausgasbilanzierung aufwändig und komplex und empfiehlt sich vor allem in einem Beratungskontext. Eine faire und lösungsorientierte Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung von lokalen Standortbedingungen sowie von überbetrieblichen Auswirkungen im gesamten Ernährungssystem erfordert viel Erfahrung und Fachwissen. Methodische Limitierungen bergen die Gefahr von Fehlinterpretationen, insbesondere hinsichtlich einer effizienten Nutzung von limitierten Land- und Biomasseressourcen auf globaler Ebene. Die begrenzten technischen Reduktionspotentiale und die Herausforderungen betreffend deren Quantifizierung, Auslobung und fairen Entschädigung zeigen die Grenzen des einzelbetrieblichen Ansatzes im landwirtschaftlichen Klimaschutz auf und verweisen gleichzeitig auf die Notwendigkeit von strukturellen Anpassungen auf übergeordneter Ebene.

Vorstellung des ClieNFarms Projekt und Überblick von THG-Bilanzen von Bio-Milchviehbetrieben

Knob, Deise Aline¹ ✉; Gättinger, Andreas¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Ökologischen Landbau, Justus-Liebig-Universität, Gießen, Deutschland

✉ deise.knob@agrار.uni-giessen.de

ClieNFarms ist ein EU-Projekt im Rahmen des H2020-Forschungsförderprogramms, das innovative Klimaschutzpraktiken in 20 verschiedenen landwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten testet, misst und umsetzt. Insgesamt sind 36 Institutionen aus 16 Ländern beteiligt, wobei das Nationale Forschungsinstitut für Landwirtschaft und Umwelt Frankreich (INRAe) die Projektkoordination innehat. In Deutschland werden die Aktivitäten von der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) in Partnerschaft mit der Milcherzeugergemeinschaft der Upländer Bauernmolkerei (MEG) und Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) entwickelt. Der Schwerpunkt liegt auf dem Klimaschutz in der Biomilcherzeugung.

Klimafreundliche Technologien und Praktiken werden auf sogenannten "Demonstrationsbetrieben" getestet und entwickelt. Diese Betriebe dienen im Rahmen des ClieNFarms-Projekts als Referenzen für innovative Praktiken zur Reduzierung von Treibhausgasen (THG) und zur Kohlenstoffbindung. Der Gladbacherhof der Lehr- und Versuchsbetrieb der JLU, dient als Demonstrationsbetrieb für die Entwicklung und Anwendung klimafreundlicher Praktiken in der Biomilchproduktion.

Zusätzlich werden 10 weitere innovative Pilotbetriebe der Milcherzeugergemeinschaft Hessen e.V. (MEG) in das Projekt einbezogen, die einige der klimafreundlichen Praktiken des Demonstrationsbetriebs Gladbacherhof in den Bereichen Tierhaltung, Kohlenstoffspeicherung, Ökologie und Umwelt auf ihren Betrieben umsetzen. Diese Betriebe werden

regelmäßig besucht und bei der Implementierung klimafreundlicher Praktiken unterstützt. Darüber hinaus wird für diese Betriebe eine Klimabilanz auf der Grundlage betriebspezifischer Daten erstellt, und es werden Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt. Die Ergebnisse werden auf Hof- und Feldtagen präsentiert, um etwa 100 weitere Mitgliedsbetriebe der MEG zu erreichen (Outreach Farms) und die Verbreitung klimafreundlicher landwirtschaftlicher Praktiken bei der Milcherzeugung für die Upländer Bauernmolkerei zu fördern.

Im Projekt liegt der Schwerpunkt auf klimafreundlichen Praktiken, die bereits auf dem Demonstrationsbetrieb Gladbacherhof eingesetzt und erforscht werden. Diese Praktiken umfassen verschiedene Aktivitäten. Im Bereich Tierhaltung und Tiergesundheit werden Methoden zur Verbesserung des Tiermanagements, der Fütterungssysteme und der Tiergesundheit sowie Maßnahmen zur Steigerung der Langlebigkeit der Tiere untersucht. Im Bereich Kohlenstoffspeicherung liegt der Fokus auf der Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge sowie auf Maßnahmen im Bereich Agroforestry. Im Bereich Gülle-Management werden alternative Ansätze wie Gülleseparation, die Schaffung ausreichender Gülletankkapazitäten und der Einsatz von Gülleadditiven getestet. Neben den agronomischen Klimaschutzmaßnahmen werden der Erzeugung und Nutzung von regenerativer Energie eine große Bedeutung bei der Emissionsreduktion auf Bio-Milchviehbetrieben zugesprochen.

Vorstellung des TheKLa-Netzwerks und Aktivitäten zu einzelbetrieblichen THG-Bilanzen

Becker, Harald

Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

✉ harald.becker@tfz.bayern.de

Im Umfeld der Landwirtschaft gibt es zahlreiche Initiativen, Projekte und Ansätze im Bereich Klimaschutz und THG-Bilanzierung. Das TheKLa-Netzwerk hat sich zur Aufgabe gemacht, diese Akteure zu vernetzen. Dies soll für besseren Wissenstransfer von der Forschung bis hin zu Verbänden, Praxis und Beratung sorgen. Exakt diese Gruppen sind im Netzwerk vereint. Hierbei achten wir auf eine Zugänglichkeit für Einsteiger und Fortgeschrittene. Bei der THG-Bilanz geht es vor allem um die Abstimmung, wie genau, mit welchen Daten und zu welchem Zweck auf Betrieben gerechnet wird. Wo stehen wir hier mit der Durchdringung und was sind die Hemmnisse?



Abb. 19. Logo des Experten-Netzwerks

Bilanziert wird und wurde mit verschiedenen Tools an zahlreichen Stellen in Deutschland, meist im Rahmen von wissenschaftlichen Projekten. Dieser einzelbetriebliche Ansatz hat aber nicht nur das Ziel, einen Wert für eine Fläche, ein Produkt oder einen Betriebszweig zu ermitteln, sondern auch den Einstieg in die komplexe Thematik zu ermöglichen. Im Idealfall umfasst die Bilanz auf dem Einzelbetrieb also auch ein umfassendes Eintauchen für die Betriebs- oder Projektverantwortlichen (Abb. 2).

Auf nahezu jedem bilanzierten Betrieb können kleine und große Stellschrauben identifiziert werden. Je nach Tool sind die Auswirkungen angedachter Veränderungen auf die THG-Bilanz direkt abbildbar, sodass die Verantwortlichen einen Eindruck zur Relevanz einzelner Stellschrauben bekommen.

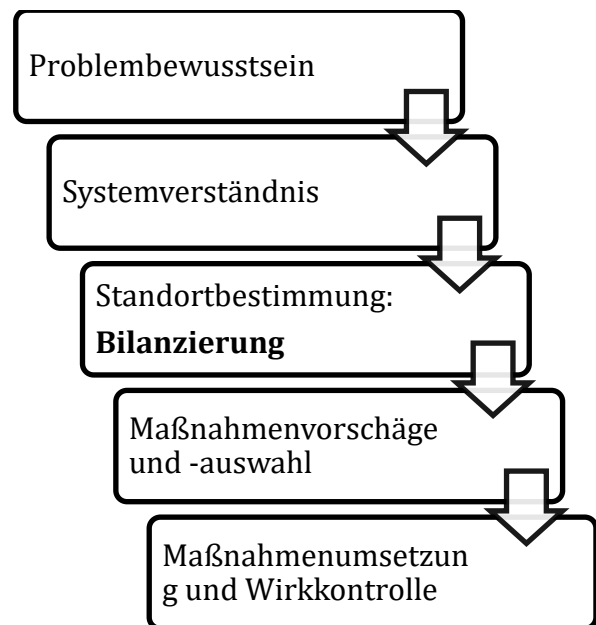


Abb. 2 Mögliches Ablaufschema zur Bilanzierung und Beratung im Themenfeld Klimabilanz

Beim Thema THG-Bilanz und Klimaschutz sollte in der Praxis auf keinen Fall der Bezug zu vielen anderen Umwelt- und Nachhaltigkeitsbereichen und auch zu Ökonomie vergessen werden. Daraus ergeben sich umfangreiche Anforderungen an die Beratungs- und Projektkräfte, den THG-Komplex entsprechend einzubinden, ohne die Wirtschaftlichkeit zu vergessen.

Daneben geht es im TheKLa-Netzwerk um viele andere Aspekte am den Schnittpunkt Klimaschutz, Klimaanpassung und Landwirtschaft.

Humusaufbau für den Klimaschutz in Deutschland – Erste Ergebnisse aus dem HumusKlimaNetz

Heidecke, Claudia¹ ✉; Aiteew, Konstantin¹; de Witte, Thomas¹; Don, Axel¹; Gocht, Alexander¹; Pahmeyer, Christoph¹; Schroeder; Lilli¹; Wüstemann, Friedrich¹

¹Thünen-Institut, Braunschweig

✉ claudia.heidecke@thuenen.de

Im HumusKlimaNetz wurde ein Betriebsnetzwerk von 150 landwirtschaftlichen Betrieben (ökologisch- oder konventionell wirtschaftend) in ganz Deutschland aufgebaut, mit dem Ziel Humuserhalt und Humusaufbau in Ackerböden als Beitrag zum Klimaschutz in der Praxis zu testen.

Um den Beitrag von Maßnahmen wissenschaftlich zu bewerten und Schlussfolgerungen für deutsche Ackerbaubetriebe zu ziehen, ist es entscheidend zunächst eine möglichst repräsentative Auswahl an deutschen Betrieben zu bekommen. Mit Hilfe eines Optimierungsmodells und fünf festgelegten Kriterien konnten 150 ökologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe über ganz Deutschland ausgewählt werden.



Abb. 20. Betriebe im HumusKlimaNetz nach Betriebsgröße

Für eine Bewertung von Maßnahmen auch im Sinne des Klimaschutzes wurde im Rahmen der Begleitforschung durch das Thünen-Institut ein umfassender Katalog für Humusaufbaumaßnahmen erstellt und die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, ihren Nebeneffekten, der Umsetzung und ökonomischen Indikatoren analysiert (Wüstemann et al. 2023).

Tab. 9. Auswahl an Maßnahmen und ihre erwartete Wirksamkeit zum Humus- und Biomasseaufbau ($t C ha^{-1} a^{-1}$ für einen begrenzten Zeitraum von wenigen Jahrzehnten) aus Wüstemann et al. 2023

Maßnahme	Wirkung
Zwischenfrüchte	0,2-0,55
Fruchtfolge	0,05-0,25
Blühstreifen	0,3-0,7
Agroforst	3,5-6
Hecken, Gehölze	3-5

Neben der Maßnahmenbewertung hinsichtlich Klimaschutzleistung ist aber auch eine gesamtbetriebliche Betrachtung entscheidend. Hierfür werden im Rahmen des Projektes alle notwendigen betrieblichen Daten erfasst (Informationen zur Durchführung der Maßnahmen, alle Schläge des Betriebs, Fruchtfolge, Kosten, etc.) und mit weiteren statistischen Daten ergänzt.

Einzelbetriebliche Klimabilanzen werden je Betrieb mit einer modellbasierten Humusbilanz und mit Hilfe eines Treibhausgasbilanzrechners erstellt, der konsistent mit der nationalen Treibhausgasberichterstattung für den Sektor Landwirtschaft ist.

Es zeigte sich, dass für die Betriebsleiter*innen neben der Humusbilanz, auch eine gesamtbetriebliche Betrachtung der Treibhausgase sowie eine ökonomische Bewertung interessant sind. Ebenso ist eine Einordnung mit vergleichbaren ähnlichen Betrieben wichtig, für eine individuelle Stärken und Schwächen Analyse der Betriebe.

Fazit | Chancen und Herausforderungen einzelbetrieblicher THG-Bilanzierung

■ Offene Fragen

- Um die Ergebnisse einzelbetrieblicher THG-Bilanzierung zu vergleichen, bedarf es verbindlicher Standards und einer Harmonisierung der THG-Rechner.
- Derzeit ist die Verwendung von THG-Rechnern v.a. in der Beratung und in anwendungsorientierten Forschungsprojekten sinnvoll. Landwirt:innen verwenden die Rechner selten, da sie oft komplex und aufwändig sind. Ein Anreiz könnte durch ein faires Benchmarking- und Entschädigungssystem geschaffen werden.

■ Notwendige weitere Forschung

1. Wie kann Kohlenstoffsequestrierung möglichst exakt und mit geringem Aufwand quantifiziert werden?
2. Wie können Systeminteraktionen, z.B. Nahrungsmittel-/Flächenkonkurrenz in der einzelbetrieblichen THG-Bilanzierung berücksichtigt werden?
3. Welche Anreize können geschaffen werden, um das theoretische Wissen aus der Bilanzierung in THG-Minderungsmaßnahmen auf dem Betrieb umzusetzen?

■ Notwendige weitere Vernetzung

- ... innerhalb der Forschungscommunity, insbesondere zwischen Naturwissenschaften und Sozialwissenschaften
- ... mit der landwirtschaftlichen Praxis, insbesondere um THG-Rechner praxistauglich zu gestalten
- ... mit politischen Akteuren um allgemeingültige und förderliche Rahmenbedingungen zu setzen

35 Die Governance des agrarischen Klimaschutzes

Universität Göttingen, Institut für Landwirtschaftsrecht, Prof. Dr. José Martínez

Die ökonomischen, räumlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen des agrarischen Klimaschutzes fordern die tradierten Systeme politischer und rechtlicher Steuerung gesellschaftlicher Entwicklung heraus. Insbesondere die klassischen Regelungsmechanismen erweisen sich als immer weniger in der Lage, auf die zunehmende Komplexität der Mensch-Klima-Beziehungen adäquat einzugehen. Diese Komplexität ist geprägt von diffusen Regelungsverantwortlichkeiten im globalen, europäischen und föderalen Mehrebenensystem, von nicht integrierten raumwirksamen und ökologischen Regelungssysteme, von fehlender Akzeptanz in der Agrar-Community für eine „Verzichts“-Kultur und von einer tradierten „Flucht der Agrarumweltpolitik in die Untätigkeit“.

Diese Aspekte sollen im Rahmen einer wissenschaftlichen Session aus verschiedenen Governance-Perspektiven wie Corporate Governance, Governance als „Steuerung“, Multi-Level Governance und Global Governance analysiert werden. Im Mittelpunkt sollen dabei zwei Aktionsfelder zum agrarischen Klimaschutz stehen: die Wiedervernässung von Mooren und die Transformation der Tierhaltung. Durch das Herunterbrechen auf die praktische Ebene sollen neue Instrumente sowie Kooperations- und Partizipationsmustern entwickelt werden.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Lenkungswirkung einer Stickstoffsteuer auf der Basis brandenburgischer Feldversuche | Andreas Mayer-Aurich
 - Rechtliche Fragen der Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Moorböden | Thorsten Uhl
 - Hemmnisse im rechtlichen und förderpolitischen Kontext für den Ausbau von Klimaschutzhecken | Berit Schütze
- Fazit

Lenkungswirkung einer Stickstoffsteuer auf der Basis brandenburgischer Feldversuche

Meyer-Aurich, Andreas¹ ✉; Matavel, Custodio Efraim²

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, Potsdam

✉ ameyeraurich@atb-potsdam.de

Im Pflanzenbau sind die N₂O-Emissionen aufgrund der Düngung landwirtschaftlicher Kulturen die größte Quelle treibhausgasrelevanter Emissionen. Eine naheliegende Regulierung des Stickstoffdüngereinsatzes wäre eine Pigousteuer, die allerdings aus verschiedenen Gründen auf wenig Akzeptanz stößt. Beispielsweise wird die geringe Lenkungswirkung einer Stickstoffsteuer genannt, da die Erzeugerpreise wichtiger landwirtschaftliche Feldfrüchte (Weizen, Raps) von Inhaltsstoffen bestimmt sind, die wiederum stark durch die Stickstoffdüngung beeinflusst werden. Ein höherer Faktorpreis würde in dem Fall nur einen kleinen Anreiz für geringere Stickstoffdüngungen geben.

Diese Arbeit untersucht auf der Basis von über acht Jahren in Brandenburg gesammelten Feldversuchsdaten, welche Kosten eine Ertragsreduzierung für verschiedene Kulturpflanzen verursachen. Hierbei werden Auswirkungen auf die Produktqualität berücksichtigt. Weiterhin werden die Auswirkungen für verschiedene Risikoeinstellungen von Landwirten modellhaft mit einem Erwartungswertansatz berechnet.

Ergebnisse

Auswertungen aus acht Anbaujahren in Brandenburg zeigen, dass eine moderate Düngereduktion gegenüber der Dünge-

empfehlung auf der Basis der Regulierung der Düngeverordnung bei bestimmten Kulturen auch bei bestehenden Preis-Kostenrelationen ökonomische Vorteile mit sich bringen (Meyer-Aurich & Karatay, 2022 - 10.3390/agriculture 12091438).

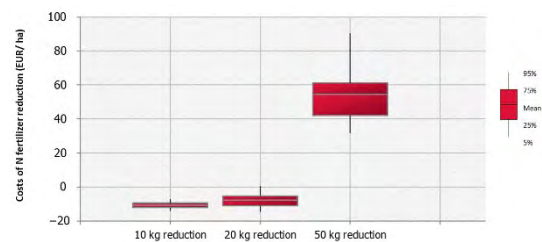


Abb. 21. Treibhausgasvermeidungskosten für eine um 10, 20 und 50 kg reduzierte Düngung bei Roggen (Meyer-Aurich & Karatay 2022).

Opportunitätskosten auf der Basis ökonomisch optimaler Düngeansätze werden zur Zeit berechnet und für die Tagung aufbereitet. Auf dieser Basis werden ökonomisch optimale Düngemengen für unterschiedliche Risikoeinstellungen von Landwirten berechnet.

Schlussfolgerungen

Es wird erwartet, dass risikoaverse Landwirte in der Modellrechnung stärker auf eine Stickstoffsteuer reagieren, als risikoneutrale Landwirte. Während der Kosteneffekt der Düngung sicher ist, sind sowohl Ertragswirkung als auch Qualitätsprämie unsicher.

Rechtliche Fragen der Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Moorböden

Uhl, Thorsten¹ ✉; Bernhard Osterburg¹

¹Thünen-Institut, Stabsstelle Klima und Boden, Braunschweig

✉ thorsten.uhl@thuenen.de

Ohne die umfangreiche Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Moorböden können die staatlichen Klimaschutzverpflichtungen zur THG-Emissionssenkung des Landnutzungssektors (LULUCF) nicht realisiert werden. Vor allem in den moorreichen Regionen stellt das eine besondere Belastung dar. Das betrifft die Interessen der Eigentümer am Werterhalt, der Bewirtschafter an der Ertragssicherung und der Nachbarn am Schutz vor Schäden durch die Vernässung. Es handelt sich um eine gesellschaftliche Aufgabe, an der Politik, Behörden, Verbände und Privatwirtschaft mitwirken müssen.

In Projekten zur Vorbereitung und Umsetzung der Moorschutzstrategie wurden die grundlegenden institutionellen und rechtlichen Hemmnisse für eine Wiedervernässung identifiziert. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie eine notwendige Ausgestaltung des Transformationspfads zur effizienten Wiedervernässung gelingen kann. Benötigt wird ein verlässlicher Rahmen, der Anreize und Handlungskompetenzen für alle Akteure bietet. Das schließt nachfolgende Nutzungsmöglichkeiten auf den wiedervernässeten Flächen ein, etwa Restauration (Naturschutz, Tourismus, Bildung), Extensivierung (Weidehaltung) und neue Wertschöpfungsoptionen (Paludikulturen, Moor-Photovoltaik-Anlagen).

Ein kohärenter Rechtsrahmen für Schutz, Wiedervernässung und Anschlussnutzung von Moorböden existiert derzeit nicht. Die jeweiligen Fragen stellen sich singular in den jeweiligen Verfahren, in denen verschiedene Regelungsgegenstände wie Naturschutz und Wasserwirtschaft sowie gesetzliche Zielkonflikte im Raum stehen. Das alleinige Adressieren der Verbesserungsmöglichkeiten im vorhandenen Rahmen wird nicht ausreichend sein. So kann eine vollständige Gebietskulisse

nicht allein durch optimierte Raumplanung, eine dauerhafte finanzielle Absicherung nicht allein durch aktuelle Förderinstrumente und eine einheitliche Anwendung nicht allein durch optimiertes materielles Recht erreicht werden.

Dem staatlichen Flächenkauf zur Wiedervernässung von Moorböden sind enge fiskalische Grenzen gesetzt. Deshalb sind weitere Ansätze gefragt, die alle regionalen Akteure einbeziehen und vor einer dauerhaften Wiedervernässung einen alternativen Weg in eine gemeinsame und lukrative Umsetzung aufzeigen. Dazu gehören eine verbindliche Festsetzung der Gebietskulisse (durch Rechtsverordnung, Gesetz), finanzielle Unterstützung, die frühes Handeln in Wert setzt (etwa durch degressive Staffelung), mögliche Verfahrenskonzentration und -beschleunigung (etwa durch Abbau von Vorgaben, Aufbau von Kapazitäten, Verwaltungsvorschriften wie Richtlinien zur Verfahrensdurchführung) und die Entwicklung von Betreibermodellen zur Moorvernässung und -nutzung auf lokaler Ebene (etwa Genossenschaften, Energiecluster).

Diese Fragen werden im Projekt „Roadmap zur Vernässung organischer Böden in Deutschland (RoVer)“ des Thünen-Instituts im Arbeitspaket „Analyse der rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen“ in Kooperation mit dem Institut für Landwirtschaftsrecht der Georg-August-Universität Göttingen untersucht. Dabei wird ein Bottom-Up-Ansatz aus Sicht der Akteure vor Ort verfolgt. Soweit sinnvoll, werden Unterschiede und Analogien zu vergleichbaren Themen betrachtet (etwa Überschwemmungsgebiete, Kohleausstieg, Netzausbau). Auf der Tagung sollen die bis dahin erzielten Ergebnisse vorgestellt und zur Diskussion gestellt werden.

Hemmnisse im rechtlichen und förderpolitischen Kontext für den Ausbau von Klimaschutzhecken

Schütze, Berit¹ ✉; Tönshoff, Charlotte¹; Wegmann, Johannes¹

¹Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig

✉ berit.schuetze@thuenen.de

Hecken erbringen als traditionelle Agroforstsysteme vielfältige Ökosystemleistungen wie Erosionsschutz, Verbesserung des Mikroklimas oder Holzproduktion und sind wichtiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere in der Agrarlandschaft. Neu in den Fokus rückt das Klimaschutzpotential von Hecken, denn Hecken können fast so viel Kohlenstoff wie Wälder pro Hektar speichern. Politisches Ziel ist deshalb, dass Heckenstrukturen in Deutschland bis 2030 im Rahmen des natürlichen Klimaschutzes stark ausgebaut werden. Der Zuwachs der Hecken in den letzten Jahren ist aber gering. Deshalb wird der Frage nachgegangen, welche fördernden und hemmenden Faktoren innerhalb des geltenden Rechtsrahmens und der bestehenden Förderprogramme für Heckenanlage und -pflege für den Heckenausbau existieren. Dazu wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, die die Grundlage für anschließende Befragungen und Stakeholderworkshops bildet. Die Ergebnisse fließen in die Entwicklung von Strategien für einen gezielten Heckenausbau ein.

Im Bereich des Ordnungs- und Förderrechts zeigt sich, dass sowohl bei Pflanzung, Bewirtschaftung inkl. Pflege als auch möglicher Beseitigung von Hecken gesetzliche Regelungen zu beachten sind und sich diese hemmend auf den Heckenausbau auswirken können. Durch ein verankertes Beseitigungsverbot (GAP-Konditionalitäten-Verordnung und Ländernaturschutzgesetz i.V.m. §§ 29-30 BNatSchG sowie §§ 39 + 44 BNatSchG) kann zwar eine dauerhafte Kohlenstofffestlegung garantiert werden. Weil dadurch unumkehrbar nutzbare landwirtschaftliche Fläche verloren geht, erscheinen Heckenpflanzungen für Landwirt*innen und Flächeneigentümer*innen wenig attraktiv. Durch naturschutzrechtliche Einschränkungen gestaltet sich eine Nutzung von Hecken außerhalb

der energetischen Verwertung des Schnittguts schwierig. Weitere Faktoren sind die fehlende Verfügbarkeit gebietsheimischer Gehölze und Angst vor Sanktionen durch eine Unübersichtlichkeit der gesetzlichen Regelungen. Positiv im Bereich des Ordnungsrechts können Heckenpflanzungen als Kompensationsmaßnahme oder innerhalb von Flurbereinigungsverfahren wirken.

Im Bereich der Förderprogramme wurde positiv festgestellt, dass in jedem Bundesland flächenbezogene oder investive Fördermaßnahmen angeboten werden, unter denen eine Heckenförderung erfolgen kann. Sie variieren hinsichtlich Förderziel, Förderbeträgen, Gebietskulisse und Zuwendungsempfänger*innen. Den höchsten Abruf verzeichnen Förderprogramme mit vergleichsweise hohen Förderfestbeträgen. Damit die Pflanzung von Hecke finanziell attraktiv ist, muss neben den Kosten für Anpflanzung, Schutzmaßnahmen und Pflege auch die Bodenwertminderung miteinbezogen werden. Der insgesamt geringe Zuwachs an Hecken in den letzten Jahren zeigt, dass die Fördermaßnahmen nicht ausreichen, um den Heckenausbau attraktiv zu gestalten. Als mögliche Faktoren wurden eine unzureichende Finanzierung, finanzielle Hürden durch Vorauszahlungen, eine fehlende Adressierung von Flächeneigentümer*innen, geringe Anreize zur Pflege, bürokratische Förderverfahren, sowie eine Unübersichtlichkeit der unterschiedlichen Fördermöglichkeiten identifiziert.

Sowohl in Förderprogrammen als auch im Recht besteht ein klarer Fokus auf den Naturschutz. Der Klimaschutzaspekt von Hecken wird förderrechtlich bisher nicht berücksichtigt. In diesem Zusammenhang könnten CO₂-Zertifikate im Rahmen des Carbon Farming in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Fazit | Die Governance des agrarischen Klimaschutzes

■ Offene Fragen

- Die Steuerungswirkung einzelner Klimaschutzinstrumente
- Das Verhältnis von Ordnungsrecht zu freiwilligen Anreizinstrumenten
- Die Struktur und Kompetenzen von Koordinationsstellen

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Die Wechselwirkungen im Instrumentenmix des Klimaschutzes
2. Der Einfluss unterschiedlicher Agrarstrukturen auf die Lenkungswirkung von Steuern

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Wiedervernäsung von Mooren
2. Die Datengrundlage für eine geeignete Gebietskulisse
3. Die normative Verortung der Änderungen in einzelnen Fachgesetzen oder in einem einheitlichen Moorschutzgesetz
4. Die Entwicklung eines Verfahrenshandbuchs für die wasserrechtliche Planfeststellung
5. Die Struktur des beihilferechtlichen Rahmens für geeignete finanzielle Anreizinstrumente

... zur Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre

1. Das Erfordernis landschaftsprägender Elemente wie Hecken für den Klimaschutz

36 FAIRes Forschungsdatenmanagement für die Agrosystemforschung

FAIRagro – Carsten Hoffmann, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung; Marcus Schmidt, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung; Sophie Boße, ZB MED Informationszentrum für Lebenswissenschaften; Anne Sennhenn, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.; Wahib Sahwan, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung

Um den komplexen Herausforderungen zu begegnen, die der Klimawandel an Gesellschaft und Landwirtschaft stellt, braucht es eine vernetzte und effiziente Agrarforschung. Im Zentrum wissenschaftlichen Arbeitens steht das "Gold" der Wissenschaftler:innen - die Forschungsdaten. Um aus diesem Schatz das volle Potential ausschöpfen zu können und kollaboratives Arbeiten zu erleichtern müssen agrarwissenschaftliche Forschungsdaten gut auffindbar und zugänglich, interoperabel und leicht nachnutzbar für Fachkolleg:innen sein. Ein fundiertes Forschungsdatenmanagement entlang dieser FAIR-Prinzipien ist daher für eine vernetzte Agrarforschung von zentraler Bedeutung.

Diese Session richtet sich an Forschende jeder Qualifikationsstufe aus dem Bereich der Agrar- / Agrosystemforschung. Verwalten, Finden, Teilen, Nachnutzen - egal ob Bereitstellende oder Nutzende von Forschungsdaten, Daten sind Teil der täglichen wissenschaftlichen Arbeit. In dieser Session dreht sich daher alles um den Umgang mit Forschungsdaten entlang ihres gesamten Lebenszyklus. Wir zeigen auf, warum sich ein effizientes Forschungsdatenmanagement für die eigene Forschungspraxis lohnt, wir diskutieren Herausforderungen aus dem Arbeitsalltag der Teilnehmenden und präsentieren Lösungsmöglichkeiten, hilfreiche Tools und Best Practices.

FAIRagro ist ein Konsortium der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI). Als disziplinäres Konsortium für die Agrosystemforschung, in dem die DAFA einer von 18 nationalen Participants ist, fokussieren wir uns dabei auf typische Datentypen der Forschung im Komplex Pflanze, Boden und Umwelt. Dabei decken wir verschiedene Raumskalen ab und beschäftigen uns mit einer Vielzahl verschiedener Datentypen, z.B. Forschungsdaten aus Zeitreihenanalysen

und Modellen, Altdaten (z.B. von Langzeitexperimenten, LTE), Sensordaten und Daten der Feldrobotik (Farming 4.0), Daten mit Raumbezug (Geodaten), Omics-Daten und Daten mit besonderen Datenschutzanforderungen (Personendaten, Daten von privaten Flächen).



Ablauf

- Einführung in den Forschungsdatenlebenszyklus und die FAIR-Prinzipien
- Interaktive Gruppenarbeit zu Herausforderungen, Erfahrungen und Bedürfnissen entlang des Forschungsdatenlebenszyklus
 - Planung von Experimenten, Datenerfassung und -management
 - Datenerfassung, -verarbeitung und -speicherung
 - Veröffentlichung und gemeinsame Nutzung von Daten
 - Wiederverwendbarkeit von Daten und Interoperabilität
- Diskussion der Ergebnisse aus der Gruppenarbeit
- Forschungsdatenmanagement-Tipps und Tools
- Vorstellung der Services und Beteiligungsmöglichkeiten in FAIRagro

Fazit | FAIRes Forschungsdatenmanagement für die Agrosystemforschung

Diese Session wurde im Workshop-Format durchgeführt und hatte einen 70minütigen Übungs-, Interaktions- und Diskussionsteil sowie drei ca. 10- bis 15-minütige Vorträge von FAIRagro Mitarbeitenden mit Informationen und Möglichkeiten zur direkten Nachfrage. Ziel war es, das Konsortium „FAIRagro“ und dessen Services vorzustellen, Grundlagen des Forschungsdatenmanagements (FDM) in den Agrarwissenschaften zu vermitteln und die FAIR Data Principles entlang des Data Life Cycles zu erklären sowie sich über bestehende Hürden und mögliche Lösungen auszutauschen. Da FDM keine Forschung, sondern ein Service für Forschende ist wurden das DAFA Konferenz-Leitthema „Agrarforschung zum Klimawandel“ als thematische Leitplanke verwendet: Wie kann ein modernes FDM die Agrarforschung beim dem Thema Klimawandel unterstützen und wie kann es zu einer Vernetzung der Community beitragen? Welche Hürden gilt es aus dem Weg zu räumen und welche Bedürfnisse bestehen?

■ Antworten aus den Diskussionen

- Forschungsdaten müssen frei verfügbar sein.
- Bedarf eines One-Stop-Shop (in Form gängiger Online-Vergleichsportale wie „Check24“) für Forschungsdatenplattformen und der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI).
- Die Veröffentlichung von Forschungsdaten benötigt einen höheren Stellenwert sowie Incentives und Credits im Forschungsbetrieb.
- Es braucht Trainingsangebote zur Datennachnutzung: Wie nutze ich Daten nach, wie bewerte ich Forschungsdaten, Rohdaten, KI generierte Daten...?

- Eine gesonderte FDM Finanzierung in Forschungsprojekten ist nötig, z.B. Nachfinanzierung explizit für Datenveröffentlichung oder über Overheads (Institutionalisieren).
- Die Zuständigkeiten an Institutionen sind zu klären (Forschung und Service).
- Forschungsdatenmanagement liefert einen Beitrag zur interdisziplinären Vernetzung, aber hat auch ein großes Potenzial zur Vernetzung der Agrarforschungs-Community selbst, z.B. über Standards, Methoden, Daten-Schemata. Best Practices, Ontologien, usw.

Im Rahmen des Workshops wurden außerdem FAIRagro-Vorhaben wie das Suchportal für agrarwissenschaftliche Daten vorgestellt und bereits laufende Services (u.a. Helpdesk für FDM-Anfragen, allgemeine und spezifische Trainings) vorgestellt.

■ Resümee

Ein Austausch mit der Community u.a. im Rahmen von Workshops auf Fachkonferenzen wie auf der DAFA ist für die zielgerichtete Weiterentwicklung der FDM Infrastrukturen und Services für die Agrarsystemforschung besonders wertvoll und legt die Bedarfe der Community im direkten Feedback offen.

Mit FAIRagro leisten wir einen Beitrag dazu, bestehende Hürden in Bezug auf ein FAIRes FDM abzubauen. Wir stellen entsprechend den Bedürfnissen der Agrarsystemforschung notwendige Infrastrukturen und Services bereit und entwickeln diese auf Basis der Rückmeldungen (wie in dieser Session) kontinuierlich weiter.

37 Fernerkundung für die Anpassung

Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum – Thomas Piernicke, Alice Küntzel

Durch das schnelle Voranschreiten des Klimawandels und größere Variabilität des Wetters wird es für Ackerbetriebe schwieriger, ein verlässliches „Bauchgefühl“ für die Bewirtschaftung der Felder zu entwickeln. Fernerkundung kann Betriebe durch schnelle, großflächige und schlagspezifische Datenlieferung bei Managemententscheidungen unterstützen.

Poster-Tour

- Erfassung der teilschlagspezifischen Wasserbilanz mittels Bodenstations- und UAV-Daten | Thomas Piernicke
- Bereitstellung hochaufgelöster Wetterradardaten für die landwirtschaftliche Praxis | Alice Küntzel

Erfassung der teilschlagspezifischen Wasserbilanz mittels Bodenstations- und UAV-Daten

Piernicke, Thomas¹ ✉; Künzel, Alice¹; Kunz, Matthias¹; Itzerott, Sibylle¹

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam DeutschesGeoForschungszentrum GFZ, Potsdam

✉ thomaspi@gfz-potsdam.de

Im Zuge des Klimawandels stellt u. a. die länger andauernde und intensiver ausfallende Frühjahrstrockenheit und die damit für Vegetationsperioden geringer ausfallende Ausgangsbodenfeuchte Landwirte vor die Herausforderung einer ausreichenden, aber auch nicht übermäßigen Bewässerung ihrer Feldfrüchte. Hier besteht die Notwendigkeit einer bedarfsangepassten Bewässerung, um einen optimalen Ertrag zu erzielen, aber gleichzeitig Wasser als wichtigste Ressource sowie Energie einzusparen.

In einem Experiment in der Nähe der Stadt Demmin (Mecklenburg-Vorpommern) konnten wir innerhalb des Projektes AgriSens DEMMIN 4.0 in den vergangenen drei Jahren auf zwei verschiedenen Schlägen Bewässerungsexperimente unter einer Modellkultur, der Stärkekartoffel „Waxy cv. Henriette“, durchführen. Grundlage hierfür ist die Interaktion von smarten Wetterstationen (Arable Mark 2), die neben den konventionellen, meteorologischen Sensoren über multispektrale Sensoren verfügen, mit multispektralen Drohnenbefliegungen bzw. Satellitenaufnahmen, sowie einem hochaufgelösten X-Band Wetterradar, um Niederschläge teilschlagspezifisch zu detektieren. Hieraus kann ein den FAO 56-Regeln folgendes Modell erstellt werden, das neben der Referenzevapotranspiration und dem Kc-Wert sowie daraus folgend der Pflanzenevapotranspiration als Ausgangsvariablen auch die hochaufgelösten Niederschlags- sowie Bewässerungswerte als Eingangsvariablen berücksichtigt.

Hier ergibt sich zunächst eine starke Korrelation zwischen dem NDVI und dem Kc-Wert (Abb. 1). Außerdem wurde jeweils ein Modell zwischen dem Stations-NDVI und dem UAV-NDVI bzw. Satelliten-NDVI, erstellt, sodass durch Kombination beider Modelle die Evapotranspiration für jedes Pixel der UAV- bzw. Satellitenauf-

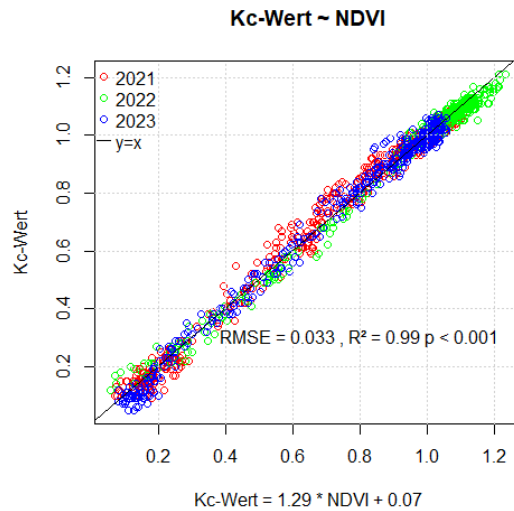


Abb. 22. Abb. 23. Zusammenhang zwischen NDVI und Kc-Wert

nahme berechnet werden kann. Unter Einberechnung des Niederschlags und der Beregnung erhält der Nutzer eine taggenaue Karte mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 3 m, die als Grundlage zur Planung des jeweils nächsten Beregnungsdurchganges genutzt werden kann (Abb. 2).

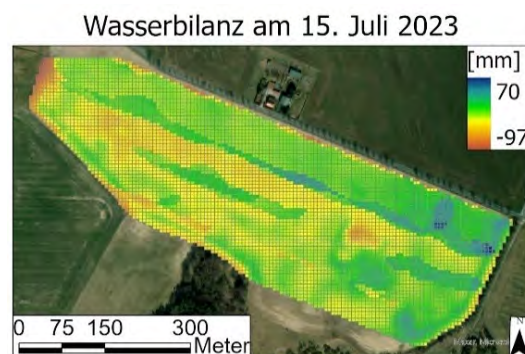


Abb. 2. Wasserbilanzkarte, 15.07.2023

Der Abruf dieser Karte erfolgt z.B. über eine Benutzeroberfläche, die durch unseren Datacube zur Verfügung gestellt werden kann.

Bereitstellung hochaufgelöster Wetterradardaten für die landwirtschaftliche Praxis

Künzel, Alice¹ ✉; Mühlbauer, Kai²; Madadi, Arash¹; Knoch, Johannes¹; Kunz, Matthias¹; Itzerott, Sibylle¹

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Potsdam

²Institut für Geowissenschaften, Abteilung Meteorologie, Universität Bonn

✉ alicek@gfz-potsdam.de

Im Juni 2020 wurde in Neubrandenburg im Nordosten Deutschlands ein bodengestütztes, dualpolarisiertes Doppler-X-Band-Wetterradar von FURUNO Deutschland installiert, das seit Oktober 2020 im Umkreis von 70 km kontinuierlich Daten aufzeichnet. Zwischen Herbst 2020 und Sommer 2021 wurden die Scan-Einstellungen wiederholt experimentell verändert, um eine optimale Einstellung des Radars zu finden. Ab August 2021 führt das FURUNO-Radar eine Reihe von Scans mit einer Aktualisierungszeit von fünf Minuten durch. Jeder fünfminütige Scan umfasst acht Elevationswinkel, einschließlich einen 90°-Scan. Seit dem Frühjahr 2022 befindet sich das X-Band Wetterradar im operationellen Betrieb und es werden mittels der Software WRainfo (Künzel & Mühlbauer et al. 2023 - 10.5334/jors.453) räumlich und zeitlich hochaufgelöste bodennahe Niederschlagsprodukte bereitgestellt. Der Fokus liegt dabei auf dem Messnetz DEMMIN in Mecklenburg-Vorpommern, das durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt ist und gleichzeitig über 40 Klimastationen verfügt, die zur Validierung der Niederschlagsprodukte des Wetterradars beitragen (Abb. 1). Anhand der Abb. 1 ist ein sehr guter linearer Zusammenhang erkennbar, sodass das Wetterradar ähnliche Niederschlagssummen erfasst hat wie an den Klimastationen gemessen wurde.

Der große Vorteil der räumlich hochaufgelösten Niederschlagsprodukte ist die Darstellung von Niederschlagsmengen auf Teilschlagebene (Abb. 2). Dies ermöglicht eine Optimierung der Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie z.B. der Beregnung. Somit kann ein Landwirt sehen, welche Flächen auf dem Feld mehr und

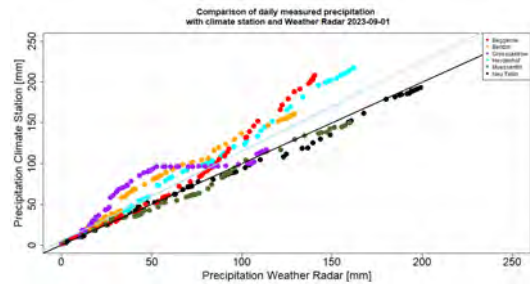


Abb. 24. Kumulative Niederschlagssumme zwischen Klimastationen und Wetterradar vom 01.04. - 01.09.2023

welche weniger bewässert werden müssen. Zudem können diese Daten auch Grundlage für eine Ertragsanalyse sein, weil die Niederschlagsmengen innerhalb der Vegetationsperiode ausschlaggebend für die Erträge sind. Im Frühjahr 2024 wird es die Möglichkeit geben diese Daten über das User Interface „XRegnet“ zu beziehen.

Weitere Informationen: <https://www.bauernzeitung.de/agrarpraxis/furuno-wetterradar/>

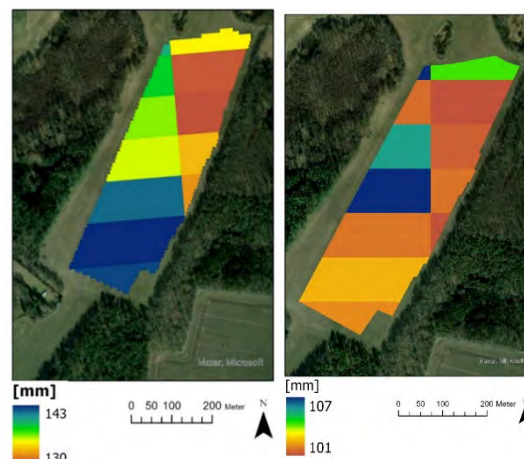


Abb. 2. Detektion des Niederschlags auf Teilschlagebene während der Vegetationsperiode 15.05. - 30.09.2022 (links) und 15.05. - 30.09.2023 (rechts).

41 Landschaftsentwicklung

Moderation: Cathleen Frühauf, Deutscher Wetterdienst

Bei Klimaschutz und Klimaanpassung spielt auch die Landschaft eine wichtige Rolle: deren Topographie und Rauigkeit beeinflusst das Mikroklima, Landschaftselemente können die Kohlenstoffspeicherung erhöhen und auf eine große Fläche skaliert haben anscheinend kleine Unterschiede eine große Wirkung.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Hecken als Klimaschutzmaßnahme - Wie viele Hecken für maximale Synergien? | Sophie Drexler
 - Superfoods und Pflanzenkohle zur Klimaanpassung in Sachsen-Anhalt | Urte Grauwinkel
 - Die Nutzung von Grünland und Reststoffen in nachhaltigen Ernährungssystemen | David Kellerhoff
- Poster
 - ~~• Untersuchungen zum Einsatz von Beschattungsmaterial in der Aquakultur | Christopher Naas~~
 - ~~• Aufbau von Bioeconomy Möglichkeiten aus Grünland Restbiomasse | Zhengqiu Ding~~
 - Der Einfluss von Hecken auf Bodenwassergehalte und Erträge in angrenzenden Ackerflächen | Sofia Heukrodt
 - Pflanzenbauliche Minderungsmaßnahmen von klimawirksamen Emissionen der Denitrifikation | Jaqueline Stenfert Kroese
 - Leaching potential of organic-mineral fertilization under controlled environments | Emina Mesinovic
 - Does the integration of trees in agricultural landscapes help to reduce the impact of heat waves? | Fate-meh Ghafarian
- Fazit

Hecken als Klimaschutzmaßnahme – Wie viele Hecken für maximale Synergien?

Drexler, Sophie ; Don, Axel

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

 sophie.drexler@thuenen.de

Die Anlage von Hecken als traditionelle Form der Agroforstwirtschaft in Europa ist eine vielversprechende Strategie Kohlenstoff (C)-Senken für den Klimaschutz zu fördern. Meta-Analysen für den temperaten Klimaraum haben gezeigt, dass neue Hecken das Potential haben sowohl in ihrer Biomasse als auch im Boden CO_2 zu binden (Drexler et al. 2021 in Reg. Environ. Change, Mayer et al. 2022 in Agric. Ecosyst. Environ.). Die Ergebnisse dieser Studien basierten jedoch auf wenigen empirischen Daten. Im Projekt CarboHedge wurde in den letzten Jahren deshalb das CO_2 -Bindungspotential durch Heckenneuanlage umfassend quantifiziert.

Der wesentliche Klimaschutzeffekt (rund 80 %) der Heckenneuanlage ist die CO_2 -Bindung in der Biomasse der Heckenpflanzen. Im Rahmen des Projektes wurden die Biomasse an drei Standorten mit insgesamt neun Hecken in Schleswig-Holstein destruktiv beprobt. Im langjährigen Mittel waren in diesen ca. 300 Jahre alten Hecken pro Hektar rund $105 \pm 11 \text{ Mg C ha}^{-1}$ in der gesamten Biomasse gespeichert. Weitere $11 \pm 2 \text{ Mg C ha}^{-1}$ waren in der Streu und in der Wurzelnekromasse gespeichert. Besonders wichtige C-Speicher waren die Grobwurzeln, sowie die Wurzelstöcke.

Auch das C-Sequestrierungspotential in Heckenböden wurde an 23 Standorten deutschlandweit untersucht. Hier zeigte sich, dass im Boden unter Hecken verglichen mit angrenzenden Ackerböden im Mittel $27 \pm 29 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($36 \pm 47 \%$) mehr C gebunden ist. Bilanziert man alle Koh-

lenstoffpools zusammen, speichern Hecken rund 218 Mg C ha^{-1} . Verglichen mit der durchschnittlichen C-Speicherung eines Ackers sind das rund 137 Mg C ha^{-1} mehr (Abb. 1).

Die Anlage von Hecken, vor allem auf Ackerflächen, kann folglich eine effektive Option zur C-Sequestrierung sein. Gleichzeitig fördern Hecken die Biodiversität und verhindern Bodenerosion. Diese Ökosystemleistungen von potentiellen neuen Hecken sind jedoch abhängig von verschiedenen Faktoren und variieren stark auf der Skala Deutschlands. Auf Grundlage der aktuellen Heckenverteilung Deutschlands wurden unter Berücksichtigung der Heckenfunktionen für den Erosionsschutz, die biologische Vielfalt und die Vernetzung von Lebensräumen Regionen identifiziert, in denen die Ökosystemleistungen von Hecken am besten kombiniert werden können und die größten Potentiale für die Verbesserung von Agrarlandschaften darstellen.

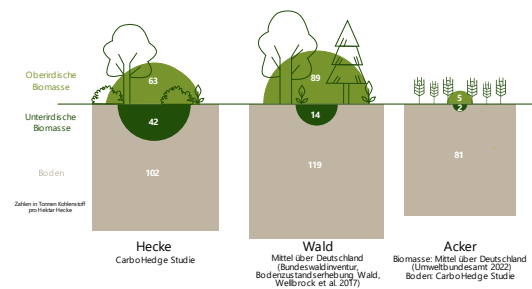


Abb. 25. Deutschlandweit wurden im Projekt CarboHedge die Kohlenstoffvorräte in Biomasse und Böden von Heckenstandorten bestimmt. Die Ergebnisse machen deutlich: Im Vergleich mit Ackerstandorten, speichern die untersuchten Heckenstandorte mehr Kohlenstoff, besonders unterirdisch im Boden und in den Wurzeln.

Superfoods und Pflanzenkohle zur Klimaanpassung in Sachsen-Anhalt

Grauwinkel, Urte¹ ✉; Wagner, Karl Jonas¹; Doennecke, Laurens¹; Forchert, Max¹; Glaser, Bruno¹

¹Martin-Luther-Universität Halle/ Wittenberg

✉ urte.grauwinkel@landw.uni-halle.de

Im Projekt „Zukunftsspeisen-Superfood aus Sachsen-Anhalt“ wurden in dreijährigen Praxisversuchen in Zusammenarbeit mit der Martin-Luther-Universität Halle Strategien zur Klimaanpassung in der Landwirtschaft erprobt.

Sachsen-Anhalt ist durch Kontinentalklima und Leelage vom Harz stark von Trockenperioden betroffen. Die Jahre 2018 bis 2022 waren durch Frühjahrstrockenheit, sinkende Grundwasserstände, ungleichmäßige Niederschlagsverteilung und steigende Temperaturen geprägt. Das Jahr 2022 war in Sachsen-Anhalt mit einer Durchschnittstemperatur von 10,8 °C um 2,2 Kelvin wärmer als das langjährige Klimamittel (1961-1990). 2018, 2019, 2020 und 2022 waren die wärmsten Jahre seit der Klimaaufzeichnung (MULE, 2023).

Folgen sind zurückgehende Erträge. Möglichkeiten zur Klimaanpassung können u. a. der Anbau neuer trockenoleranter Kulturen, die Erhöhung des Humusgehaltes und die Kohlenstoffbindung im Boden sein. Auf zwei Betrieben in Sachsen-Anhalt wurden von 2020 bis 2022 Versuche zur Klimaanpassung mit trockenoleranten Kulturen und Pflanzenkohle durchgeführt.

Tab. 10 Niederschläge (in mm) an den Versuchstandorten 2020-2022 (DWD, 2023)

Standort	2020	2021	2022
Wanzleben	584		
Born/ Westheide		512	413
Wittenberg	591,5	644	489,8

In Wittenberg wurde auf einem schwach lehmigen Sand- Standort eine klimaangepasste Fruchtfolge mit drei Fruchtfolgegliedern angebaut. Diese umfasste Rispenhirse (2020), Körnerhanf (2021), Speisegerste mit Inkarnatkleuuntersaat (2022). In Wanzleben wurde auf einem

Schwarzerde-Standort 2020 Quinoa im Pflanzenkohle-Kompost-Versuch angebaut. In Born/Westheide wurde auf einem schwach lehmigen Sand-Standort ein Pflanzenkohle-Versuch mit Hanf (2021) und Kichererbsen (2022) angelegt. Die verwendeten Fruchtarten gelten als anspruchslose trockenolerante Kulturarten. Aufgrund ihrer positiven Nährstoffzusammensetzung und Fettsäurestrukturen zählen Hanf, Kichererbsen, Quinoa und Hirse zu den Superfoods und könnten langfristig zur Ernährungssouveränität im Klimawandel beitragen.

Ein weiterer Ansatz war die Einbringung von Pflanzenkohlesubstraten in Kombination mit organischem Dünger in unterschiedlichen Mengenanteilen. Hier sollte geprüft werden, ob Pflanzenkohle (PK) den Humusgehalt (gemessen in TOC) erhöht, die Wasserhaltefähigkeit in Trockenzeiten verbessert und dadurch der Ertrag gesteigert werden kann. Im Ergebnis zeigte sich eine Erhöhung des TOC-Anteils (totaler organischer Kohlenstoff) im Boden. Ertragssteigerungen durch PK konnten in Born 2022 bei Kichererbsen festgestellt werden. 2020 in Wanzleben, 2021 in Born und 2020-2022 in Wittenberg gab es keine Ertragssteigerungen im Vergleich der Varianten.

In Bezug auf die Wasserhaltefähigkeit konnten keine signifikanten Verbesserungen festgestellt werden. In den ersten zwei Jahren waren positive Ergebnisse messbar. 2022 lag die Wasserhaltefähigkeit durch extreme Trockenperioden auf den Pflanzenkohle-Parzellen unter den Rinderdung-/Kompost- und Kontrollvarianten.

So kann die Anwendung von Pflanzenkohle zur Klimaanpassung in der Landwirtschaft nur zum Teil empfohlen werden und sollte weiter untersucht werden.

Die Nutzung von Grünland und Reststoffen in nachhaltigen Ernährungssystemen

Kellerhoff, David¹ ✉; Ollier-Höppe, Carla¹; Schmitz, Michaela¹; Freitag, Mechthild¹; Mergenthaler, Marcus¹

¹Fachhochschule Südwestfalen- Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest

✉ kellerhoff.david@fh-swf.de


Vorteile der Wiederkäuerhaltung liegen bisher in der Konvertierung menschlich kaum verwertbarer zellulosereicher Grünlandaufwüchse in hochwertige Lebensmittel. Trotzdem werden human verwertbare Nahrungsmittel und Ackerflächen, die für die menschliche Versorgung genutzt werden können, eingesetzt (Muscat et al. 2020 - 10.1016/j.gfs.2019.100330). Angesichts planetarer Grenzen bei einer wachsenden Weltbevölkerung besteht eine Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenz (z.B. Mottet et al. 2017 - 10.1016/j.gfs.2017.01.001). Da Dauergrünland für Biodiversitäts- und Klimaschutz elementar ist, wird der Erhalt in der EU bereits rechtlich geschützt. Darüber hinaus gilt eine grünlandbasierte Wiederkäuerhaltung als wichtiger Beitrag zur Ernährungssicherung und ist Bestandteil einer nachhaltigen Ernährungstransformation (Windisch & Flachowsky 2020 - 10.1007/978366260730-5_5). Zur Steigerung der Ressourceneffizienz ist es sinnvoll den human verwertbaren Anteil an Nebenprodukten aus der Lebensmittelindustrie für die menschliche Ernährung nutzbar zu machen (Ertl & Knaus 2017 - 978-3-902849-48-9 S.97) und die Wiederkäuerhaltung stärker an absolutes Grünland zu binden. Hierfür müssen wirtschaftliche und rechtliche Restriktionen sowie technologische Problemstellungen überwunden werden.

Nordrhein-Westfalen (NRW) verfügt als bevölkerungsreichstes Bundesland über Regionen mit hoher Bodengüte, hohen Rinderzahlen, Grünlandregionen, eine ausgeprägte Lebensmittelindustrie und ist somit auf einen effizienten Einsatz begrenzter Ressourcen angewiesen. Sowohl Anpassungen der Tierhaltung als auch die veränderte Verwertung von Lebensmittelnebenprodukten stellen wesentliche Hebel einer nachhaltigen Transformation des Ernährungssystems


dar. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Frage nach der effizientesten Nutzung der vorhandenen Fläche und erzeugter Primärprodukte in NRW. Dafür ist die Zahl der Rinder bei einer grünlandbasierten Fütterung und dem Einsatz human nicht verwertbarer industrieller Nebenprodukte zu ermitteln. Ziel ist es in einem biophysikalischen Rechenmodell mittels unterschiedlicher Szenarien mögliche Umfänge der Grünland- und Reststoffnutzung für die Rinderhaltung in NRW aufzuzeigen sowie die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln abzuschätzen. Diesem zugrunde liegt eine Aggregation bereits vorhandener Daten mit einer Beprobung 30 ausgewählter Grünlandstandorte. Zudem werden in 15 Experteninterviews mit Akteuren aus der Tierernährung, der Forschung sowie der Reststoffbranche zukünftige Einsatzmöglichkeiten von Nebenprodukten in der Humanernährung erfragt und daraus Szenarien entwickelt.

Valide Ergebnisse werden Ende 2023 erwartet. Bereits abzusehen ist, dass eine optimierte Nutzung von Grünlandflächen für die Rinderhaltung zu einer verringerten Nahrungsmittelkonkurrenz und einer effizienteren Nahrungsmittelproduktion beiträgt. Gleichzeitig wird erwartet, dass technologisch der Einsatz proteinreicher Nebenprodukte für die Humanernährung ausgeweitet werden kann. Restriktiv wirken hingegen rechtliche Rahmenbedingungen und die fehlende betriebliche Wirtschaftlichkeit. Zudem limitieren heterogene Reststoffqualitäten, ein volatiles Aufkommen an Nebenprodukten sowie geringe Lagerfähigkeit und Transportwürdigkeit den Einsatz in der Humanernährung. In Folge dessen ist zu erwarten, dass die Rinderhaltung sowohl für die Verwertung gerüstsubstanzreicher Nebenprodukte und als Proteinlieferant elementar bleibt.

Untersuchungen zum Einsatz von Beschattungsmaterial in der Aquakultur

Naas, Christopher ; Müller-Belecke, Andreas

Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Im Königswald 2, 14469 Potsdam

 christopher.naas@ifb-potsdam.de

Der Klimawandel erfordert Anpassungsmaßnahmen von Aquakulturbetrieben. Eine Möglichkeit, die Resilienz gegenüber Hitzeperioden und Wassermangelsituationen zu verbessern, besteht im Einsatz von Beschattungsmaterial.

Um die Effekte unterschiedlicher Schattiermaterialien zu untersuchen, wurde ein 31-tägiges Experiment mit zwölf statisch betriebenen und fischfreien Rundbecken durchgeführt. Die Becken wurden mit vier Schattiergraden (0, 40, 60 und 85 %) ausgestattet (Abb. 1).



Abb. 26. Übersicht über das Versuchsfeld und den Versuchsaufbau.

Im Versuch wurden täglich Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration, Trübung und Wasserstand ermittelt. Zusätzlich wurden mittels Datenloggern über und in den Becken die Luft- und Wassertemperaturen sowie die Beleuchtungsstärken aufgenommen. Zur Bestimmung der Periphytonbiomasse wurden Aufwuchsflächen eingebracht.

Die Schattiernetze hatten eine signifikante Wirkung auf die Luft- und Wassertemperatur. Die mittlere Lufttemperatur wurde um bis zu 6,7 °C und die Wassertemperatur um bis zu 4,0 °C gesenkt.

Bereits die Installation von 40%igem Beschattungsmaterial senkte die durchschnittliche Wassertemperatur signifikant. Auch die tägliche Schwankung der Wassertemperatur in dem Zeitraum von 10:00 bis 14:00 Uhr konnte durch den Einsatz von Beschattungsnetzen reduziert werden. Schattiernetze sind somit in der Lage die Wassertemperaturen zu senken und für eine Vereinheitlichung der Umweltbedingungen zu sorgen. Entsprechend der Materialeigenschaften der Netze wurde die Beleuchtungsstärke über und in den Becken wurde reduziert, was zu einer Homogenisierung der Umweltbedingungen beitrug. Bereits das 40%ige Schattiermaterial erhöhte den Wasserstand signifikant. Neben erhöhten Wasserständen wurde bei einer 85%igen Beschattung ein vermehrtes Auffangen von Niederschlägen festgestellt. Die Beschattung der Becken hatte keinen Effekt auf die Sauerstoffkonzentration und Trübung, steigerte aber das Periphytonwachstum.

Die Ergebnisse des Versuches weisen auf das Potential von Beschattungsmaterial für die Aquakultur hin. Beschattungsmaterial stellt sich nach derzeitigem Kenntnisstand als einfach anzuwendende, effektive und relativ kostengünstige Maßnahme zur Anpassung an sommerliche Hitzeperioden dar. Die Ergebnisse werden auch im Hinblick auf den Einsatz schwimmender Photovoltaikanlagen in der Aquakultur sowie weiteren Erkenntnissen aus Feldversuchen mit brandenburgischen Forellenproduzenten diskutiert.

Den Wandel säen, die Wertschöpfungskette gewinnen: Aufbau von Bioeconomy-Möglichkeiten aus Grünland-Restbiomasse

Ding, Zhengqiu¹ ✉; Hamann, Karen²; Grundmann, Philipp¹

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam, ²IFAU Institute for Food Studies & Agri Industrial Development, Denmark ¹Humboldt-Universität zu Berlin

✉ zding@atb-potsdam.de

Der aufstrebende Sektor der Herstellung von Mehrwertmaterialien aus lignozellulosehaltigen Biomasserückständen hat aufgrund seiner ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile an Aufmerksamkeit gewonnen. Diese Forschungsarbeit soll zu einem umfassenderen Verständnis des Übergangs zu einer Kreislauf-Bioökonomie in Bezug auf die nachhaltige Grünlandnutzung und -bewirtschaftung im breiteren sozio-ökologischen Kontext beitragen. Der Schwerpunkt liegt auf der Erforschung der einzigartigen Herausforderungen und Chancen, die mit verschiedenen Arten von biobasierten Wertschöpfungsketten verbunden sind, nämlich Kaskadierung, Substitution und Komplementarität im Zusammenhang mit Restbiomasse aus Grünland und Grenzertragsflächen. Es wird untersucht, wie innovative grasbasierte Wertschöpfungsketten diese nicht ausreichend genutzten Flächen in produktive Vermögenswerte umwandeln können. Zu den Herausforderungen gehören die Entwicklung der Infrastruktur, ressourceneffiziente Technologien und der Aufbau von Kapazitäten. Zu den Chancen gehören die Diversifizierung der Einkommensquellen für Landbesitzer und die Eindämmung der Umweltzerstörung. Durch eine Kombination von Experteninterviews und Workshops, die im Rahmen einer explorativen Fallstudie durchgeführt wurden, hebt dieses Papier sowohl die technisch-wirtschaftlichen als auch die sozialen

Herausforderungen hervor, die für jede Art von grasbasierter Wertschöpfungskette spezifisch sind, einschließlich derjenigen, die auf marginalem Land betrieben werden.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung strategischer Managementpraktiken: Vernetzung von Interessengruppen, gemeinsames Lernen und Konvergenz der Erwartungen bei der Entwicklung neuartiger grasbasierter Wertschöpfungsketten in Verbindung mit den gewünschten positiven Umweltauswirkungen. Diese Arbeit zeigt die Notwendigkeit von Interventionen auf mehreren Ebenen und von politischen Maßnahmen, um grasbasierte Nischeninnovationen zu erleichtern, insbesondere auf marginalen Flächen, und um effektive Verbindungen zwischen den Akteuren der Wertschöpfungskette zu fördern. Die politischen Empfehlungen konzentrieren sich auf replizierbare Modelle zur Förderung nachhaltiger Wertschöpfungsketten im Grasland und zur Integration von Umweltmanagementpraktiken in traditionelle Graslandbewirtschaftungsansätze. Diese Empfehlungen beinhalten Unterstützung für die Rekultivierung von Grenzertragsflächen, Anreize für die Einführung nachhaltiger Grünlandpraktiken und maßgeschneiderte finanzielle Unterstützung für die weitere Umsetzung.

Der Einfluss von Hecken auf Bodenwassergehalte und Erträge in angrenzenden Ackerflächen

Heukrodt, Sofia¹ ; Don, Axel

¹Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

 sofia.heukrodt@thuenen.de

In den letzten 60 Jahren sind fast die Hälfte der Hecken in der deutschen Agrarlandschaft verschwunden. Dabei haben sie viele Funktionen: Sie tragen zur Biodiversität bei, bereichern und prägen das Landschaftsbild, schützen vor Erosion und binden in ihrer Biomasse viel CO₂, womit sie zum Klimaschutz beitragen können (Drexler et al. 2021 - 10.1007/s10113-021-01798-8).

Hecken in Ackerflächen können dazu beitragen, Ernteauffälle durch Dürreperioden zu verringern (Bruckhaus und Buchner 1995). Weil diese Perioden durch die anthropogene Klimaerwärmung immer häufiger und ausgeprägter auftreten, gewinnen Anpassungsstrategien mit Agrargehölzen wie Hecken in der Landwirtschaft an Bedeutung. Dabei hat die Himmelsrichtung deren Ausrichtung einen hohen Einfluss auf die Auswirkungen auf die Bodenwassergehalte und Erträge.

Da diese Auswirkungen von Hecken auf die Erträge in den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen unzureichend geklärt sind, untersuchen wir im Projekt CatchHedge am Thünen-Institut unter anderem mit diesen Fragen: Welchen Einfluss haben Hecken und deren Ausrichtung in der Landschaft auf die Bodenwassergehalte und wie beeinflussen sie die Erträge auf den angrenzenden Ackerflächen? Die wenigen dazu vorhandenen Studien betrachten hauptsächlich Hecken, die orthogonal zur Hauptwindrichtung ausgerichtet sind. Da Landwirte und Landwirtinnen Ernteauffälle und -Einbußen zusätzlich zum Arbeitsaufwand bei der Pflanzung und Pflege der Hecken befürchten, ist es wichtig zu wissen, ob und in welchem Ausmaß Hecken die Erträge mindern oder ob sie, besonders in

trockenen Jahren, sogar zu einer Steigerung der Ernte beitragen können.

Von März bis Juli 2023 wurden im Projekt CatchHedge an sechs Standorten in Deutschland an jeweils zwei Hecken monatlich die Bodenwassergehalte in 3, 6, 12, 24 und 50 m Abstand von der Hecke gemessen. Die beiden Hecken sind dabei jeweils Ost-West und Nord-Süd ausgerichtet. Auf den angrenzenden Ackerflächen standen Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Hafer, Raps und Mais. Die Bodenproben wurden mit einem Bohrstock in jeweils 3 Transekten, orthogonal zur Hecke, bis 25 cm Bodentiefe entnommen und deren Wassergehalt im Labor bestimmt.

Die Messergebnisse zeigen, dass die Hecken besonders auf den Ackerflächen, die östlich der Hecken liegen, Auswirkungen auf die Bodenwassergehalte haben. Auf den Flächen südlich, nördlich und westlich der Hecke, zeigen sich nur in unmittelbarer Nähe an der Hecke minimale Unterschiede.

Um den Einfluss der Hecken auf die Erträge zu untersuchen, wurden an den oben genannten Messpunkten die jeweiligen Feldfrüchte beerntet. Die Biomasse wird nun anschließend je nach Kultur trocken und/oder frisch gewogen und im Getreide, sowie im Raps wird das Tausendkörnergewicht bestimmt. Die Ergebnisse dieser Messungen werden in den kommenden Wochen erwartet und werden im März präsentiert. Erstmals ergibt sich so ein repräsentativer Einblick in die Wirkung von Hecken auf die Ertragsfunktion von Agrarlandschaften.

Bruckhaus, A. and W. Buchner (1995). "Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfruchtertrag und ökologische Kenngrößen." Berichte aus der Landwirtschaft 73: 435-465

Pflanzenbauliche Minderungsmaßnahmen von klimawirksamen Emissionen der Denitrifikation

Stenfert Kroese, Jaqueline¹ ✉; Buchen-Tschiskale, Caroline¹; Cordes, Johannes⁵; Dechow, Rene¹; Dittert, Klaus⁵; Dix, Bryan³; Fuchs, Kathrin⁴; Gattinger, Andreas³; Greef, Jörg-Michael²; Grosz, Balazs¹; Hauschild, Michael³; Jarrah, Mahboube¹; Kühne, Johannes²; Mielenz, Henrike²; Potthoff, Thade²; Scheer, Clemens⁴; Schulz, Franz⁴; Simpson, Conor⁴; Wolf, Benjamin⁴; Well, Reinhard¹

¹Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig, ²Julius-Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig, ³Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, ⁴Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen, ⁵Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Pflanzenernährung und Ertragsphysiologie

✉ Jaqueline.Stenfertkroese@thuenen.de

Das Verbundvorhaben „Maßnahmen zur Minderung direkt und indirekt klimawirksamer Emissionen, die durch Denitrifikation in landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht werden - MinDen“ adressiert die Themen der Minderung der Lachgasemission und Verbesserung der Stickstoffeffizienz durch Modellierung, der Bewertung möglicher Minderungsmaßnahmen und der standortdifferenzierenden Bewertung der Denitrifikation. Gasförmige Emissionen aus der Denitrifikation verursachen pflanzenbaulich relevante N-Verluste und verursachen direkte N₂O-Emissionen des Pflanzenbaus. Pflanzenbauliche Klimaschutzmaßnahmen im Bereich der Düngung, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge sind im Hinblick auf die Rolle der Denitrifikation kaum erforscht. Ein pflanzenbauliches Management welches N-Effizienz optimiert und gleichzeitig N-Emissionen minimiert ist daher bisher nicht verlässlich definiert. Übergeordnetes Ziel des vorliegenden Projekts ist es, pflanzenbaulich praktikable Minderungsmaßnahmen im Hinblick auf N₂ und N₂O-Emissionen der Denitrifikation für Ackerbausysteme in Deutschland zu identifizieren, indem der Kenntnisstand zu denitrifikativen N-Verlusten durch Feld- und Laborstudien

verbessert und zur Parametrisierung, Validierung und Anwendung von Simulationsmodellen eingesetzt wird. Unsere Teilziele sind wie folgt:

1. Regionalisierung der N-Verluste durch Denitrifikation in Deutschland auf Basis vorhandener Modelle
2. Bestimmung der Wirkung von pflanzenbaulichen Klimaschutzmaßnahmen auf N₂- und N₂O-Verluste
3. Prüfung von Minderungsoptionen auf der Modell-, Labor- und Feldskala unter Berücksichtigung des Oberbodens und des durchwurzelten Unterbodens für verschiedene Böden
4. Weiterentwicklung von Denitrifikationsmodellen, um die Abbildung von Minderungsmaßnahmen zu verbessern anhand vorhandener und neuer Messdaten
5. Prüfung der Minderungsoptionen für Deutschland anhand der verbesserten Modelle unter Berücksichtigung von Ertrag, Wirtschaftlichkeit, Technologiebedarf, N₂O-Emission, N-Effizienz, Düngerbedarf, NH₃-Emissionen und Nitratauswaschung.

Wir geben einen Überblick der Vorgehensweise und des aktuellen Stands der Arbeiten des Anfang 2023 gestarteten Verbundprojekts.

Leaching potential of organic-mineral fertilization under controlled environments

Mesinovic, Emina¹ ; Muskolus, Andreas; Kautz, Timo¹

¹Albrecht Daniel Thaer-Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Faculty of Life Sciences, Humboldt University, Albrecht-Thaer-Weg 5, 10115 Berlin, ² Institute for Agricultural and Urban Ecological Projects at Humboldt University (IASP), Philippstraße 13, 10115 Berlin

 mesinoem@hu-berlin.de

Organic fertilizers and organic residues contain nitrogen organically bound but also in mineral form (mostly ammonium). They make a decisive contribution to the humus reproduction of soils and the recycling of plant nutrients, and potentially increase crop yield.

But how do the different forms of organic fertilizers differ in terms of their nitrate leaching potential as compared with mineral N fertilizers?

In this study, three different forms of biogas digestates (UBD - unseparated, SSBD - separated solid extracted from the digestate using screw-press separators, SLBD - separated liquid), farmyard manure and mineral fertilizer (CAN - calcium ammonium nitrate) were tested in a completely randomized pot experiment under controlled environment with four replications per each treatment (24 pots). Each Mitscherlich pot (diameter 20 cm, height 21 cm, capacity 6.2 l) was filled with 6 kg of sieved, sandy soil.

The crop was silage maize. In the initial phases of plant growth, the irrigation ratio was set at 50% of the maximum water holding capacity. This was later increased to 80%. In order to cause leaching during sampling, it was necessary to add at least, 110% of the maximum point of the soil water holding capacity (depending on the organic matter content). Samples were taken three times during the growing season (21, 50 and 82 days after sowing) - 72 samples in total. For analyses, 150 ml of excess water from each pot was collected and frozen immediately to avoid nutrient losses.

Tab. 11. Fertilizer strategies - applied treatments and amounts

Treatment	N _t	NH ₄ ⁺ N	N _{org}	Applied quantity
	[% FM]	[% FM]	[% of N _t]	per pot [g]
UBD	0.46	0.21	0.25	650.75
SSBD	0.58	0.24	0.34	520.83
SLBD	0.34	0.18	0.16	890.20
FYM	0.85	0.04	0.81	354.61
CAN	27	13.5	0	11.11
CONTROL	0	0	0	0

The highest nitrate content was found in the first set of samples (including all fertilizers), while the lowest was observed after the third excess water collection. The highest NO₃⁻ leached amounts were found using mineral fertilizer (CAN), as well as the highest nitrogen content in the plant material, while the highest yields (principal growth stage 89-90) were measured if separated solid biogas digestate (SSBD) was applied. The results suggest mineral fertilizers may have a higher leaching potential than slurry, particularly during early stages of plant development and when soil moisture exceeds field capacity.

Does the integration of trees in agricultural landscapes help to reduce the impact of heat waves?

Ghafarian, Fatemeh¹ ; Ghazaryan, Gohar¹; Wieland, Ralf¹; Nendel, Claas²

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, Germany; ² Institute of Biochemistry and Biology, University of Potsdam, Am Mühlenberg 3, 14476 Potsdam, Germany

 fatemeh.ghafarian@zalf.de

Global warming's negative impacts affect food supply and necessitate adaptation to heat waves. Integrating woody plants like trees and shrubs into the agricultural landscape offers a cooling effect by providing shade and releasing moisture.

The spatial arrangement of trees in different populations can significantly impact local wind patterns and microclimates (McNaughton, 1988 - 10.1016/0167-8809(88)90006-0). Considering factors like field layout, wind patterns, and terrain slopes, trees and other small woody features (SWF) can influence the local mesoclimate (Donat et al., 2023 - 10.1016/j.mex.2023.102282). Knowledge on how the integration of woody features into agricultural landscapes impacts the mesoclimate remains limited.

To assess the impact of woody features on the land surface temperature (LST) of adjacent agricultural areas, we utilized remote sensing (RS) data, which provides information on plant conditions and enables the evaluation of heat and drought stress. We employed RS data across Brandenburg with high spatial resolution to investigate the influence of integrating woody features on the LST in different directions and distances.

We randomly selected SWF and employed image processing to extract additional information regarding their physical attributes and their distances for further analysis (Fig. 1).

The results reveal a directional influence on LST in the field, with warmer conditions observed on the eastern side of the trees during the warm period (Fig. 2). The distance analysis indicates that the influence of trees diminishes beyond a distance of 75 meters. This research pro-

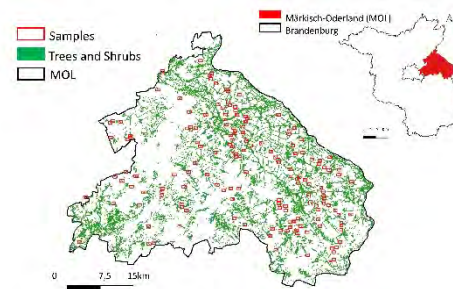


Figure 1: The study area (Landkreis Märkisch-Oderland, showing hedgrows (green pixels) and the selected sample sites (red rectangles).

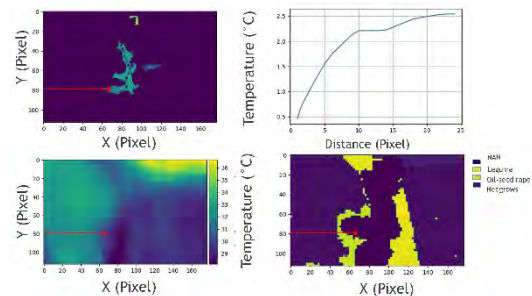


Figure 2: Overview of remote sensing and QGIS applications for one sample

vides valuable insights for decision-makers, particularly farmers in areas with accessible data, aiming to integrate trees into their fields to enhance the climate.

Fazit | Landschaftsentwicklung

Hecken als traditionelle Form der Agroforstwirtschaft leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Sie speichern große Mengen an Kohlenstoff in der Wurzelbiomasse, wodurch sie eine vielversprechende Kohlenstoff-Senke darstellen. Gleichzeitig fördern Hecken die Biodiversität, verhindern Bodenerosion und verbessern auf der windabgewandten Seite den Bodenwasserhaushalt. Daher bietet die Neuanlage von Hecken sehr großes Potential für den Schutz von Klima und Biodiversität.

Die Integration von Bäumen und Hecken in Agrarlandschaften beeinflusst bis zu einer Distanz von 75 m den Effekt von Hitzewellen auf die umliegenden Flächen.

Durch den Einsatz von Pflanzenkohlesubstraten und die Nutzung trockenheitsresistenten Kulturen (Rispenhirse, Körnerhanf und Quinoa) konnte an einem Standort eine Erhöhung des organischer Bodenkohlenstoffs und Ertragssteigerungen festgestellt werden. Die Wasserhaltefähigkeit der Böden wurde jedoch nicht verbessert.

Mit biophysikalischen Rechenmodellen können für unterschiedliche Szenarien mögliche Umfänge der Grünland- und Reststoffnutzung ermittelt werden. So kann die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln abgeschätzt werden und eine optimierte Nutzung der Grünlandflächen zu einer verringerten Nahrungsmittelkonkurrenz und einer effizienteren Nahrungsmittelproduktion beitragen.

Eine Herstellung von Mehrwertmaterialien aus Lignozellulose-haltigen Biomasserückständen zeichnet sich durch

ökologische und wirtschaftliche Vorteile aus. Durch eine solche nachhaltige Grünlandnutzung, auch für Restbiomasse aus Grünland und Grenzertragsflächen, ergibt sich eine Diversifizierung der Einkommensquellen für Landbesitzer.

Modellierungsansätze können helfen, bei Minderung der Lachgasemission und Verbesserung der Stickstoffeffizienz Möglichkeiten für ein optimiertes pflanzenbauliches Management mit hoher N-Effizienz und gleichzeitig minimierten N-Emissionen zu ermitteln.

Verschiedene Düngemittel (Mineraldünger, Gülle, Reststoffe Biogas-Produktion) sind unterschiedlich starke Quelle für N-Auswaschung. In einem Laborversuch wurden die höchsten N-Auswaschungen für Mineraldünger festgestellt.

■ Notwendige weitere Forschung

- Die aktuelle Verteilung von Hecken in Deutschland zeigt, dass in vielen Regionen große Potentiale für das Anlegen weiterer Hecken vorhanden sind. Das gleiche gilt für weitere Formen von Agroforst-Systemen. Wie Agroforst-Systeme für die Verbesserung der Funktionen von Agrarlandschaften am besten angelegt werden sollten, muss in weiteren Forschungsansätzen erarbeitet werden.
- Die Kombination von Pflanzenkohlesubstraten und trockenheitsresistenten Kulturen zur Klimaanpassung kann nur zum Teil empfohlen werden und bedarf weiterer Untersuchung.
- Eine Förderung von Grünland-basierten Innovationen, nachhaltigen Praktiken und Nischenprodukten von marginalen Flächen kann neue Wertschöpfungsketten fördern.

42 Moorentwicklung

Moderation: Annette Freibauer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden spielt eine große Rolle für den Klimaschutz. Denn entwässerte Moorböden sind Hotspots für Treibhausgasemissionen. Eine Anhebung der Grundwasserstände ist die Voraussetzung für eine zukünftig klimaschonenden Moornutzung. Wasserregelung funktioniert nur auf Landschaftsebene, so dass Klimaschutz durch Moorschutz nur im Konsens aller Akteure in der Agrarlandschaft funktioniert. Für Moorböden müssen für gesellschaftlich akzeptable Entwicklungsmöglichkeiten gefunden, ausprobiert und gefördert werden. Dies erfordert Konzepte auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene.

Die Akzeptanz von Moorschutzmaßnahmen hängt wesentlich von sozialen Faktoren ab: sind alle Akteure frühzeitig in die Entscheidungen eingebunden? Werden Ängste ernst genommen? Bleibt auch nach der Wasserstandsanhhebung eine landwirtschaftliche Nutzung mit ausreichender Wertschöpfung möglich?

Modellprojekte in ganz Deutschland sammeln Erfahrungen, wie eine klimafreundliche Moornutzung erfolgreich gelingen kann, mit welchen Maßnahmen Moor- und Klimaschutz ausreichend gelingen und wie neue Wertschöpfungsketten aufgebaut werden.

Parallel dazu gibt es traditionelle Nutzungsformen wie Beweidung, Streuwiesenmähd oder Schilfmähd, die nach wie vor in enger Zusammenarbeit mit dem Naturschutz praktiziert werden. Auch von ihnen können neue Akteure im Moorschutz lernen.

Die Session präsentiert und diskutiert den gesamten Bogen von den bodenkundlichen Grundlagen bis zu landwirtschaftlichen, soziokulturellen und ökonomischen Ansätzen für eine zukünftige klimaschonende Nutzung der Moorböden.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Werte und Transformation von Moorlandschaften | Dina Hamidi
 - Beweidung im Solarpark auf Moor | Dina Hamidi
 - Income changes and abatement costs of climate friendly peatland management options | Christoph Buschmann
 - Modellprojekt Gnarrenburger Moor: Transformationspfad zur klimaschonenden Moornutzung | Heinrich Höper
- Poster
 - Sozialökologische Interaktionen und Koproduktion in der Moorlandschaft | Claudia Heindorf
 - Die Entwicklung von organischem Bodenkohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden der BZE-LW | Stefan Heilek
 - Entdecke MoorIS!: Das MoorInformationssystem Niedersachsen | Martha Graf
 - Moorböden verstehen und beschreiben mit dem WIKIMooS-Feldbuch | Laurentiu Constantiu
 - Roadmap zur Vernässung organischer Böden in Deutschland (RoVer) | Bärbel Tiemeyer
 - Pflege und Erhaltung von Moorlandschaften durch Schafhaltung in Deutschland | Lena Mertin
- Fazit

Werte und Transformation von Moorlandschaften

Heindorf, Claudia¹ ✉; Schüler, S.²; Plieninger, T.¹

¹Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen, Göttingen

²Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Göttingen

✉ claudia.heindorf@uni-goettingen.de

Die Wiederherstellung degradiert Moore stellt eine vielversprechende Strategie zur Reduzierung von Kohlenstoffemissionen dar. Groß angelegte Landschaftsveränderungen, wie die Wiedervernässung von Flächen, führen jedoch oft zu Konflikten. Die Verbindung der Menschen zur Landschaft und die Werte, die sie mit der genutzten und geschützten Moorlandschaft assoziieren, müssen deshalb besser verstanden und stärker in Landschaftstransformationsprozesse einbezogen werden.

Eine in diesem Zusammenhang von uns durchgeführte Studie richtete sich auf die Analyse der immateriellen Werte einer transformierenden Moorlandschaft in Norddeutschland. Wir berücksichtigten dabei verschiedene Typen von Werten: den Wert lebender und nicht lebender Elemente der Moorlandschaft, den kulturelle Erbe- und Identitätswert, den Bildungswert, den spirituellen Wert, den Erholungswert sowie die sensorischen, emotionalen und kognitiven Erfahrungen. Zusätzlich wollten wir verstehen, wie vergangene Landschaftsveränderungen diese Werte beeinflusst haben.



Abb. 27. Beispiel eines Gedichts, das die Emotionen der Menschen zum Moor, die in dieser Landschaft leben und arbeiten, zusammenfasst.

Dazu haben wir Interviews mit Landbewirtschafteter:innen und Anwohner:innen durchgeführt und diese qualitativ analy-

siert. Mithilfe einer kunstbasierten Forschungsmethode (*poetic inquiry*) haben wir im Anschluss sechs thematische Gedichte erstellt, die die vielfältigen Werte der Moorlandschaft zusammenfassen (Abb. 1).

Die Ergebnisse führten zu drei wichtigen Erkenntnissen: 1) Die Wichtigkeit multisensorischer Erfahrungen, 2) die Bedeutung lebender Elemente der Moorlandschaft und 3) die tief verwurzelten kulturellen und historischen Werte von Moorlandschaften. Es zeigte sich ebenfalls, dass Landschaftsveränderungen die Werte der Moorlandschaften beeinflussen und unter Umständen die Bindung zwischen den Menschen und der Moorlandschaft schwächen können (Abb. 2).

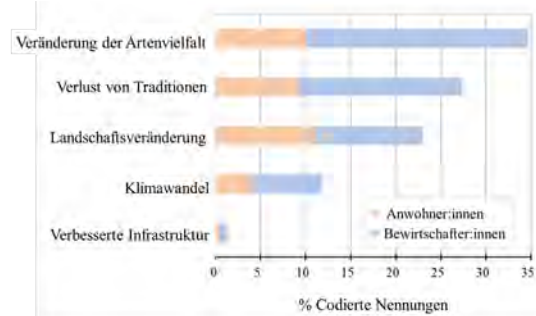


Abb. 2. Wahrnehmung wichtiger Veränderungen verbunden mit der Landschaftstransformation im Wietingsmoor.

Unsere Studie zeigt, dass Landschaftsveränderungen immaterielle Werte von Moorlandschaften beeinflussen. Um Konflikte zu vermeiden und die Unterstützung für die Restauration von Mooren zu fördern, ist es von entscheidender Bedeutung, ihre kulturelle und historische Relevanz angemessen zu berücksichtigen. Wertesensible Ansätze sind notwendig, um die Mensch-Moorlandschafts-Beziehung aufrechtzuerhalten und eine breitere Zustimmung für die nachhaltige Transformation degradiert Moore zum Schutz des Klimas zu erlangen.

Beweidung im Solarpark auf Moor

Hamidi, Dina¹ ✉; Sieve, Friederike²; Siede, Caroline¹; Pott, Tillmann¹, Wilms, Lisa¹; Zinken, Lars¹; Hamidi, Masud³; Isselstein, Johannes^{1,4}; Kayser, Manfred^{1,2}

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaft, Georg-August Universität Göttingen, ²Geo Lab, Universität Vechta, ³Heisterholz-Mühle 1, Isernhagen, ⁴Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Göttingen

✉ Dina.hamidi@uni-goettingen.de

Energieerzeugung mit Hilfe von Freiflächen Photovoltaik (PV) Anlagen ist ein wichtiger Baustein auf dem Weg zur Energiewende. Die Flächeneffizienz ist im Vergleich zu Biogaserzeugung als hoch einzuschätzen. Darüber hinaus können Synergieleistungen ausgeschöpft werden, um eine mögliche Flächenkonkurrenz abzumildern.

Die Nutzung degradiertes Moore für PV mit gleichzeitig erfolgender Schafbeweidung, um den vorhandenen Aufwuchs zu verwerten, könnte ein geeigneter Lösungsansatz sein, der ökonomisch und ökologisch sinnvoll erscheint. Beweidung erhöht die Biodiversität in der Fläche, indem durch selektiven Fraß und partielle Nährstoffrückführung Heterogenität entsteht. Die Nutzung der PV-Module als Witterungsschutz könnte zudem eine sinnvolle Klimawandelanpassungsmaßnahme in der Weidewirtschaft sein.

2023 wurden in einem ersten Schritt PV-Betreiber*innen und Tierhalter*innen befragt, die Beweidung unter PV praktizieren ($n=9$). Beweidung wird in dieser Expert*innen Gruppe durchgehend befürwortet. Insbesondere der Verbleib der mit PV überbauten Flächen in der landwirtschaftlichen Produktion wird positiv bewertet.

In einem zweiten Schritt wurde in einer vergleichenden Studie mit zwei Behandlungen (mit PV-Modulen - ohne PV-Module) der Einfluss der PV-Module auf das Weidesystem und die räumliche Verteilung der Schafe im Solarpark Lottorf untersucht. Vom 19.06.-04.07.2023 wurde eine Fläche von 40 m × 50 m, gleichmäßig verteilt auf die beiden Behandlungen und zusätzlich unterteilt in 80 5 m × 5 m große Polygon-Grid-Zellen, von 10 Schafen beweidet (Abb.1). Alle Tiere waren mit GPS-Halsbändern ausgestattet, von denen vier kontinuierlich

Daten über die gesamte Zeit lieferten.



Abb. 1. Schafe im Solarpark Lottorf.

Vor und nach der Beweidung wurden Höhenmessungen der Grasnarbe durchgeführt. Nach der Beweidung wurden Kotplatzierung, Zertretungsmaß sowie die Aufenthalte der Schafe in Abhängigkeit zu Liegezeit und aktiv verbrachter Zeit ausgewertet (Tab. 1). Die Ergebnisse zeigen, dass die Tiere die PV-Module vor allem während der Liegezeit nutzen. In der aktiven Zeit werden beide Behandlungen gleichmäßig genutzt.

Tab. 1. Liegezeit und Aktive Zeit (min. je Tier und Behandlung), Kothaufen und Zertretungsmaß (%) (je Polygon-Grid-Zelle und Behandlung). Es wurden jeweils Mittelwert ± Standardabweichung berechnet.

	Mit PV	Ohne PV
Kothaufen	15,3 ± 6,8	11,3 ± 5,1
Zertretungsmaß	60,5 ± 11,9	32,8 ± 15,8
Liegezeit	6295 ± 1352	2554 ± 942
Aktive Zeit	5296 ± 1808	5785 ± 452

Die synergetische Nutzung der Fläche (Energieerzeugung, Kohlenstoffbindung und Beweidung) erscheint als eine zukunftsfähige Klimawandelanpassungsoption. Inwiefern sich hohe Wasserstände hinderlich auf die Beweidung auswirken könnten, muss weiter untersucht werden.

Betriebliche Einkommensverluste und Vermeidungskosten von emissionsarmen Moornutzungsoptionen

Buschmann, Christoph¹ ✉; Wegmann, Johannes¹; Osterburg, Bernhard²

¹Thünen Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig, ²Thünen Institut Stabstelle Klima und Boden, Braunschweig

✉ christoph.buschmann@thuenen.de

In Deutschland emittieren entwässerte Moorböden, u. a. für die landwirtschaftliche Nutzung, mehr als 53 Mio. t CO₂ äquiv. pro Jahr. Das macht etwa 7,5 % der Gesamtemissionen aus, bzw. 45 % der landwirtschaftlichen Emissionen. Wegen des hohen Minderungspotentials werden entwässerte Moorböden immer wichtiger für die EU Agrar- und Klimapolitik und die nationalen Klimaziele. Das Ziel der Bundesregierung und der Länder ist es diese Emissionen um 5 Mio. t CO₂ äquiv. pro Jahr bis 2030 zu verringern. Die EU-Kommission plant bis 2050 Wiederherstellungsmaßnahmen auf 70 % der entwässerten landwirtschaftlich genutzten Moorböden.



Abb. 1: Stauanlage an einem Entwässerungskanal
© Dr. Ulrich Mäck, ARGE Donaumoos

Unsere Arbeit untersucht die Einkommensverluste von Modellbetrieben, wenn ein Teil des betrieblichen Grünlands in eine emissionsarme extensive Nutzung mit hohen Wasserständen überführt wird (Zielwasserstand 10 bis 30 cm unter Flur), bzw. wenn die Flächen komplett vernässt werden, sodass keine konventionelle Landwirtschaft mehr möglich ist.

Die Analyse der Status Quo Situation basiert auf Befragungsdaten von 15 typischen Betrieben in zwei Moorregionen mit sehr unterschiedlichen Agrarstrukturen. Erstens das Rhinluch in Brandenburg mit vornehmlich großen Mischbetrieben (Ø 2000 ha); zweitens die Eider-Treene-

Sorge Niederung in Schleswig-Holstein mit kleineren vornehmlich grünlandbasierten Futterbaubetrieben (Ø 200 ha). Neben den Betriebsbefragungen führen wir Grünlandbonitierungen in beiden Regionen durch, um die Futterqualität bei verschiedenen Wasserständen und Landnutzungsintensitäten abzuschätzen. Emissionsdaten bei unterschiedlichen Wasserständen entnehmen wir der Literatur und der deutschen Klimaberichterstattung.

Für die Simulation der Vernässung nutzen wir das betriebliche Optimierungsmodell Farm BOSS und erstellen zunächst drei Modellbetriebe pro Region. Weiterhin nutzen wir InVeKoS-Daten um auf Bundeslandebene die wichtigsten Betriebstypen auf Moorböden zu identifizieren und entsprechend die Modellbetriebe in unterschiedlichen Varianten anzupassen.

Die Ergebnisse zeigen die mit der extensiven nassen Nutzung bzw. der Vollvernässung verbundenen Auswirkungen, d. h. insbesondere dem Verlust an Futtermenge und -qualität, und betriebliche Anpassungsmöglichkeiten. Zudem berechnen wir die entsprechenden betrieblichen Einkommensverluste, bzw. die volkswirtschaftlichen Emissionsvermeidungskosten. Mithilfe von InVeKoS-Daten differenzieren wir in den Ergebnissen zusätzlich zwischen Betriebstypen mit unterschiedlichen Abhängigkeiten von Moorböden und unterschiedlichem Anpassungspotenzial.

Abschließend stellen wir die Gründe für die breite Streuung an Einkommensverlusten, bzw. Vermeidungskosten zusammenfassend dar und erklären die wichtigsten Unterschiede zwischen den Ergebnissen bei der extensiven nassen Nutzung und der Vollvernässung.

Modellprojekt Gnarrenburger Moor: Transformationspfad zur klimaschonenden Moornutzung

Höper, Heinrich¹ ✉; Meinardi, Dominic²; Kruse-Dörgeloh, Heike³; Kalinski, Kira¹; Graf, Martha¹

¹Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, ²Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, INBW Suderburg, ³Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Bremervörde

✉ heinrich.hoeper@lbege.niedersachsen.de

Das Projekt „Gnarrenburger Moor“ (2016-2023) hat zum Ziel, Verfahren einer klimaschonenden Nutzung von Hochmoorgrünland unter Sicherung der Existenzmöglichkeiten landwirtschaftlicher Betriebe zu entwickeln. Das Projektgebiet im Landkreis Rotenburg (Wümme) umfasst 7.000 ha Hochmoor, davon 4.000 ha landwirtschaftlich genutzt, v. a. zur Milchvieh- und Fleischrinderhaltung.

Eine Kooperation dient als Austausch- und Beratungsgremium zwischen den Beteiligten, insbesondere Landwirten, Landvolk, Beratung, Wasser- und Bodenverbänden, Gemeinde, Landkreis und Landesbehörden (Abb. 1).



Abb. 28. Struktur der Kooperation „Landwirtschaft und Moorschutz/ Klimaschutz im Gnarrenburger Moor“

In Demoversuchen wurden zusammen mit den Landwirten die wasserregulierenden Maßnahmen Grabenanstau (GA) (Wasserrückhalt im Graben) und Unterflurbewässerung (UFB) (Wasserrückhalt mit Zuwässerung im Sommer) getestet.

Mit dem GA wurden die Moorwasserstände nicht beeinflusst, während sie bei der UFB auf Jahresmittelwerte über 0,3 m unter Flur angehoben wurden (Abb. 2). Bei der UFB war die Befahrbarkeit im nassen Jahr 2021 eingeschränkt.

In Trockenjahren wiederum waren die Erträge der UFB höher als die der Kontrolle. Zur Aufrechterhaltung hoher Wasserstände war eine Wasserzufuhr von 50-300 mm pro Jahr erforderlich.

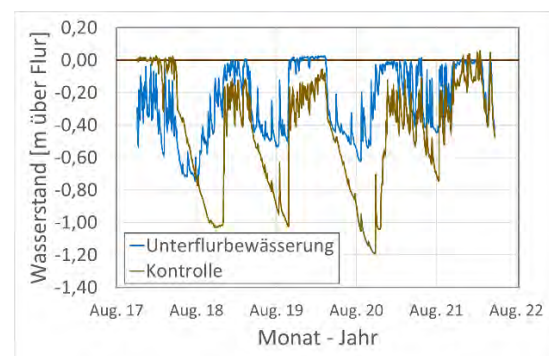


Abb. 29. Verlauf der Moorwasserstände auf einer Fläche mit Unterflurbewässerung und Kontrolle

Unter Berücksichtigung standörtlicher und hydrologischer Gegebenheiten wurden Maßnahmenkonzepte für zwei Gebiete entwickelt. Im Zentrum stand ein Wehrkonzept mit hydraulisch gesteuerten Wehren und Möglichkeiten der Wasserspeicherung.

Nach den Anforderungen der wirtschaftenden Betriebe und der Hofnähe der Moorflächen wurde ein Maßnahmenkonzept von Vollvernässung auf betriebsfernen Flächen über Grünlandnutzung mit hohen Wasserständen im mittleren Bereich sowie Weidenutzung ohne Vernässung in Hofnähe entwickelt.

Für die Transformation zum Klimaschutz wird auf Extensivgrünland eine Vollvernässung mit Photovoltaik oder Brachlegung, bei Erwerb durch die öffentliche Hand, empfohlen. Mit der Anlage von Wasserspeichern erlaubt die UFB bei Intensivgrünland zunächst eine teilweise Emissionsminderung und später, sofern anbautechnisch ausgereift und betriebswirtschaftlich attraktiv, den Umstieg auf Torfmooskultur, mit einer starken Emissionsminderung.

Sozialökologische Interaktionen und Koproduktion in der Moorlandschaft

Heindorf, Claudia¹ ✉; Schüler, S.²; Plieninger, T.¹

¹Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen, Göttingen

²Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Göttingen

✉ claudia.heindorf@uni-goettingen.de

Die Erhaltung und Wiederherstellung von Moorlandschaften ist angesichts der Klimakrise von entscheidender Bedeutung. Über zwei Drittel der deutschen Moore wurden in Ackerland umgewandelt. Die Geschichte der Entwässerung von Deutschlands Mooren erstreckt sich über mehrere Jahrhunderte und wurde lange intensiv gefördert. Heute sind die wenigen verbleibenden intakten Moore in ein Mosaik diverser Landnutzungsformen eingebettet, die auf verschiedene Weise zum Wohlergehen der Menschen beitragen. Diese Beiträge entstehen selten allein aus der Natur selbst; oft resultieren sie aus dem Zusammenwirken natürlicher Ressourcen und menschlicher Einflüsse.

Um fundierte Entscheidungen bezüglich nachhaltiger Landnutzungspraktiken zu treffen, ist es entscheidend zu verstehen, wie Beiträge der Natur für die Menschen sowohl von natürlichen als auch anthropogenen Faktoren koproduziert werden. Dieses Zusammenspiel zwischen Menschen und Mooren schafft verschiedene materielle, regulierende und immaterielle Beiträge, die für das Wohlergehen der Menschen und einer klimafreundlichen Entwicklung wichtig sind (Abb. 1).



Abb. 1. Schematische Darstellung der Formen der Koproduktion von Beiträgen der Moorlandschaft, die die Lebensqualität steigern können.

Ziel unserer Studie war es, die sozialökologischen Interaktionen bei der Koproduktion von Beiträgen der Moorlandschaft für den Menschen zu untersuchen. Dabei fokussierten uns auf die Perspekti-

ven von Landmanager:innen und Anwohner:innen des Wietingsmoors in Niedersachsen. Um zu verstehen, wie verschiedene Koproduktionsformen und -intensitäten die Beiträge dieser Moorlandschaft beeinflussen und wahrgenommen werden, sowie um Synergien und Trade-offs aufzuzeigen, verwendeten wir Fuzzy Cognitive Maps (Abb. 2).

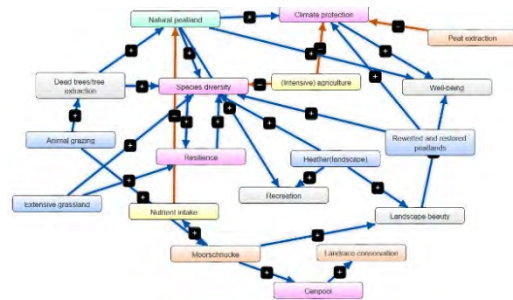


Abb. 2. Beispiel einer Fuzzy Cognitive Map von einem Landmanager zur Koproduktion von Beiträgen des Wietingsmoors für den Menschen.

Die Ergebnisse zeigten, dass eine ausgewogene Koproduktion von Naturressourcen und menschlichem Einfluss sich positiv auf die Moorlandschaft und das Wohlbefinden der Menschen auswirkt. Ein Beispiel hierfür ist die extensive Grünlandnutzung. Hingegen trägt eine überwiegend menschliche Dominanz in der Koproduktion zu deutlich weniger immateriellen und regulierenden Leistungen bei, was eine Minderung der Lebensqualität bewirken kann.

Die Erkenntnisse betonen die Bedeutung und Potentiale eines ausgewogenen Zusammenspiels zwischen Menschen und Mooren. Synergetische Effekte können sich durch bestimmte Landnutzungspraktiken besonders positiv auswirken und zur nachhaltigen Entwicklung von Moorlandschaften beitragen.

Die Entwicklung von organischem Bodenkohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden der BZE-LW

Heilek, Stefan ; Poeplau, Christopher; Prietz, Roland, Heidkamp, Arne

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

 stefan.heilek@thuenen.de

Die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW) ist die erste deutschlandweite einheitliche Bodeninventur, welche sich mit der Aufnahme verschiedener Bodenparametern (z.B. organischer und anorganischer Kohlenstoff, pH, Textur) beschäftigt und deren Dynamik über die Zeit analysiert. Sie orientiert sich an einem Raster von 8 km × 8 km, wobei in der initialen Inventur (2011-2018) an insgesamt 3104 Standorten Bodenprofile gegraben und angesprochen wurden. In den Tiefenstufen 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 und 50-100 cm wurden Bodenproben entnommen und auf chemische und physikalische Kenngrößen analysiert.

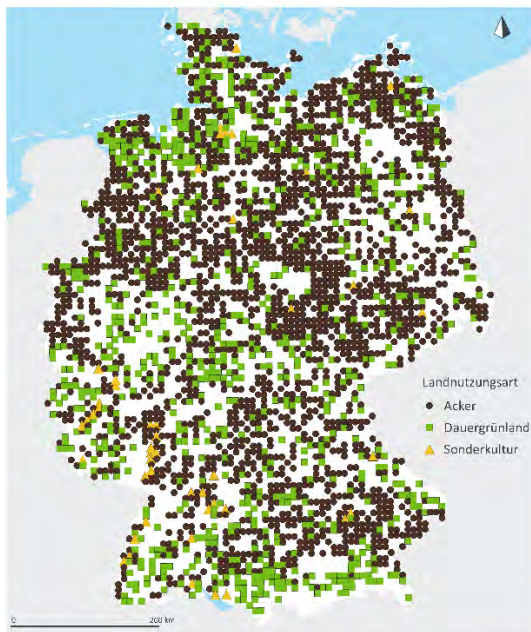


Abb. 30. Karte aller Standorte der initialen Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (2011-2018) mit Landnutzungsart zum Beprobungszeitpunkt

Vor allem der organische Bodenkohlenstoff (C_{org}) und dessen Vorratsentwicklungen steht aufgrund seiner Relevanz für Klima und Bodenfruchtbarkeit im Fokus.

Seit Ende 2022 wird die Wiederholungsinventur der BZE-LW durchgeführt, wobei man sich auf eine Beprobungstiefe von 50 cm beschränkt und organische Böden ausschließt. Durch die Wiederbeprobung der Standorte können unter anderen Veränderungen der C_{org} -Vorräte bestimmt und deren Ursachen ermittelt werden.



Abb. 2. Profilgrube bis 50 cm Tiefe der Wiederholungsinventur der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

In diesem Tagungsbeitrag werden die ersten Ergebnisse der Wiederholungsinventur (ca. 200 Standorte) den Messwerten der initialen BZE-LW Inventur gegenübergestellt, um erste Trends der C_{org} -Vorräte aufzuzeigen. Mit Hilfe dieses Vergleichs erhoffen wir unter Anderem, zusätzliche Erkenntnisse zur methodischen Herangehensweise bei Wiederbeprobungen gewinnen zu können.

Entdecke MoorIS!

Das MoorInformationsSystem Niedersachsen

Graf, Martha¹ ✉; Constantin, George-Laurentiu^{1,3}; Höper, Heinrich¹; Hauck-Bramsiepe, Katharina¹; Heidberg, Lennard²; Matras, Paul⁴; Harms, Alexander²

¹Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, ²Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hannover, ³Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, ⁴ Thünen-Institut für Waldökosysteme, Eberswalde

✉ Martha.Graf@lbeg.niedersachsen.de

Das MoorInformationsSystem Niedersachsen (**MoorIS**) stellt der Öffentlichkeit ein breites Spektrum an Informationen zu den niedersächsischen Mooren zur Verfügung. Das Ziel ist eine breite Informationsbasis für zukünftige Entscheidungen und Projektplanungen zu schaffen, die zum Schutz der Moore beitragen (Hauck-Bramsiepe et al., 2022).

Der Schwerpunkt von MoorIS ist die Bereitstellung von über 30 Karten zu verschiedenen Themen der niedersächsischen Moorlandschaften. Diese Karten sind entweder Grundkarten, die vor MoorIS dezentral bei verschiedenen Behörden vorlagen oder Auswertungskarten, die im Laufe des MoorIS Projektes erstellt wurden. Viele Karten werden auf MoorIS als Download bereitgestellt.

Zusätzlich bietet MoorIS auf vier weiteren Reitern tiefergehende Informationen an. Zu einem, Detailinformation zu fast 1000 niedersächsischen Mooren, Übersichten über Moorprojekte und Arbeitshilfen zum Moormanagement. Der Reiter „Moorwissen“ soll grundlegendes Wissen der Moorkunde an interessierte Laien vermitteln (Abb. 1).

Ein weiterer Schwerpunkt von MoorIS ist die Entwicklung und Bereitstellung von Standards. Zu diesem Zweck wurde eine Handlungsempfehlung zur Renaturierung von Hochmooren erarbeitet. In Zusammenarbeit mit dem Projekt WIKIMooS wurden auch 10 Videos – zwei allgemein zum Thema Moor und acht fachliche Anleitungen als Ergänzung zum WIKIMooS Feldbuch gedreht (Constantin et al., 2022).



Abb. 31. Bereiche und inhaltliche Struktur des MoorIS.

Die Weiterentwicklung der Plattform sieht das Einspeisen von Daten Dritter, insbesondere lokale Daten zum Moorwasserstand und bodenkundliche Moorkartierungen, vor.

Quellen:

Hauck-Bramsiepe, K., Graf, M., Harms, A., Heidberg, L., Höper, H., Matras, P., & Saathoff, W. MoorIS: Inhalte und zukünftige Möglichkeiten des Moorinformationssystems für Niedersachsen. TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde, 52.

Constantin, G.L., Gehrt, E., Zeitz, J. (2022). Das WIKIMooS-Feldbuch zur Horizontansprache in Moorböden. Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.) https://www.agrar.hu-ber-lin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos



Zugang zum MoorIS unter:
www.mooris-niedersachsen.de

Moorböden verstehen und beschreiben mit dem WIKIMooS-Feldbuch

Constantin, George-Laurentiu¹ ✉; Gehrt, Ernst²; Zeitz, Jutta¹

¹Albrecht-Daniel-Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften/Humboldt-Universität zu Berlin, ²Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen

✉ laurentiu.constantin@hu-berlin.de

In Deutschland bewegt sich das Management der Moorböden in einem komplexen Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft, Klimaschutz und Naturschutz. Mit dem wachsenden Bewusstsein für die Notwendigkeit eines nachhaltigen Moor-managements steigt auch der Bedarf an qualifiziertem Personal für die Untersuchung der Moorböden im Gelände. In diesem Kontext ist die Vermittlung bodenkundlichen Wissens und relevanter Fertigkeiten an interessierte Praktiker:innen besonders wichtig.

Eine nützliche Ressource für bodenkundliche Aufnahmen an Moorstandorten stellt das WIKIMooS-Feldbuch zur Horizontansprache in Moorböden dar (Constantin et al., 2022), das im Rahmen des DBU-Projekts WIKIMooS an der Humboldt-Universität zu Berlin entwickelt wurde.

Das WIKIMooS-Feldbuch ist das Kernstück eines nutzerfreundlichen Tools, das allen interessierten Personen eine zuverlässige Methodologie für die Beschreibung mehr oder weniger stark entwässerter Moorböden bietet. Dieses Tool funktioniert unabhängig vom jeweilig vorhandenen Hintergrundwissen und unterstützt die Aufnahme der wichtigsten Horizontmerkmale nach KA5 oder KA6.

Um die Zuverlässigkeit und Replizierbarkeit der bodenkundlichen Aufnahmen im Gelände zu optimieren, werden im Feldbuch besonders wichtige Geländemethoden wie z.B. die Flachschrufmethode oder die Handquetschprobe nach von Post vorgestellt.

Da Moorbodenhorizonte hauptsächlich über die Merkmale des Bodengefüges definiert werden, beinhaltet das WIKIMooS-Feldbuch ein Set von Steckbriefen für typische Gefügeformen (Abb. 1) und vergleichende Darstellungen.

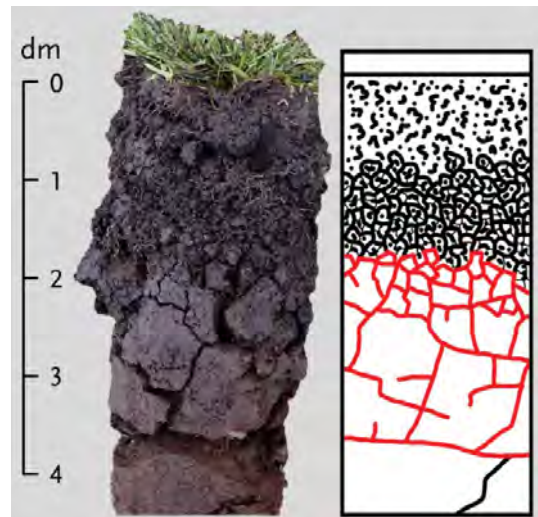


Abb. 32. Beispiel für Polyedergefüge in einem Absonderungshorizont: Bodenmonolith und schematische Darstellung (Polyeder in rot).

Zur Identifizierung der Horizonte stellt das WIKIMooS-Feldbuch jeweils 11 Steckbriefe für häufig vorkommende Niedermoor- und Hochmoorhorizonte sowie bildunterstützte Horizont-Bestimmungsschlüssel zur Verfügung.

Diese Materialien wurden als lose Sammlung von laminierten, witterungsresistenten Steckbriefen konzipiert, die für die Arbeit im Gelände geeignet sind. Wichtige theoretische Grundlagen für die Arbeit mit den Steckbriefen werden im ersten Teil des Buches (gesonderte Broschüre) erklärt.

Das WIKIMooS-Feldbuch steht in vollem Umfang und kostenlos als hochauflösende PDF-Datei auf der Homepage des WIKIMooS-Projekts zum Download bereit (<https://hu.berlin/wikimoos>).

Quellen:

Constantin, G.L., Gehrt, E., Zeitz, J. (2022). Das WIKIMooS-Feldbuch zur Horizontansprache in Moorböden. Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.) <https://hu.berlin/wikimoos>

Roadmap zur Vernässung organischer Böden in Deutschland (RoVer)

Tiemeyer, Bärbel¹ ✉; Ar Rahiem, Malik¹; Buschmann, Christoph²; de Witte, Thomas³; Guth, Lukas¹; Heinrich, Florian³; Jetzkowitz, Jens²; Koppensteiner, Wiltrut¹; Lange, Andrea²; Osterburg, Bernhard⁴; Piayda, Arndt¹; Schäffer, Sarah-Maria²; Schröder, Charlotte²; Uhl, Thorsten⁴; Wegmann, Johannes²

¹Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig, ²Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig, ³Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig, ⁴Stabsstelle Klima und Boden, Braunschweig

✉ baerbel.tiemeyer@thuenen.de

Der Großteil der Moor- und weiteren organischen Böden (im Folgenden kurz: organische Böden) in Deutschland wurde u.a. für die Landwirtschaft entwässert und trägt somit entscheidend zu den Emissionen von Treibhausgasen (THG) aus landwirtschaftlichen Flächen bei. Aufgrund der großen Bedeutung der THG-Emissionen in den Sektoren Landwirtschaft und LULUCF (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft) sind Nutzungsalternativen in Verbindung mit einer Vernässung der organischen Böden dringend erforderlich. Das THG-Minderungspotenzial ist bei einer Anhebung der Wasserstände bis möglichst nahe an die Geländeoberkante hoch. Nutzungsoptionen wie Paludikulturen, aber auch „Moor-PV“, d.h. die nach EEG-Novellierung ermöglichte Freiflächen-PV auf vernässten organischen Böden, können neben oder an Stelle der Vollvernässung mit Extensivierung bzw. Nutzungsaufgabe bei entsprechenden Rahmenbedingungen vielversprechende Alternativen für Bewirtschaftende sein.

Das Verbundprojekt „Roadmap zur Vernässung organischer Böden in Deutschland („RoVer“) wird in einem interdisziplinären Ansatz von vier Thünen-Instituten durchgeführt. Das Projekt gliedert sich in mehrere Arbeitspakete und kombiniert naturwissenschaftliche Daten und Modelle mit sozialwissenschaftlichen, ökonomischen und rechtswissenschaftlichen Analysen zu einem Umsetzungskonzept für die Vernässung. Gesamtziel des Projekts ist die Entwicklung eines Umsetzungskonzepts („Roadmap“) zur Vernässung organischer Böden in Deutschland. Hierfür werden standortspezifisch Nutzungskonzepte entwickelt und hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit und Wirtschaftlichkeit bewertet. Mit

Blick auf die Umsetzbarkeit wird überprüft, inwiefern institutionelle und rechtliche Rahmenbedingungen angepasst werden müssen und wie die Transformation durch Beteiligungs- und Abstimmungsprozesse, eine effiziente Förderung und weitere Anreizmechanismen unterstützt werden könnte. Teilziele des Projekts sind:

- Abschätzung technischer und ökonomischer Potenziale der Vernässung sowie verschiedener Handlungsoptionen,
- Verbesserung der räumlichen Datengrundlagen für eine Abschätzung der Emissionen von Treibhausgasen,
- Methoden(weiter)entwicklung für die Abschätzung der THG-Minderung durch Vernässung: Ableitung von THG-Emissionen aus Daten der Biotoptypenkartierung (ungenutzte und sehr extensiv genutzte Standorte) sowie Modellierung der Auswirkung von Grabenanstau (derzeit implementierte Maßnahme der Agrarförderung) auf Flächenwasserstände und THG-Emissionen,
- Wirtschaftlichkeitsanalysen neuer Nutzungsoptionen incl. Paludikulturen und Freiflächen-PV,
- Volkswirtschaftliche Bewertung von Nutzungsoptionen unter Berücksichtigung derzeitiger und angepasster institutioneller und rechtlicher Rahmenbedingungen,
- Identifikation und verbessertes Verständnis von Erfolgsfaktoren für Vernässungsprojekte,
- Entwicklung effizienter politischer Umsetzungsinstrumente zur langfristigen Gewährleistung ausreichender Einkommensalternativen von vernässten organischen Böden.

Pflege und Erhaltung von Moorlandschaften durch Schafhaltung in Deutschland

Mertin; Lena Marie¹ ✉, Hamidi; Dina², Heindorf; Claudia¹

¹Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August Universität Göttingen

²Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaften, Georg-August Universität Göttingen

✉ lena.mertin@uni-goettingen.de

Schafhaltung ist eine traditionelle Form der Landnutzung, jedoch ist ihr Beitrag zur Pflege und Erhaltung von Moorlandschaften unzureichend erforscht. Obwohl das Bewusstsein für die ökologische Relevanz von Moorlandschaften in den letzten Jahren gestiegen ist, besteht eine Forschungslücke hinsichtlich der Auswirkungen der Schafbeweidung auf die Landschaft und die Lebensräume.

Um diese Forschungslücke zu schließen, wurde 2023 eine Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Analyse (SWOT-Analyse) durchgeführt, in der die wichtigsten Aussagen identifiziert wurden. Eine daran anschließende Online-Befragung bei Schäfer*innen ($n = 49$), die über die Schafzuchtverbände von Juli bis September 2023 verteilt wurde, lieferte eine Gewichtung der relevantesten Punkte und ermöglichte eine Überprüfung der Ergebnisse der SWOT-Analyse. Zusätzlich wurden bei der Umfrage Daten zum Beweidungsmanagement (z.B. genutzte Schafrassen, Tab.1) erhoben.

Tab. 12. genutzte Schafrassen

Schafrasse	Anzahl
Weißer gehörnte Heidschnucke	1
Graue gehörnte Heidschnucke	3
Moorschnucke	10
Bentheimer Landschaf	4
Skudde	2
Andere	29

Wie in Abb. 1 zu sehen, arbeiten die befragten Schäfer*innen eher mit kleineren Herden. 39 % arbeiten mit Herden von 1 bis 50 Tieren und 6 % arbeiten mit mehr als 1000 Schafen.

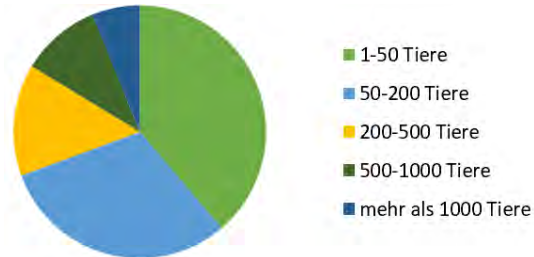


Abb. 13. Größe der Schafherden

Die Schäfer*innen erachteten das Offenhalten der Landschaft und den Beitrag zur Landschaftspflege als bedeutende Stärke der Schafhaltung in Moorgebieten. Ebenso wurde ihre Rolle bei der Bewahrung der Artenvielfalt und Biodiversität hervorgehoben.

In der Kategorie „Schwäche“ erhielt die Aussage, dass die Schurkosten nicht durch den Verkauf der Wolle gedeckt werden, die höchste Zustimmung. Diese Herausforderung könnte jedoch durch die alternative Nutzung der Wolle (bspw. als Dämmmaterial) gelöst werden.

In der Kategorie Risiken gaben die Befragten die stärkste Zustimmung bei der wachsenden Bürokratie für Schafhalter*innen. Der bürokratische Aufwand ist erheblich, um beispielsweise Unterstützungszahlungen zu erhalten.

Im Rahmen der Untersuchung wurde deutlich, dass die Sozial- und Umweltleistungen um ein Vielfaches höher sind, als der Wert der Produkte, die mit ihren Herden erzeugen werden. Eine angemessene Honorierung der Moorbeweidung als gesamtgesellschaftlich relevante Leistung ohne erhöhten bürokratischen Aufwand für die Schäfer*innen sollte geprüft werden.

Fazit | Moorentwicklung

Die Session zur Moorentwicklung bündelte sehr unterschiedliche Beiträge zu sozioökonomischen Studien, Grundlagendaten, Praxisleitfäden für die Bodenansprache und Berichte von Praxisprojekten. Es hat sich inzwischen beeindruckend vielfältige Forschung, auch aus soziologischer Perspektive, mit der klimafreundlichen Moornutzung entwickelt.

43 Integrierte Ansätze zur landwirtschaftlichen Anpassung an den Klimawandel auf lokaler und regionaler Ebene

Organisation der Session: Sandra Krengel, Jörn Strassemeyer, Claudia Bethwell, Michael Glemnitz, Joachim Aurbacher, Tobias Conradt, Christine v. Buttler

Der Klimawandel zeigt sich in Deutschland vor allem in einem Anstieg der Temperaturen, der sich seit den 1990er Jahren deutlich verstärkt hat. Die Dekade 2012-2021 war um ca. 1.5 °C wärmer als das Mittel des 20. Jahrhunderts. Entsprechend klare Trends gibt es zwar nicht in den jährlichen Niederschlagssummen, aber es gibt saisonale Verschiebungen hin zu nasserem Wintern und trockeneren Sommern. In Kombination mit einem Trend zu höherer Verdunstung durch mehr Wärme und Sonnenschein ergibt sich daraus für die deutsche Landwirtschaft eine große Herausforderung. Mehrere Trockenjahre in jüngster Vergangenheit (2018-2020 und 2022) haben die Bodenwasserspeicher nachhaltig entleert und insbesondere auf den sandigen Böden Ostdeutschlands zu deutlichen Ertragseinbußen geführt. Ob diese Häufung von Extremjahren einen generellen Trend darstellt oder als statistischer Ausreißer anzusehen ist, lässt sich noch nicht mit Sicherheit sagen.

Aus dem globalen Prozess ergibt sich für die Landwirtschaft ein dringender lokaler Handlungsbedarf für eine Anpassung an den Klimawandel. Dabei stellen sich verschiedene Fragen: Wie kann sich die Landwirtschaft an den Klimawandel bestmöglich anpassen? Wie sehen konkrete Lösungen für die Regionen aus? Wie können ökonomische und ökologische Tragfähigkeit gleichermaßen gewährleistet und weiter optimiert werden und welche Handlungsfelder sind hierfür regional relevant?

Regional passfähige Lösungsansätze und Wege zu verbesserten Anbauverfahrenslösungen benötigen integrative und interdisziplinäre Ansätze, weil zum einen die Manifestation des Klimawandels sehr komplex ist und zum anderen Landwirte auf der betrieblichen Ebene auch anderen Anforderungen gerecht werden müssen. Mit geeigneten Verfahren müssen

dabei die Konsequenzen der entwickelten Mitigations- und Klimaanpassungsstrategien für alle relevanten Handlungsfelder wie den Klimaschutz, Bodenschutz, Gewässerschutz und die Biodiversität gegenübergestellt werden.

Ziel dieser Session ist es, die verschiedenen Ansätze zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel zusammenzubringen und zu erörtern, wie die Vielzahl vorhandener oder neuer Lösungsansätze und Strategien zur landwirtschaftlichen Klimaanpassung auf die regionalen Handlungsoptionen und lokale Bedürfnisse zugeschnitten werden kann. Wichtige Themen sind dabei u.a.:

- ökonomische und ökologische Tragfähigkeit in den Regionen gewährleisten,
- Optimierung landwirtschaftlicher Anbau- und Managemententscheidungen,
- Ausbau von Synergien und Minderung von Trade-offs,
- regionale Implementierung durch gezielte Wissenschafts-Praxis-Dialoge.

Ablauf

- Einführung
- Vorträge
 - Integrierter Ansatz zur Entwicklung und Bewertung ackerbaulicher Anbaustrategien zur Anpassung an den Klimawandel und Mitigation auf regionaler Ebene | Claudia Bethwell
 - Forschungsprojekt DaVaSus — Data and value-based decision-making for a sustainable landuse | Julia Toups
 - Wissenschaftliches Verbundvorhaben: Future Proof Grasslands | Mathias Paech
 - Die Agrarbodenlandschaft Deutschlands — Ein multivariates Datenprodukt | Mareike Ließ

- Auswirkung des Klimawandels auf den regionalen Bewässerungsbedarf in Deutschland | Jacob Jeff Bernhardt
 - Entwicklung landwirtschaftlicher Erträge unter Klimawandel ohne Bewirtschaftungsanpassung | Tobias Conradt
- Poster
 - Integrierte Klimawandelanpassung durch teilstandardisierte Beratungsmethodik | Nils Tolle
 - Diskussion
 - Offene Fragen zu weiteren Forschungsthemen und notwendiger Vernetzung in der Wissenschaft und zwischen Wissenschaft und Praxis für das Themenfeld „integrierte Ansätze zur landwirtschaftlichen Anpassung an den Klimawandel auf lokaler und regionaler Ebene“ identifizieren und zusammenfassen.

Auswirkung des Klimawandels auf den regionalen Bewässerungsbedarf in Deutschland

Bernhardt, Jacob-Jeff¹ ✉; Potts, Franziska¹; Zinnbauer, Maximilian¹

¹Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig

✉ jacob-jeff.bernhardt@thuenen.de

Der Klimawandel führt weltweit - wie auch in Deutschland - zu steigenden Durchschnittstemperaturen, Veränderungen beim Niederschlag und häufigeren Extremwetterereignissen. Klimatische Simulationen und Modellierungen prognostizieren einen abnehmenden Trend bei der Wasserverfügbarkeit für Pflanzen und Landwirtschaft in der Vegetationsperiode. Häufigere und langanhaltende Dürren erhöhen das Risiko für die Landwirtschaft zusätzlich - vor allem in Acker-, Garten- und Weinbau. Um mit diesem Risiko umzugehen und die landwirtschaftlichen Erträge auf dem aktuellen Niveau zu sichern, gewinnt die Bewässerung als produktionstechnische Maßnahme an Bedeutung.

Gleichzeitig ist die Datenverfügbarkeit zur tatsächlichen Wassernutzung (z. B. aus der Agrarstatistik) begrenzt. Es ergibt sich eine Diskrepanz zwischen Datenverfügbarkeit und Informationsbedarf bei der Entscheidungsfindung von Planung und Politik.

In der vorliegenden Studie wurde der 'regionale landwirtschaftliche Bewässerungsbedarf' modelliert. Dieser Parameter kann zur Bestimmung regionaler Auswirkungen des Klimawandels auf den landwirtschaftlichen Wasserbedarf zur Bewässerung genutzt werden, ermöglicht den Vergleich vergangener und zukünftiger Entwicklungen und trägt dazu bei, die vorhandene Datenlücke zu schließen.

Das dazu entwickelte AIDreg-Modell (Agricultural Irrigation Demand Regionally) setzt das in der Praxis bewährte Prinzip der Bewässerungssteuerung räumlich um. Dazu werden Informationen zu den angebauten Kulturen (Wurzeltiefe, Wachstumsstadien, Wasserverbrauch, etc.) und zur Landnutzung (regionale Anbauumfänge) mit den vorherrschenden

bewässerungsrelevanten Bodeninformationen (z.B. Durchwurzelbarkeit, Wasserhaltefähigkeit, etc.) und Klimafaktoren (Niederschlag, Verdunstung) kombiniert. Mit einem eindimensionalen Mehrschicht-Bodenwasserhaushaltsmodell nach Vorbild des BOWAB-Ansatzes (Müller et al. 2012 - 10.48476/geober_20_2012) wird die tägliche Bodenfeuchte im effektiven Wurzelraum berechnet. Bodenfeuchte und kulturspezifische Bewässerungsentscheidungen fließen in der Bewässerungssteuerung zusammen und ermöglichen das Festlegen von Bewässerungszeitpunkten und -gabenhöhen. Die Summe bildet den potenziellen Bewässerungsbedarf je Raum- und Zeiteinheit.

Der potenzielle Bedarf gibt die optimale Bewässerungsmenge für die Kulturen bei den vorherrschenden Boden- und Klimabedingungen an. Um sich der tatsächlichen Bewässerung zu nähern, werden Faktoren Bewässerungswürdigkeit und Wasserverfügbarkeit herangezogen.

Zur Analyse langfristiger Veränderungen wird der Bewässerungsbedarf eines Referenzzeitraums (1991-2020) mit dem eines zukünftigen Zeitraums (2021-2050) verglichen, wobei auf regionalisierte Daten der RCP-Klimaszenarien (IPCC) zurückgegriffen wird.

Mit dem AIDreg-Modell lassen sich langjährige Trends des Bewässerungsbedarfs von der Bundes- bis zur Gemeindeebene für eine Vielzahl landwirtschaftlicher Kulturen ermitteln und interpretieren. Die Daten dienen als Informationsgrundlage für Entscheidungsträger*innen bei der Anpassung des landwirtschaftlichen Sektors an den Klimawandel, dem Umgang mit regionalen Wassernutzungskonflikten und bei der Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie.

Integrierte Entwicklung und Bewertung regionaler Anbaustrategien zur Klimawandelanpassung

Bethwell, Claudia¹ ✉; Kirfel, Kristina¹; Schwierz, Friederike¹; Glemnitz, Michael¹; Helbig, Jan²; Paap, Madeleine²; Strassemeyer, Jörn²; Aurbacher, Joachim³; Conradt, Tobias⁴; v. Buttlar, Christine⁵; Bloch, Ralf⁶; Krenkel, Sandra²;

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e.V.), Müncheberg, ²Julius Kühn-Institut (JKI), Kleinmachnow, ³Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU), Gießen, ⁴Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam, ⁵Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU), Göttingen, ⁶Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Eberswalde

✉ Claudia.Bethwell@zalf.de

Auf Grund des Klimawandels besteht für die Landwirtschaft die Notwendigkeit sich an den Klimawandel anzupassen und Treibhausgas-Emissionen zu mindern. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Maßnahmen im Ackerbau. Jedoch ist es wichtig sie zu wirksamen Strategien zu bündeln, die vor Ort geeignet und effektiv sind und regionale Besonderheiten berücksichtigen. Die Entwicklung regionaler Anbaustrategien muss das Agrarsystem ganzheitlich durch einen systemischen Ansatz aufgreifen. Die Strategien sollten sowohl wirtschaftlich tragfähig, betrieblich passend und umwelt- und biodiversitäts-freundlich sein. Regional passfähige Lösungen zu finden und die Umsetzbarkeit zu prüfen, erfordert aktive Einbeziehung landwirtschaftlicher Akteure. Welche ökonomischen und ökologischen Effekte verschiedene Strategien haben, welche Ökosystemleistungen bereitgestellt werden, welche Zielkonflikte auftreten und wo Optimierungsbedarf besteht, kann durch Modellierung quantifiziert werden.

Vor diesem Hintergrund hat das Forschungsprojekt OptAKlim einen systemischen Ansatz entwickelt, um regionale Anpassungs- und Mitigationsstrategien zum Umgang mit dem Klimawandel im Ackerbau zu entwickeln und zu bewerten. Die Anbaustrategien wurden in drei Regionen in Deutschland gemeinsam mit regionalen landwirtschaftlichen Akteuren in einem Wissenschafts-Praxis-Dialog identifiziert und mittels eines integrierten Modellierungsansatzes bewertet. Dieser Ansatz umfasste aufeinander aufbauende Modelle und Bausteine, mit der Klima- und Ertragsmodellierung, den pflanzenbaulichen Anpassungsstrategien an den Klimawandel und entsprechender

Anpassung der Pflanzenschutzstrategien, sowie verschiedener ökonomischer und ökologischer Bewertungstools. Diese Bewertungstools griffen dabei auf einen gemeinsamen Pool an regionalen Anbausystemen zurück. Dezidiert wurden regionaltypische landwirtschaftlichen Aktivitäten in einer Basissituation zusammengefasst und daraus verschiedene zukünftige Strategien zum Umgang mit dem Klimawandel abgeleitet. Ertrags- und Anbaumuster erlaubten eine Skalierung der Modellierungsergebnisse bis zur Regionsebene. Es wurden im Ergebnis der Modellierung Indikatoren für die ökonomische und ökologische Bewertung kalkuliert. Über dieses multikriterielle Verfahren erfolgte eine Ableitung von zielperspektivenabhängigen Trade-offs als Basis regionaler Empfehlungen.

Der entwickelte Ansatz und das Forschungsprojekt haben ein hohes Anschlusspotential, z.B. im Bereich der Verfahrensweiterentwicklung und Bewertung. Durch den modularen Aufbau des integrierten Modellierungsansatzes sind weitere Bewertungsmöglichkeiten integrierbar. So kann der Ansatz thematisch, z.B. auf Handlungsfelder der Ackerbaustrategie 2035 (BMEL 2021), erweitert werden. Das methodische Vorgehen ist darüber hinaus bei entsprechender regionaler Anpassung auf andere Regionen inner- und außerhalb Deutschlands übertragbar.

Referenzen

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), 2021. *Ackerbaustrategie 2035: Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau.*

Forschungsprojekt DaVaSus – Data and value-based decision-making for a sustainable landuse

Toups, Julia¹ ✉; Beule, Lukas³; Groß, Jonas⁴; Hiss, Michael⁴; Hoffmann, Gundula²; Horf, Michael²; Pinto, Severino²; Ricke, Mats¹; Suhl, Friederike²; Vogel, Sebastian²; Küsters, Max¹

¹Finck Stiftung, Briesen (Mark); ²Leibniz-Insitut für Agrartechnik und Bioökonomie, Potsdam; ³Julius Kühn-Institut, Berlin; ⁴Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt

✉ julia@gutundboesel.org

Im vom BMEL geförderten Forschungsprojekt „DaVaSus“ (Data and value-based decision-making for a sustainable landuse) soll ein Bewertungsmodell entwickelt werden, welches den Mehrwert einer multifunktionalen Landwirtschaft für die Bodengesundheit, die Biodiversität, das Klima und das Tierwohl zeigt.

Ziele und geplante Innovationen

Auf einem „Zukunftsbetrieb“ in Alt Madlitz (Brandenburg) werden regenerative Landnutzungskonzepte getestet. Der Zukunftsbetrieb schafft es, die Daten des Betriebs und der Umwelt so zu erfassen, zu bündeln und als Entscheidungsgrundlage zu nutzen, dass das ökologische, soziale und regionalökonomische Optimum angestrebt werden kann. Dafür schafft DaVaSus die Grundlage, indem die komplexen Zusammenhänge von Boden, Wasser, Biodiversität, (Mikro-)Klima, Tierwohl und Bewirtschaftungsformen mithilfe von digitalen Instrumenten gemessen, mittels Mobilfunk verfügbar gemacht, u.a. durch künstliche Intelligenz (KI) ausgewertet und mithilfe geeigneter Bewertungssystematiken monetär bewertet werden (Abb. 1).

Digitaler Lösungsansatz

Es wird ein Prototyp für die integrierte Datenerhebung, -vernetzung und -auswertung erarbeitet, welcher zukünftig auch auf andere Betriebe in verschiedenen Regionen übertragbar sein soll. Dabei stellt die Inwertsetzung von Ökosystemleistungen einen wesentlichen Fokusbereich des Projekts dar, um Landwirt*innen einfach und schnell aussagefähige und ganzheitliche Ergebnisse zu ihrer Bewirtschaftungsweise zur Verfügung stellen zu können.

Transdisziplinäre Forschungsstruktur

Das Grundgerüst des DaVaSus-Projekts bildet die direkte Vernetzung von Wissenschaft und Praxis und die Integration der On-Farm-Versuche in die Betriebsabläufe: Die Finck Stiftung setzt regenerative, multifunktionale Bewirtschaftungsformen in den Bereichen Öko-Ackerbau, Agroforst und Mutterkuhhaltung um, dokumentiert sie fortlaufend und führt die Erkenntnisse aus den ökologischen, ökonomischen und sozialen Erhebungen zusammen. Durch das ATB erfolgt die Datenaufnahme, insbesondere in Bezug auf Bodengesundheit, Gewässerschutz und Tierwohl zielgerichtet und mit neuester Sensortechnik. Das JKI steuert langjährige Erfahrungen zur Erfassung der Biodiversität sowie zu Funktionen von landwirtschaftlichen Böden und Pflanzen bei. Ideal ergänzt wird das Konsortium durch die Kompetenzen bezüglich der Datenerhebung und der Leistungs-Kostenrechnung des KTBL. Die gebündelte Auswertung der Messergebnisse erlaubt eine integrierte Betrachtung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und somit eine ganzheitliche Evaluation der Leistungen regenerativer und multifunktionaler Landwirtschaft.

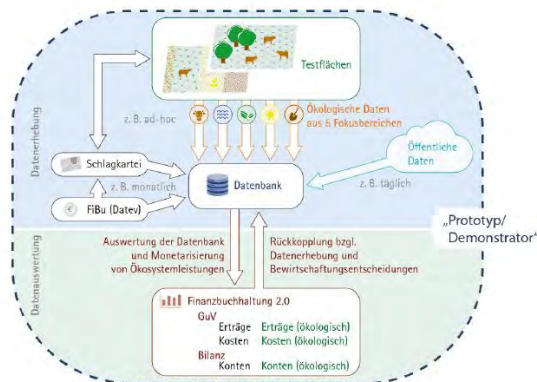


Abb. 33. Integrierte Datenerhebung und -auswertung im Forschungsprojekt DaVaSus

Wissenschaftliches Verbundvorhaben: „Future Proof Grasslands“

Paech, Mathias¹ ✉; Schwabe, Robert¹

¹Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen, Ovelgönne

✉ mathias.paech@gruenlandzentrum.de

Das durch das Wissenschaftsministerium Niedersachsen geförderte Verbundprojekt „Future Proof Grasslands“ widmet sich der Stärkung der Ökosystemleistungen in den Grünlandregionen des nordwestdeutschen Küstenraums durch Anpassung des Wassermanagements an den Klimawandel. Koordiniert durch das Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen erarbeiten die verschiedenen wissenschaftlichen Projektpartner (Tab. 1) zusammen mit den lokalen Praxisakteuren im Co-Kreationsprozess lösungsorientierte Wissensgrundlagen auf Basis von Exaktversuchen vor Ort. Mit Hilfe einer Kombination aus Grabenanstau sowie der Wasserzufuhr über die bestehenden Gräben (Kleinstgräben) wird die Möglichkeit von Wasserrückhalt in der Fläche simuliert. Um eine permanente Wasserzufuhr zu gewährleisten, werden die Gräben in niederschlagsarmen Perioden über solarbetriebene Schwimmpumpen mit Wasser aus der Vorflut gespeist.

Tab. 1. Partnerinstitutionen im Projekt „Future Proof Grasslands“

Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen e.V.

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Jade Hochschule Whv., Oldenburg, Elsfleth

Johann Heinrich von Thünen-Institut

Georg-August-Universität Göttingen

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Hochschule Osnabrück

Aktuelle Modellierungen der Klimaentwicklung projizieren für diese Region höhere Winterniederschläge, ausgeprägtere Dürreperioden im Sommer, häufigere Starkniederschläge und einen Meeresspiegelanstieg (Abb. 1). Die Tragweite wurde in den zurückliegenden fünf Jahren insbesondere im intensiv genutzten Grünland in Nordwestdeutschland deutlich und stellt den Küstenraum vor neuartige Herausforderungen.

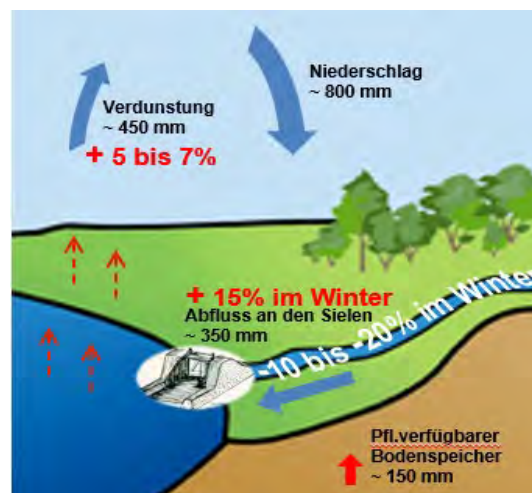


Abb. 1. Schematische Darstellung der klimatischen Wasserbilanz und potenzieller Abflussretention am Beispiel des Bezugsraums Wesermarsch (rot= Auswirkungen des Klimawandels)

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach einer Transformation des Systems der Binnenentwässerung hin zu einem ‚zukunftsicheren‘ integrierten Wassermanagement, welches nicht nur die Entwässerung bei Wasserüberschuss, sondern auch den vorausschauenden Wasserrückhalt zur Vermeidung von Wassermangel während zukünftig zunehmender Dürreperioden berücksichtigt.

Die Ergebnisse aus dem FPG-Projekt können einen Beitrag dazu leisten, ein klimaangepasstes, integriertes Wassermanagement für den nordwestdeutschen Küstenraum zu entwickeln. Wissenslücken, die sich insbesondere im Kontext von Wasserrückhalt für diese Region ergeben, können geschlossen werden und damit die Grundlage für einen zukünftigen Transformationsprozess darstellen, der die nordwestdeutschen Grünlandregionen samt ihrer Ökosystemleistungen stärkt und damit deren Resilienz angesichts prognostizierter klimatischer Veränderungen fördert.

Die Agrarbodenlandschaft Deutschlands – Ein multivariates Datenprodukt

Ließ, Mareike¹

¹Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Landwirtschaft, Lebensmittel und Ernährung/ Data Science, Weidenbach

✉ mareike.liess@hswt.de

Integrierte Ansätze zur landwirtschaftlichen Anpassung an den Klimawandel sowie deren Planung und Bewertung auf nationaler Ebene benötigen Parzellenscharfe, flächendeckende räumliche Bodeninformation.

Es wird ein methodischer Ansatz aus dem Bereich Data Science vorgestellt, der ein entsprechendes deutschlandweites Datenprodukt erzeugt. Der Bodenparameterraum wird in einer räumlichen Auflösung von 100 m × 100 m in der Fläche und 1 cm im Tiefenverlauf dargestellt. Der multivariate Bodenparameterraum wird zu funktionalen räumlichen Prozesseinheiten verdichtet. Jede Prozesseinheit ist durch die in ihr enthaltene Variabilität in Bezug auf die Bodeneigenschaften Bodenart, Steingehalt, Lagerungsdichte, hydromorphe Eigenschaften, Gehalt an organischem Kohlenstoff und pH-Wert repräsentiert.

Datengrundlage sind die Profildaten der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz. Der methodische Ansatz basiert

auf einem überwachten Klassifikationsverfahren, dass die Ähnlichkeit zwischen den Böden einerseits und die Ähnlichkeit der landschaftlichen Gegebenheiten/ Standortfaktoren andererseits berücksichtigt. Über ein Optimierungsverfahren werden so Prozesseinheiten mit der geringsten internen Variabilität und den größtmöglichen Unterschieden untereinander ausgewiesen. Das Verfahren berücksichtigt Unterschiede in den Variablentypen und -verteilungen.

Das hohe Potenzial der Methode wird anhand der Agrarbodenlandschaft Deutschlands demonstriert. Es ist auf andere Landschaften und ökosystemare Zusammenhänge übertragbar. Das Datenprodukt selbst ermöglicht die Abschätzung des Standortkonkreten Dürrerisikos sowie die Modellierung landwirtschaftlicher Prozesse und der Auswirkung von Veränderungen im Zuge des Klimawandels.

Ließ, M. (2022). Modeling the Agricultural Soil Landscape of Germany - A Data Science Approach Involving Spatially Allocated Functional Soil Process Units, *Agriculture* 12(11):1784.

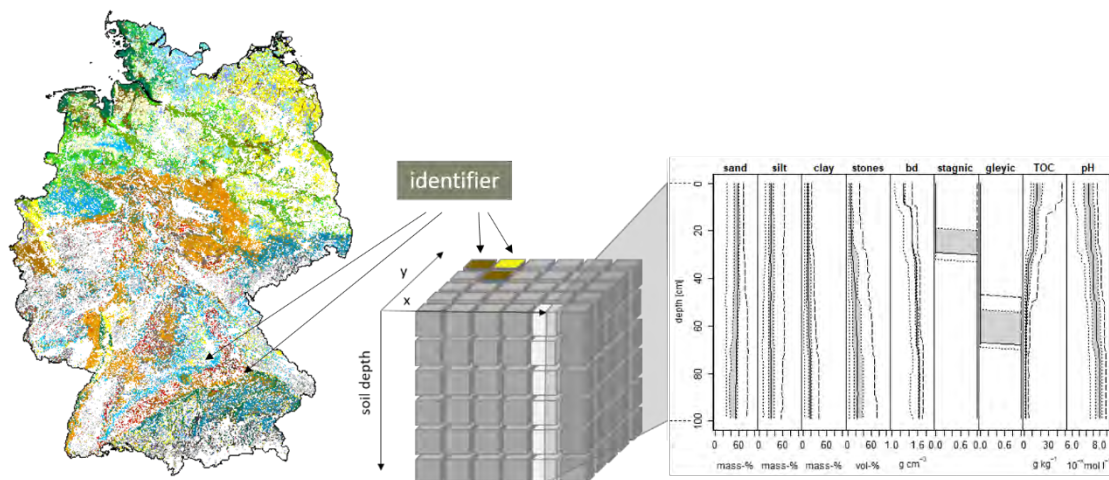


Abb. 34. Bodenparameterraum der Agrarbodenlandschaft Deutschlands (nach Liäß, 2022).

Entwicklung landwirtschaftlicher Erträge unter Klimawandel ohne Bewirtschaftungsanpassung

Conradt, Tobias

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam

✉ conradt@pik-potsdam.de

Um die Wirkung des Klimawandels auf die Erträge in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion zu bestimmen, wird am Potsdam-Institut schon seit langem mit statistischen und dynamischen Modellen experimentiert.

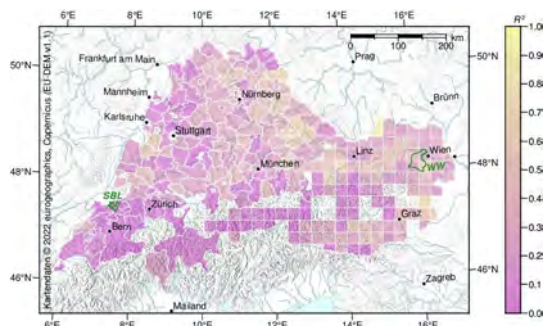
Eine selbstoptimierende Anwendung klassischer multipler linearer Regressionsverfahren stellt das Modell ABSOLUT dar (Conradt 2022 - 10.1007/s00484-022-02356-5); hiermit sind für viele Fruchtarten auch vergleichsweise verlässliche operative Ertragsprognosen kurz vor der jeweils aktuellen Ernte möglich. Intensiv getestet wurde das Modell zunächst auf Basis der deutschen Landkreise; eine Szenariensimulation für Deutschland diente ökonomischen Analysen im Rahmen der Evaluierung von Klimaanpassungsoptionen.

Im aktuellen Vortrag sollen auch erste Szenarienergebnisse im europäischen Kontext gezeigt werden. Zum einen eine Anwendung im nördlichen Alpenvorland, für die u.a. nicht frei erhältliche österreichische Ertragsdaten in einem 25 km-Raster verwendet werden konnten, zum anderen ein Beispiel aus Estland.

Während die Ergebnisse für Österreich denen in Deutschland recht ähnlich sind - viele Kulturen zeigen insbesondere in Regionen mit ärmeren Böden stagnierende Erträge aufgrund von Hitzestress und Wassermangel - profitiert Estlands Landwirtschaft noch vom Klimawandel. In den letzten zwei Jahrzehnten zeigte sich dies in vermehrtem Anbau von Winter- statt Sommergetreide. Die dadurch erhöhten Ertragspotenziale werden aber wahrscheinlich erst in naher Zukunft voll ausgeschöpft.

Insgesamt kann über die Modellierung eine Nordverlagerung der Anbauzonen einzelner Fruchtarten verfolgt werden; eine europaweite Simulation befindet sich derzeit im Aufbau.

Entsprechende Veränderungen im Fruchtartenspektrum der deutschen Landwirtschaft sind daher trotz der mit den Umstellungen in den Betrieben verbundenen Herausforderungen notwendig. Wissenschaft und Politik sollten bei diesem Prozess eine unterstützende Rolle einnehmen.



Räumliche Verteilung der Anpassungsgüte für Winterweizenerträge an den Alpen. Schwierigkeiten bestehen vor allem innerhalb der Bergregionen mit schwacher Datenbasis.

Integrierte Klimawandelanpassung durch teilstandardisierte Beratungsmethodik

Tolle, Nils¹ ✉; Holzknecht, Alena²; Wack, Janos²

¹Hof Tolle, Kassel-Calden, ²Triebwerk, Meißner

✉ nils.tolle@hof-tolle.de

Landwirtschaftliche Betriebe stehen vor vielen Herausforderungen - Biodiversitätserhalt, Schutz von Böden und Gewässern, Fachkräftemangel. Gleichzeitig belasten mangelnde Wirtschaftlichkeit und hohe Arbeitsbelastung viele Betriebe. Hinzu kommt sich intensivierende Auswirkungen der Klimawandel, die viele der bestehenden Probleme verschärfen und neue, unbekannte Risiken verursachen. Um in dieser komplexen und unsicheren Lage gute Entscheidungen zu treffen, bedarf es neuer Ansätze für die strategische Anpassung und Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebe. Das internationale Projekt ClimateFarming (2022-2025) leistet hier mit einem ganzheitlichen Beratungsansatz Pionierarbeit.

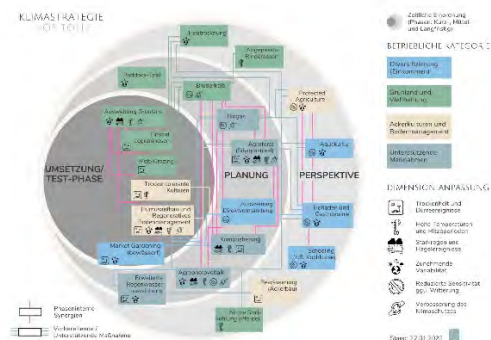
Das Framework ermöglicht einen zyklischen Planungsprozess, der Unsicherheit integriert, das Risiko von Fehlanpassung minimiert und die Implementierung transformativer Anpassung unterstützt. Zusätzlich ermöglicht es, dass vielfältige ökologische, soziale und ökonomische sowie betriebspezifische Ziele integriert bearbeitet werden. So können Synergien genutzt und Zielkonflikte minimiert werden. Dieser Decision-Support Ansatz der „Integrierten und Dynamischen Agrarplanung für den Klimawandel“ (kurz: IDAP-CC; Tolle, 2021) wurde 2022 mit dem Bundespreis Blauer Kompass ausgezeichnet.

Im Rahmen des ClimateFarming Projekts wird nun die Praxistauglichkeit des IDAP-CC weiterentwickelt. Ein erstes Zwischenergebnis ist die Entwicklung eines kompakten Beratungs- und Planungszyklus (Abb. 1). Dabei wurden die acht Prozessschritte auf fünf reduziert und die Erstellung der betriebsindividuellen Klimastrategie vereinfacht. Die nächsten Phasen im Projekt sind die weitere Anwendung der Methodik auf Praxisbetrieben in Deutschland, Luxemburg und Tschechien sowie die inhaltliche Ausbildung von Fach- und Beratungskräften in den Bereichen Klimawandelmanagement, Regenerative Landwirtschaft so-



Abb. 35. Der ClimateFarming Zyklus (engl.)

Basierend auf Methoden des *Decision-Making Under Deep Uncertainty* (Marchau et al., 2019 - 10.1007/978-3-030-05252-2) und der *Dynamic Adaptive Policy Pathways* (Haasnoot et al., 2013 - 10.1016/j.gloenvcha.2012.12.006) wurde ein Framework zur Entwicklung dynamischer und betriebsindividueller Klimastrategien konzipiert. Diese Klimastrategie integriert die Maßnahmen der regenerativen Landwirtschaft und ergänzt diese um weitere Anpassungs- und Kontingenzmaßnahmen.



wie der praktischen Anwendung.

Abb. 2. Visuelles Beispiel für den Beratungsoutput: Die dynamische Klimastrategie des Hof Tolle

Fazit | Integrierte Ansätze zur landwirtschaftlichen Anpassung an den Klimawandel auf lokaler und regionaler Ebene

■ Offene Fragen

- In welchen weiteren Bereichen können regionsspezifische Forschungsansätze zukünftig eine wesentliche Rolle für den erfolgreichen Umgang mit dem Klimawandel spielen?
- Wie kann die Übertragbarkeit von Lösungsansätzen auf andere Regionen regelbasiert weiterentwickelt werden?
- Wie müssen integrierte Ansätze weiterentwickelt werden, um zukünftig einen noch stärkeren Beitrag zu möglichst ganzheitlichen Folgenabschätzungen und der Minimierung von Zielkonflikten leisten zu können?
- Wie kann die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Stakeholdern in der Forschung zur Anpassung an den Klimawandel weiterentwickelt werden?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Regionalität: regionalspezifische Ansätze sind wesentlich im Bereich regionalspezifischer Klimafolgen, Ertragsabschätzung und Anpassungen und sie sind weiterzuentwickeln, u.a. im Bereich differenzierter, flächendeckender Bereitstellung von Informationen zu Boden/ Bodenfunktionen, im Bereich der Abschätzung von Dürrerisiken/regionalem Wasserbedarfsmanagement, für Lösungsansätze im Grünland und Ackerbau.
2. Integrierte Ansätze: sind essentiell um der Komplexität der Herausforderungen im Klimawandel gerecht zu werden und

müssen weiterentwickelt werden, um Systeme ganzheitlich erfassen und bewerten zu können, um für die anvisierten Lösungsansätze Zielkonflikte benennen und minimieren zu können, um Synergien zu generieren wie z.B. zwischen Ökonomie und Ökologie.

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity:

- Klimaforschung und Agrarwissenschaft zur Weiterentwicklung der Ertragsmodellierung unter dem Klimawandel,
- Data sciences und soil sciences zur Bereitstellung hoch aufgelöster differenzierter Informationen zum Boden und Bodenfunktionen unter Nutzung maschinellen Lernens bei der Erkennung von Mustern,
- Vernetzung von Bodenhydrologie, Agrarwissenschaft, Agronomie und juristischer Expertise für ein integriertes Wassermanagement,
- Integration von Ökonomie und Ökologie zur Bewertung von Lösungsansätzen auf betrieblicher, lokaler und regionaler Ebene;

... mit der landwirtschaftlichen Praxis:

- Zusammenarbeit verfolgt verschiedene Ziele: co-creation, co-design, co-production, co-evaluation von Lösungsansätzen (Bsp. lokale Ebene Grünland),
- Wissenschafts-Praxis-Dialog für die Entwicklung von Anbaustrategien zur Klimaanpassung und THG-Mitigation (Bsp. regionale Ebene, Ackerbau),
- datenbasierte Komplettbewertung eines exemplarischen Zukunftsbetriebes (Bsp. betriebliche Ebene, Zukunftsbetrieb).

44 Integrierte Tier-Pflanze-Agrarsysteme

Moderation: Christian Lambertz, Justus-Liebig-Universität Gießen

Seit den 1960er Jahren haben Züchtung, Verbesserungen im Herdenmanagement, vermehrter Einsatz von protein- und energiereichem Kraftfutter und eine verringerte Nutzung von extensivem Grünland die Produktivität von Tierhaltungssystemen erhöht. Dies führte zu einer Steigerung der Futtermittelverwertungseffizienz, der Arbeitsproduktivität und Erträge pro Tier sowie zu teilweise verminderten Treibhausgasemissionen je Produkteinheit. Jedoch resultierten aus der Spezialisierung und Intensivierung auch entkoppelte Stoffkreisläufe mit hohen Stickstoffüberschüssen, Treibhausgasemissionen, Flächenkonkurrenz, Boden-degradation und Probleme beim Tierwohl. In der Folge war und ist ein Akzeptanzverlust der modernen Nutztierhaltung in der Gesellschaft zu verzeichnen.

Eine stärkere Integration von Tierhaltung und Pflanzenbau wird demgegenüber aufgrund der vorgeschriebenen flächegebundenen Tierhaltung sowie dem systembedingten hohen Anteil an Dauergrünland und Futterleguminosen als Modell für nachhaltige Tier-Pflanze-Agrarsysteme betrachtet.

Die Session setzt hier an und zielt darauf ab gesamtgesellschaftliche Ansätze zu diskutieren, die die komplexen Wirkungen von tierischer Produktion auf Tier, Pflanze und Umwelt sowie die Akzeptanz der Gesellschaft untersuchen.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Das Potential zirkulärer Tierhaltungssysteme für Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt | Andreas Gattinger
 - GreenDairy - Integrierte Tier-Pflanze-Agrarökosysteme | Deise Aline Knob
 - Integriertes Tier-Pflanze-System in Dauerkultur: Zielgerichtete Beweidung - Schafe im Wein | Jakob Hörl
 - Zirkuläre Fütterungsstrategien in der ökologischen Hühnerhaltung | Christian Lambertz
 - Deutsche Holstein-Ochsenmast in einem silvopastoralen System | Tony Krebs
- Fazit

Das Potential zirkulärer Tierhaltungssysteme für Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt

Gattinger Andreas^{1,2} ✉, Knob Deise Aline¹, Lambertz Christian^{1,2}, Breuer Lutz¹

¹Justus-Liebig-Universität, Gießen, ²Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frankfurt

✉ Andreas.Gattinger@agrار.uni-giessen.de

Tierzucht und Tierhaltung stellen für die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft grundlegende Eckpfeiler dar. Jedoch hat die Spezialisierung der landwirtschaftlichen Tierhaltung der letzten Jahrzehnte zu Strukturen geführt, die von Stickstoffüberschüssen, Treibhausgasemissionen, Luft- und Gewässerverunreinigung, Flächenkonkurrenz, Artenverlust, Bodendegradation sowie Tierwohlproblemen gekennzeichnet sind. In Europa stammen rund 14% der gesamten Treibhausgasemissionen allein aus der Tierhaltung. All dies hat dazu geführt, dass die landwirtschaftliche Nutztierhaltung und insbesondere die Kritik an dieser in den letzten Jahren stark in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt ist. Neben der Förderung von Haltungssystemen die zu mehr Tierwohl führen, steigt zeitgleich die Zahl sich vegetarisch und vegan ernährender Menschen in Deutschland. Der generelle Verzicht auf tierische Lebensmittel allein würde aber die Herausforderungen einer regionalen und nachhaltigen Ressourcennutzung nicht lösen.

Im wissenschaftlichen Diskurs wird zur Überwindung des Effizienzproblems in der Tierhaltung, vor allem in der ökologischen, eine verstärkte Ausrichtung auf Suffizienz und Kaskadennutzung bzw. Zirkularität in der Nutztierhaltung gefordert. Alle drei Begriffe haben zwar etwas unterschiedliche Ausprägungen, meinen jedoch im Kern das Gleiche, nämlich eine landwirtschaftliche Nutztierhaltung innerhalb der planetaren Grenzen, die im wesentlichen Nahrungskonkurrenz (zwischen Human- und Tierernährung) sowie Verschwendung von Lebensmitteln und Ressourcen vermeidet und auf Synergien zwischen Tierhaltung und Ernährungssicherung abzielt. Bei der Eingabe folgender Suchsyntax sind mit der wissenschaftlich orientierten Suchmaschine „Google Scholar“ folgende Ergebnisse

erzielt wurden: „Tierhaltung UND Zirkularität“ 377 Ergebnisse; „Livestock AND circularity“ 28.900 Ergebnisse (google scholar Abfrage am 08.10.2023). Bei letztgenannter englischsprachiger Suche sind etliche Male unter den Toptreffern beide Begriffe im Titel und/oder Abstract aufgetreten. Daraus kann gefolgert werden, dass im Deutschsprachigen Raum diese Aspekte der Nutztierhaltung bislang wenig bis gar nicht untersucht wurden. Viel eher scheint hierzulande der Begriff Tierwohl den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs zu prägen, nicht zuletzt durch die jüngsten Empfehlungen aus der sogenannten Borchert-Kommission und der Zukunftskommission Landwirtschaft. Und dies, obwohl bereits im Jahre 2006 die viel beachtete Studie „Livestock’s Long Shadow“ der Welternährungsorganisation (FAO) die vielfältigen negativen Umweltwirkungen (Treibhausgase, Flächenbeanspruchung, Wasserverbrauch) von einer vorwiegend auf Produktivität ausgerichteten Nutztierhaltung verdeutlicht.

Genau hier setzt die Forschungsstrategie „Zirkuläre Tierhaltungssysteme“ an und skizziert Möglichkeiten und Visionen für eine Nutztierhaltung, die innerhalb der planetaren Grenzen funktioniert. Im Rahmen eines aktuellen Review-Papers werden auf der Basis abgeschlossener und laufender Forschungsvorhaben die wesentlichen Merkmale zirkulärer Tierhaltung für die Tierproduktionssysteme und den resultierenden Wertschöpfketten Milch, Fleisch, Ei dargestellt und die Potentiale für ein zirkuläres Ernährungssystem diskutiert.

GreenDairy – Integrierte Tier-Pflanze-Agrarökosysteme

Knob, Deise Aline¹ ✉; Lambertz, Christian¹; Gattinger, Andreas¹; und das GreenDairy-Team

¹Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen

✉ Deise.Knob@agrar.uni-giessen.de

Im Projekt GreenDairy werden auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen in einem mehrjährigen, experimentellen Vergleich von High-Input (HI) und Low-Input (LI) Milchproduktionssystemen nachhaltige Tier-Pflanze-Agrarsysteme entwickelt. Die Kernhypothese vom GreenDairy lautet: Die Haltungsdichte des Tier-Pflanze-Agrarsystems (high- vs. low-input) beeinflusst Produktivität, Umweltwirkungen und Tierwohl. Eine höhere Produktivität des high-input Systems reduziert die Umweltwirkungen pro Produkteinheit bei mindestens gleichbleibendem Tierwohl.

Im *Kernexperiment Tier* werden zwei Holstein-Friesian Herden (je 64 Kühe) in eine HI- und LI-Herde unterteilt. Die Tiere stammen aus einem HI-System unter ökologischen Bedingungen (Durchschnittsleistung: 8.400 kg pro Jahr). Im LI-System bekommen die Tiere eine vorwiegend grasbasierte Ration mit möglichst wenig Kraftfutter und einer angestrebten Leistung 7.200 kg pro Jahr. In der HI-Gruppe mit einer Zielleistung von 9.000 kg werden die Kühe mit Einsatz von Maissilage gefüttert. Über einen Fütterungsroboter wird herdenspezifisch die tägliche Futtermittelaufnahme erfasst. Die Umstellung der Fütterung der beiden Gruppen erfolgte über einen Zeitraum von 13 Wochen im Frühjahr 2023. Während der Weidesaison haben die Tiere täglich Zugang zur Weide.

Im Melkroboterstand werden der Methan- und Kohlendioxid-Ausstoß gemessen (CH₄, CO₂). Im Stall selber erfolgt eine kontinuierliche Messung von Temperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung, Ammoniak (NH₃) und Staubbelastung, sowie CH₄, CO₂ und Lachgas (N₂O). Alle Gasflussmessungen (NH₃, N₂O, CH₄, CO₂) werden mittels Laserspektrometer durchgeführt.

Im *Kernexperiment Pflanze* im Grünland- und im Ackerbau werden die HI- und LI-Bewirtschaftungssysteme in einer 8-jährigen Fruchtfolge miteinander verglichen. Die Eigenschaften eines Dauergrünlandes mit Variationen in der Güllebehandlung (Rohgülle vor, Dünngülle nach Separation jeweils aus HI und LI) werden untersucht.

Neben der Erfassung der raum-zeitlichen Variabilität von Ertrag, Qualität und Bestandszusammensetzungen, werden die Emissionen bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger bewertet. Gasförmige Verluste (NH₃, N₂O, CH₄, CO₂) werden mit automatischen Messkammern und einem Laserspektrometer gemessen.

Erste Ergebnisse aus der Umstellungsphase der Kühe zeigen insgesamt eine höhere Aufnahme von Trockenmasse und Kraftfutter der HI-Kühe (Abb. 1). Verbunden damit war auch eine entsprechend geringere Milchleistung.

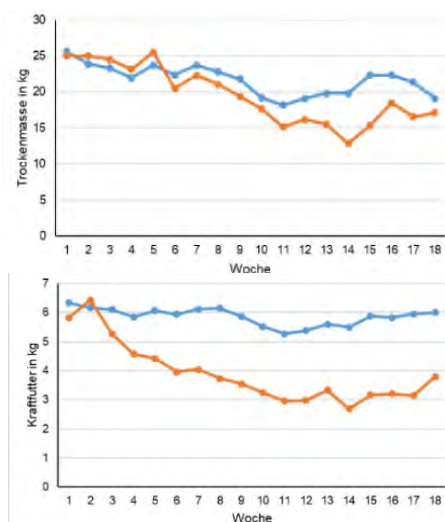


Abb. 1: Fütterung (TM und KF) der HI- (blau) und LI- (orange) Gruppen im Verlauf der Futterumstellung und den anschließenden 5 Wochen.

Das Projekt wird vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst im Rahmen des LOEWE-Schwerpunktprogramms gefördert.

Integriertes Tier-Pflanze-System in Dauerkultur: Zielgerichtete Beweidung – Schafe im Weinbau

Hörl, Jakob¹ 

¹Universität Hohenheim, Stuttgart

 jakob.hoerl@uni-hohenheim.de

Die Bewirtschaftung von Dauerkulturen wie Obst- und Weinbau erfordert hohen Ressourceneinsatz. Die Produktionsfokussierung erzeugt nachteilige Effekte auf biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen (Winter et al. 2018 - 10.1111/1365-2664.13124). Zukunftsweisende Bewirtschaftungsformen werden dringend gesucht. Ein vielversprechender Ansatz ist die Integration von Weidetieren (sog. Tier-Pflanzen-Systeme), die den Einsatz externer Betriebsmittel reduzieren, die Bodenqualität verbessern und die Kosten für die Landwirte senken können (Garrett et al. 2020 - 10.5751/ES-11412-250124).



Abb. 36. Entblätterung der Traubenzone auf Rebfläche im Steilhang mit Shropshire Schafen.

Erfolgreiche Beweidung erzeugt positive Effekte auf Arten- und Strukturvielfalt und kann bewusst als Werkzeug zum Erreichen von Bewirtschaftungszielen eingesetzt werden. Die sog. „Zielgerichtete Beweidung“ gewinnt zunehmend Zuspruch unter Praktikern, auch in intensiven Dauerkulturen wie Obstanlagen (Paut et al. 2021 - 10.3390/f12101339), Christbaumkulturen und Weinberge (Ryschawy et al. 2021 - 10.1016/j.landusepol.2021.105680).

Im Praxisforschungsprojekt "Win-Win im Weinberg" wurden von 2019-2023 die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der ganzjährigen Integration von Schafen in den Weinbau untersucht. Durch die Haltung der rund 40 eigenen

Schafen konnte das System zudem maßgeblich weiterentwickelt und praxistauglich gemacht werden. Die wissenschaftliche Zielsetzung des Projekts umfasste zwei Themenbereiche:

- Ökologisch und naturschutzfachliche Potenziale der ganzjährigen Integration von Schafen auf intensiv bewirtschafteten Rebflächen
- Einsatzmöglichkeit von Schafen durch zielgerichtete Beweidung als Werkzeug zur Erledigung von weinbaulichen Arbeitsschritten

Nach vier Jahren Beweidung zeigten sich erste Tendenzen einer Verschiebung der Vegetationszusammensetzung, hin zu mehr Gräsern auf beweideten Flächen. Die Vielfalt und Häufigkeit verschiedener faunistischer Artengruppen wird wesentlich stärker und schneller beeinflusst. So konnten mehr juvenile Regenwürmer und über 20 Dungkäferarten, davon 6 Rote-Liste-Arten auf den Weideflächen nachgewiesen werden. Auch die Wildbienen Vielfalt profitiert.

Bemerkenswert für die Praxis ist das weinbauliche Ergebnis. Detaillierte Aufnahmen (u.a. Arbeitszeit, Traubenqualität) zeigten, dass die zielgerichtete Beweidung von Rebflächen mit Schafen den kostenintensivsten Arbeitsschritt der manuellen Traubenzonenentblätterung günstiger mit ähnlich hoher Qualität erledigen kann. Der Huftritt der Tiere ergänzt die mechanische Bodenbearbeitung, schont den Boden und reduziert Erosion. Dies führt zu erhöhter Wasserspeicherfähigkeit und damit Klimawandelanpassung.

Die Zielgerichtete Beweidung mit Schafen kann damit einen wichtigen Beitrag zur ökologischeren Bewirtschaftung von intensiven Dauerkulturen leisten und derartige Systeme resilienter machen.

Zirkuläre Fütterungsstrategien in der ökologischen Hühnerhaltung

Christian Lambertz^{1,3} ✉; Luisa Benning², Lutz Breuer³, Klaus Eder³, Petra Engel³, Denise Geßner³, Sven König³, Andreas Gattinger³

¹Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Witzenhausen, ²Probenda GmbH, Pfungstadt, ³Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen

✉ christian.lambertz@fibl.org

Die Hühnerhaltung stellt auch in der ökologischen Landwirtschaft einen wichtigen Eckpfeiler dar, verbinden doch Verbraucher und Verbraucherinnen gerade mit der ökologischen Tierhaltung das höchste Maß an Tierwohl. Die Nutzung von Zweinutzungshühnerrassen wird von den Ökoerzeugerverbänden, dem Tierschutzbund und den Verbraucherorganisationen als die Haltungsform der Zukunft angesehen.

Ziel des laufenden Projekts GreenChicken ist die Entwicklung von zukunftsfähigen Fütterungsstrategien in der ökologischen Hühnerhaltung mit den Wertschöpfungsketten Ei und Geflügelfleisch, bei gleichzeitiger Verbesserung der Umwelt- und Klimawirkungen. In der Öko-Praxis werden derzeit überwiegend noch dieselben Genetiken wie in der konventionellen Eiproduktion verwendet, im Fokus steht jedoch der Verzicht auf die in Ovo-Selektion und damit einhergehend die Notwendigkeit der Bruderhahaufzucht. Das Aufstallen von Zweinutzungshühnern ist eine Möglichkeit auf die In-Ovo-Selektion zu verzichten und gleichzeitig eine akzeptable Ei- und Fleischproduktion zu erreichen.

Im Kernexperiment werden drei verschiedene Genotypen („Lohmann Sandy“ als kommerzielle Legehybride mit Bruderhahaufzucht als Referenz-Genotyp, „Lohmann Dual“ als kommerzielle Zweinutzungshybride und „ÖTZ Coffee“ als Zweinutzungshuhn aus der Öko-Zucht) verglichen. Neben den drei Kontrollgruppen ohne, erhalten drei Vergleichsgruppen eine Futtermischung mit einer Proteinquelle aus verarbeitetem tierischem Protein der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*). Die Haltung in Mobilställen mit Auslauf erfolgt auf einer mit Klee gras bestellten Ackerfläche. Die männlichen Tiere werden bis

zur 16. Lebenswoche gemästet und bei den weiblichen Tieren erfolgt eine Legeleistungsprüfung für 32 Wochen. Neben der Wachstums-, Schlacht- und Legeleistung werden auch der Gesundheitszustand und die Auslaufnutzung erhoben. Im Folgejahr wird auf der Versuchsfläche Getreide angebaut, um im Sinne der Zirkularität den Verbleib von Nährstoffen aus den Residuen der Hühnerhaltung bzw. Futtermittel in der Folgekultur zu untersuchen und bei der Nachhaltigkeitsbewertung zu berücksichtigen.

Zur Optimierung der Herstellung des Insektenproteins werden unterschiedliche Nahrungssubstrate aus der ökologischen Landwirtschaft (z.B. Biertreber, Gemüse- und Weintrester, Getreidespelze und Apfeltrester) im Sinne der Zirkularität in die Fütterung der Insektenlarven einbezogen.

Auf 20 Öko-Praxisbetrieben, die die Produktionssysteme des Kernexperimentes abbilden, werden die oben beschriebenen Daten entsprechend erhoben.

In einer Systemanalyse werden eine Ökobilanzierung sowie Stoffstrombilanzen für Stickstoff, Treibhausgaspotenzial und Wasserverbrauch der Produktionssysteme aus Kernexperiment und den Praxisbetrieben durchgeführt (Abb. 1).



Abb. 37. Elemente der Systemanalyse.

Das Projekt wird gefördert im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Deutsche Holstein-Ochsenmast in einem silvo-pastoralen System

Krebs, Tony¹ ✉; Boldt, Ariane²; Wulf, Ramona³; Maak, Steffen⁴; Barth, Kerstin¹

¹ Institut für Ökologischen Landbau, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Westerau, ² Institut für Tierproduktion, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Dummerstorf, ³ Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften, Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg, ⁴ Institut für Muskelbiologie und Wachstum, Forschungsinstitut für Nutztierbiologie, Dummerstorf

✉ tony.krebs@thuenen.de

Die deutsche Nutztierhaltung sieht sich in den letzten Jahren mit wachsenden gesellschaftlichen Anforderungen hinsichtlich des Tier- und Umweltschutzes bei gleichzeitig sinkender gesellschaftlicher Akzeptanz sowie den immer stärker sichtbar werdenden Veränderungen aufgrund des Klimawandels konfrontiert. Es werden deshalb neue Produktionssysteme benötigt, die sowohl den gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werden als auch eine höhere Resilienz gegenüber den Klimaveränderungen aufweisen. Aus diesen Gründen ist das Ziel unseres Forschungsprojekts, die Mast männlicher Nachkommen der Rasse Deutsche Holstein unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus in einem silvopastoralen System zu erproben und dabei die Auswirkungen auf die Leistung und das Wohl der Tiere, aber auch das wirtschaftliche Potenzial zu prüfen, um Empfehlungen für die Praxis abzuleiten.

Die Weidehaltung mit Futterhecken entspricht dabei den gesellschaftlichen Erwartungen an eine Nutztierhaltung mit mehr Platz, mehr Bewegung, Zugang zum Außenklima und der Möglichkeit für die Tiere, ihr artspezifisches Verhalten ausleben zu können (Grethe 2017 - 10.1146/annurev-resource-100516-053419). In der Milchviehhaltung wird insbesondere der Umgang mit dem Koppelprodukt „männliches Milchviehkalb“ zunehmend stärker kritisiert (Rutherford et al. 2021-10.3389/fvets.2021.635497). Der Ökolandbau macht dabei keine Ausnahme, da immer noch der größte Teil der männlichen Milchviehkälber in konventionelle Haltungssysteme abgegeben werden (Ivemeyer et al. 2017 - 10.1007/s13165-017-0189-3). Dies ist so-

wohl aus Sicht des ökologischen Landbaus als auch aus Gründen der Wertschöpfung nicht akzeptabel.

Die Fleischrinderhaltung geht im Tierhaltungssektor mit den größten Landnutzungsänderungen und den höchsten CO₂-Emissionen einher. Durch eine Nutzung der männlichen Nachkommen aus der Milchviehhaltung für die Fleischproduktion können diese Auswirkungen deutlich verringert werden (Ahmed et al. 2023 - 10.3390/ani13132182). Futterhecken haben zudem positive Effekte auf die Leistung und das Tierwohl z.B. durch Schattenwurf und erbringen dabei Ökosystemleistungen (z.B. Verbesserung der Luft- und Wasserqualität) (Vandermeulen et al., 2018 - 10.1071/an16434).

In einem ersten Durchgang wurden 11 Ochsen der Rasse Deutsche Holstein, aufgeteilt in zwei Versuchsgruppen (mit Futterhecke $n = 6$; ohne Futterhecke $n = 5$), über zwei Weideperioden mit einer Aufstallung in den Wintermonaten gemästet. Mit einem Alter von 640 ± 28 d wurden die Tiere geschlachtet. Die Fleischqualitätsparameter wurden am *Musculus longissimus dorsi* der linken Schlachthälfte untersucht. Es konnten mit Bullen vergleichbare mittlere Lebentagszunahmen von $948,8 \pm 73$ g erzielt werden. Hervorzuheben sind zudem der hohe Gehalt an intramuskulärem Fett ($4,7 \pm 1,5$ %) und der sehr gute Scherkraftwert ($54,0 \pm 11,3$ N).

Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein silvopastorales Haltungssystem mit Deutschen Holstein-Ochsen bei begrenztem Kraftfuttereinsatz und einer geringen Mastdauer durchaus eine Alternative zur herkömmlichen Rindfleischherzeugung sein kann.

Fazit | Integrierte Tier-Pflanze-Agrarsysteme

■ Offene Fragen

- Wie können zirkuläre Tierhaltungssysteme zu einer höheren regionalen Wertschöpfung führen?
- Mit welchen Beweidungssystemen (inkl. Agroforst, Heckenbeweidung, Sonderkulturen) lässt sich die Wiederkäuerhaltung effizient in eine zirkuläre Produktion integrieren?
- Wie lassen sich Futterströme optimieren, damit Restströme aus der Lebensmittelerzeugung besser in die Futterproduktion integriert werden können (z.B. Verwertung durch Insekten, Algen, Pilze, etc.)?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Rassenwahl bei Nutztieren
2. Standortangepasste Pflanzenarten
3. Anpassung Management (z.B. saisonale Abkalbung, jahreszeitlicher Wechsel von Beweidungssystemen (z.B. Agroforstflächen, Hecken, Sonderkulturen))

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Nutzung von Pflanzen / Zusatzstoffen zur Reduktion des Methanausstoßes bei Wiederkäuern
2. Reduzierung von Nährstoffausscheidungen, z.B. durch N-/P-reduzierte Fütterung, verbesserte Qualität von Grundfutter

... zur Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre

1. Humusaufbau durch effizientes Grünlandmanagement
2. Agroforst

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity

1. Zentral ist vor allem eine engere Vernetzung von Nutzpflanzenwissenschaften und Nutztierwissenschaften. Als besonders kritisch wird die abnehmende Anzahl Wissenschaftler im Bereich der Grünlandwissenschaften gesehen.

... mit der landwirtschaftlichen Praxis

1. Um die Zirkularität von Tierhaltungssystemen zu steigern, sind Praxisforschung und Praktiker-netzwerke, z.B. im Rahmen von Reallaboren, zielführend.

... entlang der Wertschöpfungskette

1. Insgesamt kommt dem Handel eine wichtige Rolle zu, da durch hohe Zielstellungen bzgl. Klimaneutralität entsprechende Hebel zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen mittelfristig unumgänglich sind. Im Bereich der Milchproduktion spielen die Molkereien eine zentrale Rolle.

45 Paludikultur: praxis-orientierte Forschung von Projektbeispielen in Deutschland

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz und Greifswald Moor Centrum (Projekt „PaludiZentrale“):
Dr. Franziska Tanneberger, Dr. Bärbel Tiemeyer und Amelie Hünnebeck-Wells

In Deutschland nehmen Moor- und weitere organische Böden eine Fläche von rund 1,8 Mio. Hektar ein und verursachen aufgrund der überwiegend entwässerungsbasierten Nutzung jährliche Emissionen von Treibhausgasen (THG) in Höhe von 53 Mio. t CO₂-Äquivalenten. Darüber hinaus führt die Entwässerung und Nutzung zu Biodiversitätsverlust, Nährstoffausträgen, mit Geländehöhenverlusten einhergehendem erhöhtem Hochwasserrisiko und Infrastrukturschäden sowie zur Verschlechterung der Bodeneigenschaften für eine landwirtschaftliche Nutzung. Durch Anhebung der Wasserstände können die THG-Emissionen erheblich reduziert, eine weitere Degradierung des Torfkörpers gestoppt und somit ein wesentlicher und dringend notwendiger Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele im Landnutzungssektor geleistet werden.

Produktive Nutzungsverfahren auf nassem bzw. wiedervernässten Moorstandorten bei gleichzeitigem Torferhalt bzw. Torfneubildung werden als Paludikulturen bezeichnet. Paludikultur umfasst sowohl Nasswiesen/Nassweiden-Nutzung als auch gezielt etablierte Dauerkulturen (Anbau-Paludikulturen). Die Umsetzung von Paludikultur in Deutschland beschränkt sich bisher überwiegend auf nasse Grünland-Bereiche, die im Rahmen der Landschaftspflege bewirtschaftet werden, sowie diversen Pilot- und Forschungsvorhaben mit meist kleinflächigen Anbaukulturen. Das BMEL und das BMUV fördern zudem seit 2022/23 Projekte mit großflächiger Umstellung und intensiver wissenschaftlicher Begleitung. Das übergeordnete Projekt „PaludiZentrale“ unterstützt die Vorhaben und ist verantwortlich für die übergreifende Auswertung des Monitorings, Evaluierung, Wissenstransfer und Vernetzung. Das nötige praxis-orientierte Wissen wird somit rasant anwachsen.

In dieser Session soll anhand verschiedener Projektbeispiele die aktuelle praxis-orientierte Forschung zu Paludikultur

vorgestellt und diskutiert werden. Dabei sollen diverse Forschungsthemen adressiert werden: THG-Emissionen, Hydrologie & Boden, Biodiversität, Anbau & Management, Verwertung & Vermarktung, Betriebswirtschaft und Sozioökonomie.

Ablauf

Teil 1: Bayern, Mecklenburg-Vorpommern

- Einführung in die Session
- Poster Pitches
 - Klimaschonende Kreislaufwirtschaft am Beispiel der Agrarbetriebe Schliebener Land | Christina Münch
 - Moorgrün GmbH - Beratung, Dienstleistung und Coaching aus der Praxis für die Praxis | Sebastian Petri
 - Biodiversitätsfördernde Flankierungen nasser Moorbewirtschaftung | Franz Wenzl
 - Klimaschutz durch Paludikulturverfahren: Steigerung der Planbarkeit und Effizienz | Telse Vogel
 - Biomasse aus wiedervernässten Niedermooren Brandenburgs für eine stoffliche Verwertung | Carsten Lühr
 - Nachhaltigkeit von Paludikulturen unter besonderer Berücksichtigung des Stoffhaushaltes (NAPALU) | Carla Bockermann
- Vorträge
 - Landwirtschaftlicher Moorbodenschutz in Bayern: Aktueller Stand des Projekts MoorBewi | Lennart Gosch
 - Paludikulturen - Schlüsselement zur Minderung der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft | Tim Eickenscheidt
- Poster Pitches
 - Einfluss der Nährstoffversorgung auf Ertrag und Qualität verschiedener Paludikulturen | Doreen Koltermann

- Paludikulturen in der Etablierungsphase: Einfluss von Pflanzenart, Pflanzdichte und Wasser | Doreen Koltermann
 - Klimaschutz durch Paludikulturen auf wiedervernässten Moorstandorten | Doreen Koltermann
 - Zur Einrichtung und Entwicklung von Paludikulturflächen in Schweden | Sabine Jordan
 - Neue faserbasierte Lösungen zur Produktion von Formteilen aus Paludibiomasse im Nassverfahren | Viktor Staryh
 - EDELNASS – Nassgrünland-Biomasse für Plattformchemikalien und Papier-Faserguss | Kora Uellendahl
 - Vortrag
 - Paludikultur in die Praxis bringen: Erfahrungen mit 10 ha Rohrkolben-Anbau nach 5 Jahren | Sabine Wichmann
 - Poster Pitches
 - Identifying and exploring the stakeholders needs and requirements for paludiculture | Thi Huyen Trang Dam
 - Baustofftechnologie und Monitoring von Modelgebäuden mit Typhadämmstoffen | Murat Ince
 - Paludi-Biomasse für biobasierte Werkstoffe | Jonas-Rumi Baumann
 - Neues Master-Modul „Paludikultur und Moorschutz“ an der Universität Rostock | Anke Günther
 - Paludikultur mit Seggen - Zwischenstand der Entwicklung von Anbauverfahren | Frank Pannemann
 - Typha biomass as an alternative raw material in growing media for vegetable production | Claudia Oehmke
 - Zusammenfassung
- Teil 2: Schweiz, Brandenburg, Niedersachsen
- Einführung in die Session
 - Vorträge
 - Treibhausgasmessungen beim Nassreisanbau in der gemäßigten Zone Europas | Chloé Wüst-Galley
 - WetNetBB: Netz von Modell- und Demonstrationsvorhaben in Moorregionen Brandenburgs | Lina Richter
 - Angepasste Landtechnik und Spezialmaschinen für eine moorschonende Grünlandnutzung | Paul Mosebach
 - Niedermoor-Paludikultur in Niedersachsen | Colja Beyer
 - Treibhausgasbilanz für einen vollständigen Produktionszyklus einer Sphagnum-Paludikultur | Caroline Daun
 - Best Practice Sphagnum-Paludikultur auf ehemaligem Hochmoorgrünland | Matthias Krebs
 - Zusammenfassung

Klimaschonende Kreislaufwirtschaft am Beispiel der Agrarbetriebe Schliebener Land

Münc, Christina¹ ✉; Förster, Björn¹

¹Agrarbetriebe Schliebener Land, Schlieben

✉ muench@agr-ar-schlieben.de

Innerhalb von Deutschland gehört Brandenburg zu den am stärksten durch die klimatischen Veränderungen betroffenen Regionen. Extremwetterereignisse, insbesondere Trockenheit, treten immer wieder auf. Die Agrarbetriebe Schliebener Land (AbSL), die im Süden Brandenburgs beheimatet sind, haben daher schon frühzeitig ihre Bewirtschaftung auf nachhaltigen Kreislaufwirtschaft mit geschlossenen Stoffkreisläufen umgestellt. Dabei gehen Produktivität, Biodiversität und die Minimierung von Klima- und negativen Umweltwirkungen Hand in Hand. Abb. 1 zeigt das zirkuläre Prinzip der AbSL schematisch.



Abb. 38. Kreislaufwirtschaft der Agrarbetriebe Schliebener Land

In der Praxis: Knapp die Hälfte der rund 3.300 Hektar Betriebsfläche sind Grünland, welches durch 1.800 melkende Kühe und ihre Nachzucht zu Milch und Fleisch veredelt wird. Aus den Exkrementen entsteht in den Biogasanlagen (3.000 kWel.) grüne Energie in Form von Strom und Wärme. Nach der Verwertung durch die Biogasanlage stehen die Sub-

strate (Gärrest und Gülle) dem Pflanzenbestand als natürlicher Dünger zur Verfügung. Im Zusammenhang mit dem, aus Reststoffen der Tierhaltung durch die Biogasanlagen erzeugten Strom / Wärme, werden jährlich 10.000 t CO₂ eq. eingespart, weitere 6.000 t CO₂ durch den Verzicht des Einsatzes von mineralischem Dünger. Potenzial wird in der Umsetzung der Quartierskonzepte zur Wärmeversorgung der Region Schlieben gesehen.

Im Ackerbau wird seit rund zehn Jahren auf den Einsatz des Pflugs verzichtet. Zielsetzung der konservierenden Bodenbearbeitung ist der Aufbau von Bodenfruchtbarkeit, Humus und Struktur sowie der Förderung des Bodenlebens, um den Wasserhaushalt zu optimieren und die Ertragssicherheit zu verbessern. Weiteres Potenzial wird in der Wiedervernäsung des Niedermoorgebietes Fichtwald-Ost gesehen und hier in der angepassten Nutzung: z. B. durch die züchterische Entwicklung der Holstein-Herde zum Schliebener Milchrind, durch die Weidemast der Holstein-Angus-Kreuzungen oder die energetische Nutzung der durch das Tier nicht zu veredelnden Biomasse.

Im Schliebener Land ist eine hohe Biodiversität mit mehr als 150 Pflanzenarten zu beobachten, die zur Resilienz von Flora und Fauna beitragen.

Um das Wissen über die komplexen Zusammenhänge einer zukunftsfähigen Landwirtschaft zugänglich zu machen, wird u.a. mit den Kitas und Schulen zusammengearbeitet. Denn nur, wenn man Kindern von Anfang an begreiflich macht, dass Tier, Mensch und Natur Respekt verdienen, werden sie als Erwachsene verantwortlich und nachhaltig handeln.

Moorgrün GmbH - Beratung, Dienstleistung und Coaching aus der Praxis für die Praxis

Petri, Juliane¹ ; Petri, Sebastian¹

¹Moorhofer Grünlandhof

 JulianePetri@outlook.de

Bei Betrachtung der derzeitigen Bewirtschaftungslage von Moorflächen zeigt sich, dass Landwirte durchaus einer moorschonenden Bewirtschaftung offen gegenüber sind, die finanzielle Mehrbelastung aber nicht auf sich nehmen können. Viele Betriebe haben Acker- und Grünlandflächen, selten ausschließlich auf Moor. Spezialtechnik ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht rentabel, da „das Moor“ nur einen Teilbereich der Betriebe ausmacht.

Der Betrieb „Moorgrün - GmbH“ befindet sich zum jetzigen Zeitpunkt in der Gründung.

Der Moorhofer Grünland Hof von Sebastian Petri und seiner Frau Juliane bewirtschaftet extensiv 286ha Niedermoorgrünland und verfügt bereits über Spezialtechnik in Form einer umgebauten Pistenraupe und einem moorangepassten Traktor mit Reifendruckregelanlage. Familie Petri hat bereits Dienstleistungsaufträge mit der Moorraupe angenommen und durchgeführt. Der Bedarf ist da, die Nachfrage steigt stetig.

Aus diesem Engagement heraus ist die Gründung der Moorgrün - GmbH entstanden.

Um der Nachfrage gerecht zu werden, wird die Moorgrün - GmbH in weitere Spezialtechnik investieren. Weitere Raupentechnik, vor allem zum Abfahren der Biomasse wird angeschafft werden. Aber auch zur Erhöhung der

Schlagkraft, um den Ansprüchen der Landwirtschaft zu entsprechen, wird die Technik erweitert werden. Die Technikentwicklung stellt hier ein weiteres Arbeitsfeld dar.

In der Praxis soll die derzeitige Spezialtechnik aktiv genutzt und angepasst werden, so dass durch die enge Zusammenarbeit mit den Herstellern Spezialtechnik zu regulärer Technik werden kann, die von der breiten Masse der Landwirtschaft akzeptiert und angewandt werden wird.

Das Konzept der Moorgrün - GmbH sieht eine ganzheitliche Begleitung der Betriebe vor.

Hilfe durch Dienstleistung auf den Moorflächen, aber auch Beratung zu fachspezifischen Fragen, rund um den Moorboden, Förderprogrammen und Technikanpassungen. Letztlich rundet das Coaching den Transformationsprozess ab. Betriebsumstrukturierungen, Neuorientierung und das Etablieren innovativer Wertschöpfungsketten können begleitet werden.

Eine hohe fachliche Kompetenz wird dadurch gewährleistet, dass die Moorgrün - GmbH aus der Praxis kommt. Ein stetiger Austausch mit den zuständigen Stellen und Forschungsinstituten soll sicherstellen, dass neueste Erkenntnisse aus der Wissenschaft, aber auch rechtliche Gegebenheiten aktuell und angepasst angewandt werden können.

Biodiversitätsfördernde Flankierungen nasser Moorbewirtschaftung

Wenzl, Franz¹ ✉; Friedrich Birr¹, Vera Luthardt¹

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde

✉ franz.wenzl@hnee.de

Moore sind von globaler Wichtigkeit für den Erhalt der biologischen Vielfalt (Minayeva 2008 - 10.19189/MaP.2013. OMB.150). Mit der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung und der damit einhergehenden Entwässerung, Bodenbearbeitung sowie Düngung ist ein erheblicher Verlust von hoch spezialisierter Artenvielfalt intakter Moore verbunden. (Lamers et al. 2015 - 10.1111/brv.12 102). Um der Klimakrise entgegenzuwirken, müssen u.a. Kohlenstoffspeicher bewahrt und natürliche Kohlenstoffsinken reaktiviert werden, zu denen auch Moore zählen (Leifeld & Menichetti 2018 - 10.1038/s41467-01803406-6). Die Lösung für diese Probleme bedingt alternativlos eine erneute Vernässung der Moorstandorte. Aktuell landwirtschaftlich genutzte Flächen können durch eine angepasste Bewirtschaftung nach Wiedervernässung weiterhin in Nutzung bleiben. Die alternativen Bewirtschaftungsverfahren sind an die neu entstehenden Standortbedingungen anzupassen, u.a. an Wasserhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit, Pflanzenbestand, betriebliche Rentabilität (Närmann et al. 2021 - 10.19217 /skr616). Insbesondere im Fokus stehen Biomasseverwertungen als nachwachsende Rohstoffe, die den Landwirt:innen die Möglichkeit geben neben dem Erbringen von positiven Ökosystemleistungen auch ökonomisch rentabel auf ihren Flächen wirtschaften zu können (FNR 2014 - 978-3-942147-18-7)

Auch für den Erhalt und die Entwicklung der einheimischen biologischen Vielfalt kann diese Nutzung positive Effekte bringen. Ziel kann dabei nicht die Wiederherstellung einstiger Zustände sein, sondern die Entwicklung neuer Lebensgemeinschaften in Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten. Viele Organismenarten sind in der Lage sich auch auf genutzten Flächen zu etablieren und diese als Sekundärlebensräume zu nutzen. Eine nasse Nutzung der Moorböden und dem damit einhergehenden Torferhalt, als auch ein gleichzeitiger

Schutz der Artenvielfalt kann funktionieren - allerdings gibt es noch wenige Erfahrungen mit den Wirkungen einer langjährigen Nutzung von z.B. Anbau-Paludikulturen auf die Artenvielfalt (Närmann & Tanneberger 2021 - 10.1007/s10113-022-01900-8). Um möglichen negativen Entwicklungen vorzubeugen, sollten zukünftige nasse und sehr feuchte Bewirtschaftungsverfahren von Beginn an naturschutzfachlich flankiert, kontrolliert und gegebenenfalls angepasst werden. Orientierung gibt ein Katalog von biodiversitätsfördernden Maßnahmen.

Durch rechtliche Vorgaben wie z.B. der Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutzmittel ist bereits eine Grundlage zur ressourcenschonenden, nachhaltigen Nutzung von Ökosystemen auf wassergesättigten organischen Böden vorhanden. Über diese gesetzlichen Grundlagen hinaus sind als biodiversitätsfördernde Standards z.B. Maßnahmen wie Rotationsbrachen, die als fördernd für feuchtgebiets-typische Arten angesehen werden bzw. Negativeffekte der Bewirtschaftung vermindern, zusammengestellt. Zusätzlich werden Empfehlungen für weiterführende Maßnahmen gegeben, die besondere gebietsspezifische Arten oder Biozönosen fördern wie z.B. gezieltes Parasitenmanagement. Wenn die Maßnahmen nicht im Rahmen von Moorschutzprogrammen finanziert sind, sollen sie über Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen und Vertragsnaturschutz honoriert werden. Dies ist bei einzelnen Maßnahmen bereits möglich.

Ziel ist es, die nasse, biodiversitätsfördernde Moorbewirtschaftung gegenüber einer entwässerungsbasierten Bodennutzung attraktiver zu gestalten und als aussichtsreiche Chance für Landwirt:innen zu verstehen, ihre Flächen produktiv zu bewirtschaften und gleichzeitig zum Biodiversitätserhalt beizutragen.

Klimaschutz durch Paludikulturverfahren: Steigerung der Planbarkeit und Effizienz

Vogel, Telse¹ ✉

¹Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow

✉ telse.vogel@uni-greifswald.de

Die Wiedervernässung von Mooren wird als große Chance im Klimaschutz gesehen. Diese stellt die Landwirtschaft aber vor große Herausforderungen. Der Anbau von Paludikulturen ist eine Möglichkeit, Klimaschutz mit einer landwirtschaftlichen Bewirtschaftung von Mooren in Einklang zu bringen. In dem Verbundvorhaben „Paludikultur in die Praxis bringen: - Integration - Management - Anbau“ (Paludi-PRIMA) wurde von 06/2019 bis 06/2022 die Rohrkolbenkultivierung in einem Praxisversuch (10 ha) erprobt und weitere Paludikulturverfahren untersucht. Dieser Forschungsansatz wird seit September 2022 im Verbundvorhaben „Paludikultur im Praxistest: Optimierung von Rohrkolben- und Schilfkulturen (Paludi-PROGRESS)“ fortgesetzt. Der Forschungsschwerpunkt der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV liegt auf der Durchführung von Arbeitszeitstudien für Paludikulturverfahren. Die Arbeitszeitstudien sind videobasiert und werden mit zwei anerkannten Programmen aus der Arbeitszeitwirtschaft der Firma DRIGUS (MEZA, PLAZET) durchgeführt und ausgewertet. Folgend werden Ergebnisse dieser Arbeitszeitstudien für zwei Rohrkolbenenernten dargestellt.

Im Winter 2021/22 und im Winter 2022/23 fanden Ganzpflanzenernten mit kettenbasierter Technik im Praxisversuch statt. Im Winter 2021/22 wurde im einstufigen Verfahren mit Technik der Firma Wellink Equipment (Arbeitsbreite 1,7 m; Ladevolumen 11 m³) geerntet. Die Winterernte 2022/23 ist in einem zwei-stufigen Verfahren realisiert worden (Ernte: Pistenraupe, mera Rabeler GmbH, Arbeitsbreite 3 m; Biomassebergung: Raupe mit Knicklenkung mera Rabeler GmbH; Ladewagen Schuitemaker,

Ladevolumen: 30 m³). Als Referenzverfahren wird das Arbeitsverfahren „Miscanthus häckseln mit Selbstfahrer (ein-stufiges Verfahren, Arbeitsbreite 4,5 m, Ladevolumen 50 m³)“ nach dem Feldarbeitsrechner des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft herangezogen. In der Abb. 1. ist der Arbeitszeitbedarf für die Rohrkolbenenernten im Vergleich zum Referenzverfahren dargestellt.

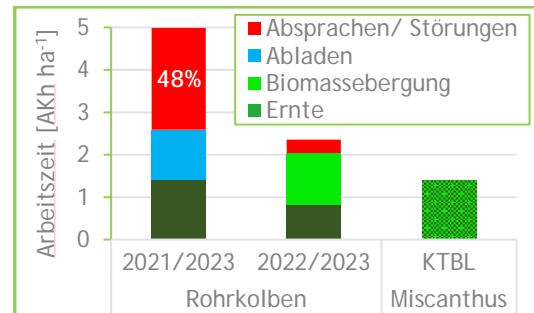


Abb. 39. Arbeitszeitbedarf in Arbeitskraftstunden pro Hektar (AKh ha⁻¹) für die Rohrkolbenenernten im Praxisversuch im Vergleich zum Referenzverfahren Miscanthus häckseln nach dem Feldarbeitsrechner des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)

Die Rohrkolbenkultivierung ist mit höheren Arbeitszeitbedarfen gegenüber herkömmlichen landwirtschaftlichen Verfahren verbunden, da die Technik für die Befahrbarkeit von Moorböden ein geringes Gewicht haben muss und damit die Arbeitsbreite begrenzt ist. Hinzu kommt, dass sich die Spezialtechnik noch in der Probephase befindet. Daraus resultieren Unterbrechungszeiten aufgrund technischer Störungen und für Absprachen, die einen Anteil von bis zu 50% am Gesamtarbeitszeitbedarf haben.

Für die effizientere Gestaltung von Paludikulturverfahren ist die Weiterentwicklung von Spezialtechnik erforderlich. Um die Entwicklung von Spezialtechnik voranzutreiben ist die Einführung einer Fördermöglichkeit entscheidend.

Biomasse aus wiedervernässten Niedermooren Brandenburgs für eine stoffliche Verwertung

Lühr, Carsten¹ ✉; Pecenka, Ralf¹; Heiermann, Monika¹; Marten, Anje²; Landgraf, Lukas²

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam, ²Landesamt für Umwelt, Potsdam

✉ cluehr@atb-potsdam.de

Innovative Lösungen zur Bewirtschaftung wiedervernässter Flächen stehen im Fokus des Anfang 2022 gestarteten Projekts BLuMo (Brandenburgs Luchgebiete klimaschonend bewahren - Initiierung einer moorerhaltenden Stauhaltung und Bewirtschaftung), das den Transformationsprozess der Landnutzung auf nassen Mooren voranbringen soll. Das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) erarbeitet dabei Lösungen für regionale Wertschöpfungsketten. Der vom Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg koordinierte Verbund ist eines von vier über einen Zeitraum von zehn Jahren gefördertes BMEV-Pilotvorhaben zum Moorboden- und Klimaschutz. Mit der Einrichtung von Demonstrationsflächen von ca. 750 ha für Pflanzenbestände, wie Seggen, Schilf und Rohrglanzgras, die noch keine wirtschaftliche Rolle in Deutschland spielen, betritt BLuMo Neuland.

Ziel des ATB ist die Entwicklung einer moorangepassten Bewirtschaftungstechnik sowie rentabler Verwertungslösungen für die erzeugte Biomasse. Dabei bringt das ATB seine langjährige Erfahrung im Bereich der Technik- und Verfahrensentwicklung ein, passt etablierte

Verfahren an und entwickelt für die besonderen rohstoffspezifischen Anforderungen von Paludikultur-Pflanzen neue Lösungen. Während es im Bereich der moorangepassten Bewirtschaftungstechnik bereits vereinzelte marktverfügbare Geräte gibt, hinken die technischen Möglichkeiten einer stofflichen Verwertung nasser Biomasse deutlich hinterher. Hier geht es im Sinne einer kaskadischen Biomassenutzung vorrangig um eine stoffliche Verwertung, die gegenüber einer energetischen Nutzung eine höhere Wertschöpfung mit besserer Klimabilanz verspricht.

Erste Produktlinien mit dem Potenzial zur kurzfristigen Umsetzung wurden identifiziert und werden gemeinsam mit Landwirten, Partnern aus der Wissenschaft und Industrie weiterentwickelt (Abb. 1). Die derzeit vielversprechendsten Produktlinien sind z.B. Papier- und Faserformteilprodukte für Verpackungen, Fasern für den Torfersatz in Kultursubstraten, Baustoffplatten oder Faserpellets für die Tiereinstreu mit anschließender Verwendung in Biogasanlagen. Mehrere Prototypen konnten in einer Pilotanlage am ATB schon erfolgreich hergestellt werden.

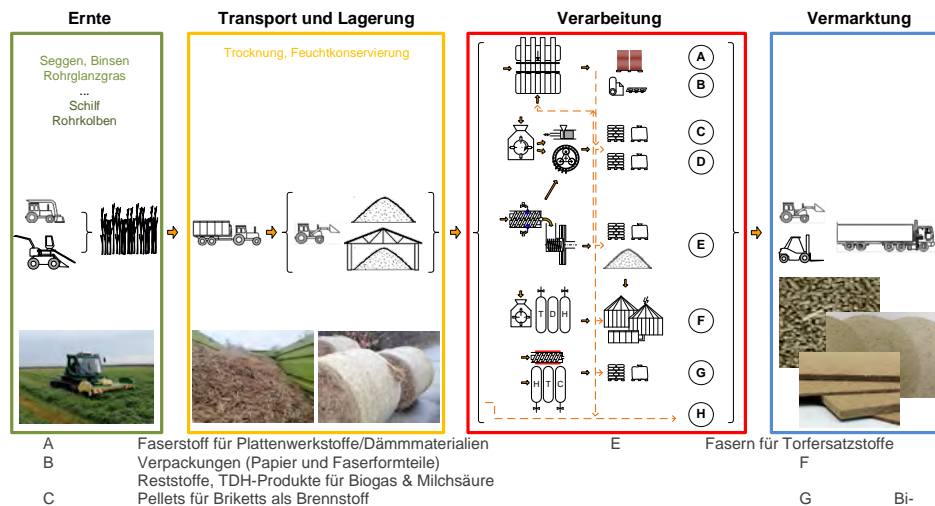


Abb. 40. Angepasste Prozesslinien für Biomasse aus wiedervernässten Mooren (Paludikultur).

Nachhaltigkeit von Paludikulturen unter bes. Berücksichtigung des Stoffhaushaltes (NAPALU)

Bockermann, Carla¹ ✉; Demmer, Moritz¹; Drösler, Matthias¹; Eberl, Jörg¹; Gutermuth Sarah¹; Eickenscheidt, Tim¹

¹Peatland Science Centre, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising

✉ carla.bockermann@hswt.de

Die Kultivierung und Entwässerung organischer Böden führt in Deutschland zu Treibhausgas (THG) Emissionen von ca. 54 Mio. t Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-Äq.) oder 7 % der Gesamtemissionen pro Jahr. Die Trockenlegung von Mooren zur intensiven landwirtschaftlichen Nutzung konterkarieren dabei von Deutschland ratifizierte, internationale Verpflichtungen zur Emissionsminderung oder z.B. das Übereinkommen über die biologische Vielfalt. Als Nutzungsalternative wird in Paludikulturen die aufwachsende Biomasse verschiedener Arten stofflich oder energetisch genutzt und gleichzeitig das Flächenmanagement extensiviert. Mehrere Forschungsprojekte, die sich mit der Bilanzierung von THG-Emissionen sowie der Bereitstellung von paludikulturspezifischen Emissionsfaktoren beschäftigen (MOORuse, MOORadapt, Produktketten aus Niedermoorbiomasse), haben konkrete Daten der Klimarelevanz zu neu etablierten Niedermoorpaludikulturen vorgelegt und gezeigt, dass die Gesamtemissionen signifikant gesenkt werden können und sogar eine netto Senkenfunktion erreicht werden können. Offen bleibt, wie sich der Biomasseentzug durch die Ernte in Zukunft auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen und somit auf die Ertragsstabilität und CO₂ Einbindung auswirken wird und inwieweit eine potentielle Nährstoffrückführung umweltverträglich gestaltet werden kann.

Das Verbundprojekt NAPALU zielt dabei auf eine nachhaltige Bewirtschaftung von wiedervernässten Niedermoorflächen ab. Ziel des Projektes ist es, den Einfluss der Nährstoffversorgung und weiterer relevanter Faktoren (z.B. Wasserstände) auf die mittel- und langfristige Ertrags- und Qualitätsentwicklung

von Niedermoorpaludikulturen sowie auf Umweltauswirkungen und Verwertungsoptionen zu quantifizieren. Hierzu werden auf bereits etablierten wiedervernässten Niedermoor-Paludikulturflächen in Bayern und Niedersachsen die langfristige Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Paludikulturen untersucht. Dies umfasst die Auswirkungen von Nährstoffverfügbarkeit auf die Biomassequantität und -qualität, den Stoffhaushalt (THG-Austausch und Nährstoffdynamik) und die Biodiversität. Die Anbauverfahren sollen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet und ein Pflanzenwachstumsmodell erstellt werden.

Der Aufgabenschwerpunkt des Peatland Science Centre im Teilprojekt 2 (Treibhausgas Austausch einer bayerischen Pilotfläche und Erfassung der Effekte von Nährstoffversorgung auf Produktivität und Umweltwirkungen) liegt in der hochfrequenten automatisierten Erfassung der THG-Flüsse in einer bayerischen Pilotfläche sowie der empirischen Modellierung des Spurengasaustauschs zur Bereitstellung von Emissionsfaktoren für unterschiedliche Paludikulturpflanzen (*Carex acutiformis*, *Phalaris arundinacea*, *Typha latifolia*) und Managementvarianten. Die 11 Messvarianten am Intensivmessstandort Freisinger Moos umfassen ungedüngte Paludikulturen sowie Paludikulturen unter Entzugsdüngung mit verschiedenen Düngerarten (feste und flüssige Biogasgärreste, mineralische stickstoffstabilisierte Volldünger) und unterschiedlichen Grundwasserstandsszenarien. Weiter werden die Effekte von Nährstoffversorgung auf Produktivität und Umweltwirkungen erfasst. Alle ermittelten Daten werden für die ökonomischen Bewertungen des Gesamtprojektes zur Verfügung gestellt.

Landwirtschaftlicher Moorbodenschutz in Bayern: Aktueller Stand des Projekts MoorBewi

Gosch, Lennart¹ ✉; Diepolder, Michael¹; Hartmann, Stephan¹; Koller, Teresa¹; Schmidt, Eva¹; Thurner, Stefan¹; Weiß, David¹; Woortman, Annika¹; Zwack, Bastian¹; Dextl, Marie-Luise²; Drösler, Matthias²; Jörg, Lena²; Lenz, Daniel²; Pannemann, Frank²; Röder, Pia²; Schlaipfer, Martina²; Goppelt, Julian³; Pflügler, Johann³; Sticksel, Ewald³; Wieland, Josef³; Mäck, Ulrich⁴; Schumann, Anja⁴; Burkhardt-mayer, Raphael⁵; Hafner, Michael⁵; Walter, Anita⁵; Freibauer, Annette¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, ²Peatland Science Centre, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising, ³Bayerische Staatsgüter, Freising, ⁴Arbeitsgemeinschaft Schwäbisches Donaumoos e.V., Leipheim-Riedheim, ⁵Donaumoos-Zweckverband, Karlshuld

✉ lennart.gosch@lfl.bayern.de; www.lfl.bayern.de/moorbewirtschaftung

Die derzeitige landwirtschaftliche Nutzung der Moorböden in Bayern führt zu einer stetigen Torfzehrung und damit verbundenen hohen Treibhausgasemissionen. Durch den Bodenverlust wird sie zudem ohnehin nur noch wenige Jahrzehnte möglich sein. Ein Transformationsprozess muss dringend angestoßen werden. Dieser stellt für die Landwirtschaft jedoch eine große Umstellung dar. Die lange Zeit praktizierte tiefe Entwässerung der Moorböden muss beendet und stattdessen ein oberflächennaher und damit torferhaltender Grundwasserstand angestrebt werden. Eine Nutzungsaufgabe ist insbesondere auf den oft intensiv genutzten Niedermoorstandorten in Bayern nicht vermittelbar. Hier können nasse Bewirtschaftungskonzepte einen Lösungsansatz darstellen.

Das Projekt „Entwicklung moorverträglicher Bewirtschaftungsmaßnahmen für landwirtschaftlichen Moor- und Klimaschutz (MoorBewi)“ widmet sich der Überwindung wesentlicher Hemmnisse für eine Umstellung auf eine nasse Bewirtschaftung. Dabei stehen die Nutzungskonzepte Feucht- und Nassgrünland und Anbau-Paludikulturen im Fokus. Die laufenden Etablierungsversuche werden durch Treibhausgasmessungen begleitet. Für die Futterproduktion auf Feuchtgrünland haben sich Saatgutmischungen mit angepassten Süßgräsern wie Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) und Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) als vielversprechend herausgestellt (Abb. 1). Bei den Anbau-Paludikulturen werden Labor- und Feldversuche mit der Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) durchgeführt, für die verschiedene Varianten der Einsaat und

Pflanzung erprobt werden. Gleichzeitig wird in den Bereichen Wassermanagement, Beweidung und Landtechnik an praxistauglichen Lösungen gearbeitet. Als Untersuchungsstandort dient unter anderem die Versuchsstation Karolinenfeld in der Nähe von Rosenheim, die in einen Musterbetrieb für eine moorverträgliche Bewirtschaftung umgewandelt werden soll. Für die Anbau-Paludikulturen (vorrangig Rohrglanzgras und Seggen) wird derzeit intensiv nach Vermarktungswegen u.a. im Bausektor gesucht.



Abb. 41. Mobile LfL-Schauparzelle mit Feuchtgrünland für die Futterproduktion.

Ab 2024 soll die Umstellung auf eine nasse Bewirtschaftung der Moorböden im Rahmen des bayerischen Kulturlandschaftsprogramms gefördert werden. Durch eine verstärkte Kommunikation und Bereitstellung fachlicher Informationen für die verschiedenen landwirtschaftlichen Akteure in der Schlussphase des Projekts MoorBewi soll die Annahme dieses Förderprogramms unterstützt werden.

Paludikulturen – Schlüsselement zur Minderung der THG-Emissionen in der Landwirtschaft

Eickenscheidt, Tim ; Bockermann, Carla; Drösler, Matthias

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Ökologie und Landschaft, Peatland Science Centre

 tim.eickenscheidt@hswt.de

Im Rahmen des deutschen Bundes-Klimaschutzgesetzes wurde beschlossen die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 Prozent bzw. bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren. Dem Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft soll dabei eine Schlüsselfunktion zukommen, indem die Senkenfunktion Schrittweise auf mindestens minus 40 Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalente bis zum Jahr 2045 ausgebaut werden soll. Im Jahr 2021 verursachten die land- und forstwirtschaftlich genutzten, drainierten organischen Böden rund 54 Mio. t CO₂-äq. und trugen somit zu 7.0 % der nationalen THG-Emissionen bei. Im Rahmen des

MOORuse-Projektes (2016-2022) konnte erstmalig gezeigt werden, dass eine Transformation der drainierten organischen Böden, hin zu einer nassen und angepassten Bewirtschaftung als Paludikultur, zu einer erheblichen Minderung der Gesamtemissionen an Treibhausgasen in den Sektoren Landwirtschaft sowie LULUCF führt. Wir geben einen umfassenden Einblick in die Ergebnisse aus den Projekten MOORuse sowie MOORadapt zu den Themenbereichen Etablierung, THG-Emissionen, Biodiversität, Verwertungspotentiale, Wirtschaftlichkeit sowie Klimaresilienz von Paludikulturen. Darüber hinaus werden offene Fragestellungen thematisiert und aktuell laufende Paludikulturprojekte des Peatland Science Centre (u.a. NAPALU) vorgestellt.

Einfluss der Nährstoffversorgung auf Ertrag und Qualität verschiedener Paludikulturen

Koltermann, Doreen¹ ✉; Langhof, Maren¹; Greef, Jörg Michael¹

¹ Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

✉ doreen.koltermann@julius-kuehn.de

Der überwiegende Teil (83 %) der klimarelevanten Emissionen entwässerter organischer Böden in Deutschland stammt aus landwirtschaftlich genutzten Flächen (BMU 2022). Die Entwicklung von Nutzungsalternativen, wie der Paludikultur, ist unumgänglich. Die Paludikultur ist die land- oder forstwirtschaftliche Nutzung nasser und wiedervernässter Moorflächen und anderer organischer Böden unter zumindest torferhaltenden hydrologischen Bedingungen (Wichtmann et al. 2016).

Erste Untersuchungen mit Paludikulturen haben gezeigt, dass Aushagerungseffekte sowie Qualitätsveränderungen in der Biomasse möglich sind, wenn keine Nährstoffnachlieferung erfolgt. Dies könnte langfristig zu Ertrags- sowie Qualitätsverlusten führen. Untersuchungen von 2023 - 2025 in einer Mesokosmenanlage (im Rahmen des FNR geförderten Verbundprojektes "Nachhaltigkeit von Paludikulturen unter besonderer Berücksichtigung des Stoffhaushaltes (NAPALU)") sollen dahingehend Aufschluss geben.

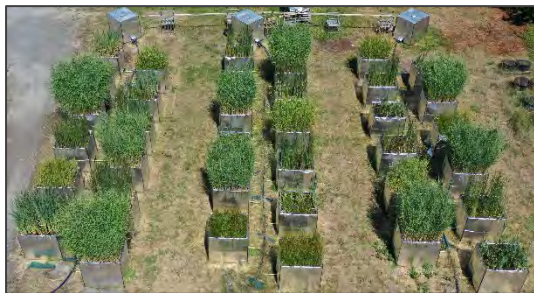


Abb. 42. Mesokosmenanlage mit Paludikulturen am Standort JKI Braunschweig

Heimische Paludikulturpflanzen (*Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* und *Phalaris arundinacea*) sind seit 2020 in einer Mesokosmenanlage (Abb. 1) ohne zusätzliche Nährstoffversorgung etabliert worden.

Über den dreijährigen Versuchszeitraum (2023 - 2025) werden regelmäßig Wasser- und Bodenproben entnommen und auf Nährstoffgehalte untersucht. Die Pflanzenentwicklung wird regelmäßig bonitiert und die Biomasseerträge bestimmt. Die Qualitätsparameter der Biomasse (Mikro- und Makronährstoffe, Chlorid, C/N-Verhältnis, Gerüstsubstanzen, Verteilung der Triebhöhen und -durchmesser) werden ermittelt.

Drei unterschiedliche Nährstoffversorgungsstufen wurden im 1. Jahr umgesetzt (Variante 1: ohne Nährstoffzugabe, Variante 2: 78 kg N/ha, 21 kg P/ha, 43 kg K/ha, Variante 3: 238 kg N/ha, 43 kg P/ha, 129 kg K/ha). Die Varianten wurden jeweils in 7 Teilgaben gesplittet und als Nährlösung mit dem Überflutungswasser im Zeitraum von April bis Juni 2023 verabreicht. Der Wasserstand wurde zunächst konstant bei ca. 10 cm unter der Bodenoberfläche gehalten. Aufgrund der schlechten Pflanzenentwicklung wurde eine Woche nach der letzten Nährstoffgabe für die *Typha*-Arten und *Phragmites* auf ca. 10 cm über Flur-Bewässerung umgestellt.

Innerhalb jeder Nährstoffvariante zeigte sich insbesondere bei den *Typha*-Arten eine hohe Variabilität in der Pflanzenentwicklung. Vermutlich hat die Variation der Wasserstände in den Jahren zuvor (2021 - 2022) noch immer Einfluss auf die Pflanzenentwicklung, womöglich über unterschiedlich stark ausgeprägte Rhizome (auch als Nährstoffspeicher). Die Boden- und Sickerwasseranalysen drei Tage nach der letzten Nährstoffgabe zeigten keine erhöhten Werte an Nitrat, Ammonium, Phosphat, Chlorid und Sulfat. Die Ertragsdaten der Winterernte 2023/24 folgen.

Paludikulturen in der Etablierungsphase: Einfluss von Pflanzenart, Pflanzdichte und Wasserstand

Koltermann, Doreen¹ ✉; Langhof, Maren¹; Greef, Jörg Michael¹

¹ Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

✉ doreen.koltermann@julius-kuehn.de

Der Anbau von Paludikulturen auf nassen oder wiedervernässten Moorflächen und anderen organischen Böden ist eine relativ neue Form der Landwirtschaft. Praxis- und Forschungsdaten zur Bestandes-etablierung sind daher noch rar.

Von 2020 bis 2023 wurden (im Rahmen des EFRE-Verbundprojektes "Produktketten aus Niedermoorbiomasse") experimentelle Anbauversuche mit heimischen Paludikulturpflanzen (Gemeines Schilfrohr - *Phragmites australis*, Schmalblättriger Rohrkolben - *Typha angustifolia*, Breitblättriger Rohrkolben - *Typha latifolia* und Rohrglanzgras - *Phalaris arundinacea*) in einer Mesokosmenanlage (in IBC-Containern) durchgeführt. Es sollten u. a. Erkenntnisse zur Pflanzen-, Ertrags- und Qualitätsentwicklung sowie zu Entzügen an Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) in der Etablierungsphase gewonnen werden. Ein zweifaktorielles randomisiertes Blockdesign in 3-facher Wiederholung wurde umgesetzt; 1. Standjahr (2021): Auswertung der Faktoren Pflanzenart und Pflanzdichte (1, 3 bzw. 6 Pflanzen/Container), 2. Standjahr (2022): Auswertung der Faktoren Pflanzenart und Wasserstand (10-15 cm über Flur (üFL), auf Flur (FL), 10-15 cm unter Flur (uFL), alternierend (ALT, max. auf Flur und min. 40 cm unter Flur nur bei *P. arundinacea*). Die Pflanzenentwicklung (u. a. Triebbildung und Höhenzuwachs) wurde regelmäßig dokumentiert, ein jährlicher Schnitttermin im Winter umgesetzt und Boden- sowie Biomasseanalysen durchgeführt.

Für die zügige Etablierung von *Typha* und *Phragmites* hat sich eine optimale Pflanzdichte von 1-3 Pflanzen/m² in Zusammenhang mit zeitnahe Wasserüberstau (10-15 cm) nach Pflanzung, was Konkurrenzflora unterdrückte, bestätigt. Für *Phragmites* und die *Typha*-Arten führte der konstant gehaltene üFL-Was-

serstand im 2. Standjahr zu einem Mehrertrag von ca. 30 %, wobei *T. latifolia* ertragsstärker war als *T. angustifolia*.

Die Morphologie (Wuchshöhe) des Schilfrohrs (Reet) wurde durch eine hohe Pflanzdichte und üFL-Wasserstand positiv beeinflusst. Eine gute Reetqualität in Form homogener Halmbestände (in Länge und Durchmesser) zur Eignung als Dacheindeckungsmaterial wurde schon im 2. Standjahr erzielt. Eine moderate Stickstoffverfügbarkeit im 2. Standjahr scheint ein gewünschtes weites C/N-Verhältnis im basalem Halmteil zu bedingen. Bei den *Typha*-Arten und *Phalaris* wurden die Inhaltsstoffe nur durch Standjahr und Pflanzenart bestimmt. So lagen bspw. die Gerüstsubstanzgehalte im 2. Standjahr höher als im 1. Standjahr. Die *Typha*-Arten unterschieden sich in den Gerüstsubstanzgehalten.

Der Nährstoffentzug wurde durch Pflanzenart und Standjahr sowie tendenziell durch Pflanzdichte bestimmt. Die mittleren Gehalte an N, P und K in der Trockenbiomasse (TM) waren bei Rohrglanzgras am höchsten. Schilfrohr enthielt die geringsten N-Gehalte. Unter Berücksichtigung max. erzielter Erträge (in TM) bei der Winterernte sind bei optimaler Nährstoffverfügbarkeit die höchsten Entzüge an Stickstoff durch die *Typha*-Arten, an Phosphor durch *Phalaris* und an Kalium durch *Phragmites* abzuleiten.

Die beobachteten Einflüsse von Pflanzenart und Standjahr auf die Inhaltsstoffgehalte sollten vor dem Hintergrund des Nutzungsziels sowie der Produktion gleichbleibender Biomassequalitäten weiter untersucht werden.

Klimaschutz durch Paludikulturen auf wiedervernässten Moorstandorten

Bacher, Saskia¹; Golla, Burkhard¹; Koltermann, Doreen²; Langhof, Maren²; Maaß, Oliver¹; [Saltzmann, Jovanka](#)¹ ✉

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenforschung, Kleinmachnow; ²Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

✉ jovanka.saltzmann@julius-kuehn.de

94 % der organischen Böden in Deutschland sind trockengelegt (ca. 1,6 Mio. Hektar). Obwohl diese Fläche vergleichsweise gering ist, ist sie für 7 % der gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands verantwortlich. Hier liegt ein enormes Treibhausgas-Einsparpotential, das nur realisiert werden kann, wenn Moorstandorte nass sind und eine Nutzung standortgerecht erfolgt. Derzeit wird die Hälfte der entwässerten Fläche (51 %) als Grünland bewirtschaftet während auf 18 % Ackerbau betrieben wird.

Das Projekt MOCOR untersucht alternative Bewirtschaftungsformen durch Paludikultur und potentielle Wertschöpfungsketten, die eine nasse Nutzung organischer Böden erlauben und alternative Einkommensmöglichkeiten für Landwirte bieten. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf der stofflichen Nutzung von Schilf und Rohrkolben in Baustoffen.

Treibhausgaseinsparpotentiale liegen in der Wiedervernässung organischer Böden, der Substitution energieaufwändiger betonbasierter Baustoffe durch Paludikulturanteile und in einer Verbesserung der Recyclefähigkeit.

MOCOR konzentriert sich auf landwirtschaftlich genutzte organische Böden, die eine kurz- und mittelfristige Nutzungsänderung vermuten lassen. Dafür wurden Geodaten zur Moorkulisse, Fruchtfolge, Klimatischer Wasserbilanz, zum Schutzstatus, und zu Moorwasserständen auf Feldebene analysiert und bewertet.

Es erfolgt eine Abschätzung des Flächenpotentials verschiedener moortypenspezifischer Nutzungsalternativen (Anbau-Paludikultur, Nasswiesen/-weiden). Das damit einhergehende Treibhausgaseinsparpotential wird anhand von aktuellen

Literaturdaten ermittelt. Für ausgewählte Paludikulturen werden Ertragspotentiale und Qualitätsausprägungen für selektierte Standorte unter definierten Annahmen (bspw. Wasserstand, Erntetermin) geschätzt. Die Ertragsschätzungen basieren auf eigenen Daten sowie Literaturdaten aus vorangegangenen Projekten.

Im Rahmen einer Wertschöpfungskettenanalyse wird die „nasse“ und „trockene“ Moornutzung sowie die Nutzung von „Paludikultur-basierten“ und konventionellen Baustoffen hinsichtlich Kosten und Nutzen verglichen. Hierzu werden u.a. verschiedene Akteure entlang der Wertschöpfungsketten „Schilf“ und „Rohrkolben“ befragt. Darauf aufbauend erfolgt die Definition und Untersuchung geeigneter Szenarien zur Abschätzung von Erlöspotentialen und Opportunitätskosten durch betriebswirtschaftliche Bewertungsmethoden.

Die Ergebnisse von MOCOR fließen in Handlungsempfehlungen zur Förderung einer klimafreundlichen Nutzung von Moorstandorten mit dazugehörigen Wertschöpfungsketten und Einkommensmöglichkeiten für Landwirte ein.

Das Projekt MOCOR wird im Rahmen des Klimaschutz-Sofortprogramms 2022 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft finanziert.



Zur Einrichtung und Entwicklung von Paludikulturflächen in Schweden: die Beispiele Ekebymossen und Norrbomuren

Jordan, Sabine ✉; Weber, Eva; Berglund, Örjan

✉ sabine.jordan@slu.se

Die Gewinnung von Torf für die Energieerzeugung und als Kultursubstrat für den Gartenbau hat in Nordeuropa eine lange Tradition. Um die Ökosystemfunktionen des genutzten Moores wiederherzustellen, schreibt das schwedische Gesetz eine Sanierung der ehemaligen Torfabbauf Flächen nach dem Torfabbau vor. Die häufigste Nachnutzung von abgetorften Mooren in Schweden war die Aufforstung, jedoch wird nun zunehmend auch auf Wiedervernässung gesetzt. Paludikultur auf schlecht entwässerten und daher unproduktiven, aber auch auf wiedervernässten Torfflächen scheint eine der vielversprechendsten Alternativen zu sein, um eine nachhaltige Biomasseproduktion durch eine klimafreundliche Landnutzung zu erreichen.

In den Jahren 2018 bis 2021 wurden auf 3 ha der ehemaligen Torfabbauf Fläche des Ekebymossen Torfmoose ausgebracht und eine Wiedervernässung der Fläche eingeleitet. Durch die Wiedervernässung hat sich bereits nach dem ersten Winter eine typische (torfbildende) Feuchtgebietsvegetation mit Torfmoosen im Unterwuchs von *Phragmites*, *Carex* und *Juncus* etabliert. Im Frühjahr 2021 wurden weitere 10 m³ Torfmoos dicht gepackt ausgebracht um

zu beobachten, ob verdichtete Torfmoos-Matten schneller wachsen als locker ausgebrachtes Torfmoos.

Auf ehemaligen Torfabbauf Flächen des Norrbomuren unterhält die Schwedische Landwirtschaftsuniversität (SLU) seit Februar 2022 eine Experimentalfläche zur Paludikultur. Dort wurden nach Beendigung des Torfabbaus eine Teilfläche zunächst wiedervernässt, während die andere der natürlichen Sukzession überlassen wurde. Auf der wiedervernässten Fläche erfolgte dann auf dem gefrorenen Boden im Winter die Ausbringung von Torfmoosen. So war es möglich, eine Beschädigung der Mooroberfläche durch das Befahren zu vermeiden. Auf der unbehandelten Fläche wird beobachtet, inwieweit eine natürliche Wiederbesiedlung auf Abbauf Flächen erfolgt. Aktuell zeigt sich auf dieser Fläche eine im Vergleich zu der angesalzten Fläche deutlich bessere Entwicklung der Moorvegetation.

Die Arbeiten werden durch regelmäßige Treibhausgasmessungen und Untersuchungen zum Wasserchemismus ergänzt. Ergebnisse zur Vegetationsentwicklung werden anschaulich durch Karten, Bilder und Tabellen im Poster veranschaulicht.

Neue faserbasierte Lösungen zur Produktion von Formteilen aus Paludibiomasse im Nassverfahren

Staryh, Viktor¹ ✉; Lühr, Carsten¹; Pecenka, Ralf¹; Neumann, Arno²; Dag, Tahsin²

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam, ²PAPACKS Sales GmbH, Köln

✉ vstaryh@atb-potsdam.de

Mit der Wiedervernässung von Moorstandorten ist eine Anpassung der landwirtschaftlichen Nutzung dieser Flächen erforderlich. Standortspezifisch kommt es zu Änderungen der Biodiversität - es siedeln sich für vernässte Standorte typische Arten wie Seggen, Binsen, Rohrglanzgras oder Schilf an. Diese Pflanzen (Paludibiomasse) sind jedoch nur stark eingeschränkt als Rohstoff oder Futter nutzbar.

Die Nutzung von Paludibiomasse als Nicht-Holz-Faserstoff kann folglich einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen, langfristigen Versorgung der Zellstoff- und Papierindustrie mit einem nachwachsenden, regional erzeugten Rohstoff leisten. Sehr vielversprechend ist der Einsatz von alternativen Faserrohstoffen im Bereich der Fasergussformtechnik anzusehen (Abb. 1).



Abb. 43. Herstellungsprozess eines Faserformteils (Faserguss) im Nassverfahren.

In einem vom BMWK geförderten FuE-Kooperationsprojekt im Rahmen des Programms „ZIM“ wird von den Partnern seit 08/2023 eine verfahrenstechnologische Lösung für die Biomasseaufbereitung sowie deren Faserverarbeitung im Nassverfahren zur Produktion von hochwertigen Fasergussformteilen auf Basis des völlig neuen Rohstoffs Paludibiomasse entwickelt. Die Faserstoffherstellung erfolgt in einem thermo-mechanischen Aufschlussverfahren, welches die Möglichkeit der flexiblen Verarbeitung von frischer, getrockneter oder auch feucht-

konservierter Biomasse inkludiert. In enger Verknüpfung müssen dabei Rohstoffbereitstellung, Stoffvorbereitung und Stoffwandlung so aufeinander abgestimmt werden, dass sich mit angepassten Formungswerkzeugen inklusive einer Stoffnachbereitung ein Produkt mit definiertem Anforderungsprofil erzeugen lässt. In ersten Tastversuchen konnte gezeigt werden, dass sich mittels thermo-mechanischen Faseraufschluss Laborprüfblätter erfolgreich aus 100 % Paludibiomasse (Rohrglanzgras) herstellen lassen. PAPACKS konnte in anschließenden Labortest anspruchsvolle Fasergussmuster aus 70 % dieses ATB-Faserstoffs formen (Abb. 2).



Abb. 44. Tastmuster wie Papiere und Faserformteile aus Rohrglanzgras.

Ziel des Vorhabens ist es daher, Paludibiomasse unterschiedlicher Mischungen und Lagerungsformen (frisch, getrocknet, feucht-konserviert) über verschiedene Verfahren (Einkürzung, Faseraufschluss, Konfektionierung, Auflösung, Formung, Formpressung, Trocknung) zu hochwertigen Faserformteilen zu veredeln. Aktuelle Forschungsergebnisse aus Versuchen im Technikumsmaßstab zum Bereich des Aufschlusses von lignocellulosehaltiger Paludibiomasse zu Faserstoffen sowie der erfolgreichen Verarbeitung dieser nicht-holz-basierten Paludifaserstoffe zu innovativen Faserformteilen werden auf der Tagung präsentiert.

EDELNASS – Nassgrünland-Biomasse für Plattformchemikalien und Papier-Faserguss

Uellendahl, Kora¹ ✉; Rühs, Michael¹; Lühr, Carsten²; Gusovius, Hans-Jörg²; Götz, Markus³; Kruse, Andrea³; Hogg, Manuel⁴; Sturm, Max⁴; Schmid, Markus⁴; Jurasinski, Gerald¹; Beckmann, Volker¹

¹Universität Greifswald, Greifswald, ²Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam, ³Universität Hohenheim, Stuttgart Hohenheim, ⁴Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Sigmaringen

✉ kora.uellendahl@uni-greifswald.de

Mit Umsetzung der notwendigen Vernässung von Mooren für den Klimaschutz, werden Nasswiesen mit heterogenen Beständen in Zukunft große Flächen einnehmen und große Erntemengen bieten. Da die Biomasse von diesen Standorten für Futterzwecke kaum geeignet ist, müssen neue Verwertungsmöglichkeiten erschlossen werden. Die Abkehr von fossilen Ressourcen und der damit steigende Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen ist dabei eine Chance.

Im F&E-Vorhaben "EDELNASS" werden praxisnahe stoffliche Verwertungswege für Aufwüchse von wiedervernässtem Moor-Grünland in verschiedenen Produktlinien mit diesen Arbeitsschwerpunkten untersucht:

- *Verarbeitung biogener Rohstoffe zu Zwischen- und Endprodukten*
- *Nachhaltiges Stoffstrom-Management in Produktionsprozessen*
- *Nachhaltige Erzeugungs- und Verwertungskonzepte*
- *Ökologische Leistungen der Erzeugungsverfahren*
- *Information und Kommunikation zu Bioökonomie und Nachhaltigkeit*

Seitens der Universität Greifswald werden Standortparameter von 5 Moorstandorten in Deutschland, die Gewinnung ihrer spezifischen Biomasse-Aufwüchse und die Verwertungsprozesse ökonomisch wie ökologisch analysiert. Von der Universität Hohenheim wird die Umsetzung der Paludibiomasse zu Plattform- oder Grundchemikalien untersucht. Aus diesen können anschließend neue Hochleistungskunststoffe synthetisiert werden, welche die Hochschule Albstadt-Sigmaringen in Zusammenarbeit mit Partnern testet und bewertet.

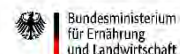
Vom ATB wird die Biomasseaufbereitung zu Faserstoffen und deren Verwendung in der Papier- und Faserformteilherstellung gemeinsam mit Partnern erprobt und bewertet.

Ziel der Untersuchungen in EDELNASS ist es, neue Wertschöpfungsketten auf der Grundlage von Nasswiesen-Bewirtschaftung zu entwickeln, die eine produktive Nutzung von Nassgrünland mit dem Erreichen von Naturschutz- und Klimaschutzzielen verbindet. Die Kosten von der Rohstoffbereitstellung bis zum Endprodukt werden in Demonstrationsvorhaben analysiert, um geeignete Betriebsmodelle für die einzelnen Verfahren abzuleiten, um diese beispielhaft in Moorregionen zur weiteren Implementierung vorzubereiten.

Für eine zukünftige Honorierung von Ökosystemdienstleistungen vernässter Moore werden Datengrundlagen ermittelt: CO₂-Bilanz der Verfahren und möglicher Produkte (inkl. bodenbürtiger Emissionen), Entwicklung von Artenvielfalt und Wasserqualität.

Das Projekt EDELNASS wird gefördert vom BMEL über den Projektträger FNR im Rahmen des Förderprogramms *Nachwachsende Rohstoffe* (FKZ 2222MT001) von 2023 bis 2026.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Paludikultur in die Praxis bringen: Erfahrungen mit 10 ha Rohrkolben-Anbau nach 5 Jahren

Wichmann, Sabine¹ ✉; Neubert, Josephine¹; Vogel, Telse^{1,2}; Köhn, Nora¹; Brendel, Meline¹; Kreyling, Jürgen¹

¹Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Partner im Greifswald Moor Centrum, Greifswald

²Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow-Prüzen

✉ wichmann@uni-greifswald.de

Rohrkolben (*Typha* spp.) ist als einheimische Feuchtgebietsart an wassergesättigte Böden angepasst und bietet durch die stoffliche Verwertung der Biomasse ein hohes Wertschöpfungspotential für wiedervernässte Moore. Erfahrungen mit dem gezielten Anbau von Paludikulturen sind bisher jedoch noch sehr begrenzt.

Der bei Neukalen (Mecklenburg-Vorpommern) auf 10 ha ehemaligem Niedermoorgrünland etablierte Rohrkolben-Praxisanbau liefert seit ca. 5 Jahren wertvolle Erfahrungen zu allen Schritten der Umsetzung:

- Flächenauswahl
- Planung & Genehmigung
- Baumaßnahmen/Flächeneinrichtung
- Pflanzung & Saat
- Management
- Ernte mit unterschiedlicher Technik
- Trocknung & Lagerung
- Biomasse-Verwertungsoptionen

Durch die mehrjährigen Untersuchungen zu Bestandsentwicklung, Biomassequalität, Arbeitszeitbedarf und Kostendaten werden auf der großmaßstäbigen Umsetzungsfläche Praxisdaten zum Pflanzenwachstum und zur Wirtschaftlichkeit des Rohrkolbenanbaus gewonnen.

Das Monitoring der 10 ha-Fläche bietet zudem bisher einmalige Möglichkeiten zur Quantifizierung der Ökosystemleistungen von Anbau-Paludikulturen hinsichtlich Wasser-, Nährstoff- und Kohlenstoffhaushalt sowie Biodiversität. Dabei steht die Praxisfläche auch für Erprobungen und Untersuchungen mit Kooperationspartnern zur Verfügung. Nicht zuletzt

ist der Praxisanbau eine bedeutende Paludikultur-Demonstrationsfläche für interessierte Besucher*innen.



Abb. 45. Rohrkolben-Praxisanbau (© T. Dahms).

Optimierungsbedarf besteht u. a. hinsichtlich der Reduzierung der Investitionskosten, der regionalen Verfügbarkeit von Erntetechnik, entlang der Biomasse-Verwertungskette sowie bei der Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik. Ein zentrales Anliegen ist der Wissensaustausch mit anderen Pilotflächen und der Wissenstransfer zur Implementierung neuer Paludikultur-Vorhaben.

Der Rohrkolben-Praxisanbau wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert:

Projekt „Paludi-PRIMA“ (2019-2022)
Projekt „Paludi-PROGRESS“ (2022-2025)

www.moorwissen.de/praxisanbau-von-rohrkolben.html

Horizon MarginUp! Project – identifying and exploring the stakeholders needs and requirements for paludiculture (biomass value chains development)

Dam, Thi Huyen Trang¹ ✉; Grundmann, Philipp¹; Orozco, Richard¹;

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam - Deutschland

✉ tdam@atb-potsdam.de

The concept of stakeholder awareness and the need for analysis is prevalent among project management principles. The projects of any significance, especially toward sustainability, typically require human solutions to reach completion. Understanding the attributes, interrelationships, interfaces among and between project advocates and opponents, assists projects in strategically planning. Herein lies a large portion of our project risk and viability, and ultimately the support that project must effectively obtain and retain. Contributing to the successful conclusion of the project, the stakeholder needs and requirements as well as powerful understanding of their expectations must be considered from the first stage of project implementation.

Funded by EU Horizon, deals with the climate-neutrality and sustainability areas, working toward enhancing the knowledge and understanding of all actors of the importance of biodiversity and challenges to be solved and to increase the European competitiveness and resource independence, MarginUp! project aims at restoration and sustainable exploitation of lands towards reducing the number of neglected lands and increase the biomass and bio-based value chain in 5 different EU countries. Context of German use case, project

proposes the application of paludiculture processes in Brandenburg rewetted fenlands with the purpose of obtaining a naturally growing feedstock for the sustainable production of biomass and subsequently manufacturing of bio-based products in a variety of regional industrial sectors.

We want to be careful and outline multiple interests that is done with the stakeholder's perspective, particularly those that are overt and hidden in relation to project objectives. There is wide range of techniques or tools to identify and understand the needs and expectations of major interests inside and outside the project environment. A study has been conducting followed 2 main steps: social media data analysis (analyse overt expression through social media platform) and materiality analysis (hiddenly interests analyse). This paper will report initial results from social media analysis using ATLAS.ti tool (step 1 of study) identifying public stakeholders' needs and expectations regarding biomass value chains development in their territories.

Each interest should be related to the appropriate project phase as our expectation, that is, interests change as the project moves from beginning to ending phases will be constantly reported.

Anwendung von Typha-Dämmstoffen in Modelgebäuden

Ince, Murat¹ ✉; Kordes, Jan¹; Wigger, Heinrich¹

¹ Institut für Materialprüfung, Jade Hochschule / Campus Oldenburg

✉ murat.ince@jade-hs.de

Das Institut für Materialprüfung an der Jade Hochschule am Campus Oldenburg hat in unterschiedlichen Forschungsvorhaben zur Umsetzung von Typha-Produkten an Bauwerken mitgewirkt. Schwerpunkt der Forschung / Anwendung sind nachwachsende Dämmprodukte für den Bausektor.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Bauphysik, Typha-Technik, der TH OWL und 3N wurden nachwachsende Wärmedämmprodukte an Mustergebäuden in Werlte und Oldenburg eingesetzt. Die Entwicklung unterschiedlicher Produktvarianten auf Basis der Typha-Pflanze erfolgte durch das Institut für Bauphysik und der Typha-Technik.

In den Mustergebäuden wurden unterschiedliche Dämmstoffe in den Außenwänden mit Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsfühlern verbaut. Die Monitoringsysteme zeigen auf, ob die Dauerhaftigkeit im Feld- und Langzeitversuch gegeben ist. Nach drei Jahren zeigen die Ergebnisse keine Einschränkung hinsichtlich der Dauerhaftigkeit. Das Wärme- und Feuchteverhalten von Typhaschüttungen und -platten kommt in keinen kritischeren Bereich im Vergleich zu konventionellen Dämmprodukten, s. Abb. 1.

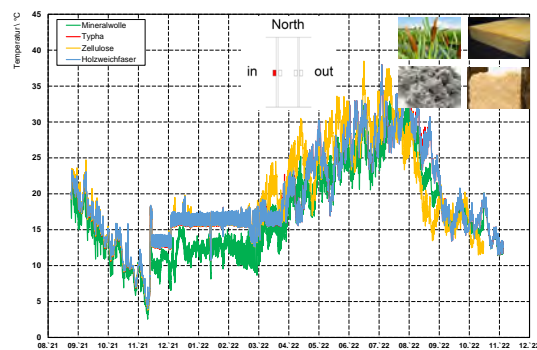


Abb. 46. Temperaturverläufe Typha-Dämmstoff vs. Konventionelle Dämmstoffe am „Science cube“ in Werlte

Einschränkend muss berücksichtigt werden, dass bisher die Gebäude aufgrund der Corona-Pandemie kaum genutzt wurden. Ab dem Wintersemester wird sich dies jedoch ändern. Das Gebäude an der Jade Hochschule wird dann als Seminargebäude mit Studierenden genutzt, wodurch eine Nutzung simuliert werden soll, s. Abb. 2.



Abb. 47. Testflächen im Energie-Effizienz-Prüfstand Jade Campus Oldenburg - Typha-Dämmplatten (v.l.n.r.: Vollplatten - Vollplatten inkl. Lehmputz - Typha-Sandwichelement mit Typha-Dämmschüttung)

Im Labor wurden bauphysikalische Eigenschaften der unterschiedlichen Baustoffe ermittelt. Mit der hygrothermischen Simulationssoftware (WUFI®) und den Wetterdaten an den Mustergebäuden werden Temperatur- Feuchteverläufe in den Konstruktionen zeitabhängig berechnet. Die erfassten Daten in den Konstruktionen werden mit den berechneten Temperatur- und Feuchtedaten verglichen und validiert.

Paludi-Biomasse für biobasierte Werkstoffe

Baumann, Jonas-Rumi¹; Beyer, Colja²; Rottmann-Meyer, Marie-Luise²; Müssig, Jörg¹ ✉

¹AG Biologische Werkstoffe, Bionik, HSB - Hochschule Bremen, Bremen

²3N Kompetenzzentrum Niedersachsen e.V., Werlte

✉ joerg.muessig@hs-bremen.de

Der Großteil der Moorböden in Deutschland unterliegt einer entwässerungs-basierten Landwirtschaft. Die dadurch freigesetzten jährlichen Emissionen von 53 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten entsprechen ca. 7,5 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen Deutschlands. Die Reduzierung der Emissionen dieser Flächen ist nur über eine Anhebung des Wasserstandes zu erreichen. Für eine effektive Senkung der Gesamtemissionen muss der Umfang der Wiedervernässung allerdings über regionale Renaturierungsmaßnahmen im Kontext des Naturschutzes hinausgehen (BMU 2022). Aus diesem Grund sind Nutzungsalternativen für wiedervernässte Flächen, wie die Paludikultur, unumgänglich.

Die Biomasse von Paludikulturen kann etwa als Bau- oder Dämmstoff, Futtermittel, Proteinquelle oder als Grundstoff von Kultursubstraten für den Gartenbau genutzt werden (Geurts et al. 2019 - 10.3220/LBF1576769203000). Auch die Anwendung in Biogasanlagen ist möglich, wobei aufgrund einer geringeren Zersetzung und verminderten Methanbildung nur geringe Mengen herkömmlichen Substrats durch Paludi-Biomasse ersetzt werden sollten (Hartung et al. 2020 - 10.1016/j.renene.2020.05.156).

Da für eine nachhaltige Nutzung von Biomasse regionale Nutzungsketten unabdingbar sind, müssen weitere Nutzungsalternativen mit möglichst hoher Wertschöpfung identifiziert werden. In der vorliegenden Arbeit wurde daher die Möglichkeit der Nutzung der Biomasse im Kontext von biobasierten polymeren Verbundwerkstoffen untersucht. Kompostierbare thermoplastische Polymere können einen Lösungsansatz für das Problem der Verschmutzung der Umwelt durch Kunststoffabfälle und die Mikroplastik-Problematik darstellen. Kurzfaserverstärkte Kunststoffe konnten bereits erfolgreich mit Naturfasern wie Hanf, Flachs, Cotton oder Nessel, aber

auch Wolle hergestellt werden (Roehl et al. 2023 - 10.1080/15440478.2023.2248383). Abbildung 1 zeigt den Vergleich der Zugeigenschaften von nessel-faserverstärktem PLA und reinem PLA und verdeutlicht, dass eine signifikante Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erreicht werden kann.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Bi-

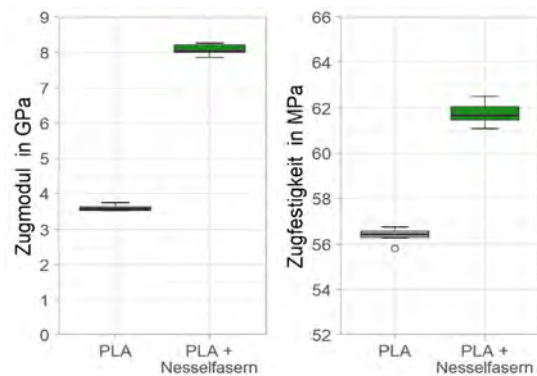


Abbildung 2: Vergleich der Zugeigenschaften eines mit 30 Masse-% verstärkten PLA-Nessel-Kurzfaserverbundwerkstoffs und reinem PLA.

omasse der Paludikultur-Pflanzen *Typha latifolia*, *Phalaris arundinacea* und *Carex* spp. genutzt, um spritzguss- und 3D-Druck-fähige polymere Werkstoffe herzustellen. Als Matrixkunststoff wurde das Polymer Polylactid (PLA) genutzt, welches aus regenerativen Rohstoffen wie Maisstärke gewonnen wird und unter industriellen Umständen vollständig kompostierbar ist (Taib et al. 2022 - 10.1007/s00289-022-04160-y).

Mit einem speziellen Compoundierungsverfahren wurden Verbundwerkstoffe mit einem Biomasseanteil von 30 % hergestellt und im Spritzgussverfahren zu normgerechten Prüfstäben verarbeitet. In verschiedenen Versuchen wurden die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe auf der Basis von Paludi-Biomasse bestimmt.

Neues Master-Modul „Paludikultur und Moorschutz“ an der Universität Rostock

Günther, Anke¹ ✉; Jansen, Florian¹

¹Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Landschaftsökologie und Standortkunde, Rostock

✉ anke.guenther@uni-rostock.de

Landwirtschaftlich genutzte, entwässerte Moorböden stellen eine erhebliche Quelle von Treibhausgasen dar. Die Reduktion dieser Emissionen wurden in der Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz und der Nationalen Moorschutzstrategie (2022) als essentiell für die Erreichung der Pariser Klimaschutzvereinbarungen benannt. Um die entsprechenden Ziele erreichen zu können, identifiziert die Nationale Moorschutzstrategie 2022 einen „erheblichen Bedarf an qualifiziertem Personal im Bereich des Moor- und Moorbodenmanagements“. Einsatzbereiche sind z.B. die Beratung von Landwirt:innen und Verwaltung zu Fragen der Bewirtschaftung von Moorböden oder die Planung und technische Umsetzung von Wiedervernässungen in qualifizierten Planungsbüros. Um den prognostizierten Bedarf an Moorexpert:innen decken zu können, bekennt sich die Nationale Moorschutzstrategie zum Ziel der „Verbesserung von Ausbildung und Studium“ im Bereich des Boden- und Moorschutzes.

An der Universität Rostock wird in diesem Zusammenhang im Sommersemester 2024 erstmals ein Modul zu „Paludikultur und Moorschutz“ angeboten. Es ist sowohl Teil des im Herbst 2023 gestarteten Master-Studiengangs „Nachhaltige Agrarsysteme“ („Sustainable Agricultural Systems“) als auch des Master-Studiengangs „Umweltingenieurwissenschaften“. Im Agrar-Master ist es im Rahmen der Profillinie „Agrarökologie“ als Pflichtmodul vorgeschrieben. Dieser Studiengang widmet sich der „ressourcen-, umwelt- und klimaschonenden Erzeugung von Lebensmitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft, nachwachsenden Rohstoffen und Futtermitteln“. Auch der Umweltingenieur-Studiengang widmet

sich weltweit anliegenden Umweltproblemen. Zu den Lern- und Qualifikationszielen des Moduls „Paludikultur und Moorschutz“ gehören konkret die Vermittlung von Grundlagenwissen zur Genese, Ökologie und Funktion von Mooren. Gleichzeitig sollen die Studierenden zur ökologischen und nutzungsorientierten Bewertung von Mooren und zur Entwicklung von wissenschaftlich fundierten nachhaltigen Konzepten für Nutzung und Schutz von Mooren befähigt werden.



Abb. 48. Die Wissensvermittlung ist zentraler Teil einer ökologischen Wende in der Nutzung ehemals nasser Agrarflächen.

Dies beinhaltet Lehrinhalte zu ökologischen und klimatischen Konsequenzen entwässerungsbasierter Moorbewirtschaftung sowie zu Paludikultur als Alternative einer nachhaltigen Moornutzung. Die Wissensvermittlung erfolgt im Rahmen von Vorlesungen und Seminaren sowie einem Geländepraktikum und einer Exkursion. Somit ist die notwendige Methodenvielfalt und Praxisnähe für eine spätere Arbeit in komplexen Themenfeldern der Moorbewirtschaftung gegeben.

Paludikultur mit Seggen – Zwischenstand der Entwicklung von Anbauverfahren

Pannemann, Frank¹ ✉; Schlaipfer, Martina¹; Goppelt, Julian³; Pflügler, Johann³; Sticksel, Ewald³; Heuberger, Heidi²; Tim Eickenscheidt¹; Freibauer, Annette²; Drösler, Matthias¹

¹Peatland Science Centre, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising, ²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, ³Bayerische Staatsgüter, Freising

✉ frank.pannemann@hswt.de

Paludikulturen sind die vermutlich effizienteste Nutzungsform, Klimaschutz im Moor und Erhaltung der Produktivität und landwirtschaftlichen Nutzung zu kombinieren. Entscheidend ist für einen größerflächigen Praxiseinsatz aber u.a., die Etablierungs- und Anbauverfahren zu optimieren.

Im Projekt MOORuse (2016-2022, ebenfalls an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf durchgeführt) wurde u.a. der Anbau mehrerer Paludikulturpflanzen erprobt und bei den Großseggen, im speziellen *Carex acutiformis*, gibt es trotz hohem Ertrag und guter Flächen-Klimabilanz des Anbaus die Herausforderung, einer geringen Keimfähigkeit des Saatgutes und einer langsamen Jugendentwicklung.

Im Rahmen des Projektes MoorBewi werden Laborversuche durchgeführt, um die Keimung zu optimieren und Feldversuche, um Methoden des Beikrautmanagements unter nassen Bedingungen zu vergleichen und Handlungsempfehlungen

für den Anbau von Großseggen in Paludikultur zu erarbeiten.

Im Bewirtschaftungsvergleich standen Hacken, Striegeln, Schröpfschnitte, Untersaaten mit Leindotter und Weißklee, sowie die Abdeckung mit biologischem Mulch und Mulchfolie. Fast alle Varianten wurden auf zwei unterschiedlichen Grundwasserflurabständen angelegt.

Es zeichnet sich ab, dass sich gepflanzte Seggen binnen eines Jahres unabhängig von der durchgeführten mechanischen Unkrautbekämpfung durchsetzen. Alle Varianten mit (Mulch-) Abdeckungen zur Unkrautunterdrückung entwickeln sich schon während des ersten Jahres zu einem Dominanzbestand und sind im ersten Winter erntebereit.

Gesäte Varianten reagierten deutlich stärker auf die mechanische Unkrautbekämpfung, allerdings stellt der noch immer geringe Feldaufgang eine Herausforderung dar.

TyphaSubstrat – Harvest and use of *Typha* biomass as an alternative raw material in growing media for vegetable cultivation

Oehmke, Claudia¹; Körner, Nina¹; Venker-Metarp, Kirsten¹; Günther, Sebastian³; Liang, Jennifer³; Schulze, Christian³; Wellink, Robert⁴; van Weeren, Aldert⁵; König, Uli Johannes⁶

¹Institute of Botany and Landscape Ecology, University of Greifswald, ²Institute of Pharmacy, Pharmaceutical Biology, University of Greifswald, ⁴Wellink GmbH, ⁵Wetland Products, ⁶Forschungsring e.V. Darmstadt

Peat remains the most important substrate in horticulture. Peat extraction is not sustainable, however, as the use of peat causes greenhouse gas emissions and peat cannot grow back quickly. The German government's Climate Protection Plan 2050 sees considerable potential in reducing the use of peat in horticulture in order to avoid greenhouse gas emissions. Although the substrate industry has independently defined targets for the reduction of peat for hobby substrates by 70% and for professional horticulture by 30%, until 2030, it is quite a great challenge to further increase the proportions to peat-free substrates in growing media for all sectors.

The demands on the physical, chemical and biological properties of substrates are very high in order to ensure the economically required production reliability in horticulture. However, the available quantities of suitable and established alternatives (e.g. RAL quality-assured compost, bark humus, wood fibers, coconut products) are relatively small and cannot be increased to any great extent due to competing uses.

Cattail (*Typha* L.) is a native, highly productive marsh plant. Its cultivation can be implemented on rewetted peatlands (paludiculture) and contribute to the reduction of greenhouse gas emissions. If the cattail biomass is suitable as an alternative substrate, the industry will gain a new renewable raw material that can be produced regionally and can contribute to the long-term supply of raw materials.

We will briefly present results from the first two project years of the project TyphaSubstrat - that aims to explore potential and the sustainable production of *Typha* biomass as an alternative substrate used in press pots for vegetable production, that is at least 50 % peat-reduced.

Next to (1) biomass quality analysis of *Typha* (University of Greifswald), we will present insides of other work packages (2) technique development for harvesting *Typha* (Wellink GmbH, Stadtlohn & Groenlo) and (3) substrate development (Forschungsring e.V., Darmstadt). Wellink GmbH are working on harvest solutions with adapted harvesting technique based on a loglogic caterpillar for the harvest of cattail from wet peatlands - biomass is chopped or harvested in bundles. The Forschungsring e.V. tested substrate mixtures with 50, 30 and 0% peat with 20, 30 and 40% *Typha angustifolia* and *T. latifolia*, and other components e.g. *Phragmites*, *Sphagnum*, wood and compost. All raw materials were fermented before use. Growing tests with cress and kohlrabi showed good results.

The Project results contribute to the transformation towards a climate-neutral use of wet peatlands (Paludiculture) and sustainable substrate production, as well as to secure the competitiveness of horticulture.

Treibhausgasmessungen beim Nassreisanbau in der gemäßigten Zone Europas

Wüst-Galley, Chloé¹ ✉; Widmer, Alina^{1,2}; Tamagni, Lisa^{1,3}; Paul, Sonja¹; Leifeld, Jens¹

¹Gruppe Klima und Landwirtschaft, Agroscope, Zürich, Schweiz; ²Institute of Terrestrial Ecosystems, ETH Zürich, Schweiz; ³Geographisches Institut, Universität Zürich, Schweiz

✉ chloe.wuest@agroscope.admin.ch

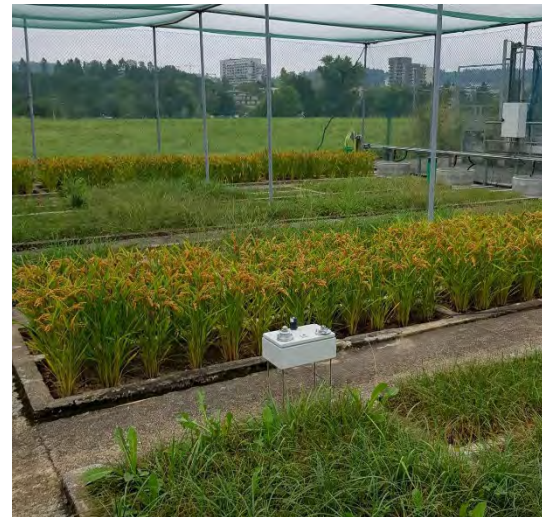
Entwässerte organische Böden, die für die Landwirtschaft bewirtschaftet werden, sind starke Emittenten von Treibhausgasen. Wo die Renaturierung solcher Flächen zu einem Moor nicht möglich ist, ist eine Strategie zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen die Paludikultur. Seit 7 Jahren wird in der Schweiz nördlich der Alpen Nassreis auf Feldern angebaut, die für die konventionelle Landwirtschaft aufgrund von Bodenabsackung wenig geeignet geworden sind. Durch die Direktvermarktung ist der Reis eine rentable Kultur und die Anzahl der Hektar nimmt jedes Jahr zu.

Paludikultur, insbesondere Nassreis, trägt jedoch das Risiko hoher CH₄-Emissionen. Wir wollten testen, ob diese CH₄-Emissionen die CO₂-Einsparungen, die durch die Wiedervernässung des organischen Bodens entstehen sollten, aufheben. Dies war bisher schwer vorherzusagen, weil es nur wenige Messungen zu Treibhausgasemissionen aus dem Reisanbau auf organischen Böden in der gemäßigten Zone gibt. Außerdem wollten wir die Wirksamkeit der Übersättigung unter überfluteten Bedingungen testen, die in der Vergangenheit nachweislich die N₂O-Emissionen von bewirtschafteten organischen Böden reduziert hat.

Zu diesem Zweck haben wir ein Mesokosmen-Experiment eingerichtet, bei dem Reis und Gras in 1,2 m × 1,2 m (1,4 m tiefen) Gruben angebaut werden. Diese Gruben wurden mit Niedermoortorf (mit/ohne einer 30 cm dicken Mineralbodenschicht darüber) gefüllt. Der Wasserstand in den Gruben kann reguliert werden. Der Reis wird als Nassreis angebaut (Wasserspiegel 2-3 cm über der Bodenoberfläche) mit einem «mid-season drainage» Ereignis im Sommer. Die Grasgruben werden entwässert. Dieser Grasbau repräsentiert eine typische Bewirtschaftung dieser Böden in der Schweiz

und ermöglicht einen direkten Vergleich der Treibhausgasemissionen (CO₂-Einsparung vs. Anstieg der CH₄-Emissionen). Wir messen CH₄, N₂O (zweimal wöchentlich während der Vegetationsperiode) und CO₂ (ungefähr wöchentlich) mit Messkammern.

Abb. 49. Im Mesokosmen-Experiment kann der Wasserstand reguliert werden; der Reis wächst



unter überfluteten und das Gras unter trockenen Bedingungen.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die «mid-season drainage» die CH₄-Emissionen deutlich verringert hat, aber die Bodenatmung der Reisflächen gleichzeitig sofort anstieg. Unerwarteterweise verringerte der Einsatz einer mineralischen Bedeckung die N₂O-Emissionen nicht. Eine vorläufige Bewertung der drei Treibhausgase soll Aufschluss darüber geben, ob der Nassreisanbau eine klimafreundlichere landwirtschaftliche Praxis ist als entwässertes Grünland für organischen Böden in der gemäßigten Zone Europas.

WetNetBB: Netz von Modell- und Demonstrationsvorhaben in Moorregionen Brandenburgs

Prochnow, Annette¹ ✉; Dittrich, Ottfried²; Häring, Anna³; Heiermann, Monika¹; Hoffmann, Mathias²; Kolb, Steffen²; Landgraf, Lukas⁴; Matzdorf, Bettina²; Meyer-Aurich, Andreas¹; Ralf Pecenka¹; Sachs, Torsten⁵; Schleip, Inga³

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, Potsdam, ²Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg, ³Hochschule für Nachhaltige Entwicklung, Eberswalde, ⁴Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg, Potsdam, ⁵Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam

✉ aprochnow@atb-potsdam.de

Mit diesem Beitrag soll das Verbundprojekt WetNetBB vorgestellt werden, das für 9 Jahre vom BMEL gefördert wird.

In Brandenburg kommen ausgedehnte Niedermoorflächen mit einer großen standörtlichen Vielfalt vor, die jedoch nahezu flächendeckend entwässert sind und fortschreitender Degradierung unterliegen. Es gibt Vorarbeiten zur Wiedervernässung in mehreren Regionen, langjährige Forschungsaktivitäten zur stofflichen und energetischen Biomasseverwertung und Interesse von verarbeitenden Unternehmen. WetNetBB soll als Katalysator für die Transformation zu einer nachhaltigen Moornutzung fungieren, indem es diese Entwicklungen aufnimmt und zusammenführt.

Gesamtziel des Vorhabens ist die Schaffung eines Verbundes von Modell- und Demonstrationsvorhaben für die Nutzung nasser Niedermoore mit repräsentativen Moorflächen, Biomasseverwertungspfaden und relevanten Akteuren in Brandenburg (Abb. 1). Das Vorhaben WetNetBB gliedert sich in vier Module:

(1) Im Modul Flächenmanagement werden mit landwirtschaftlichen Betrieben Demonstrationsflächen zur Wiedervernässung vorbereitet, eingerichtet und betreut, Maßnahmen zur Erhöhung der Biodiversität getestet und angepasste Technik großflächig erprobt.

(2) Im Modul Biomasseverwertung werden mit verarbeitenden Unternehmen eine Reihe von Verfahren für die kaskadische stoffliche und energetische Nutzung von Paludibiomasse entwickelt, im Praxismaßstab demonstriert und am Markt eingeführt.

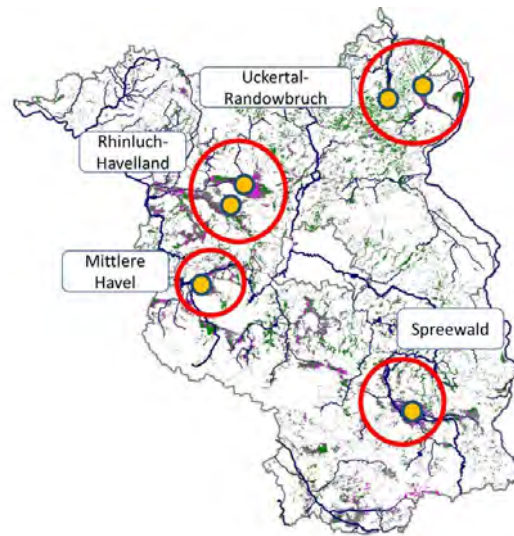


Abb. 50. Projektregionen in WetNetBB

(3) Im Modul Transfer und Öffentlichkeitsarbeit wird ein Innovationsforum für nasse Moornutzung geschaffen, das alle interessierten Stakeholder miteinander vernetzt, Gelegenheitsräume für den beidseitigen Wissenstransfer auf Augenhöhe schafft und auf eine langfristige Zusammenarbeit angelegt ist.

(4) Im Modul Wissenschaftliche Begleitung werden kurz-, mittel- und langfristige Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere Treibhausgasemissionen, Hydrologie und Biodiversität, auf die Ökonomie und auf Indikatoren der Akteursebene ermittelt und bewertet.

Im Ergebnis sollen die einzigartigen Synergien von Mooren für Klima-, Boden-, Wasser- und Biodiversitätsschutz und regionale Wertschöpfung exemplarisch demonstriert und damit Akzeptanz und Interesse für eine nachhaltige Moornutzung aufgebaut sein.

Angepasste Landtechnik und Spezialmaschinen für eine moorschonende Grünlandnutzung

Mosebach, Paul¹ ✉; Luthardt, Vera¹; Schleip, Inga¹

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde

✉ paul.mosebach@hnee.de

Von den rund 163.000 ha Niedermooren in Brandenburg werden etwa 67 % als Grünland und 6 % als Ackerland genutzt (Fell et al. 2015 - 10.23689/figeo-2898). Es ist seit mehreren Jahrhunderten gängige Praxis, diese Standorte für eine landwirtschaftliche Nutzung zu entwässern. Ein Stoppen der weiteren Bodendegradierung, das Initiieren qualitativer Verbesserungen der Bodeneigenschaften und damit die langfristige Sicherung als Produktionsstandort ist parallel mit der Senkung der Treibhausgasemissionen nur durch eine Anhebung der Wasserstände zu erreichen.

Für eine landwirtschaftliche Nutzung unter feuchten bis nassen Bedingungen ist i.d.R. eine Anpassung der Landtechnik erforderlich. Der Erwerb geeigneter Technik ist für Landwirtschaftsbetriebe mit Investitionen verbunden. Mit der EFRE-Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Umsetzung des Moorschutzprogramms „ProMoor“ ist das Land Brandenburg 2019 einen wichtigen Schritt gegangen, um finanzielle Hemmnisse seitens der Landwirtschaftsbetriebe abzubauen. Die Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) begleitete 2020-23 den neuen Technikeinsatz mit wissenschaftlichen Untersuchungen zu dessen Wirkung auf den Standort und die Vegetation sowie der Praktikabilität für die Nutzer.

Die Untersuchungen bestätigen, dass die Befahrbarkeit des Moorgrünlandes mit steigenden Bodenfeuchten abnimmt. Eine geschlossene Grasnarbe aus nässeangepassten Arten - insbesondere Seggen - ist essentiell für die Befahrbarkeit, da die Torfe und Mudden unterhalb des durchwurzelten Bereichs einen geringen Eindringwiderstand besitzen und keine schweren Maschinenlasten abstützen können. Auf Grundlage von Befahrungsversuchen und Abfragen bei den teilnehmenden Betrieben wird die Befahrung

bis zu einem Kontaktflächendruck der Technik von etwa 450-500 g/cm² bei sommerlichen Wasserständen von 20-45 cm unter Flur als risikoarm eingeschätzt. Bei höheren Wasserständen beziehungsweise verringerten Tragfähigkeiten sind leichtere Maschinenkombinationen mit einem Kontaktflächendruck von etwa 200-300 g/cm² oder raupenbasierte Spezialtechnik geeignet.



Abb. 51. Landwirtschaft auch bei hohen Wasserständen: Erreichbar durch geringe Radlast und breite Reifen. Zu sehen ist ein Lamborghini mit der Rundballenpresse Krone KR 160.

Neu entwickelte Kleintechnik, Anpassungen von Standardtechnik und Spezialtechnik ist verfügbar. Die Möglichkeiten zur Anpassung von Standardtechnik reichen von Breit- und Doppelbereifung, Tandemachsen, Delta Tracks bis hin zu Gitterrädern oder Bogiebändern. Ausgesprochen narbenschonend sind Reifen mit hohem positiv-Anteil der Stollen, abgerundeten Schultern und niedrigem Reifendruck. Raupenbasierte Spezialtechnik bringt hohe Investitionskosten mit sich, weshalb eine ausreichende Auslastung gewährleistet sein sollte.

Über die Richtlinie „Klima-/Moorschutzinvestiv“ wird die Förderung von moorbodenschonender Technik und Nutzungsverfahren in Brandenburg fortgeführt.

Niedermoor-Paludikultur in Niedersachsen

Beyer, Colja¹ ✉; Behne, Stina¹

¹3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V., Werlte

✉ beyer@3-n.info

Niedersachsen ist laut BK50 (LBEG 2023) mit etwa 400.000 ha Hoch- und Niedermooren bedeckt. Hinzu kommen fast 100.000 ha weiterer organischer Böden.

In der Vergangenheit waren intakte Moore prägender Bestandteil des niedersächsischen Tieflands. Heute sind ungefähr 90 % der organischen Böden entwässert und werden überwiegend als Grünland oder Acker genutzt (siehe Abb.1) mit der Folge, dass jährlich über 10 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert werden, etwa 90 % dieser Emissionen werden aus landwirtschaftlich genutzten Böden emittiert (MU 2016).

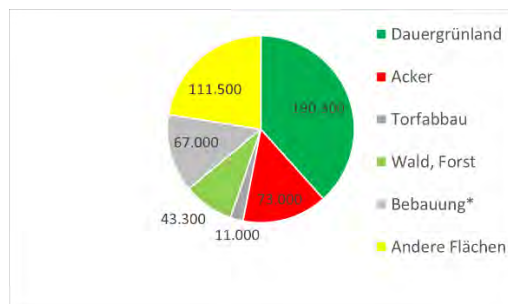


Abb. 52. Nutzung der organischen Böden in Niedersachsen (in Hektar). *Bebaute Flächen (Gebäude, Straßen,...) inkl. Abstandsflächen

Um die Funktionen der organischen Böden wiederherzustellen, ist eine Vernässung unabdingbar. Damit ist eine herkömmliche (entwässerungsbasierte) landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr möglich. Daher wird erforscht, wie eine an die nassen Bedingungen angepasste Bewirtschaftung umgesetzt werden kann - die sog. Paludikultur.

Nach Wichtmann et al. (2016) ist Paludikultur die „land- oder forstwirtschaftliche Nutzung nasser und wiedervernässter Moorstandorte“. Dies umfasst Moorböden aber auch andere organische Böden. Beim Anbau von Paludikulturen wird der Boden nicht gestört und der Wasserstand ist ganzjährig nahe der Bo-

denoberfläche oder darüber. Die oberirdische Biomasse wird genutzt, nicht aber unterirdische Pflanzenteile. Mit der Biomasse können nachwachsende Rohstoffe produziert und fossile Rohstoffe ersetzt werden.

Um das Bewirtschaftungskonzept zu erproben und zu entwickeln, wurden bzw. werden Forschungspolder etabliert (siehe Tab.1). Erste Ergebnisse zur Umsetzung und zur Erbringung von Ökosystemleistungen liegen nun vor.

Tab. 14. Niedermoor-Forschungspolder in Niedersachsen (LK=Landkreis; ha=Hektar).

Name und Region	Kulturen	Größe netto (ha)	Baujahr
Hohenböken (LK Oldenburg)	<i>Typha latifolia</i> , <i>T. angustifolia</i> , <i>Phragmites</i>	0,3	2020
Bederkesa I (LK Cuxhaven)	<i>Typha latifolia</i> , <i>T. angustifolia</i> , <i>Phragmites</i>	0,5	2022
Bederkesa II (LK Cuxhaven)	<i>Typha latifolia</i> , <i>T. angustifolia</i>	1,4	in Planung

Zu den Ökosystemleistungen zählen insbesondere Bodenschutz, Klimaschutz, Biodiversität und Wasserreinigung (Geurts et al. 2020, Tanneberger et al. 2022).

Belastbare Aussagen zum Anbau und zu Ökosystemleistungen können allerdings erst nach mehreren Jahren gemacht werden, daher werden aktuell weitere Forschungsvorhaben durchgeführt.

Geurts et al. 2020: 10.1016/j.scitotenv.2020.141102
 LBEG 2023: NIBIS Kartenserver BK50
 MU 2016: Programm Niedersächsische Moorlandschaften
 Tanneberger et al. 2022: 10.1007/s10113-022-01900-8
 Wichtmann et al. 2016: "Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore", Schweizerbart Science Publishers

Treibhausgasbilanz für einen vollständigen Produktionszyklus einer *Sphagnum*-Paludikultur

Daun, Caroline¹ ✉; Huth, Vytas²; Gaudig, Greta¹; Günther, Anke²; Krebs, Matthias¹; Jurasinski, Gerald¹

¹Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Greifswald, ²Institut für Landschaftsökologie und Standortkunde, Rostock

✉ caroline.daun@un-greifswald.de

Der Anbau von Torfmoosen auf wiedervernässten Mooren (= *Sphagnum*-Paludikultur) ist eine vielversprechende Alternative zur entwässerungsbasierten Landnutzung, da die Produktionsfunktion erhalten bleibt und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen (THG) verringert werden. Bisher fehlen jedoch Studien zum Treibhausgas-austausch, die das gesamte Produktionssystem und einen vollständigen Produktionszyklus abdecken. Daher haben wir Daten aus der Etablierungsphase (2011-2013) mit Daten aus der Produktionsphase (2017-2018) einer siebenjährigen *Sphagnum*-Paludikultur in Nordwestdeutschland kombiniert und die Ernte berücksichtigt. Der THG-Austausch wurde auf allen Elementen des Produktionssystems (*Sphagnum*-Produktionsfelder, Gräben, Fahrdämme) mit manuellen Haubenmessungen erfasst. Über den gesamten Produktionszyklus stellten die *Sphagnum*-Produktionsfelder Netto-THG-Senken mit $-3,2 \pm 4,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (in $\text{CO}_2\text{-eq}$) dar, während die Gräben und Fahrdämme THG-Quellen mit $13,8 \pm 11,5$ bzw. $29,3 \pm 9,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ waren. Korrigiert um den Flächenanteil der einzelnen Elemente des Produktions-

systems und unter Einbeziehung der teilweisen Ernte des Torfmooses (in Trockenmasse) von $\sim 13,8 \pm 0,6 \text{ t ha}^{-1}$ war die *Sphagnum*-Paludikultur eine Netto-THG-Quelle von $10,7 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und reduzierte damit die Netto-THG-Emissionen um $\sim 20 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Vergleich zu Grünland auf entwässerten organischen Böden. Pro Tonne geernteter Trockenbiomasse hat die *Sphagnum*-Paludikultur $9,9 \pm 4,6 \text{ t CO}_2\text{-eq}$ emittiert. Aufgrund ihres hohen Flächenanteils trugen die Fahrdämme am stärksten zur Nettoerwärmung bei, was eine Reduzierung der Fahrdammfläche in zukünftigen *Sphagnum*-Paludikulturen nahelegt. Ein realistischer zukünftiger "best practice" Ansatz umfasst deshalb Flächenanteile von 80 % *Sphagnum*-Produktionsfeldern, 5 % Gräben, 15 % Fahrdämmen sowie einer vollständigen Biomasseernte, wobei die oberen 5 cm des geernteten Torfmoosrasens vor Ort für die Neuansaat der *Sphagnum*-Produktionsfelder verwendet werden. Dieser Ansatz reduziert die CO_2 -Äquivalent-Emissionen der *Sphagnum*-Paludikultur auf bis zu $4,3 \pm 1,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. $0,9 \pm 2,1 \text{ t}$ pro Tonne geerntete Trockenmasse.

Best Practice *Sphagnum*-Paludikultur auf ehemaligem Hochmoorgrünland

Krebs, Matthias¹ ✉; Fritz, Christian²; Jurasinski, Gerald¹; Gaudig, Greta¹

¹Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald, Partner im Greifswald Moor Centrum, Soldmannstraße 15, 17487 Greifswald; ²Aquatic Ecology and Environmental Biology, Radboud Institute for Biological and Environmental Sciences, Radboud University, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ, Nijmegen, Niederlande

✉ krebsm@uni-greifswald.de

Bei *Sphagnum*-Paludikultur werden Torfmoose als landwirtschaftliche Pflanze auf wiedervernässtem degradierten Hochmoor angebaut und z.B. als nachhaltiger, hochwertiger Rohstoff für den Gartenbau genutzt. Über 10 Jahre Forschung auf der *Sphagnum*-Paludikultur-Fläche im Hankhauser Moor (NW-Deutschland, Größe 17 ha) konzentrierten sich auf Flächeneinrichtung, Management und Ernte auf ehemaligem Hochmoorgrünland, um eine Best-Practice-Methode für optimales Torfmooswachstum und geringe Treibhausgasemissionen zu entwickeln. Daneben erfolgte Begleitforschung u.a. zu Biodiversität, Wasserfilter, Verdunstungskühlung.

Bislang wurden die obersten 30-50 cm des durch Entwässerung stark degradierten Torfs abgezogen und die Torfoberfläche vor dem Ausbringen des Torfmoos-Saatgutes eingeebnet. Die Versuchsfläche besteht aus 3 Elementen: 1.) 10 m breite Torfmoos-Produktionsfelder (55 % Flächenanteil), 2.) Gräben (0,5 m breit und tief, 5 % Flächenanteil), Produktionsfelder umgebend, für einen konstanten Wasserstand wenige cm unterhalb der Torfmoos-Oberfläche sowie 3.) Fahrdämme (1 m hoch, 15 m breit an der Basis, 40 % Flächenanteil), aus abgetragenen Oberboden modelliert, für die maschinelle Bewirtschaftung (u.a. Pflegemahd, Grabenreinigung) und Ernte der Torfmoos-Produktionsfelder.

Zur Optimierung der derzeitigen Methode wurden verschiedene Bewässerungsarten (Gräben vs. unterirdische Bewässerung über Rohre und unterschiedliche Abstände der Bewässerungen zueinander), Tiefen des Oberbodenabtrags und Nährstoffversorgung getestet.

Das resultierende „Best Practice“-Produktionssystem für *Sphagnum*-Paludikultur auf ehemaligem Hochmoorgrünland ist:

1. Oberbodenabtrag: geringer Abtrag von 5-10 cm mit Erhalt des Mikroreliefs
2. Fahrdamm: Reduktion des Anteils, d.h. Dämme nur an Stirnseiten der Flächen zur Bewirtschaftung der Produktionsfelder und Begrenzung der Anbaufläche. Dies erfordert die Weiterentwicklung von Maschinen zur Befahrung der Torfmoos-Produktionsfelder, ohne den Torfmoos-Rasen und die alte Torfoberfläche stark zu beschädigen.
3. Bewässerungssystem: Wasserversorgung über ein automatisches Pumpsystem aus nahegelegenen Gräben, Flüssen, Grundwasser (über das Gebiet verteilte Brunnen), ggf. mit Zwischenspeicherung von überschüssigem Niederschlagswasser. Offene Gräben nur an den Stirnseiten der Torfmoos-Produktionsfelder, mit gegenüberliegendem Zu- und Überlauf und verbindenden Rillen (5-10 m Abstand) in den Torfmoos-Produktionsfeldern.

Mit diesem Anbauverfahren zur *Sphagnum*-Paludikultur können Biomasseproduktion dauerhaft gesichert, substantiell Treibhausgasemissionen verringert, die Landschaft gekühlt, Wasser gereinigt und in der Landschaft zurückgehalten sowie Ersatzhabitate für seltene (Hochmoor)Arten geschaffen werden.

Fazit | Paludikultur: praxis-orientierte Forschung von Projektbeispielen in Deutschland

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse sind unwiderlegbar: Um ernsthaft Klimaschutz umzusetzen, ist es entscheidend, landwirtschaftlich genutzte entwässerte Moorböden zu vernässen. Dies ist eine zentrale Voraussetzung, um nationale und globale Klimaziele zu erreichen. Die herausragende Rolle der Moore als entscheidende Hebel im Kampf gegen den Klimawandel wurde deutlich in den Keynotes der Konferenz hervorgehoben. Die hohe Anzahl eingereichter Abstracts, die eine Zweiteilung der Session erforderlich machten, unterstreicht die zunehmende Anerkennung der Moore als wichtigen Faktor im Klimaschutz. Auf vielen Flächen kann nach Wiedervernässung Paludikultur, d.h. eine torferhaltende Land- oder Forstwirtschaft auf nassen organischen Böden, stattfinden. Die großflächige Umsetzung in der Fläche fehlt aber noch und Wiedervernässung stößt derzeit in manchen Regionen auf Widerstand.

Mit 10 Präsentationen und 17 Posterbeiträgen aus den moorreichen Bundesländern Deutschlands, der Schweiz und Schweden wurden der aktuelle Forschungsstand, zahlreiche neu anlaufende Projekte sowie die Erfolge und Herausforderungen einer Umgestaltung der Moorbewirtschaftung beleuchtet. Die zentrale Herausforderung besteht nun darin, die theoretischen Erkenntnisse großflächig in die Praxis umzusetzen.

Eine bedeutende Hürde besteht in der mangelnden Akzeptanz von Paludikultur in der Landwirtschaft. Neben dieser emotional geprägten Auseinandersetzung, die eng mit Kultur und Identität verbunden ist, wurden in den Sessions weitere Herausforderungen und weitere Forschungsfragen für eine Transformation der Moorbewirtschaftung aufgezeigt. Im Vordergrund der Diskussion stand die ökonomische Tragfähigkeit von

Hoch- und Niedermoor-Paludikulturen. Aspekte wie Erntetechniken, Infrastruktur und Abtransport, und unentwickelte Verwertungsketten wurden behandelt, wobei die Planungsunsicherheit und Kostenfaktoren eine wichtige Rolle für die derzeit mangelnde Akzeptanz spielen.

Zur Verringerung des Beitrags zum und der Anpassung an den Klimawandel wurden verschiedene Maßnahmen und Forschungsbedarf erörtert, darunter die Analyse der Treibhausgasbilanzen von Paludikulturen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Variablen (wie Vegetationsart und Wasserstand), die Untersuchung der Biomassequalität und hochwertiger Fasern, die Nutzung von Moor-PV sowie das Wassermanagement für eine großflächige Wiedervernässung. Sehr beeindruckende Zahlen zur massiven Emissionsminderung durch Paludikulturen stellten das Peatland Science Centre zum MoorUse-Projekt in Bayern und Agroscope zu Nassreisenanbau in der Schweiz vor. Die MoorUse-Ergebnisse deuten sogar auf eine starke Aufnahme von CO₂ auf den Paludikulturflächen hin.

Durch das Vorhaben PaludiZentrale, welches die Session hostete, wird derzeit und für die kommenden 10 Jahre ein PaludiNetz aufgebaut, um Umsetzungsprojekte, Forschung und auch die Bereiche Wirtschaft und Wertschöpfungsketten zur Verwertung von Biomasse weiter zu vernetzen und Daten übergreifende zu auswerten. Parallel ist eine Nachfrage-Allianz für Paludikultur in Deutschland (toMOORow-Initiative/PaludiAllianz) im Aufbau.

46 Torfminderung im Gartenbau

Ute Vogler, Julius-Kühn-Institut, Institut für Gartenbau und urbanes Grün

Moorböden sind organische Böden, die in intaktem Zustand als Moor Kohlenstoff binden. Durch die Trockenlegung von Mooren wird Kohlenstoff in Form von CO₂ freigesetzt. Ein Teil der trockengelegten Moore wird für den Abbau von Torf verwendet, der z.B. als Bestandteil gärtnerischer Substrate im Hobby- und Erwerbsanbau verwendet wird. Zu Reduktion der CO₂-Emissionen ist der Umstieg auf torfreduzierte bzw. torffreie gärtnerische Substrate ökologisch dringend notwendig. Das stellt einerseits die Substratforschung vor die Herausforderung geeignete Substratausgangsstoffe zu finden, ebenso wie die Substratindustrie vor die Herausforderung diese Substratausgangsstoffe in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung zu stellen, andererseits stellt es den Hobby- und Erwerbsanbau vor die Herausforderung in diesen neuen Substraten kostendeckend und erfolgreich zu kultivieren. Dabei sind Anbauparameter, Bewässerung, Ökonomie und Ökobilanzierung, Pflanzenernährung und Pflanzenschutz, Sortenwahl und weitere zu untersuchen und anzupassen. Mithilfe dieser Forschung und Entwicklung zu klimafreundlichen Ansätzen im gärtnerischen Pflanzenbau wird ein wichtiger Beitrag geleistet, der der Versorgung mit frischen pflanzlichen Produkten dient. Diese gartenbaulichen Produkte wie Beerenobst, Gemüse ebenso wie Gehölze und Zierpflanzen dienen der Ernährung, dem Wohlbefinden, dem Erhalt der Biodiversität in Gärten und auf Balkonen, ebenso wie dem klimawirksamen Stadtgrün.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau (ToPGa) | Laura Lewerenz
 - Herausforderungen für den Gartenbau beim Verzicht auf Torf als Substratausgangsstoff | Dieter Lohr
 - Holzfasern als Torfersatz in Deutschland: Forschung und Potential | Nora Roesky
 - Paludikulturbiomasse von Niedermoorstandorten als Torfersatz: Aufbereitung und Verwendung | Michael Muser
 - Torfersatz bei Presserden mit *Typha*, Sphagnummoos und Holzfaser ist möglich | Uli Johannes König
- Poster
 - Torfreduktion in der Schweiz: Reduktion des Torfanteils in Substraten für den Beerenbau | Christoph Carlen
 - Anbau von Fasernessel (*Urtica dioica* L.) - Ein möglicher Torfersatzstoff im Gartenbau? | Laura Lewerenz
 - Entwicklung von Basilikum und Pak Choi in Torfersatz auf Gärrestbasis | Marielle Trenkner
- Fazit

Entwicklung und Bewertung von torf reduzierten Produktionssystemen im Gartenbau (ToPGa)

Lewerenz, Laura¹ ✉; Rohr, Annmarie-Deetja²; Langhof, Maren¹ und Vogler, Ute² für das Verbundvorhaben ToPGa

¹Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 58, 38116 Braunschweig, ²Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

✉ laura.lewerenz@julius-kuehn.de

Im Rahmen des Klima- und Naturschutzes plant die Bundesregierung bis zum Ende dieses Jahrzehnts (2030) in der Herstellung von Kultursubstraten fast vollständig auf Torf zu verzichten. Um im Gartenbau einen Umstieg auf torffreie oder stark torf reduzierte Substrate zu ermöglichen, bedarf es jedoch einer eingehenden und auch fachübergreifenden Betrachtung aller Herausforderungen und noch unbekannter interdisziplinärer Zusammenhänge, die der Einsatz von neuen Torfalternativen mit sich bringt.

Im Verbundvorhaben „Entwicklung und Bewertung von torf reduzierten Produktionssystemen im Gartenbau“ (kurz ToPGa) forschen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen einer möglichst umfassenden Untersuchung und Evaluierung der Auswirkungen des Einsatzes torf reduzierter Substrate, um daraus fachliche Lösungsansätze für den alle Sparten des Gartenbaus entwickeln zu können. Innerhalb dieses Vorhabens wird mit Kulturen gearbeitet, bei denen der Verzicht auf Torf aufgrund ihrer Ansprüche kritisch sein kann und kultur-technische Anpassungen erforderlich sind.



Abb. 53. ToPGa ist aufgefächert in acht Teilprojekte, die sich mit der Entwicklung und Bewertung von torf reduzierten Produktionssystemen im Erwerbsgartenbau befassen.

Die Projektkoordination und Projektleitung des Verbundprojektes ToPGa ist am Julius Kühn-Institut angesiedelt (Teilprojekt 1). In den weiteren Teilprojekten

werden zum einen die potentiell veränderte Dynamik von Mikroorganismen, Humanpathogenen (Teilprojekt 2), sowie von nützlichen und schädlichen Organismen (Teilprojekt 3) in den neuen Torfsubstitutionen aufgeklärt; ebenso sollen die Eigenschaften von zwei lokal erhältlicher Rohstoffe - feste Gärreste aus Biogasanlagen und die Fasernessel (*Urtica dioica* L. convar. *fibra*) - systematisch analysiert und ihre Eignung als Torfersatzstoffe evaluiert werden (Teilprojekt 4). Durch die Anpassung der Mischungsverhältnisse der verschiedenen Substratkomponenten in einem systematischen Modellansatz soll so eine Vorhersage des biologischen und chemischen Verhaltens der neuen Torfersatzstoffe in Substratmischungen ermöglicht werden (Teilprojekt 4). Ein weiterer Aspekt umfasst die Entwicklung optimierter Methoden zur Bestimmung des Stickstoffgehalts in ausgewählten torf reduzierten Produktionssystemen (Teilprojekt 5). Da die Pressstabilität stark vom Torfanteil bestimmt wird, müssen auch bei Erdpresstöpfen für die Jungpflanzenproduktion und im Beerenobst neue torf reduzierte Anbausysteme entwickelt werden (Teilprojekt 6). Abschließend führen Teilprojekte 7 und 8 eine integrierte betriebswirtschaftliche und ökobilanzielle Bewertung der Torf reduktion auf gartenbauliche Produktionssysteme, sodass Auswirkungen dieser Umstellung besser erfasst und Maßnahmen für die Zukunft effizienter abgeleitet werden können.

Das ToPGa-Projekt wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert.

Herausforderungen für den Gartenbau beim Verzicht auf Torf als Substratausgangsstoff

Lohr, Dieter¹ ✉, Elke Meinken¹

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf - Institut für Gartenbau, Freising

✉ dieter.lohr@hswt.de

Mit der Torfminderungsstrategie hat die Politik der Gartenbaubranche ambitionierte Ziele vorgegeben: So soll der Hobbygartenbau bis 2026 gänzlich und der Erwerbsgartenbau bis 2030 weitestgehend auf Torf verzichten [BMEL, 2022]. Um diese Zielmarken zu erreichen, sind in den nächsten Jahren von allen Akteuren - Substrathersteller, Gartenbaubetriebe und Handel ebenso wie Beratung, Wissenschaft und Politik - große Anstrengungen notwendig.

Derzeit beträgt der Torfanteil in Kultursubstraten für den Erwerbsgartenbau 77 Vol.-%. Bei Blumenerden ist er mit 43 Vol.-% zwar deutlich niedriger, aber immer noch recht weit von der oben genannten Zielmarke „0 %“ in 2026 entfernt [IVG, 2023]. Die wichtigsten Torfalternativen sind Holzfaser, Grüngutkompost, Rindenhumus und Kokosprodukte. Hinzu kommen in kleinerem Umfang mineralische Ausgangsstoffe wie Perlite [IVG, 2023]. Um die ambitionierten Ziele möglichst umfassend zu erreichen, muss sich die Gartenbaubranche mehreren Herausforderungen stellen.

Zum einen muss das in Versuchs- und Forschungseinrichtungen bzw. Hochschulen vorhandene Wissen sowie der in einer Vielzahl von Versuchen gewonnene Erfahrungsschatz verstärkt in die Praxis transportiert werden. Zudem werden Leuchtturmbetriebe benötigt, die ihren Berufskollegen als Beispiel dienen, wie der Ausstieg aus dem Torf gelingen kann, ohne dabei die damit verbundenen Herausforderungen zu verschweigen. Ein erfolgreiches Beispiel hierfür ist das Anfang 2023 abgeschlossene Projekt TerZ zum Torfersatz im Zierpflanzenbau. Inzwischen gibt es eine Reihe ähnlicher Projekte für fast alle Anbausparten sowie den Friedhofsgartenbau. Die in diesen Projekten gemachten Erfahrungen sollen unter anderem durch das Ende 2022 gestartete Projekt FiniTo in die

Breite gebracht werden sollen. Neben dem Erwerbsgartenbau dürfen die Endverbraucher nicht vergessen werden. Im Projekt HOT wird der Frage nachgegangen, wie man das Thema Torfersatz kommunizieren muss, um die Kunden mitzunehmen, und welche Informationen sie benötigen, um mit torffreien Blumenerden den gleichen Erfolg wie mit den gewohnten Torfsubstraten zu erzielen.

Die zweite große Herausforderung ist die ausreichende Verfügbarkeit von Torfersatzstoffen sowie die Beherrschbarkeit des Kulturrisikos bei Steigerung der Volumenanteile: So werden z. B. Holzfasern aktuell in der Regel nur mit 20 bis 30 Vol.-% eingesetzt, da bei höheren Anteilen das Risiko einer nicht bedarfsgerechten Stickstoffversorgung auf Grund des instabilen Stickstoffhaushalts rapide ansteigt. Eine mögliche Lösung dieses Problems könnte die detaillierte Analyse des gesamten Produktionsprozesses vom Baum bis zum fertigen Holzfaserprodukt und darauf aufbauend eine Optimierung der einzelnen Prozessschritte bieten.

Die Verfügbarkeit von Torfersatzstoffen ist derzeit die vermutlich meist diskutierte Frage. So werden wegen des klimawandelbedingten Waldumbaus zukünftig für die Holzfaserproduktion vermehrt Laubhölzer zum Einsatz kommen müssen. Zudem hat die Suche nach neuen Torfersatzstoffen in den letzten Jahren Fahrt aufgenommen: Besonders interessant ist Biomasse aus der nassen Bewirtschaftung von Hoch- und Niedermoorflächen. Dabei sind bei Niedermoorbiomasse noch eine Reihe pflanzenbaulicher Fragen zu klären, während bei Hochmoorbiomasse technische und ökonomische Fragen dominieren. Im Rahmen des Vortrags werden die verschiedenen Herausforderungen beleuchtet und mögliche Lösungsansätze diskutiert.

Holzfasern als Torfersatz in Deutschland: Forschung und Potential

Roesky, Nora¹; Schütt, Fokko²; Appelt, Jörn²; Lohr, Dieter³; Michanickl, Andreas⁶; Daum, Diemo⁴; Fre-
richs, Christian⁴; Behrens, Dirk²; Coniglio, Rodrigo²; Mayer, Aaron Kilian⁵; Mai, Carsten⁵; Benjarong
Karbowy-Thongbai¹; Vogler, Ute Katharina¹ ✉

¹Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün (JKI), Braun-
schweig, ²Thünen-Institut für Holzforschung (TI), Hamburg, ³Hochschule Weihenstephan-Triesdorf -
Institut für Gartenbau (HSWT), Freising, ⁴Hochschule Osnabrück - Fakultät AuL (HS OS), Osnabrück,
⁵Georg-August-Universität - Holzbiologie und Holzprodukte (Uni Göttingen), Göttingen, ⁶Technische
Hochschule Rosenheim - Fakultät HTB (TH RO), Rosenheim

✉ ute.vogler@julius-kuehn.de

Die Senkung des Emissionsausstoßes ist eins der drei wichtigsten Ziele des „Übereinkommens von Paris“ der Weltklimakonferenz 2015. Der CO₂-Ausstoß aus Mooren in Deutschland, die in der Vergangenheit vor allem zur Gewinnung landwirtschaftlicher Nutzflächen aber auch zum Abbau von Torf trockengelegt wurden, liegt bei 53 Mio. t CO₂-Äquivalenten pro Jahr [Mooratlas 2023]. Intakte Moore haben dabei einen gegenteiligen Effekt. Sie bilden die größte Kohlenstoffsenke der terrestrischen Lebensräume bei vergleichsweise geringer Fläche [Schäffer 2009]. Ein Baustein zur Senkung dieser Emissionen ist der Ersatz von Torf in Kultursubstraten und Blumenerden.

Derzeit werden Holzfasern, Grüngutkompost, Rindenhumus und Kokosfasern sowie in geringerem Umfang mineralische Stoffe als alternative Substratgangsstoffe genutzt. Dabei sind Holzfasern vor allem in Kultursubstraten für den Erwerbsgartenbau der mit Abstand wichtigste Ausgangsstoff [IVG 2023] und werden dies aller Voraussicht nach auch in Zukunft bleiben [Blok et al. 2021]. Vorteilhaft an Holzfasern sind die geringen Nährstoff- und Ballaststoffgehalte. Zudem enthalten Holzfasern keine Unkrautsamen und sind weitestgehend frei von pflanzenschädigenden Stoffen. Einsetzen muss sich der Gärtner auf die veränderten physikalischen Eigenschaften, insbesondere die relativ geringe Wasserkapazität. Die größte Schwierigkeit bei der Verwendung von Holzfasern ist die leichte mikrobielle Abbaubarkeit und das damit einhergehende N-Immobilisierungspotential [BLE 2020]. Eine weitere

Herausforderung ist die zukünftige Rohstoffverfügbarkeit. Derzeit werden ausschließlich Nadelhölzer für die Herstellung verwendet. Im Zuge des klimawandelbedingten Waldumbaus werden diese Holzarten nicht mehr im bisherigen Maße zur Verfügung stehen. Offen ist, welche Baumarten alternativ genutzt werden können.

In Deutschland beschäftigen sich derzeit unter anderem die Bundesforschungseinrichtungen JKI und das TI sowie die Hochschulen HSWT und HS OS, die TH RO und die Uni Göttingen mit Projekten zur Eruierung und Optimierung des Potentials von Holzfasern als Torfersatz, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Der aktuelle Stand der Arbeiten in den verschiedenen Projekten wird präsentiert und darauf aufbauend das zukünftige Potential von Holzfasern als Ausgangsstoff in Kultursubstraten und Blumenerden diskutiert.

HoFaTo - Herstellung und Einsatz von Holzfasern als Torfersatz (JKI, TI), Finanzierung im Rahmen des Klimaschutz-Sofortprogramms 2022

NaKuHo - Nachhaltige Kultursubstrate auf der Basis von heimischen Holzrohstoffen (HS OS, Uni Göttingen), Projektträger: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Vom Baum zum Torfersatz - Analyse und Optimierung der Herstellungskette von Holzfasern (TH RO, HSWT), Projektträger: FNR

ENROK - Entwicklung einer nachhaltigen Rohstoffbasis für Kultursubstrate im Gartenbau (HS OS, Papiertechnische Stiftung, Uni Göttingen), Projektträger: FNR

Paludikulturbiomasse von Niedermoorstandorten als Torfersatz: Aufbereitung und Verwendung

Muser, Michael ✉, Babel, Bettina, Hartung, Christina, Meinken, Elke, Lohr, Dieter

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf - Institut für Gartenbau, Freising

✉ michal.muser@hswt.de

Die Wiedervernässung bisher landwirtschaftlich genutzter Moorflächen ist aus Sicht des Klimaschutzes doppelt positiv zu werten: Erstens wird durch eine nasse Bewirtschaftung die Torfzersetzung und damit die Emission von CO₂ gestoppt [Ziegler et. al., 2021], zweitens kann die geerntete Paludikulturbiomasse Torf in Kultursubstraten ersetzen. Dabei muss unterschieden werden, ob es sich um Paludikulturen auf Hochmoor- oder auf Niedermoorstandorten handelt. Während auf Hochmoorflächen vor allem *Sphagnum* kultiviert wird, werden auf Niedermoorflächen unterschiedliche Kulturen (insbesondere *Carex*, *Phalaris*, *Phragmites*, *Typha*) angebaut. Auf Grund der torfähnlichen Eigenschaften von *Sphagnum* ist die pflanzenbauliche Herausforderung bei Verwendung als Torfersatz in Kultursubstraten eher gering; wesentliches Hemmnis sind die (noch) relativ hohen Kosten [Wichmann et al., 2020; Müller und Glatzel, 2021]. Anders sieht es aus, wenn Paludikulturbiomasse von Niedermoorflächen verwendet wird: Hier sind vor einem breiten Einsatz in der gärtnerischen Praxis noch eine Reihe pflanzenbaulicher Fragen zu lösen.

Erste Untersuchungen mit Niedermoorpflanzen-Biomasse zeigten sehr schnell, dass für die Verwendung als Torfersatzstoff nur Material aus der Winterernte in Frage kommt, da grün geerntete Biomasse in der Regel zu stark mit Chlorid belastet ist. Ein großes Problem bei im ausgehenden Winter geernteten Material ist jedoch der hohe Anteil leicht abbaubarer Kohlenstoffverbindungen und damit einhergehend ein erhebliches Stickstoffimmobilisierungspotential. In Brutversuchen wurden bis zu 1.000 mg Stickstoff je Liter Material immobilisiert. Dies liegt deutlich über den von der Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e.V. festgelegten Grenzwerten für Holzfaser.

Weitere Probleme bei der direkten Verwendung waren das Auflaufen von Samen, insbesondere bei *Typha*, sowie eine starke Besiedlung mit saprophytischen Pilzen. Deren Sporen führten zu einer Verunreinigung der kultivierten Pflanzen, wodurch diese quasi unverkäuflich waren.

Ein Ansatz zur Lösung all dieser Probleme von Niedermoorpflanzen-Biomasse ist die Kompostierung der Materialien vor der Verwendung unter Zugabe von Stickstoff. Eine Herausforderung ist dabei die Wahl der Stickstoffform: Die Verwendung von Harnstoff bzw. Ammonium führt zwar zu einer sehr intensiven Rotte, bedingt durch die hohen pH-Werte treten aber erhebliche N-Verluste in Form von Ammoniak auf. Dies kann durch die Verwendung von Nitrat als N-Form vermieden werden, allerdings nimmt dadurch die Intensität der Rotte ab. Unabhängig von der applizierten N-Form führt die Kompostierung zu sehr hohen Masse- und Volumenverlusten. Zudem haben die bisherigen Versuche gezeigt, dass die Dosierung der N-Gaben zur Kompostierung sehr genau erfolgen muss. Fällt sie zu gering aus, stoppt der Kompostierprozess vorzeitig. Wird sie demgegenüber zu hoch gewählt, limitieren die verbleibenden N-Mengen die möglichen Anteile kompostierter Paludikulturbiomasse im Kultursubstrat.

Pflanzenbauliche Versuche mit verschiedenen Kulturen zeigten ein erhebliches Potential der kompostierten Materialien als Torfersatzstoff. Sie funktionierten zum Teil sogar in sehr hohen Volumenanteilen. Allerdings gab es auch immer wieder Schäden, deren Ursache nicht in allen Fällen abschließend geklärt ist.

Im Rahmen des Vortrags werden die bisherigen Forschungsergebnisse vorgestellt und mögliche Ansätze zur Lösung noch offener Fragen diskutiert.

Torfersatz bei Presserden mit Typha, Sphagnummoos und Holzfaser ist möglich

König, Uli 

Forschungsring e.V., Darmstadt

 koenig@forschungsring.de

Torfersatz im Erwerbsgemüseanbau scheitert oft an den technischen Herausforderungen der Erdpressen bzw. des Auspflanzens mittels Bänderpflanzmaschinen. Zusätzliche Hilfsmittel wie z.B. Klebstoffe können zwar etwas die Probleme lösen, dennoch haben sich Torfersatzstoffe nur wenig im Erwerbsanbau durchgesetzt.

Für den Biogemüseanbau wurde vom Autor bereits vor 2 Jahrzehnten ein spezielles Herstellungsverfahren entwickelt, welches einen Torfersatz bis zu 50% zulässt (BLE 02OE200). Dabei wird Holzfaser einer speziellen Fermentation unterzogen. Dadurch erhält sie eine Struktur, die dem Schwarztorf ähnlicher ist.

In einem neuen Projekt (FNR 2220MT003C) wird nun dieses Fermentationsverfahren auf Typha angewendet. Je nach Rottegrad des Substrates kann die Bindigkeit der Erde gesteuert werden und damit ein höherer Torfersatz (bis 80%) erreicht werden.

Die Substrate mit unterschiedlichen Torfersatzraten werden aus Holzfaser, Typha, Sphagnum, Grüngutkompost und Tonmehl gemischt und einer Qualitäts-

prüfung im Kresstest unterzogen, chemische und bodenphysikalische Parameter untersucht. Die technische Machbarkeit wird auf einer Unger Perfekt Erdpresstopfmaschine getestet. Bei erfolgreichem Abschneiden werden die Substrate auf einer großtechnischen Erdpresstopfanlage der Firma Unger auf ihre Praxistauglichkeit geprüft. Untersucht wird die Jungpflanzenentwicklung von verschiedenen Salaten (Romana-Salat, Feldsalat) und die Handhabbarkeit beim Auspflanzen mittels einer Bänderpflanzmaschine. Ebenfalls wird die Feldentwicklung bonitiert und der Ertrag erhoben.

Die Substrate mit 50 bis 80% Torfersatz zeigten bislang ähnliche Eigenschaften wie das Vergleichssubstrat mit 35% Torfersatz. Voraussetzung ist jedoch ein optimales Spektrum an Substratkomponenten, um ein torfähnliches Substrat zu erhalten.

Die bisherigen Ergebnisse aus dem Projekt zeigen, dass ein Torfersatz durch verschiedene Komponenten aus der Paludikultur möglich ist und damit ein wichtiger Baustein zum Klimaschutz gegeben ist.

Torfreduktion in der Schweiz: Reduktion des Torfanteils in Substraten für den Beerenbau

Carlen, Christoph¹ ✉; Tschümperlin, Laura²; Ançay, André¹; Christ, Bastien¹; Sutter, Louis¹

¹Agroscope, Centre de recherche Conthey, Route des Eterpys 18, 1964 Conthey, Switzerland,

²BAFU, Sektion Konsum & Produkte, 3003 Bern, Switzerland

✉ christoph.carlen@agroscope.admin.ch

Der Abbau von Torf verursacht Umweltschäden. Er beschleunigt insbesondere den Klimawandel und führt zum Rückgang der Biodiversität. In der Schweiz sind Moore seit 1987 geschützt, und es darf kein Torf mehr abgebaut werden. Jährlich werden aber schätzungsweise mehr als 500 000 m³ Torf importiert. Massnahmen zur Reduktion des Torfimports und der Torfverwendung in der Schweiz wurden gefordert. Die Schweizer Regierung verabschiedete am 14. Dezember 2012 das Torfausstiegskonzept. Das Torfausstiegskonzept besteht aus zwei Phasen: In Phase 1 wird der Verzicht der Torfverwendung in der Schweiz durch freiwillige Massnahmen angestrebt. Kann das Ziel der ersten Phase nicht erreicht werden, ist in Phase 2 die Einführung von handelspolitischen Massnahmen zu prüfen. In diesem Zusammenhang wurden freiwillige Massnahmen mit dem Handel für abgesackte Substrate und den Branchen für Zierpflanzen, Gemüse und Beeren ergriffen.

In Zusammenarbeit mit der Forschung wurde bei Beeren beobachtet, dass Holzrinde (Kompost, Humus), Holzfasern und Kokosfasern, sowie andere Alternativen wie Schafwolle (maximum 8 %), Pflanzenfasern (Hanf, Körnermais, Chinaschilf, verschiedenste andere Faserpflanzen) und Spelzen interessante Torfalternativen darstellen. In Versuchen mit Erdbeeren und Himbeeren wurde mit unterschiedlichen Torfanteilen (100, 75, 50, 25 und 0 % Torf) in einem kommerziellen Substrat bis zu einer Reduktion von 75 % Torf keinen negativen Auswirkungen auf den Ertrag und die Qualität der Beeren hatte. Die Verfahren ohne Torf und mit nur 25 % Torf zeigten weniger Ertrag.

Am Beispiel der Beeren konnte gezeigt werden, dass eine bedeutende Reduktion der Torfmenge in Substraten möglich ist, ohne negative Folgen für den Ertrages und die Qualität der Früchte.

Anbau von Fasernessel (*Urtica dioica* L.) – Ein möglicher Torfersatzstoff im Gartenbau?

Lewerenz, Laura¹ ✉; Koltermann, Doreen¹ und Langhof, Maren¹ für das Verbundvorhaben ToPGa

¹Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 58, 38116 Braunschweig

✉ laura.lewerenz@julius-kuehn.de

Um im Gartenbau einen Umstieg auf torffreie oder stark torfreduzierte Substrate zu ermöglichen, müssen die damit einhergehenden Herausforderungen umfassend und in fachübergreifenden Ansätzen untersucht werden.

Im Rahmen eines Teilprojektes zum Verbundvorhaben „Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau“ (kurz ToPGa) sollen nachwachsende Rohstoffe, die lokal in großen Mengen zur Verfügung stehen, auf ihr Potenzial als Torfersatzstoffe evaluiert werden. Denn regional erzeugte Substituenten werden als langfristig nachhaltiger angesehen, als z.B. die zurzeit bereits eingesetzten, jedoch sozioökologisch eher kritisch betrachteten Kokosfasern (Stucki et al. 2019).

Die Fasernessel ist eine Konvarietät der großen Brennessel (*Urtica dioica* L. convar. *fibra*), bei der der Faseranteil durch Züchtung gesteigert wurde (Fischer et al. 2019). Historisch gesehen, stellt die Fasernessel bis zum ersten Weltkrieg nach Flachs und Hanf nicht nur eine für Europa wichtige Textilpflanze dar (Viotti et al. 2022 - 10.3390/ma15124288), sondern sie wird seit dem Altertum auch als Arzneipflanze geschätzt (Bogard et al. 2021 - 10.1080/15440478.2021.1961341). Neuere Studien zeigen zudem, dass die Fasern dieser Nesseln sich ebenso als Bioverbundwerkstoffe zu eignen scheinen („biocomposites“, Mudoj et al. 2021 - 10.1016/j.biteb.2021.100860).

In diesem Teilprojekt soll nun das Potenzial der Fasernessel als möglicher Torfersatzstoff untersucht werden. Dabei liegt der Fokus auf der Etablierung des Anbaus und der Durchführung grundlegender Qualitätsanalysen. Als eine extensive Dauerkultur könnte die Fasernesseln so-

gar auf ökonomisch sonst nicht nutzbaren Böden angebaut werden. Die Mehrjährigkeit dieser Pflanzen kann bis zu 10 Jahre Erträge einbringen (Fischer et al. 2019). Abhängig von dem verwendeten Nesselklon kann die Biomasseproduktion um ein weiteres gesteigert werden. Innerhalb dieses Projektes werden drei verschiedene Nesselklone B13, L18 und Z10 des Instituts für Pflanzenkultur GmbH & Co. KG in einem Agroforstsystem kultiviert, um über die Projektlaufzeit die Erträge pro Jahr erfassen zu können. Denn als schattentolerante Pflanze kann die Fasernessel anders als andere Kulturpflanzen eine Konkurrenz zu der nahen Baumzone gut tolerieren (Swieter et al. 2019; Taylor 2009 - 10.1111/j.1365-2745.2009.01575.x).

In einem hierzu separaten Versuchsanbau konnte ein Einfluss der Stickstoff-Düngemenge und der Feldröste auf den Ertrag je Genotyp und das C/N-Verhältnis festgestellt werden. Die Eigenschaften der Schäben und Fasern des Nessel-Materials sollten jeweils getrennt betrachtet werden. Zur weiteren Homogenisierung des Materials wurden entweder eine Kompostierung oder eine Silierung vorgenommen. Die dadurch entstandenen Qualitätsänderungen konnten über grundlegende Analysen, wie u.a. der Bestimmung von Trockenmasse, Rohasche, Salzgehalt, pH, Fasergehalt und des C/N-Verhältnisses, erfasst und evaluiert werden. Es zeigte sich, dass eine erfolgreiche Kompostierung und Silierung von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird.

Entwicklung von Basilikum und Pak Choi in Torfersatz auf Gärrestbasis

Trenkner, Marielle¹ ✉; Müller, Benedikt¹; Lewandowski, Iris¹; Bauerle, Andrea¹

¹Universität Hohenheim, Fachgebiet für Nachwachsende Rohstoffe in der Bioökonomie, Stuttgart

✉ marielle.trenkner@uni-hohenheim.de

Der Abbau von Torf zur Erdproduktion ist umwelt- und klimaschädlich. Im Rahmen des Klimaplanes 2050 hat Deutschland eine Torfminderungsstrategie vorgestellt, die einen Ausstieg aus der Torfnutzung für Erden aus dem Hobbybereich ab 2025 vorsieht. Dafür erfordert es hochwertige Torfersatzstoffe, sowohl im Hobbybereich als auch im Profianbau. Diverse Ansätze möglicher Torfersatzprodukte wurden bereits getestet, oft eignen sich diese Alternativen jedoch nicht ausreichend für den pflanzenbaulichen Bereich (Ceglie et al. 2015 - 10.1371/journal.pone.0128600).

Ziel dieser Studie ist es, einen Torfersatzstoff aus den festen Bestandteilen von Gärresten, aufbereitet durch eine Nährstoffrückgewinnungsanlage, auf seine Eignung als Pflanzsubstrat zu testen und zu evaluieren.



Abb. 54. Wachstumsversuch (W I) auf Substrat mit von links nach rechts abnehmender Torfersatz-Konzentration

Dafür wurden diverse Versuche mit Basilikum und Pak Choi in einem Gewächshaus der Universität Hohenheim durchgeführt (siehe Tab. 1). Diese Arten wurden aufgrund ihrer relativ kurzen Kulturdauer, ihrer leichten Handhabbarkeit sowie der hohen Vergleichbarkeit und Aussagekraft ausgewählt. Die Pflanzen wurden auf Keimrate, BBCH-Entwicklung und Ertrag (Frisch- und Trockenmasse) untersucht.

Tab. 15. Überblick über die bisherigen Versuche

Versuche	Untersuchungen
Keimversuch K I	Keimrate in versch. Torfersatz-Konzentrationen
Wachstumsversuch W I	Wachstum in versch. Torfersatz-Konzentrationen, Bonitur Mangel-symptome, Düngung
Keimversuch K II	Keimrate in Substraten mit unterschiedlicher Hygienisierung
Wachstumsversuch W II	Wachstum in versch. Torfersatz-Konzentrationen mit versch. Düngevorbehandlungen

Während Ergebnisse der Keimversuche wenig Unterschiede zwischen den Substraten und Referenzen zeigten, waren in den Wachstumsversuchen große Unterschiede zu erkennen (Abb. 1). Pflanzen, die in Substraten mit hohem Torfersatz-Anteil kultiviert wurden, zeigten deutliche Stickstoffmangelsymptome (W I). Der Wachstumsversuch W II mit verschiedenen Düngevorbehandlungen (Kalkammonsalpeter, 27 % N; Ammoniumsulfat, 21 % N) ergab weniger ausgeprägte Unterschiede zwischen den Pflanzen auf unterschiedlichen Torfersatz-Konzentrationen und den Referenzsubstraten. Kommende Versuche werden die hier vermutete Stickstoff-Immobilisierung weiter untersuchen, durch Vorbehandlungen mit unterschiedlichen Düngerkonzentrationen und Stickstoffformen, um so ein universell einsetzbares Torfersatzprodukt zu gewährleisten.

Das Projekt UpCycling Plus wird gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in Baden-Württemberg im Rahmen des Entwicklungsprogramms Ländlicher Raum (ELR), Förderkennzeichen ELR_2378692. Wir danken den Projektpartnern für die Bereitstellung des Torfersatzstoffs.

Fazit | Torfminderung im Gartenbau

Die Beiträge in der Sektion „Torfminderung im Gartenbau“ haben einen Einblick in aktuelle Forschungsthemen gegeben. Einige Erkenntnisse liegen bereits aus den Zeiten vor der Nutzung von Torf im Gartenbau vor, weitere Erkenntnisse liegen aus jüngeren Forschungsarbeiten vor. Allerdings erfordern alternative Substratausgangsstoffe und -mischungen eine Anpassung und Weiterentwicklung der aktuellen Kulturverfahren in den Sparten des Gartenbaus. Daher überwiegen zum aktuellen Zeitpunkt die offenen Fragen, wovon einige hier zusammengestellt sind. Die folgende Auflistung ist nicht abschließend.

■ Offene Fragen

Welche Substratausgangsstoffe sind verfügbar und wie müssen diese aufbereitet werden, damit diese sicher verwendet werden können?

Wie können biologische, chemische und physikalische Eigenschaften stabilisiert werden, so dass eine Produktionssicherheit mit hoher Qualität und Quantität gärtnerischer Produkte gewährleistet werden kann?

Wie kann die Planbarkeit gärtnerischer Kulturverfahren weiterhin gewährleistet werden und welche Schritte müssen wie angepasst werden?

Wie kann die Nährstoffverfügbarkeit sichergestellt werden, so dass die gärtnerischen Kulturpflanzen optimal mit Makro-, Mikro- und Spurennährstoffen versorgt werden?

Wie kann ein Nutzungskonflikt bei der Verwendung möglicher Substratausgangsstoffe verhindert werden?

Ist die Substratindustrie bzw. sind die Erdenwerke in der Lage die erforderliche Quantität und Qualität an Substratausgangsstoffen zu produzieren und für den Produktions- und Hobbygartenbau zur Verfügung zu stellen?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Nutzung regionaler und klimaangepasster Substratausgangsstoffe und

Erschließung neuer Wertschöpfungsketten für die Produktion von gärtnerischen Kultursubstraten mit gleichbleibender und stabiler Quantität und Qualität

2. Forschung an aktuellen und relevanten Fragestellungen zur biologischen, chemischen und physikalischen Stabilität von Substratausgangsstoffen und deren Mischungen
 3. Anpassung und Beratung des Produktionsgartenbaus mit seinen gärtnerischen Produktionssystemen an veränderte Substratausgangsstoffe bei limitiert verfügbaren Ressourcen
 4. Anpassung und Beratung des Hobbygartenbaus an veränderte Bedingungen
- ... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Ressourcenschonung bei der Produktion und Herstellung von Substratausgangsstoffen
2. Ressourcenschonung bei der Anpassung gärtnerischer Kultursysteme und Anbauverfahren an torf reduzierte oder torffreie Substrate
3. Ressourcenschonung für den Hobbygartenbau

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity

Die Vernetzung auf nationaler und internationaler Ebene besteht und muss aufrechterhalten und ausgebaut werden

... mit der landwirtschaftlichen Praxis

Ohne die gärtnerische Praxis kann die Torfminderung nicht umgesetzt werden. Der Austausch mit dem Produktions- und Hobbygartenbau muss gefördert und intensiviert werden, um die Torfminderung erfolgreich umsetzen zu können

... entlang der Wertschöpfungskette

Alle Akteure der Wertschöpfungskette müssen einbezogen werden, um ökologische, ökonomische und soziale Ziele und Verpflichtungen umsetzen zu können

51 Klimaschutz in der Rinderhaltung

Moderation: Björn Kuhla, Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN)

Wie Rinderhaltung zum Klimawandel beiträgt, ist wissenschaftlich kaum umstritten. Die Bewertung des Beitrags und wie weit Konsequenzen gehen müssen, unterscheiden sich jedoch in Forschung und Gesellschaft je nach Ziel und Wunschbild.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Analyse landwirtschaftlicher THG-Emissionen und zukünftiger Szenarien mittels GWP100 und GWP* | Maximilian Zerbe
 - Identifizierung von Schlüsselindikatoren für Umweltwirkungen in der Milchproduktion | Julia Drews
 - Mehr Klimaschutz in Milchviehbetrieben: QM-NMM zeigt mögliche Stellschrauben | Birthe Lassen
 - Umwelteffekte aus Klee gras Weidemilch im Vergleich zu Betrieben in Schleswig-Holstein | Friederike Fenger
- Poster
 - Umweltwirkungen innovativer Emissionsminderungsmaßnahmen in der Milchviehhaltung | René Méité
 - Wie geht Klimaschutz in der deutschen Rindermast? Eine Analyse typischer Systeme | Katrin Agethen
 - Klimaschutz über den Tellerrand: Strategien zu einer nachhaltigen Rindernutzung in Europa | Gunnar Rohwäder
- Fazit

Analyse landwirtschaftlicher THG-Emissionen und zukünftiger Szenarien mittels GWP100 und GWP*

Zerbe, Maximilian¹ ✉; Mörlein, Daniel¹; Hörtenhuber, Stefan²

¹Department für Nutztierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, ²Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien, Österreich

✉ maximilian.zerbe@stud.uni-goettingen.de

In der Landwirtschaft ist das mit einer durchschnittlichen Verweildauer in der Atmosphäre von ca. 12 Jahren relativ kurzlebige Methan (CH₄) das wichtigste Treibhausgas (THG). Lachgas (N₂O), das zweithäufigste THG in der Landwirtschaft, ist mit über 100 Jahren vergleichsweise langlebig. Ein relevanter Teil des Kohlendioxids (CO₂) verbleibt sogar mehrere tausend Jahre in der Atmosphäre. Um die Klimawirkung verschiedener THG zu vergleichen, wird meistens das sogenannte GWP₁₀₀ verwendet, das die Klimawirkung einer Impulsemmission über den Zeitraum von 100 Jahren angibt. CH₄-Emissionen werden dabei mit dem Faktor 28, N₂O-Emissionen mit dem Faktor 265 in CO₂-Äquivalente konvertiert. Diese Umrechnung entspricht jedoch nicht der wirklichen Dynamik der THG in der Atmosphäre.

Sind CH₄-Emissionen über Jahrzehnte hinweg konstant, erhöht sich die CH₄-Konzentration in der Atmosphäre nicht, da ein Gleichgewicht zwischen neuen Emissionen und dem Abbau (früherer Emissionen) entsteht. Für die CH₄-Konzentration in der Atmosphäre und damit die Klimawirkung sind demnach nicht die *kumulierten* Emissionen, sondern die *Änderung* der Emissionen relevant (Allen et al. 2018 - 10.1038/s41612-018-0026-8). Die Metrik GWP* berücksichtigt die *Änderung der Konzentration* kurzlebiger THG. Hier wurde das GWP*-Ergebnis des kurzlebigen CH₄ nach Smith et al. (2021 - 10.1038/s41612-021-00169-8) berechnet. Langlebige THG werden bei GWP* analog zu GWP₁₀₀ berechnet.

In der vorliegenden Studie sollen Ergebnisse beider Metriken anhand der THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft gegenübergestellt und die Entwicklung bei verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2030 untersucht werden.

Die Berechnungen erfolgten auf Basis öffentlich zugänglicher Daten des Thünen-Instituts und des *Klimaschutz-Projektionsberichtes 2021*.

Die Ergebnisse zeigen, dass vergangene landwirtschaftliche THG-Emissionen in Deutschland nur ca. ein Viertel so hoch sind, wenn diese mit GWP* bewertet werden. Der Grund dafür liegt im annähernd konstanten Rückgang der CH₄-Emissionen seit 1990. Während in einem *Ohne-Maßnahmen-Szenario* (OMS) die zukünftigen THG-Emissionen bei beiden Metriken ansteigen, sinken diese jeweils im *Mit-Maßnahmen-Szenario* (MMS) und im *Fleischkonsumreduktions-Szenario* (FKS). Wird zusätzlich der Einsatz des Futtermittelzusatzstoffes 3-NOP einkalkuliert, sinkt die Klimawirkung aufgrund der Einsparung von CH₄-Emissionen unter GWP* stärker ab als unter GWP₁₀₀ und erreicht bis zum Jahr 2030 THG-Neutralität in den Szenarien MMS und FKS. Die Ergebnisse gleichen weithin jenen aus Hörtenhuber et al. (2022 - 10.1016/j.animal.2022.100638) für Österreich oder denen ähnlicher Studien.

Trotz Vorteilen durch die genauere Beschreibung kurzlebiger THG in der Atmosphäre müssen bei der Anwendung und Interpretation von GWP* entstehende Gerechtigkeitsprobleme und die fehlende Darstellung eines Kontrollfeedbacks oder von marginalen Beiträgen berücksichtigt werden. Dennoch eignet sich GWP* für die Bewertung von Zeitreihen zur Abwägung politischer Handlungsoptionen.

Nur die Begrenzung der CO₂- und N₂O-Emissionen kann die Klimaerwärmung *langfristig* stoppen, während die Reduktion der CH₄-Emissionen *kurzfristig* dazu führt, dass gefährliche Kippunkte im Klimasystem weniger wahrscheinlich überschritten werden.

Identifizierung von Schlüsselindikatoren für Umweltwirkungen in der Milchproduktion

Drews, Julia¹ ✉; Zehetmeier, Monika²; Reindl, Anton²; Güldenpennig, Heiko³

¹Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion, Dummerstorf, ² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie, München ³ RinderAllianz GmbH, Woldegk

✉ j.drews@lfa.mvnet.de

In der Milchproduktion sind 60 % der Treibhausgasemissionen (THG) auf Verdauungsprozesse der Wiederkäuer zurückzuführen (Silva et al. 2023 - 10.1007/s11367-023-02157-x). Jedoch ermöglichen gerade Wiederkäuer die Nutzung von Grenzflächen, die ohne die Veredlung durch sie nicht für die menschliche Ernährung nutzbar wären (The Dublin Declaration of Scientists on the Societal Role of Livestock 2023 - 10.1093/af/vfad013). Für eine Versachlichung der Debatte um Umweltwirkungen (UW) aus der Tierhaltung ist die Kalkulation von Emissionen je kg erzeugtem Produkt notwendig. Die Ökobilanzierung wird hierzu in wissenschaftlichen Studien vielfach angewendet. Bisher fehlen jedoch umfangreiche Studien zu Einflussfaktoren auf UW in Milchviehbetrieben.

Im Rahmen dieses Beitrages wird eine neuartige Methodenkombination vorgestellt, welche erstmals das Konzept der latenten Variablen nutzt, um Schlüsselindikatoren für die Höhe von UW zu identifizieren. Erste Ergebnisse hierzu werden vorgestellt und weitere Forschungskonzepte dargelegt.

Auf Basis der Ergebnisse aus der Ökobilanzierung soll die Strukturgleichungsmodellierung (SGM) angewendet werden, um Kausalitäten zwischen betrieblichen Daten und der Höhe der Umweltwirkungen abzubilden. Die Methode der SGM ist geeignet, um mittels simultaner Schätzung von Wechselwirkungen Schlüsselindikatoren aus einer Vielzahl von möglichen Einflussgrößen aus verschiedenen Themenkomplexen zu identifizieren. Vorstudien (Drews et al., unveröffentlicht) ergaben, dass neben der Fütterung produktionstechnische Parameter einen wesentlichen Einfluss auf

die Höhe der Umweltwirkungen in Milchviehbetrieben hatten.

Im Rahmen weiterer Praxisstudien werden Daten von 20 Milchviehbetrieben aus Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt (ProFit-Testherden) über mehrere Jahre erhoben. Für die Betriebe werden zunächst einzelbetriebliche Ökobilanzen durchgeführt. Die Ergebnisse aus den Ökobilanzen (THG, Versauerungs- und Eutrophierungspotenzial, Landnutzung bzw. Landnutzungsänderung) finden anschließend gemeinsam mit den betrieblichen Leistungs- und Gesundheitsdaten Eingang in das SGM. Hier erfolgt die Analyse der Wirkungsbeziehungen zwischen den latenten Konstrukten. Neben den Leistungs- und Gesundheitsdaten werden auch Daten zur Fütterung als Einflussgrößen in ihrer Wirkung auf die UW als Zielgrößen betrachtet.

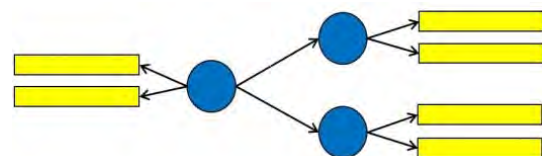


Abb. 55. Schematische Darstellung eines Strukturgleichungsmodells mit latenten Variablen (blau), welche durch Messvariablen (gelb) geschätzt werden und die simultane Schätzung von Schlüsselindikatoren für die Höhe verschiedener Umweltwirkungen ermöglichen.

Langfristiges Ziel ist es, ein SGM zu etablieren, welches auch auf Datensätze aus weiteren Betrieben, Systemen und Ländern angewendet werden kann, um Informationen zu Hot Spots für Reduktionspotenziale von THG-Emissionen zu gewinnen. Auf Grundlage der Resultate aus dem Projekt soll ein Handlungsleitfaden für die betriebliche Praxis bis 2026 erarbeitet werden.

Mehr Klimaschutz in Milchviehbetrieben: QM-Nachhaltigkeitsmodul Milch zeigt mögliche Stellschrauben

Lassen, Birthe ; Lindena, Tomke

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig

 birthe.lassen@thuenen.de

Die Milchviehhaltung in Deutschland steht unter Druck: über 40% der Emissionen (THG) aus der Landwirtschaft können ihr u.a. über Verdauung, Wirtschaftsdüngerlagerung und Beweidung direkt zugewiesen werden. Milchviehhalter sind aufgefordert THG-Minderungsmaßnahmen auf ihren Betrieben umzusetzen - aber welche und wie? Häufig wird ein betriebsindividueller CO₂-Fußabdruck aus Gründen der Orientierung geschätzt. Dieser bleibt am Ende jedoch »nur« eine Zahl. Verbesserungspotenziale sowie spezifische Umsetzungsmaßnahmen und deren Klimawirksamkeit lassen sich an ihm noch nicht identifizieren. Das QM-Nachhaltigkeitsmodul Milch (QM-NMM) macht Praktiken sichtbar, die Betriebe im Alltag umsetzen können: Es zeigt betriebsindividuelle Stellschrauben für mehr Klimaschutz (Abb. 1).

Das QM-NMM wurde von dem Thünen-Institut für Betriebswirtschaft und dem QM-Milch e.V. erarbeitet. Und das nicht im stillen Kämmerlein: Mehr als 200 Stakeholder waren eingebunden - Landwirte und Molkereien, Wissenschaft, Beratung, Politik aber auch NGOs, Lebensmittel Einzelhandel und Industriekunden. Seit 2017 haben inzwischen mehr als 14.000 Milcherzeuger aus ganz Deutschland an der Nachhaltigkeitsbefragung teilgenommen. Dies entspricht mehr als jedem vierten Milchviehbetrieb oder jeder dritten deutschen Milchkuh.

Aus der jüngsten Auswertung (2020-2023) lassen sich ungenutzte Potenziale der Milchviehbetriebe mit Blick auf den Klimaschutz identifizieren. Dazu gehören vor allem: regelmäßige Grundfutteranalysen und darauf basierende Rationsberechnungen sowie Maßnahmen bei der Nährstoffausbringung (Nährstoffanalysen und emissionsarme Güllelagerung und -ausbringung, Abb. 1).

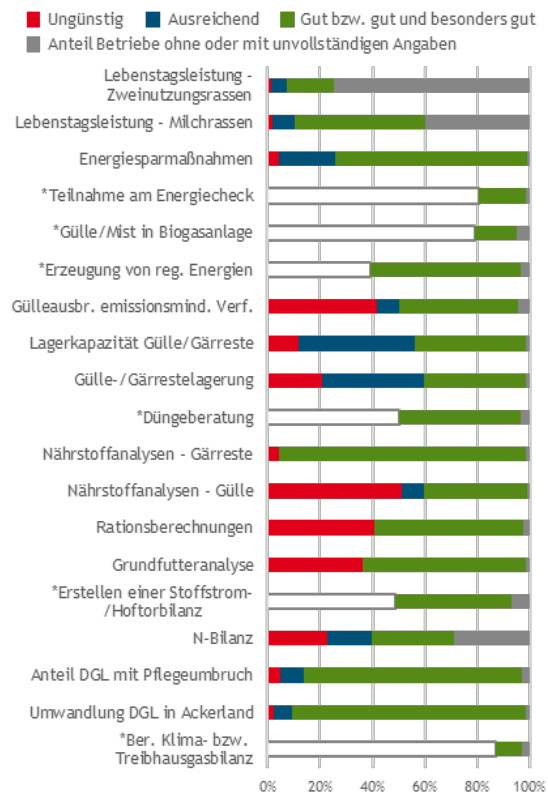


Abb. 56. Indikatoren mit Klimabezug im QM-NMM: Verteilung der befragten Betriebe nach den jeweiligen Bewertungsklassen in % der Betriebe (n=10.090)

Unklar bleibt, warum diese Potenziale teilweise ungenutzt bleiben, obwohl sie (je nach Maßnahme) nicht nur zu Zielkonflikten führen, sondern durchaus auch positive ökonomische Effekte haben können. Ein effizientes Nährstoffmanagement (Dünger einsparen) ist beispielsweise nicht nur aus ökologischer Sicht sinnvoll, sondern auch aus ökonomischer Sicht (Kosten einsparen). Den Wissenstransfer zu verbessern, um Transformationsprozesse auf den Milchviehbetrieben zu beschleunigen, ist ein aktueller Fokus im QM-NMM. Dafür werden auch psychologische Aspekte aus der Transformationsforschung genutzt.

Umweltwirkungen innovativer Emissionsminderungsmaßnahmen in der Milchviehhaltung

Méité, René^{1,2} ✉; Bayer, Lukas¹; Martin, Michael³; Amon, Barbara⁴; Uthes, Sandra¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, ²Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Humboldt-Universität, Berlin, ³Schwedisches Umweltforschungsinstitut (IVL), Stockholm, Schweden, ⁴Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam

✉ meite@zalf.de

Zur Emissionsminderung in der Milchviehhaltung stehen verschiedene Maßnahmen zur Diskussion: u. a. die Verfütterung der Makroalge *Asparagopsis*, die Kot-Urinentrennung mit Hilfe einer Kuh-Toilette oder die Gülleansäuerung während der Ausbringung auf dem Feld.

Ziel dieser Untersuchung war es, die Emissionsminderungspotenziale dieser drei Maßnahmen zu bewerten und Zielkonflikte mit anderen Umweltzielen aufzuzeigen.

Methodisch kam eine attributive Lebenszyklusanalyse (LCA) in den Systemgrenzen „Wiege bis zum Hoftor“ zur Anwendung. Für die Modellierung mit der Software openLCA wurden verfügbare Prozesse der Ecoinvent 3.8 Datenbank genutzt und regionalisiert angepasst. Die Minderungsmaßnahmen wurden sowohl einzeln als auch kombiniert modelliert.

Als Referenz wurde ein spezialisierter Brandenburger Milchviehbetrieb basierend auf Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) gebildet.

Der Modellbetrieb hatte folgende Merkmale: 1026 Kühe, davon 666 Milchkühe;

ganzjährige Laufstallhaltung; Güllelagerung mit natürlicher Kruste; Schlepplauschlauchausbringung; jährliche Milchleistung: 10.000 FPKM/Tier/Jahr).

Die Ergebnisse zeigten, dass die drei Maßnahmen eine positive Wirkung auf einzelne oder mehrere LCA-Wirkungskategorien haben (Tab. 1). Zielkonflikte treten jedoch z. B. zwischen der Treibhausgasminderung bei gleichzeitig zunehmender abiotischer Verarmung auf, die durch benötigte Inputs für die Maßnahmen verursacht wird (Tab. 1) und den Ort der Umweltwirkung verlagert. Die Maßnahmenkombination kann negative Eutrophierungs- und Versauerungseffekte einzelner Maßnahmen kompensieren, wobei die nachteilige Wirkung der abiotischen Verarmung verstärkt wird (Tab. 1).

Diese Ergebnisse unterstreichen, dass die Wechselwirkungen verschiedener Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Formulierung von Vorschriften und Finanzierungsprogrammen berücksichtigt werden sollten, um eine wirksame, zielkonfliktreduzierte Emissionsminderung in der Milchviehhaltung zu erreichen.

Tab. 16. Umweltwirkungen der Szenarien im Vergleich zur Referenz pro kg FPKM

Wirkungskategorie	Einheit	Referenz absoluter Wert	Asparagopsis- Verfütterung [%]	Kuhtoilette [%]	Gülle- ansäuerung [%]	Maßnahmen- kombination [%]
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ e	1.00	-23.4	0.3	0.1	-23.0
Eutrophierungspotenzial	g PO ₄ ³⁻ e	4.47	3.9	-4.4	-2.0	-2.6
Versauerungspotenzial	g SO ₂ e	8.96	5.1	-10.3	0.9	-4.3
Abiotische Verarmung	MJ	4.03	20.4	0.8	2.4	23.6

FPKM - 1 kg fett- und proteinkorrigierte Milch

Wie geht Klimaschutz in der deutschen Rindermast? Eine Analyse typischer Systeme

Agethen, Katrin¹ ✉; Ahrend, Anne¹; Meyer-Aurich, Andreas²; Deblitz, Claus¹;

¹Thünen Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig, ²Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam

✉ katrin.agethen@thuenen.de

Die deutsche Rindermast beruht zum Großteil auf der Ausmast von Kälbern aus der Milchviehhaltung und zu einem geringeren Anteil auf der Mast von Absetzern der Mutterkuhhaltung. So ist sie eng verbunden mit der Milchviehhaltung, in dessen Schatten sie auf nationaler Ebene bei der Diskussion um Treibhausgasminde- rung steht. Aber auch in der Rindfleisch- erzeugung gewinnt Klimaschutz an Bedeutung. Dabei lassen sich Erkenntnisse aus der Milchviehhaltung zur Bewertung von Minderungsmaßnahmen aufgrund von Verfahrensunterschieden nur begrenzt übertragen. Zudem variieren Mastverfahren selbst z.T. deutlich in vorherrschenden Fütterungs- und Wirtschaftsdüngerstrategien, was die Umsetzbarkeit von Minderungsmaßnahmen, ihr Potential und ihre Kosten beeinflusst.

In unserem Beitrag nehmen wir vor dem Hintergrund der Klimaziele und der Landnutzungsdebatte typische deutsche Rindfleischproduktionssysteme unter die Lupe. Über Szenarienrechnungen tragen wir zu einer faktenbasierten Diskussion um Potentiale und Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Betrieben bei.

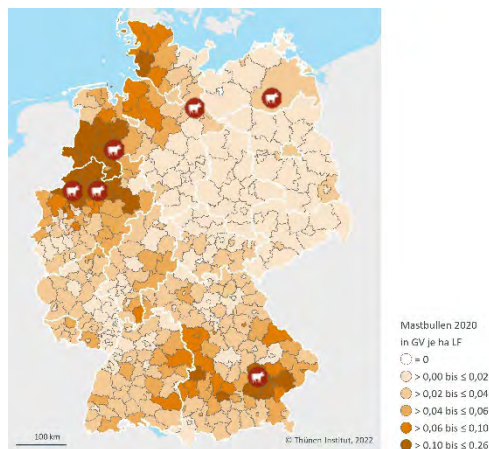


Abb. 57. Mastbullen in GV je ha LF (2020) und Verortung typischer deutscher Rindermastbetriebe.

Wir nutzen die im *agri benchmark* Beef Network vorliegenden Tools und Datensätze für sechs typische Rindermastverfahren in Deutschland und analysieren Treibhausgasintensitäten, Produktionskosten und die Landnutzung. Die ökonomische Analyse folgt dem Vollkostenansatz. In die Berechnung der Klimawirkung beziehen wir die Leistungsparameter der typischen Rindermastverfahren, die Fütterung sowie Informationen zum Wirtschaftsdüngermanagement ein. Neben diesen betriebseigenen Verfahrensmerkmalen berücksichtigen wir auch die Herkunft der Masttiere (anhand typischer Produktionsverfahren für Milchvieh (Holstein, Fleckvieh, Braunvieh) und Mutterkuhhaltung) sowie die damit verbundenen Transportwege. In die Analyse der Landnutzung fließen die Zusammensetzung typischer Futterrationen, Herkünfte und Erträge ein.

Vom Status-Quo ausgehend analysieren wir den Einfluss von Klimaschutzmaßnahmen in Fütterung und Wirtschaftsdüngermanagement auf diese drei Kriterien und diskutieren ihren Beitrag zu einer nachhaltigeren Rindfleischherzeugung. Über Fokusgruppendifkussionen identifizieren wir auch potentielle Entwicklungsszenarien über eine innersystemische Verbesserung hinaus.

Die Analyse ist Teil eines internationalen Vergleichs der Klimawirkungen von Rindermastverfahren und der Berechnung von Treibhausgasminde- rungskosten im *agri benchmark* Beef Network und trägt zum EMiFa* Flagship-Projekt im Rahmen der Global Research Alliance (GRA) bei.

* Economics of GHG mitigation at farm level in global cattle production systems

Klimaschutz über den Tellerrand: Strategien zu einer nachhaltigen Rindernutzung in Europa

Rohwäder, Gunnar ✉

Fa. Tönnies, Rheda, Germany

✉ gunnar.rohwaeder@toennies.de

Fokus: Die Zukunft der europäischen Rindfleischnachhaltigkeit gestalten

Eine Multi-Stakeholder-Organisation, die sich auf die Nachhaltigkeit von europäischem Rindfleisch vom Bauernhof bis zum Teller konzentriert. Das ist das European Round Table for Beef Sustainability (ERBS).

Das ERBS vereint und koordiniert Nachhaltigkeitsprogramme europäischer Nationen im Rahmen einer gemeinsamen Agenda. Damit sollen messbare und positive Auswirkungen innerhalb der Rindfleisch-Wertschöpfungskette erzielt werden. Eingebettet ist der ERBS in den global agierenden GRBS (Global Round Table for Sustainable Beef). Dort werden die europäischen Ergebnisse und Projekte in einen internationalen Kontext gesetzt.



Abb. 58. Bereits über 240.000 Landwirte beteiligen sich europaweit an der Initiative.

In der Zusammenarbeit mit relevanten europäischen Firmen und Organisationen wird eine kontinuierliche Verbesserung der Nachhaltigkeit der europäischen Rindfleischproduktion erarbeitet.

Europa verfügt über unterschiedliche Produktionssysteme und Klimazonen. Daher werden nationale und lokale Programme anerkannt und im europäischen Kontext bewertet.

Ziel ist es, kontinuierlich weitere Verbesserungspotentiale zu erarbeiten, um stetige Verbesserungspotentiale zu demonstrieren und auf messbare Nachhaltigkeitsergebnisse hinzuwirken.

Um dies zu erreichen, wurden vier Aktionsbereiche erarbeitet, die sich auf acht Ziele konzentrieren. Diese werden mit den teilnehmenden europäischen Ländern aufeinander abgestimmt.

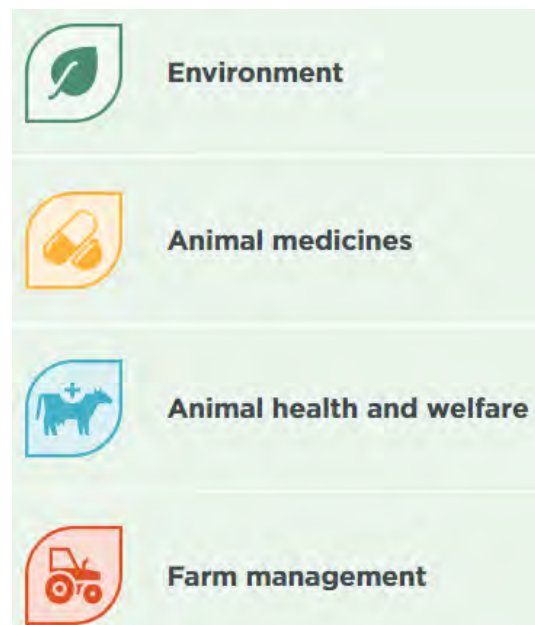


Abb. 2. Als die relevantesten vier Handlungsfelder wurden auf europäischer Ebene festgelegt: Umwelt, Antibiotikaeinsatz, Tierwohl und Tierschutz, betriebliches Management.

Das Ziel des ERBS ist es, die Nachhaltigkeit der Rindfleischproduktion voranzutreiben. Konkrete Ergebnisse bisher: europaweite, nennenswerte Senkung der Treibhausgasemissionen, des Antibiotikaeinsatzes, der Anbindehaltung sowie Verbesserung des betrieblichen Managements. Konkrete Ergebnisse werden bei der Tagung vorgestellt.

Fazit | Klimaschutz in der Rinderhaltung

■ Offene Fragen

Das jüngst entwickelte GWP*-Modell ist im Vergleich zum GWP100-Modell relativ kompliziert und bietet derzeit keinen vollständigen Ersatz. Es bleibt offen, wie das GWP*-Modell künftig verstärkt zur Bewertung der Emissionen herangezogen werden kann.

Es stehen derzeit mehrere Strukturgleichungsmodelle zur Bewertung der THG-Fußabdrücke und Ökobilanz auf betrieblicher Ebene zur Verfügung. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Art und Anzahl der Inputvariablen, was zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Es bleibt zu klären, ob und sich künftig ein bundesweit einheitliches Modell, auch im Sinne der Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben durchsetzt.

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

Die Optimierung des Nährstoffmanagements gelingt nur durch mehr Kenntnisse über die Grundfutterinhaltsstoffe und eine Verbesserung der Güllelagerung und -ausbringung. Dies sind keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse, aber es

fehlt an der praktischen Umsetzung. Es stellt sich also die Frage, wie das in der Wissenschaft generierte Wissen künftig von mehr Betrieben berücksichtigt und umgesetzt werden kann und wie die knappen Ressourcen in Wissenschaft und Beratung so gebündelt werden können, so dass sie öfter bis in die Praxis durchdringen.

Es wurde gezeigt, dass mit steigender Milchleistung in high input-Systemen der THG-Fußabdruck pro ECM und die benötigte Fläche pro ECM sinken. Dennoch ist auch die low-input Milcherzeugung aus saisonaler Weide konkurrenzfähig, es fehlen aber Kenntnisse zur Optimierung standortspezifischer Systeme, z.B. an einen Trockenstandort angepassten Futterbau, Wassermanagement und Tier rasse. Dies erfordert interdisziplinäre, systembetrachtende Projekte z.B. in Modelbetrieben.

■ Notwendige weitere Vernetzung

1. Zwischen Wissenschaft, Beratung und landwirtschaftlicher Praxis zur Erfolgskontrolle ergriffener Maßnahmen durch alle Netzwerk beteiligten.
2. Zwischen Softwareentwicklern, Beratern und landwirtschaftlicher Praxis.

52 Klimageeffiziente Nutztierhaltung

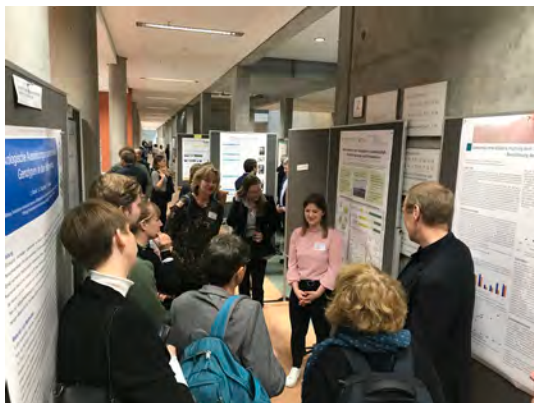
Moderation: Eva Gallmann, Universität Hohenheim

Zu einer klimageeffizienten Nutztierhaltung kann auch das Drehen an kleinen Stellenschrauben beitragen. Gute Gesundheit der Tiere durch entsprechende Ernährung und Umgebungen sind ein Beispiel. Die quantitative Bewertung der Maßnahmen für den Klimaschutz ist zum Teil eine Herausforderung.

Ablauf

■ Poster I – Tiergesundheit

- Nachhaltige Lebensmittellieferkette: Förderung Tiergesundheit und Tierwohl von Puten | Corinna Köters
- *Lawsonia-intracellularis*-Impfung beim Schwein i.m./i.d. - Berechnung der CO₂-Bilanz | Robert Tabelling
- Biosicherheit in der ökologischen Landwirtschaft: Herausforderungen und Perspektiven | Natalie Wischnewski
- Ökologische Auswirkungen unterschiedlicher Genotypen in der Hühnermast | Julia Gickel



■ Vorträge

- N₂O-Emissionen einer Kuhweide - Wie groß sind die Emissions-Faktoren? | Lena Barczyk
- Ansätze zur Reduktion von Treibhausgasen und Nahrungsmittelkonkurrenz auf Milchkuhbetrieben | Sebastian Ineichen
- Gezielte Allokation von Nährstoffen versus Fütterung gemäß Versorgungsempfehlungen | Albert Sundrum
- Larven der Schwarzen Soldatenfliege für Broiler für eine geringere Food-Feed-Konkurrenz | Gürbüz Daş
- Niedriger pH-Wert reduziert Ammoniak- und Methan-Emissionen aus dem Flüssigmist | Veronika Ebertz

■ Poster II – Ernährung, Emissionen

- Ökobilanzielle Bewertung eines Eiweißfuttermittels aus Larven der Schwarzen Soldatenfliege | Thomas Venus
- Emission von CO₂ und NH₃ sowie O₂-Verbrauch durch Larven der Schwarzen Soldatenfliege | Manfred Mielenz
- Regional spezifische Minderung der Umweltauswirkungen von Milchproduktionssystemen | Federico Dragoni
- Emissionsminderung bei der Gülle- und Gärrestlagerung durch Zusatz von Kalkstickstoff | Katharina Schulz
- Koppelprodukte in der Ferkelaufzucht: Art und Vermahlungsgrad beeinflussen die Leistung | Eva-Maria Saliu
- Stickstoffemissionen in der Schweinehaltung - eine digitale Lernsimulation | Christian Post

■ Fazit

Regional spezifische Minderung der Umweltauswirkungen von Milchproduktionssystemen

Díaz de Otálora, Xabier^{1,2,3}; del Prado, A.^{3,4}; Pardo, G.³; [Dragoni, Federico²](mailto:fdragoni@atb-potsdam.de); Estelles, Fernando¹, Amon, Barbara^{2,5}

¹ ICTA-Universität Politècnica de València, Spain; ² Leibniz Institute für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam; ³ Basque Centre for Climate Change, Spain; ⁴ Basque Foundation for Science, Spain; ⁵ University of Zielona Góra, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Environmental Engineering, Polen

✉ fdragoni@atb-potsdam.de

Die Milchproduktion ist eine der wichtigsten landwirtschaftlichen Quellen für Treibhausgas- (THG) und Stickstoffverluste (N). Europäische Milchproduktionssysteme (MPS) müssen in zunehmendem Maß verbindlichen Umweltauflagen genügen. Europäische MPS sind regional sehr unterschiedlich, was Möglichkeiten und Umfang von Minderungsmaßnahmen bestimmt. Die Projekte "MilKey" und "DairyMix" (www.milkey-project.eu; www.dairymix.eu) tragen dazu bei, regional spezifische Maßnahmen zu finden und zu analysieren.

Dieser Beitrag zielt darauf ab, die Auswirkungen ausgewählter Minderungsmaßnahmen auf die Treibhausgasemissionen und Stickstoffverluste aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und der Düngung in vier relevanten MPS in Europa zu bewerten. Eine aktualisierte Version des SIMSDAIRY-Modells wurde angewendet, um ausgewählte Minderungsmaßnahmen für verschiedene MPS zu bewerten. Die Auswirkungen von i) festen Flüssigmistabdeckungen, ii) Flüssigmistinjektion (im Vergleich zu breitflächiger oder Bandausbringung), iii) anaerober Vergärung und iv) Ersatz von Harnstoff durch Ammoniumnitrat (AN) wurden modelliert.

Ammoniak (NH₃) trug am meisten zu den N-Verlusten bei (durchschnittlich 58 %),

wobei die Flüssigmistlagerung und die Ausbringung die wichtigsten Hotspots waren (durchschnittlich 71 %). Die anaerobe Vergärung führte in allen betrachteten MPS zu geringeren Treibhausgasemissionen, während sie die Stickstoffverluste in den MPS erhöhte, in denen kein Flüssigmist ausgebracht wurde. Darüber hinaus verringerte die zielgerichtete Anwendung von mehr als einer Minderungsmaßnahme die negativen Nebeneffekte, die bei Einzelmaßnahmen beobachtet wurden, und war besonders wirksam, wenn feste Flüssigmistabdeckungen oder anaerobe Vergärung mit Flüssigmistinjektion kombiniert wurden.

Die Anwendung angepasster Maßnahmen in verschiedenen MPS führt zu einer erheblichen Verringerung der Treibhausgasemissionen und Stickstoffverluste der Betriebe. Die kombinierte Anwendung verschiedener Minderungsstrategien begünstigt positive Synergien bei gleichzeitiger Verringerung negativer Zielkonflikte. Die Möglichkeit, integrierte Pflanzenbau- und Tierhaltungssysteme zu installieren zu etablieren, bietet zahlreiche Vorteile. Die Identifizierung von Optionen für die Integration von Milchvieh- und Pflanzenproduktionssystemen auf betrieblicher oder regionaler Ebene kann die aktuellen Herausforderungen noch besser bewältigen.

N₂O-Emissionen einer Kuhweide – Wie groß sind die Emissions-Faktoren ?

Barczyk, Lena^{1,2} ✉; Kuntu-Blankson, Kate,^{1,2}; Calanca, Pierluigi¹; Six, Johan²; Ammann, Christof¹

¹Agroscope (Gruppe Klima und Landwirtschaft), Zürich, Schweiz, ²Institut für Agrarwissenschaften (ETH), Zürich, Schweiz

✉ lena.barczyk@agroscope.admin.ch

Die Landwirtschaft ist eine wichtige Quelle für Lachgas-Emissionen (N₂O). Verantwortlich dafür ist vor allem die Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf Agrarflächen. Auch die Exkremente von weidenden Kühen enthalten hohe Mengen an Stickstoff (N), die räumlich zu „hotspots“ von N₂O-Emissionen führen. Die lokale N-Applikationsrate von Kuh-Urin ist mit 20-200 g N m⁻² deutlich höher als bei der Ausbringung von „klassischen“ Düngemitteln.

N₂O-Emissionen aus den N-Ausscheidungen weidender Kühe werden üblicherweise anhand eines Emission-Faktors EF_{Exkrement} (oder EF₃), proportional zu der ausgeschiedenen N-Menge errechnet. Ein Großteil der nationalen Treibhausgasinventare benutzt den Tier1-Berechnungsansatz mit einem EF_{Exkrement} von 0.4 % (alt 2 %), welcher vom Weltklimarat IPCC vorgeschlagen wurde. Allerdings ist dies ein globaler Mittelwert und die zugrundeliegenden Studien zeigen eine große Spannweite an EF_{Exkrement} Werten. Auch deshalb rät der Weltklimarat zur Implementierung höherer ‚Tiers‘, wie einem länderspezifischen EF_{Exkrement} oder einer prozessbasierten Modellberechnung, um die Effekte von N₂O-treibenden Variablen einzubeziehen. In Zentraleuropa wurden bisher nur vereinzelt Messkampagnen durchgeführt, um den EF_{Exkrement} zu bestimmen. So müssen diese Länder den globalen Standardwert verwenden.

In unserer Studie wurden über drei Jahre Eddy-Kovarianz-Messungen zur Bestim-

mung der N₂O-Emissionen auf einer intensiv bewirtschafteten Kuhweide in der Nordostschweiz (Kanton Thurgau) durchgeführt. Ziele der Feld-Studie waren 1) die Berechnung der jährlichen Gesamtemissionen; 2) die Berechnung der Beiträge von ‚Background‘, Düngerausbringung und Weide-Exkrementen; 3) die Bestimmung von standortbezogenen EF für Düngerausbringung und für Weide-Exkremente; 4) die Bestimmung des Einflusses von Umweltvariablen auf die Emissionen aus Weide-Exkrementen.

In den drei Messjahren (Mai 2020-April 2023) wurde die Kuhweide möglichst praxisnah bewirtschaftet. Es erfolgten 2 bis 5 Gülle- und 0 bis 2 Kunstdünger-Applikationen pro Jahr. Die Weide wurde von Mai bis Ende Oktober beweidet.

Zur Zuordnung (Partitionierung) der gemessenen N₂O-Flüsse zu Background, Düngerausbringung und Weide-Exkrementen wurde ein Random-Forest-Algorithmus trainiert. Background-Flüsse wurden zudem mittels manueller Kammern (raum-zeitlich punktuell) bestimmt. Um einzuschätzen, wie viel N durch die Kuh-Exkremente auf die Weide gelangte, wurde ein Kuh-N-Bilanzmodell verwendet.

Die jährlichen Gesamtemissionen waren 5.2, 3.1 und 4.2 kg N₂O-N ha⁻¹. Die Anteile von Background, Düngerausbringung und Weide-Exkrementen beliefen sich auf 27-42 %, 17-63 % und 10-41 %.

Wir präsentieren und diskutieren die Ergebnisse aus unserer Studie.

Ansätze zur Reduktion von Treibhausgasen und Nahrungsmittelkonkurrenz auf Milchkuhbetrieben

Ineichen, Sebastian¹; Elmiger, Noëmi¹; Flachsmann, Tiziano¹; Reidy, Beat¹; Grenz, Jan¹ ✉

¹BFH-HAFL, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, Schweiz

✉ jan.grenz@bfh.ch

Ungefähr 30 % der globalen Treibhausgasemissionen (THG) aus der Landwirtschaft werden von Milchkühen ausgestoßen (Gerber et al. 2013 - ISBN 978-92-5-107921). Die Branche ist deshalb gefordert, Reduktionsmaßnahmen umzusetzen. Bezogen auf die THG-Intensität (kg CO₂-eq/kg Milch) kann die Leistungssteigerung sehr wirkungsvoll sein. Dadurch können die unvermeidbaren Emissionen auf eine grössere Milchmenge verteilt werden. Allerdings geht dies oft mit konzentrierteren Rationen bzw. Futterkomponenten einher, welche in gewissen Fällen auch direkt für die menschliche Ernährung genutzt werden könnten (wie etwa Getreide oder Körnerleguminosen). Die Nettonahrungsmittelproduktion des Milchproduktionsbetriebes kann so trotz höherer Milchleistungen sogar abnehmen, weil Milchkühe nur ca. 25 % des verfütterten Proteins in Milch und Fleisch umsetzen (Wilkinson 2011 - 10.1017/S175173111100005X). Werden Nutztieren Nahrungsmittel verfüttert, führt dies zu Nahrungsmittelkonkurrenz. Im Rahmen des Projektes KlimaStaR-Milch sollen während sechs Jahren sowohl die THG-Emissionen als auch die Nahrungsmittelkonkurrenz auf 232 Milchviehbetrieben um durchschnittlich 20% gesenkt (Abb. 1) und diese Reduktion mittels Milchgeldprämien entschädigt werden.

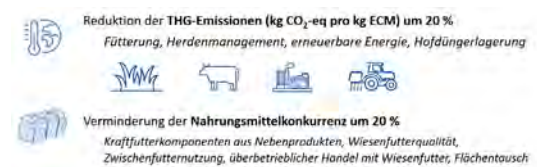


Abb. 59. Zielsetzung des Projektes KlimaStaR-Milch bis 2026.

Das erste Projektjahr hat gezeigt, dass unter den gegebenen Bedingungen Änderungen in der Fütterungspraxis umsetzbar sind, ohne bedeutende Milchleistungseinbußen hinzunehmen (Tab. 1). Dies hat den Wert des Nahrungsmittelkonkurrenzindikators um knapp 10 % gesenkt.

Tab. 17. Produktionsintensitätsparameter sowie Treibhausgasintensität und Nahrungsmittelkonkurrenz von 232 Schweizer Milchviehbetrieben für die Ausgangslage (2019-2021) und das erste Projektjahr (2022).

	2019-2021	2022
Jahresmilchleistung (kg ECM/Kuh)	7'738	7'641
Kraftfutterintensität (g TS/kg ECM)	108	104
Proteingehalt Jahresharvestation (g RP/kg TS)	160.1	158.9
THG-Intensität (kg CO ₂ -eq/kg ECM)	0.833	0.876
Nahrungsmittelkonkurrenz	0.441	0.401

Dagegen konnten viele Betriebe die THG-Intensität kaum senken. Ob das Kosten-Nutzen-Verhältnis Maßnahmen im Bereich Nahrungsmittelkonkurrenz favorisierte, die Möglichkeiten zur THG-Reduktion nahezu ausgeschöpft sind oder mehr Zeit benötigen, wird sich im weiteren Projektverlauf zeigen. Die geschätzte Wirkung bekannter Maßnahmen ohne negative Wirkung auf die Nahrungsmittelkonkurrenz (wie eine Verlängerung der Anzahl produktiver Lebensstage oder optimierte Hofdüngerlagerung) lässt darauf schließen, dass eine 20 % THG-Reduktion sehr ambitioniert ist.

Gezielte Allokation von Nährstoffen versus Fütterung gemäß Versorgungsempfehlungen

Sundrum, Albert 

Ehem. Leiter des Fachgebietes Tierernährung und Tiergesundheit, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel

 Sundrum@uni-kassel.de

Beiträge der Tierernährung zum Umweltschutz fokussieren vor allem auf die Absenkung von Nährstoffgehalten in der Futtermittelration, um Luxuskonsum und Ausscheidungsmengen über die Exkremente in Relation zu den erzeugten Produktmengen zu reduzieren. Eine entsprechende Reduzierung ist jedoch keine valide Bezugsgröße für die Umweltverträglichkeit, da damit keine Aussagen über die umweltrelevanten Wirkungen in den vor- und nachgelagerten Bereichen verbunden sind. Auch bleiben die Reduktionspotentiale ungenutzt, sobald von Seiten der Nutztierhalter finanzielle Einbußen befürchtet werden. *De facto* sind diese jedoch selten in der Lage, das Verhältnis von Aufwand und Nutzen von spezifischen Fütterungsstrategien für die eigenen Partikular- und die Gemeinwohlintereessen valide einzuschätzen. Dies hat u.a. damit zu tun, dass sich Nutztierhalter an den allgemeinen, von der Gesellschaft für Ernährung herausgegebenen Versorgungsempfehlungen orientieren, ohne die große intra- und interindividuelle Variation in der Diskrepanz zwischen Bedarf und Versorgung zu berücksichtigen. Blind gegenüber den Auswirkungen der Variabilität entgeht ihnen das Ausmaß an Verlustkosten, das sich infolge von Nährstoffimbilanzen einstellt.

Ein alternativer Ansatz für eine umweltverträglichere Tierernährung besteht in der Erhöhung der Effizienz bei der Nutzung von Futterressourcen. Über eine zielgerichtete Allokation von Nährstoffen unter Berücksichtigung der Aufwand-Nutzen-Verhältnisse wird eine Win-Win-Situation angestrebt. Dabei erschließen sich die Potentiale und Zusammenhänge allerdings nicht über verallgemeinerungsfähige Modellrechnungen. Vielmehr müssen diese kontextualisiert werden. Im Beitrag wird anhand unterschiedli-

cher Fallbeispiele aus der Milchviehfütterung ausgelotet, in welchem Maße zugleich umweltverträgliche wie ökonomisch vorteilhafte Effekte realisiert werden können. Dabei wird der Verringerung von Nährstoffimbilanzen eine zentrale Bedeutung beigemessen. Je mehr es gelingt, die Nährstoffversorgung an die tierindividuellen Bedarfsentwicklungen anzupassen, desto höher ist die Effizienz der Nährstoffnutzung auf der tierindividuellen sowie der betrieblichen Ebene und desto geringer ist das Ausmaß an Verlustkosten, das aus Produktivitätseinbußen und Produktionskrankheiten sowie vorzeitigen Abgängen resultiert.

Zwecks Realisierung des Potentials bedarf es einer mittels Schätzgleichungen vergleichsweise leicht zu ermittelnden tierindividuellen Bilanzierung der Energie- und Stickstoffversorgung, mit der die Variation der tierindividuellen Imbalance abgebildet werden kann. In Abhängigkeit vom einzelbetrieblichen Kontext bestehen verschiedene Optionen mit unterschiedlichem Wirkungsgrad und Aufwand-Nutzen-Relation, um die Variation der Imbalancen einzuengen.

Der Erschließung und Nutzung des Win-Win-Potentials stehen allerdings relevante Hemmnisse entgegen. Während sich die zeitlichen und finanziellen Mehraufwendungen schnell amortisieren dürften, erfordert die Umsetzung eine Abkehr von vorherrschenden Denkmustern, die auf verallgemeinerungsfähige Empfehlungen und auf Ertragsmaximierung und Aufwandsminimierung ausgerichtet sind. Solange keine externe Validierung der realen Schadstoffausträge aus den Betriebssystemen implementiert wird, wie dies z.B. in den Niederlanden geschieht, dürfte es vorerst nur in Einzelfällen gelingen, die vorherrschenden Beharrungskräfte zu überwinden.

Larven der Schwarzen Soldatenfliege für Broiler für eine geringere Food-Feed-Konkurrenz

Daş, Gürbüz¹; Seyedalmoosavi, Mohammad M.¹; Mielenz, Manfred¹; Metges, C. Cornelia¹ ✉

¹Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Institut für Ernährungsphysiologie "Oskar Kellner" Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

✉ metges@fbn-dummerstorf.de

Viele Rationskomponenten (z. B. Sojabohnen und Getreide) für Hühner sind für den direkten menschlichen Verzehr geeignet. Da bis 2050 eine mehr als 70%-ige Steigerung der weltweiten Geflügelfleischproduktion prognostiziert wird, ist eine zunehmende "food-feed" Konkurrenz abzusehen. Daher müssen für den menschlichen Verzehr geeigneten Futterkomponenten, insbesondere die mit einem hohen CO₂-Fußabdruck (z. B. importierte Sojabohnen), reduziert werden. Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (SSFL) haben im Vergleich zu anderen Nutztierarten eine sehr hohe Wachstumsrate und können geringwertige Biomasse effizient in hochwertige Tierfutterkomponenten umwandeln. Entfettetes Mehl von SSFL wird als innovative Proteinquelle für Geflügel angesehen, während unverarbeitete ganze SSFL direkt an Hühner verfüttert werden könnten. Es ist jedoch nicht klar, ob ein Anteil von über 10 % ganzer SSFL in der Ration die Leistung und Gesundheit von Broilern verbessert. In dieser Studie wurde untersucht, ob bis zu 30% ganzer SSFL in der Ration Akzeptanz, Nährstoff- und Energieaufnahme, Wachstum und Gesundheit sowie die Fleischqualität und Fettsäuren (FS)-Zusammensetzung verschiedener Gewebe von Broilern beeinflussen.

Ross-308 Küken ($n = 252$) erhielten ganze SSFL in Höhe von 10 % (L10), 20 % (L20) oder 30 % (L30) der freiwilligen Futtermittelaufnahme (FA) von Kontrollhühnern (KON), die 42 Tage lang ausschließlich altersgemäßes Futter erhielten ($n = 63$ Tiere/Gruppe). Die Broiler verzehrten alle angebotenen Larven. Mit Ausnahme von Tag 1 unterschied sich die Zeit, die die Tiere mit dem Verzehr ihrer täglichen Portion Larven verbrachten (TSL, min/Bucht), nicht zwischen den larvenfressenden Gruppen ($P = 0,982$). L10 hatte eine höhere Larvenfressrate (LER),

d.h. Geschwindigkeit der Larvenaufnahme, als L20 und L30 ($P < 0,05$), was auf eine erhöhte Konkurrenz bei weniger verfügbaren SSFL schließen lässt. Das LER : Fressrate (FER)-Verhältnis war 50-fach größer, was auf eine Bevorzugung von SSFL gegenüber regulärem Futter hinweist. Die SSFL-Aufnahme von Broilern bis zu 30% der freiwilligen FA hatte keine negativen Auswirkungen auf das Wachstum der Broiler ($P > 0,05$). Die L30-Gruppe hatte eine geringere Aufnahme von Gesamttrockenmasse- und metabolisierbarer Energie ($P < 0,05$), obwohl die Gesamtfettaufnahme bei L30 höher war als bei KON ($P < 0,05$). Im Vergleich zur KON-Gruppe war in der L30-Gruppe die Aufnahme von Futterprotein im Verhältnis zur Energie, die Konzentration der Plasma-Harnsäure sowie der alkalischen Phosphatase höher ($P < 0,05$). Außerdem wies die L30-Gruppe den höchsten Anteil an gesättigten FS in Plasma, Muskeln und Bauchfett (BF) und den niedrigsten Anteil an einfach ungesättigten FS im BF auf ($P < 0,05$). Der Anteil der mehrfach ungesättigten FS in Plasma und BF war bei L30 niedriger als bei KON ($P < 0,05$). In Plasma, Muskel und BF war der Anteil an konjugierter Linolsäure C18:2cis-9, trans-11 bei L30 am höchsten, gefolgt von L20, L10 und KON ($P < 0,05$).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ganze SSFL in Broilerrationen bis zu 20 % integriert werden können, ohne Wachstum, Nährstoffverwertung, Fleischqualität und FS-Zusammensetzung negativ zu beeinflussen. Jedoch zeigte sich in der L30-Gruppe eine geringere Proteinverwertung in Verbindung mit einer geringeren Gesamtenergieaufnahme und einer veränderten FS-Zusammensetzung. Für weitere Einzelheiten zu dieser Studie siehe: [10.1016/j.psj.2022.102202](https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102202), [10.3920/JIFF2022.0125](https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0125).

Niedriger pH-Wert reduziert Ammoniak- und Methan-Emissionen aus dem Flüssigmist

Ebertz, Veronika¹ ✉; Trimborn, Manfred¹; Clemens, Joachim²; Hölscher, Richard³; Büscher, Wolfgang¹

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, Bonn

² SF-SoepenberGmbH, Emil-Fischer-Str. 14, Hünxe

³ Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG, Siemensstraße 15, Emsbüren

✉ v.ebertz@uni-bonn.de

Während der Lagerung von Flüssigmist emittieren das umweltrelevante Gas Ammoniak (NH₃) und klimaschädliche Methan (CH₄). Damit die landwirtschaftliche Tierhaltung ebenfalls einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leisten kann, gibt es verschiedene Minderungs-techniken. Eine mögliche Maßnahme ist die stallinterne Flüssigmistansäuerung, bei der der pH-Wert durch Zugabe von Schwefelsäure (H₂SO₄) gesenkt wird. Dabei verschiebt sich das Ammonium-Ammoniak-Gleichgewicht im Flüssigmist, wodurch kaum noch gasförmiges Ammoniak entweicht.

Ziel der Untersuchung war es, das Emissionsminderungspotential einer nachgerüsteten Flüssigmistansäuerungstechnik in einem bestehenden Schweinemaststall zu quantifizieren und über die gesamte Wirtschaftsdüngermanagementkette (Stall, Lagerung und Ausbringung) zu kalkulieren.

Die Studie wurde in drei Schweinemastdurchgängen zu verschiedenen Jahreszeiten am Campus Frankenforst der Universität Bonn durchgeführt (zwei Abteile mit je 32 Mastschweinen). Mehrmals wöchentlich wurde der Flüssigmist in den Ansäuerungsbehälter gepumpt, der sich außerhalb des Stallabteiles befand. In Abhängigkeit des aktuellen pH-Wertes wurde H₂SO₄ zum Flüssigmist hinzugegeben, bis der Ziel-pH-Wert von 5,5 erreicht war. Im Anschluss an den Ansäuerungsprozess wurde der frisch angesäuerte Flüssigmist wieder vollständig zurück in den Flüssigmistkanal des Stalles gepumpt. Durch die Ansäuerung des Flüssigmistes konnten die NH₃-Emissionen um ca. 40 % und die CH₄-Emissionen um ca. 67 % reduziert werden (Tab. 1).

Aus der Literatur ist bekannt, dass die CH₄-Emissionen auch noch während der

Lagerung bis zur Ausbringung des angesäuerten Flüssigmistes gegenüber unbehandeltem reduziert werden. Baky et al. (2019) geben eine Minderung um 89 % an. Außerdem werden auch die NH₃-Emissionen während der Lagerung (-83 %) und Ausbringung (-46 %) durch eine Flüssigmistansäuerung gesenkt (Kai et al., 2008). So entstehen ebenfalls weniger indirekte Lachgasemissionen.

Tab. 18. Reduktion der Emissionen aus einem Schweinemastabteil mit Flüssigmistansäuerung gegenüber denen eines Referenzabteils.

	Frühjahr I	Sommer I	Sommer II
NH ₃	-43 %	-41 %	-33 %
CH ₄	-55 %	-65 %	-80 %

Für einen Betrieb mit 2000 Schweinemastplätzen bedeutet dies eine Minderung der Treibhausgasemissionen in Höhe von 440 t CO₂-Äquivalenten jährlich, was ca. 160 kg CO₂-Äquivalenten je Kubikmeter Flüssigmist entspricht.

Die stallinterne Flüssigmistansäuerung ist somit eine effektive Technik, um die umwelt- und klimarelevanten Emissionen während der gesamten Wirtschaftsdüngermanagementkette zu reduzieren. Für einen flächendeckenden Einsatz in der Praxis muss die deutsche Rechtslage allerdings noch angepasst werden.

Baky, A. (2019): Environmental assessment of slurry acidification technologies, Baltic Slurry Acidification, http://balticslurry.eu/wp-content/uploads/2019/06/Environmental-assessment-of-SATs_WP5_Baky_final.pdf, 10.09.2021.

Kai, P., Pedersen, P., Jensen, J. E., Hansen, M. N. & Sommer, S. G. (2008): A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy* 28(2), 148-154.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ: 281B102316).

Biosicherheit in der ökologischen Landwirtschaft: Herausforderungen und Perspektiven

Wischnewski, Natalie^{1,2} ✉; Herrmann, Anna¹; Zeiler, Eva²; Sauter-Louis, Carola¹

¹Friedrich-Loeffler-Institut, 17493 Greifswald - Insel Riems

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, 85354 Freising

✉ natalie.wischnewski@fli.de

Die aktuell stattfindende Transformation der Landwirtschaft in Deutschland bringt unter anderem eine dynamische Veränderung der Produktionsformen von landwirtschaftlichen Nutztieren mit sich. Angestrebt werden Systeme, die ressourcenschonend und möglichst regional funktionieren. Ein wichtiger Aspekt ist weiter die Förderung des Tierwohls.



Abb. 60. Logo des ÖTiKlis Projekts.

Im ÖTiKlis-Projekt soll dieser Wandel in der Struktur der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung wissenschaftlich begleitet werden. Ziel dabei ist es, eine funktionierende Biosicherheit in der Tierhaltung zu etablieren um eine hohe Tiergesundheit zu fördern. Dies trägt entscheidend zu einer verlängerten Lebens- und Produktionsdauer bei, wodurch der Anteil an unproduktiven Tieren gesenkt werden kann. Eine Reduktion der Emissionen wird dabei durch den verringerten Einsatz an Ressourcen pro produzierte Einheit eines tierischen Lebensmittels erreicht.

In ökologischen Tierhaltungen stehen die Tiere im ständigen Kontakt mit der Außenwelt und sind dadurch unter Umständen auch Tierseuchenerregern direkter ausgesetzt. Im Falle eines Tierseuchenausbruchs werden strenge Auflagen erteilt die unter anderem auch eine Aufstallung der Tiere vorsehen. Diese Maßnahme stellt ökologische Haltungen vor eine große Herausforderung, da die gehaltenen Tiere die Unterbringung im Stall allein nicht gewohnt sind und die

Kapazitäten für die Unterbringung oft nicht vorhanden sind. Im aktuellen Ausbruchsgeschehen der Afrikanischen Schweinepest sowie der Geflügelpest ist es daher entscheidend eine Möglichkeit zu finden, Tierhaltungsformen zu entwickeln die den ökologischen Anforderungen der Gesellschaft entsprechen, eine funktionierende Biosicherheit aufweisen und im Falle eines Tierseuchenausbruchs weitergeführt werden können.

Im Zuge des ÖTiKlis-Projekts wird eine Serie an Betriebsbesuchen in Schweine- sowie Geflügelbetrieben mit ökologischen Haltungssystemen durchgeführt. Als Vergleich werden auch konventionelle Haltungssysteme mit Kontakt zur Umwelt in die Studie miteingeschlossen. Dabei wird die Biosicherheit anhand eines festgelegten Scoring-Systems bewertet und mit Daten zur Tiergesundheit verknüpft. Darüber hinaus wird auch der aktive Austausch mit den teilnehmenden Landwirtinnen und Landwirten gesucht. Über offene Fragestellungen werden Probleme vor Ort angesprochen und mögliche, praktikable Lösungsansätze diskutiert.

Basierend auf den gewonnenen Daten werden Empfehlungen sowie Entscheidungsbäume bezüglich der Biosicherheit ökologischer Tierhaltungen erstellt, die zu einer optimierten Tiergesundheit und damit zu einer ressourcensparenden Produktion beitragen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden der Landwirtschaft mittels eines Online-Tools zur Verfügung gestellt, um eine direkte Verbesserung der Biosicherheit vor Ort zu erreichen.

Nachhaltige Lebensmittellieferkette: Förderung Tiergesundheit und Tierwohl von Puten

Corinna Köters^{1,2} ✉; Prof. Dr. Maik Schürmeyer¹; Prof. Dr. Dr. Dr. habil. Alexander Prange^{1,2}

¹ Hochschule Niederrhein, Fachbereich Oecotrophologie, Mönchengladbach

² Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Gesundheit, Witten

✉ corinna.koeters@hs-niederrhein.de

Neben der Energieerzeugung, der Industrie und dem Verkehr zählt die Landwirtschaft zu den Hauptverursachern von Treibhausgasemissionen. Etwa 64 % der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft werden durch den Energieverbrauch verursacht. Die landwirtschaftliche Produktion erzeugt etwa 14 % des Treibhausgasausstoßes. (Umweltbundesamt 2020: Anteile der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft weltweit aufgeteilt nach Bereichen im Jahr 2019. Statista.) Es deutet darauf hin, dass ein Großteil der Treibhausgasemissionen in der Geflügelindustrie während der Produktionsphase entstehen. Aufgrund dessen ist es wichtig, weiterhin an der Effizienz in der Geflügelindustrie zu forschen. (Dunkley 2023 - UGA Cooperative Extension Bulletin 1382). Die Reduzierung von Emissionen in der Mast von Nutztieren bewirkt die Verbesserung des Stallklimas und fördert das Wohl der Tiere. (Umweltbundesamt 2021: Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft mindern. S. 24.)

Die zentrale Forschungsfrage lautet, wie die Gesundheit und das Wohl von Puten in der Mast durch Technologien gesteigert, Ausschüsse reduziert und damit Lebensmittellieferketten nachhaltig gefördert werden können.

Basierend auf dem durchgeführten Anforderungsmanagements können als erste Ergebnisse in der Tabelle aufgezeigt werden, welche Daten zur Entwicklung des Systems essenziell sind.

Art	Daten
Prozess-bezogen, mittels Sensor-daten	z.B. Wasserverbrauch in l gesamt und in ml /Tier, Futtermittelverbrauch in kg gesamt und in g /Tier, Verhältnis von Wasser und Futter, Tierbestand und Anzahl verstorbener Tiere in Stk., Anzahl ein- und ausgestallter Tiere in Stk., Min- und Maximum-Temperatur in °C, Außentemperatur in °C, relative Luftfeuchtigkeit in %, Ammoniak in ppm, Kohlenstoffdioxid in ppm, durchschnittliches Tiergewicht in g
Produkt-bezogen, mittels Bilddaten	z.B. Aufnahmen der Herde und einzelnen Tieren mit Fokus auf Betrachtung der Mobilität, Agilität, Gefiederqualität und des Tierkots

Tabelle 2: Notwendige prozess- und produktbezogene Daten zur Entwicklung des Systems

Die Aufnahme, Verarbeitung und Analyse der Daten ermöglichen eine Erfassung der Situation im Stall und schafft eine kontinuierliche Informationsgrundlage zum Handeln der Nutzergruppen, z.B. Landwirt:innen. Dieses Vorgehen fördert die Hygiene, das Wohl und die Gesundheit der Puten prädiktiv, ermöglicht ein ressourcenschonendes Produzieren sowie die Reduzierung von Ausschuss und leistet lieferkettenübergreifend einen Beitrag zur Förderung der Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln (Fleischerzeugnissen). In der gesamtheitlichen Betrachtung stellt die Forschung damit einen Beitrag zum Klimaschutz und der Ernährungssicherheit dar.

Ökologische Auswirkungen unterschiedlicher Genotypen in der Hühnermast

Gickel, Julia¹ ✉; Visscher, Christian^{1,2}; Hankel, Julia² ✉

¹Wissenschaft und Innovation für Nachhaltige Geflügelwirtschaft (WING), Vechta, ²Institut für Tierernährung, Hannover

✉ julia.hankel@tiho-hannover.de

Die Nachhaltigkeit in der Nutztierhaltung wird oft mit wirtschaftlichen Aspekten und der Umwelt in Verbindung gebracht und berücksichtigt die Effizienz, mit der die Tiere die Ressourcen des Planeten am besten nutzen können, um sie in hochwertiges tierisches Eiweiß umzuwandeln (Castro et al. 2023 - 10.1016/j.japr.2022.100310). Ziel der vorliegenden Studie war es die ökologischen Auswirkungen in der Mastleistung divergierender Genotypen zu vergleichen.

Der Vergleich fand unter den Genotypen Ross 308 (Masthybridlinie), Hubbard JA 757 (langsam wachsende Masthybridlinie), männliche Tiere des Genotyps Lohmann Dual (Zweinutzungshuhn) und Lohmann Brown-Classic (Legehybridlinie) statt. In drei aufeinander folgenden Durchgängen wurden die Tiere über 42 Tage unter identischen Bedingungen gehalten. Sie erhielten kommerzielle pelletierte Alleinfuttermittel für Masthühner basierend auf Weizen (Deutschland), Sojaextraktionsschrot (Brasilien) und Mais (Deutschland).

Tab. 19. Körpermasse (KM, in g an Tag 42) und Futteraufwand (FCR, kg/kg von Tag 14 bis 42)

Genotyp	KM (n = 90)	FCR (n = 6)
Ross 308	2836 ±422	1,55 ±0,05
Hubbard JA 757	1859 ±297	1,73 ±0,12
Lohmann Dual	1051 ±149	1,83 ±0,05
Lohmann Brown-Classic	595 ±59,0	2,12 ±0,07

Die Futteraufnahme und Körpermasseentwicklung wurde über vier Wochen vor der Schlachtung erhoben (Tag 14 bis 42) und der Futteraufwand berechnet (Tab. 1). Die Bewertung der Umweltauswirkungen wurde mit der Online-Software Opteinics® (BASF Lampertsheim GmbH,

Lampertsheim, Deutschland) durchgeführt, die auf der Datenbank des Global Feed LCA Institute (GFLI) basiert.

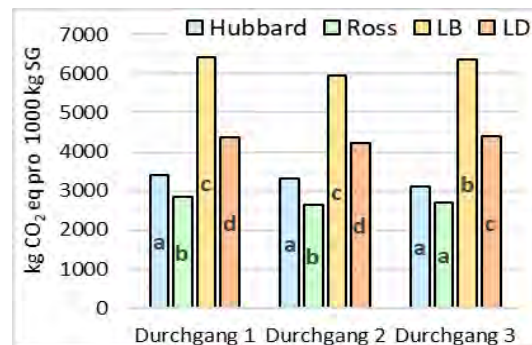



Abb. 61. CO₂-Fußabdruck der verschiedenen Genotypen (SG = Schlachtgewicht)

Dank identischer Haltung und Fütterung, konnten die Auswirkungen der Genotypen auf den CO₂-Fußabdruck der Tiere aufgezeigt werden, die ausschließlich aus den divergierenden Mastleistungen der Hühner resultierten. Den größten durchschnittlichen CO₂-Fußabdruck bezogen auf das Schlachtgewicht (SG, ohne Zerlegung der Tiere) hatten die männlichen Tiere des auf Legeleistung selektierten Genotyps Lohmann Brown-Classic (6,2 t CO₂ eq pro t SG, Abb. 1), gefolgt von Lohmann Dual (4,3 t CO₂ eq pro t SG). Ein weiterer Anstieg der Werte für beide Genotypen ist bis zum Erreichen eines vermarktungsfähigen Schlachtgewichts zu erwarten, welches bis Tag 42 nicht erreicht wurde. Den geringsten Wert zeigten die beiden Mastgenotypen Ross 308 (2,7 t CO₂ eq pro t SG) und Hubbard JA 757 (3,3 t CO₂ eq pro t SG).

Schlussfolgerungen:

Die vorliegende Studie hebt die Bedeutung der Effizienz in der Verwertung von Nährstoffen für die Nachhaltigkeit der Hähnchenmast hervor.

Ökobilanzielle Bewertung eines Eiweißfuttermittels aus Larven der Schwarzen Soldatenfliege

Effenberger, Mathias^{1a} ; Venus, Thomas^{1a}; Hofmann, Philipp^{1a}; Puntigam, Reinhard^{1b}; Sudwischer, Patrick²; Westermeier, Wolfgang³

^{1a}Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - LfL; ^aInstitut für Landtechnik und Tierhaltung, 85354 Freising / 97318 Kitzingen; ^bInstitut für Tierernährung und Futterwirtschaft, 85586 Poing

²Forschungsinstitut Futtermitteltechnik der IFF, 38110 Braunschweig

³FarmInsect GmbH, 85232 Bergkirchen

 mathias.effenberger@LfL.bayern.de

Der Gewinnung von Proteinfuttermitteln aus Insekten wird ein großes Potenzial zugesprochen, um die Tierernährung effizienter zu gestalten, mit dem Import von Eiweißfuttermitteln verbundene Nachhaltigkeitsrisiken zu vermeiden und das Tierwohl zu steigern. Insektenprotein als Futtermittel kann einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Produktion tierischer Lebensmittel hierzulande leisten, wenn dieses zum einen umweltschonender als konventionelle Eiweißfuttermittel erzeugt wird und zum anderen die Insektenmast nicht wiederum in Nahrungskonkurrenz mit Menschen und Nutztieren tritt. Die Verwendung von Neben- und Koppelprodukten der Lebensmittelverarbeitung, speziell wenn diese einen entsprechenden Nährstoffgehalt aufweisen und möglichst im regionalen Umfeld in ausreichender Menge verfügbar sind, kann hierzu einen wertvollen Beitrag leisten, (Vauterin *et al.*, 2021 - 10.1016/j.jclepro.2021.128799).

Mit am besten erforscht ist die Verwendung von Protein aus Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) als Substitut für Sojaextraktionsschrot in der Geflügelmast. Technisch ausgereifte, teilautomatisierte Verfahren zur Aufzucht und Mast der Larven sind bereits am Markt verfügbar und werden weiter optimiert. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse aus der ökobilanziellen Bewertung eines solchen Verfahrens in Verbindung mit der anschließenden Verarbeitung der Larven zu einem Proteinfuttermittel vorgestellt (Abb. 1).

Die Ergebnisse der Studie stützen sich auf Daten zur Larvenmast in einer volltechnischen Anlage, welche in einem umgebauten ehemaligen Schweinestall installiert wurde. Für die Larvenmast

wurden drei ausgewählte Nebenprodukte (Kartoffelpülpe, Trauben- und Holundertrester) als Substitut zur konventionellen Substratgestaltung genutzt. Daneben wurden einfache Selektionsmaßnahmen zur Verbesserung der Futterverwertung durch die Larven vorgenommen. Hinzu kommen Versuchsergebnisse zur Aufbereitung des Insektenproteins im halbtechnischen Maßstab.

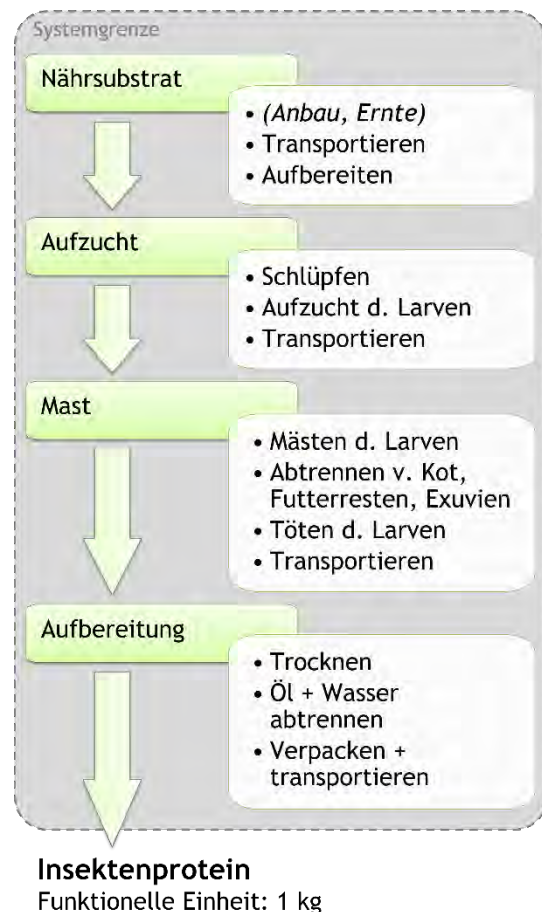


Abb. 62. Schema des Produktsystems zur Erzeugung eines Proteinfuttermittels aus Larven der Schwarzen Soldatenfliege.

Emission von CO₂ und NH₃ sowie O₂-Verbrauch durch Larven der Schwarzen Soldatenfliege

Mielenz, Manfred¹; Geick, Thomas¹; Daş, Gürbüz¹; Gasco, Laura²; Deruytter, David³; Hüther, Liane⁴; Dänicke, Sven⁴; Metges, Cornelia C.¹ ✉

¹Forschungsinstitut für Nutztierbiologie, Dummerstorf, ²University of Turin, Department of Agriculture, Forest and Food Sciences, Turin, Italien, ³Insect Research Centre, Inagro, Rumbeke-Beitem, Belgien, ⁴Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig

✉ metges@fhn-dummerstorf.de

Der Bedarf an Protein für die Tierernährung ist gegenwärtig in Europa über die hiesige Produktion nicht gesichert, weshalb Soja aus Nicht-EU-Ländern wie Brasilien importiert wird. Neben einer Steigerung der Produktion von heimischen Eiweißpflanzen wird weiter nach Möglichkeiten gesucht, um Sojaimporte zu substituieren und gleichzeitig dem Klimawandel durch Reduktion des produktionsbedingten CO₂-Fußabdrucks entgegenzuwirken.

Es wird diskutiert, dass die Produktion von Insekten mit einem geringeren CO₂-Äquivalent verbunden ist, als die klassischer Nutztiere. Insbesondere den Larven der Schwarzen Soldatenfliege (SSFL) wird eine hohe Flexibilität bei der Nutzung von Rest- und Nebenstoffen als Futtersubstrat zugesprochen, die durch die Larven in hochwertiges Protein umgesetzt werden können. Über die Nährstoffbedürfnisse der Larven ist bisher relativ wenig bekannt, genauso wie über die umweltrelevanten Auswirkungen der Produktion dieser Spezies.

In dieser Arbeit wurde die Produktion von CO₂ und NH₃ sowie der O₂-Verbrauch der Larven in ihrem Substrat durch kontinuierliche Messung auf nährstofflich unterschiedlichen Substrattypen ermittelt und mit Daten zur Körperzusammensetzung in Verbindung gesetzt.

Für die Messungen wurden jeweils am Tag 5 nach dem Schlupf je 150 Larven auf zwei unterschiedliche Substrate (Gainesville Fliegendiat vs. Hühnerfutter) überführt (n = 6 Insektengefäße/Substrat). Die sojafreie Gainesville Fliegendiat (15,3 % Rohprotein (XP), 8,35 MJ/kg Trockenmasse (TM) metabolisierbare Energie (ME), 15,4 % Rohfaser (XF)) im Vergleich zum Hühnerfutter

(20,7 % XP, 12,0 MJ/kg TM ME, 5,1 % XF) hatte eine deutlich geringere Nährstoffdichte. Je Insektengefäß waren insgesamt 114 g (30 % der lufttrockenen Substrate versetzt mit 70 % Wasser) enthalten. Am Tag 9 wurden die Larven in Respirationenkammern überführt, wo sie bei 27,5 °C und 70 % Luftfeuchtigkeit bis Tag 16 verblieben. Luftdurchsatz und Konzentrationen von CO₂, O₂, und NH₃ wurden kontinuierlich gemessen. Anschließend wurden die Larven von den Substratresten (Frass) isoliert, gereinigt und gewogen, und die Nährstoffzusammensetzung als Sammelprobe je Substrat analysiert.

Die Produktion von Larven auf dem nährstofflich besseren Hühnerfutter führte zu einer höheren Körpermasse (P < 0.0001), was in Bezug auf die Massenzunahme mit einer geringeren CO₂- (P < 0.0001) und NH₃ Emission (P < 0.01) und einem geringeren O₂ Verbrauch (P < 0.0001) verbunden war. Ausgeprägte CO₂-Peaks wurden durch die Gainesville Diät bewirkt, wobei das NH₃ beim Hühnerfutter zwischen Tag 14 und 16 stärker anstieg. Der XP-Gehalt der Larven war bei der Mast auf Hühnerfutter geringer (38,4 % vs. 53,2 %), was teilweise auf den höheren Fettgehalt in den Larven zurückzuführen sein könnte (29,9 % vs. 22,6 %).

Ähnlich wie bei anderen Nutztieren (Milchkuh) war die CO₂-Produktion der SSFL auf dem nährstofflich hochwertigeren Futtersubstrat im Verhältnis zur Körpermasse geringer. Die Dynamik der CO₂- und NH₃-Produktion über die Mastdauer ist abhängig von der Substratqualität und liefert Hinweise für die Auswahl der Futtersubstrate und das Management der Larven-Produktion.

Emissionsminderung bei der Gülle- und Gärrestlagerung durch Zusatz von Kalkstickstoff

Herrmann, Christiane¹; Kreidenweis, Ulrich¹; Okiobe, Simon Thierry¹; Prochnow, Annette¹; Reiter, Dominik²; Schulz, Katharina¹ ✉; Schuster-Hankel, Sophie¹; Theuerl, Susanne¹; Winkler, Stephan²; Berg, Werner¹

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam

² Alzchem Trostberg GmbH, Trostberg

✉ kschulz@atb-potsdam.de

Mit rund 9,3 Mio t CO₂-eq pro Jahr trägt das Wirtschaftsdüngermanagement zu etwa einem Sechstel der Emissionen des Sektors Landwirtschaft in Deutschland bei. Zu einem großen Teil verantwortlich dafür sind Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) Emissionen aus der Lagerung von Gülle und Gärresten.

Erste Untersuchungen zeigen, dass die Zugabe von Kalkstickstoff zu Güllelagern das Potenzial für eine wirksame und kostengünstige Emissionsminderung birgt (Holtkamp et al. 2023 - 10.1016/j.wasman.2023.02.018).

Im Rahmen des BMEL-geförderten Vorhabens EMERGE (*Entwicklung eines Verfahrens zur gezielten Minderung von Methanemissionen bei der Gülle- und Gärrestlagerung mit Möglichkeit der Reaktivierung und Erhaltung des Gasbildungspotenzials für die Biogasproduktion*) wird das Potential von Kalkstickstoff zur Emissionsminderung weiter untersucht.

Erste im Projekt gewonnene Ergebnisse sind vielversprechend. Durch Beimischung der im Vorhaben optimierten Kalkstickstoffformulierung konnte in Experimenten eine erhebliche, über mehrere Wochen andauernde Verringerung der CH₄- und N₂O-Emissionen auch bei hohen Lagertemperaturen erreicht werden. Dabei blieb das Gasbildungspotenzial für eine potenziell im Anschluss an die Lagerung stattfindende anaerobe Vergärung in der Biogasanlage vollständig erhalten (Abb. 1).

Aktuell wird die optimale Kalkstickstoffdosisierung für verschiedene Bedingungen

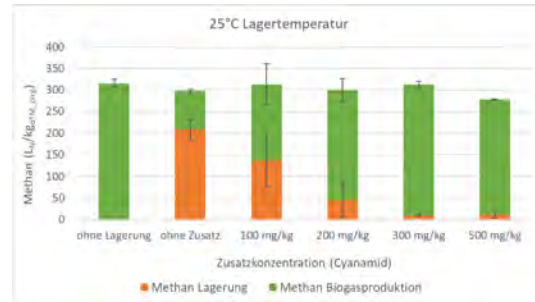


Abb. 63 Methanemissionen bei der Lagerung und Methanbildungspotential bei anschließender anaerober Vergärung von Rindergülle

(Temperatur, Lagerdauer) auf verschiedenen Skalen ermittelt. Zudem erfolgen Messungen der Emissionen nach Ausbringung der Gülle auf den Acker (Abb. 2),



Abb. 64 Messung von bodenbürtigen CH₄- und N₂O-Emissionen im Pflanzenbestand

um eine vollständige Treibhausgasbilanz über die gesamte Prozesskette erstellen zu können. Zum Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen sollen parallel stattfindende mikrobiologische Untersuchungen beitragen, die Aufschluss über die Veränderung der mikrobiellen Gemeinschaften in der Gülle und im Boden bei Kalkstickstoffanwendung geben.

Umwelteffekte aus Klee gras Weidemilch im Vergleich zu Betrieben in Schleswig-Holstein

Fenger, Friederike^{1,2} ✉; Loges, Ralf¹; Reinsch, Thorsten¹; Taube, Friedhelm^{1,3}

¹ Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ² Thünen Institut für Ökologischen Landbau, Westerau, ³ Grass Based Dairy Systems, Animal Production Systems Group, Wageningen University, Niederlande

✉ friederike.fenger@thuenen.de

Innerhalb des Transformationsprozesses in Richtung einer zukunftsfähigen Landwirtschaft stellt die Reduktion der Umwelteffekte aus der Milchproduktion eine besondere Herausforderung dar. Der aktuell überwiegende Trend zur Intensivierung der Milchproduktion in Deutschland ist oft mit ökologischen trade-offs und hohem Einsatz an Importfuttermitteln verbunden. Ziel dieser Untersuchung ist die Bewertung der Umwelteffekte eines innovativen Produktionssystems, ökologische ‚low-input‘ Vollweide, innerhalb eines integrierten Pflanzenbau- und Tierhaltungssystems, im Vergleich zu konventioneller Milchproduktion, typisch für Schleswig-Holstein (SH).

Die Datenbasis für die Untersuchung bildeten (i) die Ergebnisse der Vollkostenauswertung der Rinderspezialberatungsringe in SH, Auswertungsjahr 2020/21, 209 Betriebe (LKSH; ‚Betriebe SH‘) und (ii) Daten des ökologisch bewirtschafteten Versuchsguts Lindhof der CAU Kiel aus demselben Auswertungsjahr. Milchviehbetriebe in SH sind überwiegend auf ganzjährige Stallfütterung und hohe Einzeltierleistungen ausgerichtet. Der Lindhof produziert in einem integrierten Gemischtbetrieb (integrated crop livestock system; ‚ICLS‘) in einem ‚low input‘ Vollweidesystem mit saisonaler Frühjahrsabkalbung. Die Jersey-Herde beweidet in intensiver Rotationsweide 2 bis 3-jährige Ackerklee gras-Kräuter Mischungen innerhalb einer Ackerbau Fruchtfolge. In einer cradle to farmgate Lebenszyklusanalyse wurden THG Emissionen, Nährstoffbilanzen und Landnutzungseffizienzen berechnet.

Durch geringere Emissionen aus Wirtschaftsdüngerlagerung, Futtermittelimporten, keinem Mineraldünger und geringeren Lachgasemissionen aus Böden liegt

der CO₂-Fußabdruck im ICLS um 51 % (0,57 vs. 1,17 kg CO₂eq/kg ECM), der N Fußabdruck um 42 % (4,8 vs. 8,3 kg surplus N/kg ECM) und die Landnutzungseffizienz um 4 % niedriger (1,27 vs. 1,32 m²/kg ECM) im Vergleich zum Mittel der Betriebe SH (9696 kg ECM/Kuh).

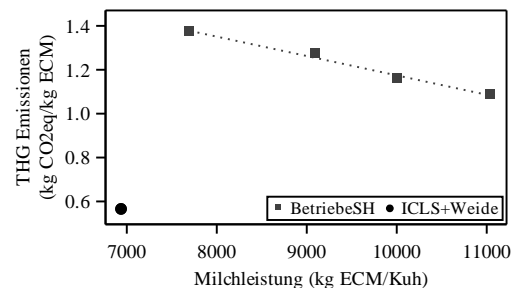


Abb. 65 Effekt der Milchleistung pro Kuh auf den CO₂-Fußabdruck (kg CO₂eq/kg ECM) innerhalb der konventionellen Betriebe in SH (■) und dem ICLS auf dem Lindhof (●)

Die Steigerung der Milchleistung pro Kuh führte innerhalb der Betriebe SH tendenziell zu einer Reduktion des CO₂-Fußabdrucks (Abb. 1) aber zu höheren THG Emissionen pro ha und pro Kuh. Das ICLS ist in der Lage negative Umwelteffekte der Milchproduktion erheblich zu senken, in diesem Fall erfolgreicher als die Steigerung der Einzeltierleistung in den SH Betrieben.

Die Ökoeffizienz innovativer Systeme kann in Norddeutschland konkurrenzfähig zur intensivierten Milchproduktion sein, trotz geringerer Einzeltierleistung bedingt durch den Systemwechsel zur saisonalen Weide. Die Beweidung von Klee gras, welches in ökologischen Fruchtfolgen zwingend vorhanden ist, erzeugt wenig Konkurrenz zur menschlichen Ernährung und einen positiven carry-over Effekt von N und C zur folgenden Kultur. Dieses Beispiel kann als Diskussionsgrundlage für eine nachhaltigere Ausrichtung der Milchproduktion dienen.

Stickstoffemissionen in der Schweinehaltung - eine digitale Lernsimulation

Post, Christian^{1,6} ✉; Elsholz, Sabrina¹; Christ, Stefan Alexander²; Lee, Jueun²; Reith, Alexandra³; von Geibler, Justus⁴; Corzilius, Gero⁵; Grabkowsky, Barbara⁵; Traulsen, Imke⁶

¹Georg-August-Universität, Göttingen; ²Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Osnabrück; ³Universität Vechta; ⁴Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal; ⁵Verbund Transformationsforschung agrar Niedersachsen, Vechta; ⁶Christian-Albrechts-Universität, Kiel

✉ cpost@tierzucht.uni-kiel.de

Als einer der Hauptverursachenden von Emissionen in der Landwirtschaft steht die Schweinehaltung vor der Aufgabe, ihre Auswirkungen auf Ökosysteme und das Klima zu senken. Es sind vor allem reaktive Stickstoffverbindungen, die u.a. zu Nitratbelastung von Gewässern führen. Einzelne Regionen in Deutschland zeichnen sich dabei durch eine hohe Dichte von Schweinehaltenden Betrieben aus. Gerade hier hat die Vermittlung von Kompetenzen im Bereich Umwelthandeln ein hohes Potential. Im Rahmen des Projekts pigNplay wurde eine digitale Lernsimulation („Serious Game“) entwickelt, in der die Auswirkungen von Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffemissionen interaktiv erlebt werden können.

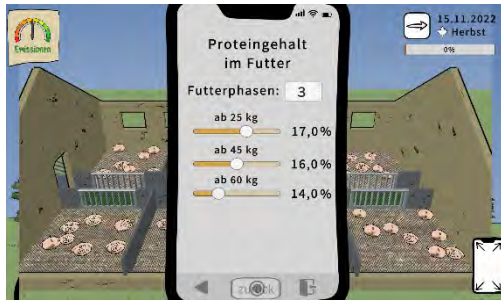


Abb. 66. Exemplarische Spielszene (Fütterung).

Als Grundlage für die Simulation eines Schweinemastbetriebs wurde ein Modell entwickelt, welches die Stoffflüsse vom Futter bis zur Ausbringung der Gülle berechnet und die Emissionen in Form von Ammoniak (NH_3) und Lachgas (N_2O) schätzt. Das Modell ist dabei in verschiedene Kompartimente unterteilt, in denen die Ein- und Ausgangsmengen von Stickstoff sowie die resultierenden Emissionen separat berechnet werden. Dazu gehören das Einzeltier, der Stall, die Güllelagerung und -ausbringung.

Die Eingabeparameter der zugrundeliegenden Modelle können von den Spielenden verändert werden (vgl. Tab. 1).

Tab. 20. Eingangsparameter der Kompartimente des Modells zur Emissionsberechnung.

Teilbereich	Eingabeparameter
Einzeltier	Lebendmasse Geschlecht Zunahmenniveau
Stall	Bodenfläche Spaltenanteil im Boden Entmistungsintervall
Güllelagerung	Lagerungsdauer Abdeckung Oberfläche
Gülleausbringung	Ausbringtechnik

Die Präsentation dieses Simulationsmodells innerhalb des Serious Game erfolgt dabei über Spielszenen, in denen die Spielenden Problemstellungen lösen müssen, z.B. die Stickstoffausscheidungen der Schweine mithilfe der Fütterung zu reduzieren (siehe Abb. 1). Diese Szenarien können iterativ durchgespielt werden und die Spielenden erhalten ein Feedback in Form eines visuellen Indikators, der die Richtung und Stärke der Emissionsänderung anzeigt. Bei Bedarf können auch die simulierten Stickstofffrachten in tabellarischer Form abgefragt werden. Die so gewonnen Erkenntnisse lassen sich auf die Realität übertragen, sodass das Spiel wertvolle Impulse für die nachhaltige Transformation der Schweinehaltung in Deutschland liefern kann.

Das Serious Game pigNplay entstand im Rahmen eines von der DBU geförderten Projektes mit dem Aktenzeichen 35488/01-36.

Lawsonia-intracellularis-Impfung beim Schwein i.m./i.d. – Berechnung der CO₂-Bilanz

Tabeling, Robert ; von und zur Mühlen, Friederike; Renken, Christine

Intervet Deutschland GmbH, ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Feldstraße 1a, 85716 Unterschleißheim

 robert.tabeling@msd.de

In neun deutschen Schweinemastbetrieben wurde nach Diagnosestellung des weit verbreiteten Erregers *Lawsonia intracellularis* der intramuskuläre bzw. intradermale Lawsonia-Impfstoff bei den Ferkeln eingesetzt und eine Auswertung von Leistungsdaten der Tierproduktion vorgenommen. Mit der Impfung gelang es den Betrieben die Tiergesundheit und biologische Leistung der Tiere relevant zu verbessern und den Einsatz von Antibiotika erheblich zu reduzieren.

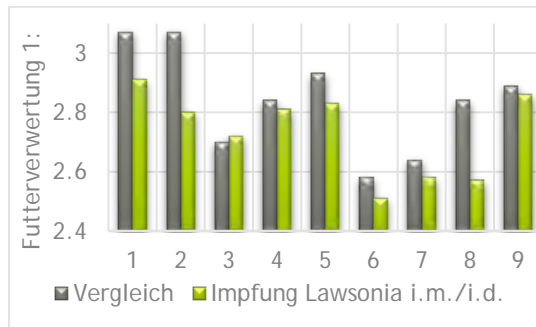


Abb. 67. Futterverwertung (1:x) in den Praxisbetrieben in Vergleichs- und Lawsonia i.m./i.d. Impfgruppen

Mit den erhobenen Leistungsdaten (z.B.: verbesserte Futterverwertung $\bar{\varnothing}$ 1:-0,11) wurde unter Annahme einer Standardration der CO₂-Fußabdruck modellhaft mit

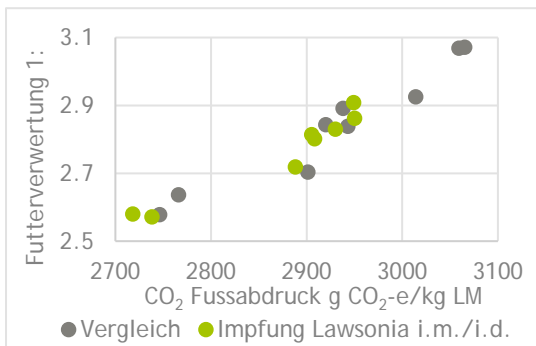


Abb. 68. Kalkulierter CO₂-Fußabdruck (g CO₂-e/kg LM) in Abhängigkeit von der FVW (1:x) in Vergleichs- und Lawsonia i.m./i.d. Impfgruppen

dem TEKLa-Programm (Landwirtschaftskammer Niedersachsen) kalkuliert.

In den geimpften Gruppen ergab sich eine rechnerische Verringerung des CO₂-Fußabdruckes um bis zu 6,23 %. Die vorgestellte Maßnahme kann als betriebliche Einzelmaßnahme gesehen werden. Ihr ökologisches Potential verstärkt sich in Verbindung mit der Optimierung des Wirtschaftsdüngermanagements und der Rationsgestaltung des Futters für die Gesamtbilanz deutlich.

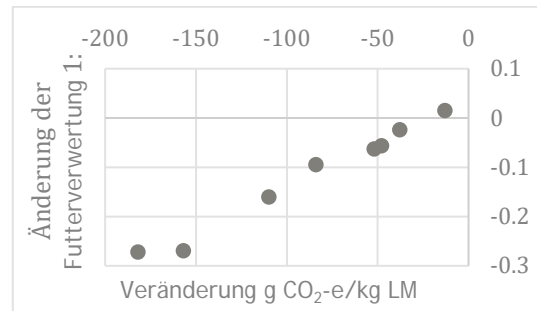


Abb. 3. Änderungen der FVW und Kalkulation der Änderung des CO₂-Fußabdruckes (g CO₂-e/kg LM) nach Einführung der Lawsonia i.m./i.d. Impfung

Eine solche Kombination an Maßnahmen kann die geforderten Entwicklungen der Schweineproduktion in zentralen Bereichen der Nachhaltigkeit (z.B.: CO₂, N, P, Antibiotikaverbrauch) in erheblichem Umfang positiv beeinflussen. Somit bestände auch ohne weiteren Bestandsabbau eine Perspektive zur Erreichung der relevanten Umweltziele im Bereich der Landwirtschaft. Die intramuskuläre oder intradermale Impfung gegen *Lawsonia intracellularis* kann einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Nachhaltigkeit, der Umweltverträglichkeit und der Zukunftsfähigkeit der Schweineproduktion in Deutschland leisten.

Koppelprodukte in der Ferkelaufzucht: Art und Vermahlungsgrad beeinflussen die Leistung

Saliu, Eva-Maria ; Holthausen, Johannes Schulze; Zentek, Jürgen

Institut für Tierernährung, Freie Universität Berlin, Berlin

 Eva-Maria.Saliu@fu-berlin.de

Die Ernährung der exponentiell wachsenden Weltbevölkerung stellt eine Herausforderung der Zukunft dar, da die Ausschöpfung der landwirtschaftlichen Nutzflächen bereits weitestgehend ausgereizt ist. Somit ist die effiziente Verarbeitung von pflanzlichen Rohstoffen zu Lebensmitteln von äußerster Dringlichkeit. Der Großteil an pflanzlicher Biomasse ist jedoch für den menschlichen Verdauungstrakt nicht verwertbar und fällt als Koppelprodukte bei der Lebensmittelherstellung an. Diese, oft sehr faserreichen, Koppelprodukte können an Tiere verfüttert werden, und so der Lebensmittelgewinnung dienen. Durch mikrobielle Fermentation werden im Dickdarm von Schweinen kurzkettige Fettsäuren gebildet, welche dem Wirt als Energiequelle dienen. Es ist jedoch nicht bekannt, welche Rolle dabei der Vermahlungsgrad der Koppelprodukte spielt. Ziel der Studie war es, den Einfluss von grob und fein vermahlenem Hanf und Apfeltrester auf die Nährstoffverdaulichkeit, Magengesundheit und Leistung von Ferkeln zu untersuchen.

Das iso-kalorische und iso-nitrogene Versuchsfutter enthielt entweder Apfeltrester oder getrocknete Hanfpflanzen, grob oder fein vermahlen. Titandioxid wurde als unverdaulicher Marker zugesetzt. Sechsfünfzig 9 Wochen alte Ferkel wurden den 4 Futtergruppen zugeteilt (7 Buchten je Futtergruppe, 2 Ferkel je Bucht) und 3 Wochen lang mit dem Versuchsfutter gefüttert. Die Futteraufnahme, die Körpermassenzunahme und der Futteraufwand wurden während der gesamten Zeit erfasst. Je Fütterungsgruppe wurden 8 Ferkel am Versuchsende beprobt und Darminhalt, Organ- und Gewebeprobe gewonnen. Die Verdaulichkeit der Nährstoffe wurde berechnet und die Viskosität und der pH

des Darminhalts ermittelt. Die Daten wurden mittels zweifaktorieller ANOVA ausgewertet, wobei ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ angenommen wurde.

Die Leistung der Ferkel wurde vor allem durch die Faserpartikelgröße (fein vs. grob) beeinflusst. Hierbei zeigten Ferkel, welche die grobe Variante erhielten, eine höhere Körpermassenzunahme ($p = 0,018$) bei einem geringeren Futteraufwand ($p = 0,012$). Die scheinbare, praecaecale Verdaulichkeit der Aminosäuren war signifikant höher ($p < 0,001$), wenn die Ferkel die Faserquellen in grober Form bekamen. Hinsichtlich der scheinbaren Gesamtverdaulichkeit der Aminosäuren ergab sich ein ähnliches Bild. Die Faserquelle (Apfeltrester vs. Hanf) nahm einen deutlichen Einfluss auf den pH-Wert des Caecum- und Coloninhalts sowie der Faeces ($p < 0,046$, $p < 0,001$, $p < 0,001$), mit geringeren Werten, wenn Apfeltrester gefüttert wurde. Außerdem zeigten diese Ferkel eine höhere Viskosität im Jejunuminhalt ($p < 0,001$). Im Coloninhalt wurde eine höhere Viskosität bei grober Vermahlung beobachtet ($p < 0,038$). Die Magen- und Dünndarmfüllung, so wie das Leergewicht von Magen und Dünndarm war größer, wenn Apfeltrester in den Diäten verwendet wurde. Dahingegen wurden die höhere Digestamengen im Colon und Colonleergewichte (Trend) gemessen, wenn die Tiere Diäten mit Hanf bekamen ($p = 0,014$, $p = 0,074$).

Faserreiche Koppelprodukte der Herstellung pflanzlicher Lebensmittel können in der Ferkelaufzucht als Futterkomponente eingesetzt werden. Jedoch nehmen sowohl die Art als auch der Vermahlungsgrad der Koppelprodukte einen Einfluss auf die Leistung und sollten bei der Rationsgestaltung Beachtung finden.

Fazit | Klimateffiziente Nutztierhaltung

Die Session hat gezeigt, dass es wichtig ist, spezifische Anpassungsstrategien für verschiedene Arten von Nutztieren zu entwickeln und sich auf die besonderen Bedürfnisse jeder Art zu konzentrieren. Gleichzeitig wurde betont, dass Methan- und Treibhausgasemissionen effektiv reduziert werden müssen, um den negativen Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken, möglichst ohne die Produktionsniveaus zu beeinträchtigen.

■ Offene Fragen

- Welche Strategien zur Anpassung an den Klimawandel sind am effektivsten für verschiedene Arten von Nutztieren und unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Bedürfnisse?
- Wie können wir nachhaltige landwirtschaftliche Systeme entwickeln, die sowohl den Bedürfnissen der Tierhaltung als auch denen anderer Lebensmittelproduktion gerecht werden?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. verbesserte Klimamodellierung sowie eine genauere Vorhersage der Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierhaltung
2. Erforschung der biologischen und genetischen Eigenschaften von Nutztieren, die sie dazu befähigen, sich besser an verschiedene Umgebungen anzupassen
3. Entwicklung nachhaltiger landwirtschaftlicher Systeme: Die Schaffung innovativer und umweltfreundlicher landwirtschaftlicher Systeme, die sowohl den Bedürfnissen der Tierzucht als auch denen anderer Lebensmittelproduktion gerecht werden.

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Reduzierung von Methan- und Treibhausgasemissionen: Die Forschung zu den Ursachen und Wegen, um Methan- und Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit der Tierzuchthaushaltung zu reduzieren, ist entscheidend.
2. Entwicklung von Ernährungs- und Zuchtstrategien: Die Erforschung neuer Ernährungsansätze und Setzen von Zuchtzielen, die dazu beitragen können, das Wachstum und die Produktivität von Nutztieren zu verbessern, ohne den Umweltschutz zu beeinträchtigen
3. Verbesserte Nutzung von Pflanzenproduktion: Die Forschung zur Förderung einer effizienteren und umweltfreundlicheren Pflanzenproduktion, die sowohl den Bedürfnissen von Nutztieren als auch der Lebensmittelproduktion gerecht wird, ist entscheidend

■ Notwendige weitere Vernetzung

- Eine engere Zusammenarbeit und Vernetzung zwischen verschiedenen Disziplinen würde es ermöglichen, bessere Lösungen für die Herausforderungen des Nutztiersektors im Klimawandel zu schaffen.
- Die Förderung einer besseren Vernetzung und Kommunikation entlang der gesamten Wertschöpfungskette ist entscheidend. Dies würde es ermöglichen, bessere Erkenntnisse zur Entwicklung nachhaltigerer landwirtschaftlicher Systeme zu sammeln und ihre Empfehlungen an die Praxis umzusetzen.

Fazit erstellt durch EM German Mistral in GPT4All auf Grundlage der Sessionbeiträge, anschließend bearbeitet von der DAFA-Geschäftsstelle.

53 Landwirtschaftliche Tierhaltung im Klimawandel – Emissionsreduktion und Anpassung

Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Prof. Dr. Klaus Wimmers, Dr. Björn Kuhla

Nicht zuletzt im Sinne der Ökologisierung der Agrarwirtschaft und der Verbesserung des Tierschutzes wird die Beweidung als nachhaltige Form der Tierhaltung gefördert und fügt sich in Maßnahmen zur Transformation der Landnutzung ein. Insbesondere die Schaffung und Beweidung von silvopastoralen Systemen kann dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen zu verringern und die Kohlenstoffspeicherung im Boden zu verbessern und damit den Klimawandel abzuschwächen. Es ist jedoch wichtig, dass die Weidehaltung effizient und nachhaltig betrieben wird, um die Vorteile der Weidehaltung zu maximieren und mögliche negative Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren. Dazu gehören Stickstoffemissionen, die neben den schädlichen Nitratreinträgen in Oberflächen- und Grundwasser auch den Ausstoß von potenten Klimagasen bedeuten.

Die Nutztierhaltung trägt aber nicht nur zu den Treibhausgasemissionen bei, sondern ist auch von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, was das Wohlergehen der Tiere, die Ausbreitung von Krankheiten und die Verfügbarkeit von Futter und Wasser anbetrifft. Steigende Umgebungstemperaturen und hohe Luftfeuchtigkeitsgehalte verursachen bei Nutztieren Hitzestress, der bis hin zum Tod führen kann.

In der Sitzung mit Impulsvorträgen werden neben Konzepten zur Agroforst, des Weidemanagements und Fütterungsmaßnahmen zur Minderung klimarelevanter Emissionen auch technische Ansätze im Hinblick auf die Gesundheitsvorsorge, den Klimaschutz und die Klimaanpassung diskutiert und im Plenum vorgestellt.

Ablauf

■ Einleitung

Fütterung

■ Vorträge

- Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.) in Weiden zur Verringerung von Stickstoffemission | Martin Komainda
- Verbesserte Umwelt- und Klimawirkung der Nutztierhaltung durch Futterlaub aus Agroforst | Janos Wack
- N-Emissionsminderung durch Weidenblätter als Futterzusatz in der Weiderinderhaltung | Carolin B. Müller

■ Poster

- Einfluss verschiedener Fütterungsstrategien auf die Klimabilanz von fünf Milchviehbetriebe | Elizabeth Velasco
- Weidehaltung auf ‚Magerstandorten‘ in M-V – Effekte auf Muskel-/Fettqualität bei Lämmern | Dirk Dannenberger

Hitzestress

■ Vortrag

- Hitzestressbewältigung - Was kann und muss die Haltungsumgebung leisten? | Daniel Werner

■ Poster

- Hitzebedingte Entzündungsreaktionen bei Milchkühen und Minderungsmaßnahmen | Franziska Koch
- Einfluss von Hitzestress auf die Gesundheit und die Fertilität von Milchkühen | Karen Wagener
- Mathematische Modelle zur Messung der Hitzestress-Exposition bei Milchkühen | Christian Guse

■ Fazit

Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.) in Weiden zur Verringerung von Stickstoffemission

Martin Komainda¹ ✉; Johannes Isselstein^{1,2}

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaft, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen ²Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Göttingen

✉ martin.komainda@uni-goettingen.de

Medizinisch betrachtet besitzt die Gattung *Plantago* eine adstringierende, demulgierende, diuretische, antivirale und antibakterielle Wirkung (Marchesan et al. 1998 - 10.1002/(SICI)1099-1573(1998)12:1+<S33::AID-PTR242>3.0.CO;2-B). Die biologisch aktiven Inhaltsstoffe von Spitzwegerich (*P. lanceolata*), mit Auswirkungen auf tierindividuelle Parameter, werden vorwiegend auf die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe Aucubin und Catalpol (zwei Iridoidglycoside), sowie das Phenylpropanoid Acteosid zurückgeführt (Navarrete et al. 2016 - 10.1016/j.anifeedsci.2016.10.008; Peterson et al. 2022 - 10.1007/s00374-021-01573-1). Lachgas- und Nitratemissionen an Urinstellen sind die maßgeblichen Stickstoffverlustquellen auf Weideflächen. Durch Spitzwegerichsaat in Weideflächen konnte die Emission von Lachgas signifikant verringert werden (Simon et al. 2019 - 10.1016/j.scitotenv.2019.07.141). Nach Cheng et al. (2017 - 10.1016/j.anifeedsci.2017.04.023) wird ein größerer Anteil der Stickstoffaufnahme durch Körperretention angesetzt oder im Kot organisch gebunden ausgeschieden. *In vitro* konnten Navarrete et al. (2016) zeigen, dass die ruminale Ammoniakbildung bei Verfütterung von Spitzwegerich verringert ist. So wird auch von einer Vergrößerung der Relation von Kot- zu Urinstickstoff ausgegangen. Die Beweidung einer Kräutermischung mit Spitzwegerich verringerte folglich direkt die Stickstoffkonzentration im Urin von Milchkühen um 19% (Totty et al. 2013 - 10.3168/jds.2012-5504; Box et al. 2016). Urin von Tieren, die mit Spitzwegerich gefüttert wurden, verhält sich außerdem anders, wenn er

auf den Boden ausgebracht wird (Judson et al. 2018). Der Urin von mit Weidelgras gefütterten Lämmern wurde unmittelbar nitrifiziert, so dass 21 Tage nach der Ausbringung fast 50 % des verfügbaren N im Urin in Nitrat umgewandelt waren, wohingegen der N im Urin von Lämmern, die Spitzwegerich aufnahmen, eine viel langsamere Rate (ca. 25 % des verfügbaren N im Urin) aufwies. An Urinflecken von mit Spitzwegerich gefütterten Tieren, wurde deshalb eine über einen Monat konstante Nitrifikationsinhibition im Boden gemessen (Peterson et al. 2022). Spitzwegerich verringert demnach nicht nur die Stickstoffkonzentration im Urin, sondern wirkt offensichtlich auch hemmend auf die Nitrifikation im Boden (Peterson et al. 2022 - 10.1007/s00374-021-01573-1). Pijlman et al. (2019 - 10.1080/00288233.2019.1698620) konnten in einem Mesokosmenexperiment zeigen, dass mit zunehmendem Anteil von Spitzwegerich in Mischungen die Nitrifikation im Boden sinkt, wodurch auch die Lachgasemission um 39% im Vergleich zur Referenz ohne Spitzwegerich zurückging. Bei der Intensität der nitrifikationshemmenden Wirkung von Spitzwegerich scheint es jedoch Sortenunterschiede zu geben (Judson et al. 2019; Peterson et al. 2022). Zukünftig zu klären sind beeinflussende Sortenmerkmale, die Sorteneignung für die lokalen Bedingungen und geeignete Integrationswege von Spitzwegerich in Mischungen. Zusätzlich sind Interaktionen von Sorten mit Bewirtschaftungsgrößen auf landwirtschaftliche Zielgrößen sowie Konkurrenzwirkungen in Mischbeständen zu untersuchen.

Verbesserte Umwelt- und Klimawirkung der Nutztierhaltung durch Futterlaub aus Agroforst

Wack, Janos¹ ✉; Kuhla, B.²; Hünerberg, M.³; Weitz, M.⁴

¹Triebwerk, Meißner, ²Forschungsinstitut für Nutztierbiologie, Dummerstorf, ³Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, ⁴Lignovis, Hamburg

✉ j.wack@triebwerk-landwirtschaft.de

An tierhaltende landwirtschaftliche Betriebe werden umfassende Ansprüche hinsichtlich Nachhaltigkeit und Tierwohl gestellt, wie z.B. eine Ausweitung der Weidehaltung. Unangepasster Weidegang kann aber zu Problemen der artgerechten und bedarfsorientierten Futterversorgung führen. Gleiches gilt für die Winterfütterung. Der mögliche Mangel an Spurenelementen schwächt z.B. das Immunsystem. Gleichzeitig besteht ein umfangreicher Anpassungsbedarf an den Klimawandel, der die vielen Herausforderungen in diesem Produktionszweig verstärkt.



Abb. 69. Erste Laubfütterernte für Laboranalysen und Fütterungsversuche

Futterlaub hat eine vergleichsweise hohe Toleranz gegenüber Trockenstress und kann die Umwelt- und Klimawirkung der Nutztierhaltung und der daran angegliederten Landnutzungsformen verbessern. Dadurch kann eine Anpassung der Futterversorgung bei sich ändernden klimatischen Bedingungen erreicht werden. Obwohl kleine Wiederkäuer eine deutliche Präferenz zu Laubfutter haben, ist dessen Potential bislang zu wenig berücksichtigt. In diesem Zuge sind Fragen zur Rationsgestaltung, zu Inhaltsstoffen sowie zu ökonomischen Bewertungsansätzen offen. Ebenso gibt es keine fundierten Empfehlungen für den

Einsatz von Futterlaub in der landwirtschaftlichen Praxis. Daher wird im Rahmen des Verbundprojekts FuLaWi (2023-2026) der Fokus auf die Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Tierhaltungssysteme für eine klimaangepasste Landwirtschaft auf Basis hochwertiger Laubfuttermittel aus Agroforstsystemen gelegt.

Tab. 21. Zu analysierende Baumarten im Projekt

Schwarzpappel	Erle
Weide	Linde
Buche	Balsampappel
Esche	Espe
Feldahorn	Spitzahorn

So könnten die Se-, Ca-, Cu- und Energieversorgung und dadurch die Stoffwechselstabilität und der Gesundheitsstatus verbessert und gegebenenfalls die Methanemissionen reduziert werden. Im Sinne einer multifunktionalen Landnutzung werden dabei Synergien zwischen Klima- und Bodenschutz, Klimawandelanpassung, Biodiversitätsförderung, einer nachhaltigen Tierernährung und Wertschöpfung geschaffen. Beispielsweise wird auch die Koppelnutzung mit der Energieholzproduktion betrachtet. Dazu werden verschiedene Ernte- und Konservierungsverfahren erprobt. In Fütterungs- und Laborversuchen werden Einflussfaktoren auf Qualität und Quantität gemessen. Zusätzlich werden Agroforstsysteme auf Betrieben etabliert, um die Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Ethologische Untersuchungen beschäftigen sich mit den Futterpräferenzen und einer physiologischen Entlastung der Tiere bei Hitze- stress. Es findet eine kontinuierliche intensive Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit für einen direkten Transfer relevanter Erkenntnisse und den Aufbau eines themenspezifischen Netzwerkes statt.

N-Emissionsminderung durch Weidenblätter als Futterzusatz in der Weiderinderhaltung

Müller, Carolin Beatrix Maria¹; Görs, Solvig¹; Wrage-Mönnig, Nicole²; Kuhla, Björn¹ ✉

¹Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf, ²Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Grünland und Futterbauwissenschaften, Rostock

✉ b.kuhla@fbn-dummerstorf.de

Das Nährstoffmuster von Baumblättern als anfallendes Nebenprodukt agroforstwirtschaftlicher Systeme hat ein hohes nutritives Potenzial für die Ernährung von Wiederkäuern. Enthaltene Phenolverbindungen können konzentrationsabhängig die N-Emissionen reduzieren. Zielstellung der vorliegenden Studie war es daher, das nutritive und N-Emissionsminderungs-Potenzial von Weidenblättern (*Salix* spp.) als Futterzusatz für Rinder in Weidehaltung zu analysieren.

Acht deutsche Holsteinbullenkälber erhielten nach dem Absetzen freien Weidezugang und zwei isonitrogene und isokalorisch formulierte Supplemente in einem crossover-Versuchsdesign. Die Supplemente enthielten Kraftfutter mit getrockneten Weideblättern (SAL; kondensierte Tannine = 128 g/kg Trockenmasse) oder mit Luzerneheu (KON) als Kontrollration. Der Versuchszeitraum umfasste jeweils eine zweiwöchige Adaptationsphase und eine viertägige Quantifizierung und Beprobung von Futter und Urin. Darüber hinaus wurde ein ¹³C-Harnstoffbolus intravenös verabreicht, um anhand von anschließenden Blutentnahmen und der Analyse der Isotopenanreicherung Berechnungen zum ruminohepatischen N-Kreislauf anzustellen. Die N-Zusammensetzung des Urins wurde mittels HPLC analysiert. Die N₂O- und NH₃-Emissionen wurden nach Inkubation der Urinproben (30 g) mit experimentellen Böden (200 g, 80 % Wasserhaltekapazität) bestimmt.

Weder die Futteraufnahme, die durchschnittliche Tageszunahme (1,24 ± 0,06 kg/d) noch die mikrobielle Proteinsynthese, reflektiert durch die Allantoin- und Harnsäurekonzentrationen im Urin, unterschieden sich zwischen den Versuchsgruppen. Trotz vergleichbarer mikrobieller Proteinsyntheseraten und

vergleichbarem quantitativen Harnstoffrecycling in den Pansen, wies die SAL-Gruppe ein tendenziell 11 % höheres ¹³CO₂/¹²CO₂ Verhältnis im Plasma auf. Dies deutet auf eine höhere ruminale Harnstoffhydrolyse und einen erhöhten Einbau von endogenem Harnstoff-N in mikrobielles Protein in der SAL Gruppe hin. Die SAL Gruppe wies mehr als doppelt so hohe Hippursäure- und 20 % niedrigere Harnstoffkonzentrationen im Urin auf als die KON Gruppe, bei vergleichbaren N-Konzentrationen im Urin und täglichen Urinausscheidungen.

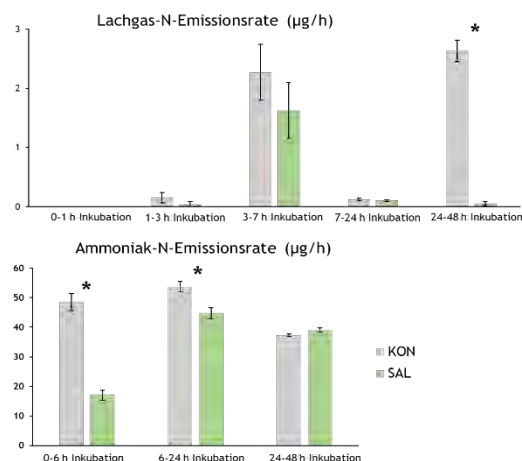


Abb. 1. Lachgas (N₂O)- und Ammoniak (NH₃)-Emissionsraten aus Urin von mit Weidenblättern bzw. Luzerneheu supplementierten Kälbern bezogen auf 1 kg experimentellen Bodens und 150 g Urin. * zeigt signifikante Unterschiede (P < 0.05)

Die Inkubation der Urine auf experimentellen Böden führte zu geringeren N₂O- und NH₃-Emissionen der SAL- im Vergleich zur KON-Gruppe (Abb. 1).

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass die Supplementierung von Weidenblättern im Rahmen der Weidehaltung von Aufzuchttrindern nicht nur nutritiv erfolgversprechend ist, sondern gleichzeitig auch ein hohes N₂O- und NH₃-Minderungs-Potenzial aufweist.

Einfluss verschiedener Fütterungsstrategien auf die Klimabilanz von fünf Milchviehbetrieben

Velasco, Elizabeth ; Gerster, Elisabeth

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf

 elizabeth.velasco@lazbw.bwl.de

Landwirtschaftliche Prozesse erzeugen verschiedene Treibhausgase (THG). Die wichtigsten THG aus der Landwirtschaft sind: Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2). Diese THG-Emissionen stammen aus der Tierhaltung, der landwirtschaftlichen Bodennutzung und dem landwirtschaftlichen Verkehr. Weltweit verursacht die Landwirtschaft ca. 12 % und in Deutschland ca. 10 % der THG-Emissionen. Der Anteil der CH_4 -Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft lag im Jahr 2022 bei ca. 62 %, der Anteil der N_2O -Emissionen bei ca. 34 % und der Anteil der CO_2 -Emissionen bei ca. 4 %.

Um THG-Minderungsoptionen auf Betriebsebene zu identifizieren, werden verschiedene Modelle (THG-Rechner) verwendet, um den CO_2 -Fußabdruck landwirtschaftlicher Produkte, z.B. Milch, zu ermitteln. In Milchviehbetrieben sind die Bereiche Futteranbau, Fütterung, Bestandsergänzung und das Wirtschaftsdüngermanagement für den CO_2 -Fußabdruck besonders relevant. Darüber hinaus besteht ein großes Potential zur Reduzierung der THG-Emissionen in der Verbesserung der Effizienz des Milchviehbetriebes durch einen verbesserten Einsatz von Futtermitteln und der Futterproduktion.

Vor diesem Hintergrund sind die Ziele dieser Studie: (1) die Identifizierung der THG-Quellen, (2) die Bestimmung des CO_2 -Fußabdruck pro kg Fett und Protein korrigierter Milch (FCPM), (3) die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Fütterungsstrategien und dem CO_2 -Fußabdruck in fünf verschiedenen Milchviehbetrieben in Baden-Württemberg in den Jahren 2021 und 2022.

Dazu wurden jährliche Daten zum Pflanzenbau, zur Tierhaltung und zum Verbrauch von Betriebsmitteln für die Kalenderjahre 2021 und 2022 auf den Betrieben

erhoben. Der CO_2 -Fußabdruck der Milchviehbetriebe wird in einer Cradle-to-Farm-Gate-Perspektive mit Hilfe der Ökobilanzierung (LCA) mit Fokus auf die Kategorie globale Erwärmung (GWP) bewertet. Das GWP wird für einen Zeitraum von 100 Jahren berechnet, indem alle THG in CO_2 -Äquivalente (CO_2e) umgerechnet werden (AR5). Dies bedeutet, $\text{CO}_2 = 1$ GWP, $\text{CH}_4 = 28$ GWP, und $\text{N}_2\text{O} = 265$ GWP.

Die Ackerfläche der Betriebe lag in beiden Jahren zwischen 0 und 201 ha, die Grünlandfläche zwischen 8,5 und 78,2 ha. Die Betriebe hielten zwischen 79 und 99 Milchkühe mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 8.140 bis 10.632 kg Milch/Kuh und Jahr und einer durchschnittlichen FCPM von 8.206 bis 10.719 kg/Kuh und Jahr. Die gesamte Milchleistung wurde zu FCPM mit 4,0 % Fett und 3,3 % Eiweiß umgewandelt.

Die Betriebe unterscheiden sich unter anderem in der Fütterungsstrategie: zwei konventionelle Wirtschaftsbetriebe mit Teilmischration und Transponderfütterung ohne Weidegang, ein konventioneller Wirtschaftsbetrieb mit Totalmischration, ein konventioneller Wirtschaftsbetrieb mit Heufütterung und Weidegang und ein ökologischer Wirtschaftsbetrieb mit Weidegang.

In diesem Zusammenhang wird die Hypothese aufgestellt, dass die Betriebe mit einem hohen Kraftfutteranteil und geringem Grobfuttereinsatz in der Milchviehration weniger THG-Emissionen auf Tierbasis produzieren, jedoch auf Betriebsebene einen großen CO_2 -Fußabdruck aufweisen. Um eine Reduktion von THG-Emissionen in der Rinderhaltung zu erreichen sind daher neben der Analyse des Einflusses verschiedener Fütterungsstrategien die gesamtbetrieblichen Zusammenhänge zu betrachten.

Weidehaltung auf ‚Magerstandorten‘ in M-V – Effekte auf Muskel- und Fettqualität bei Lämmern

Dannenberger, Dirk¹ ✉; Boldt, Ariane², Sanftleben, Peter², Eggert, Anja¹

¹Forschungsinstitut für Nutztierbiologie, Institut für Muskelbiologie und Wachstum, Dummerstorf,

²Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V, Institut für Tierproduktion, Dummerstorf

✉ dannenberger@fbn-dummerstorf.de

Die Ernährung von Nutztieren mit regional erzeugter Biomasse auf Flächen die nicht zur Produktion humaner Ernährung genutzt werden oder die von wertvollen Zwischenfrüchten stammt, kann dazu beitragen die Konkurrenz zwischen dem Futterbau und Marktfruchtbau zu verringern. Auch ‚Magerstandorte‘ und Flächen die für den Ackerbau nicht mehr zur Verfügung stehen können dazu genutzt werden. Die Europäische Kommission fördert die Entwicklung des ökologischen Landbaus in der EU, mit dem Ziel, bis zum Jahr 2030 ca. 25 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ökologisch zu bewirtschaften (The European Green Deal).



Abb. 71. Dorperschafe (Weideland Qualitz)

In einem Praxisversuch wurden 50 männliche Lämmer der Rassen Schwarzkopf x Suffolk, Dorper und Cheviot von drei schafhaltenden Betrieben aus M-V (Versuchszeitraum: 04/22-01/23) in die Untersuchungen einbezogen. Die Fütterung der Lämmer erfolgte auf der Weide und zum Vergleich im Stall, hier bestand die Ration aus Heu/Kleeegrassilage und Kraftfutter. Bei den Lebensstagszunahmen (LTZ) wiesen die Stalllämmer ab ca.

30 kg Gewicht höhere LTZ auf. Die Schlachtungen erfolgten bei einem Mastendgewicht von 40-45 kg im Experimentalschlachthaus des FBN Dummerstorf. Die IMF-Gehalte wiesen keine signifikanten Unterschiede auf, das Fleisch der Stalllämmer war jedoch zarter als des ‚Weidefleisch‘. Weidehaltung von Lämmern führt auch an ertragsärmeren Standorten zu einer Erhöhung der langkettigen *de novo* n-3 Fettsäuren (EPA) im Muskel im Vergleich zur Stallhaltung.

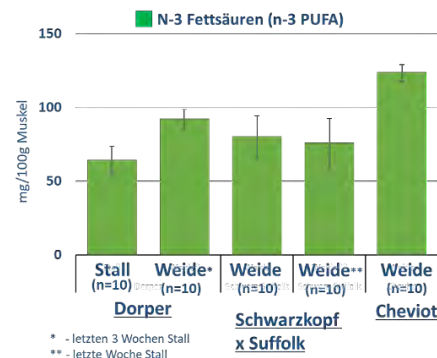


Abb. 70 Konzentrationen der n-3 Fettsäuren im Muskel der Lämmer (mg/100 g Muskel)

Auch die Gehalte an konjugierten Linolensäuren (CLA-c-9, tr-11) wurden durch Weidehaltung erhöht. Geringere Gehalte im Muskel der Weidelämmer im Vergleich zu den Stalltieren traten bei den n-6 Fettsäuren (18:2n-6, 20:4n-6) auf. Die Ölsäure (18:1c-9), als Hauptfettsäure im Muskel der Lämmer, und auch die gesättigten Fettsäuren zeigten keine einheitlichen Effekte auf.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Nutzung von ertragsärmeren Standorten bei der Ernährung bei Lämmern keine negativen Auswirkungen auf die Muskel- und Fettqualität hat.

Hitzestressbewältigung – Was kann und muss die Haltungsumgebung leisten?

Werner, Daniel ; Ohlendorf, Henrik

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen - Fachbereich Tierhaltung & Tierzuchtrecht, Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse

 daniel.werner@lwk.nrw.de

Extreme Hitzeereignisse treten in Deutschland in den letzten Jahren immer häufiger und intensiver auf. Dies belastet besonders Tiere mit hoher und höchster Produktionsleistung. Bei einer Leistungserhöhung von 10 kg Milch sinkt der optimale Temperaturbereich einer Milchkuh um ca. 4 °C. Das durch Hitze beeinträchtigte Wohlempfinden führt in Extremfällen zu erhöhten Verlusten. Auch Schweinen und Geflügel setzt Hitzestress stark zu. Dadurch werden immer mehr Kühlmöglichkeiten (aktiv/passiv) in der Haltungsumgebung benötigt.

Hitzestress entsteht aus einer Kombination von hoher Temperatur (°C) und hoher Luftfeuchtigkeit (% rH). Wichtig ist, auf frühe Anzeichen zu agieren (Hecheln, Verringerung der Futteraufnahme) und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Die Gestaltung und Optimierung der Haltungsumgebung nimmt hierbei eine entscheidende Rolle ein.

Grundvoraussetzung ist eine temperaturangepasste, ausreichende Wasserversorgung: Milchvieh benötigt z. B. bei 30 °C ca. 80 l/Tier und ab 35 °C >120 l/Tier. Eine Tiergruppe benötigt immer mehrere Tränken. Für 15 Tiere werden mindestens zwei z. B. Trogtränken von je 30 cm Länge und je Kuh ca. 20 cm² Wasserfläche mit 15 - 20 l/min Zufluss empfohlen. Die Tränken müssen sich im Schatten befinden. Die Tiere müssen sie leicht erreichen können, ohne unbeschattete Bereiche durchqueren zu müssen.

In der Schweinehaltung sollte als erstes die Wärmedämmung des Stalles und die Zuluftführung betrachtet werden. Eine gute Dämmung der Außenwände und des

Daches verringert den Energieeintrag in den Stall hinein. Auch Beschattung sowie der Einsatz von Erdwärmetauscher kann zur Kühlung des Stalls beitragen. Heiße Zuluft kann in vielen Varianten mit Rotationszerstäubern, Kühlwürfeln, CoolPads oder auch befeuchteten Lochziegelwänden abgekühlt werden. Ein kleiner Rotationszerstäuber benötigt etwa 20 bis 60 l/h. Bei 20.000 m³/h Luftaustausch reicht dies für bis zu 200 Mastschweine, 110 Sauen oder 60 Abferkelbuchten. Die Wirkung der Befeuchtungskühlung ist jedoch begrenzt. Luft mit 36 °C und 30 % rH lässt auf 24 °C und 85 % rH abkühlen. Hat die Luft jedoch schon 70 % rH, lässt sie sich nur noch auf 33 °C mit 85 % rH abkühlen.

Auch Dächer von Rinderställen sollten gedämmt werden. Die Distanz zwischen erwärmter Dachfläche und Boden spielt für die Wärmestrahlung keine Rolle. Lichtplatten sollten auf Süd-, Ost- sowie Westseiten vermieden werden. Zur Kühlung trägt vor allem die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit bei. Notwendig sind Luftgeschwindigkeiten von min. 2,0 bis 2,5 m/s an bzw. direkt auf der Kuh. Luftgeschwindigkeiten von bis zu 5 m/s stellen für laktierende Kühe kein Problem dar. Verdunstungskälte kann die Kühlung unterstützen. Dazu darf die Luft noch nicht zu feucht sein (≤ 70 % rH). Zudem benötigt Wasser Zeit zur Verdunstung. Zwei unterschiedliche Ansätze werden in der Praxis umgesetzt. Beim „Fogging“ wird Wasser in die Luft gesprüht. Bei der „Kuhdusche“ wird die Kuh direkt gekühlt. Hierbei sind die Tropfengröße sowie die Tropfengeschwindigkeit entscheidend.

Hitzebedingte Entzündungsreaktionen bei Milchkühen und Minderungsmaßnahmen

Koch, Franziska¹ ✉; Kuhla, Björn¹

¹Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf

✉ koch@fbn-dummerstorf.de

Milchkühe sind in ihren offenen und halboffenen Haltungssystemen direkt den Auswirkungen des Klimawandels ausgesetzt. Steigende Umgebungstemperaturen und Hitzewellen verursachen Hitzestress und stellen eine ernstzunehmende Bedrohung für die Tiergesundheit dar. Zur Verringerung der endogenen und fermentativen Wärmebelastung erhöhen Milchkühe die Atemfrequenz und die Herzfrequenz, reduzieren gleichzeitig die Futteraufnahme und die Milchproduktion. Bisher wurde jedoch nur wenig untersucht, wie das Immunsystem von Milchkühen auf Hitzestress reagiert.

In einem kontrollierten Versuch wurden 10 laktierende Milchkühe einer 7-tägigen Hitzewelle mit konstanten Temperaturen von 28°C (50 % Luftfeuchtigkeit und Temperatur-Luftfeuchtigkeitsindex (THI) von 76) ausgesetzt. Als Kontrollgruppen wurden 10 Milchkühe bei konstanten 16°C und 62 % Luftfeuchtigkeit (THI 60) gehalten und erhielten eine ad libitum Fütterung. Täglich wurde der Gesundheitszustand überprüft und Blutproben auf Entzündungsmarker wie Haptoglobin, das pro-inflammatorische Zytokin Tumornekrosefaktor α (TNF α) und bakterielles Endotoxin untersucht. Außerdem wurden am Ende des Versuchs Gewebeproben vom mesenterialen Lymphknoten und Euter genommen, um die Expression von Entzündungsmarkern zu analysieren.

Die TNF α - und Endotoxinkonzentrationen stiegen bei den hitzestressierten Kühen an (Abb.1). Zudem nahm die Konzentration des Akut-Phase-Proteins Haptoglobin bei Hitzestress über den Untersuchungszeitraum kontinuierlich zu. Im Vergleich dazu waren die genannten Konzentrationen bei den Kontrolltieren nach 7 Tagen geringer. In mesenterialen Lymphknoten konnte eine höhere mRNA Expression von TNF α und Interferon γ in

hitzegestressten Kühen im Vergleich zu den Kontrollkühen aufgezeigt werden. Darüber hinaus konnte in Euterproben von hitzestressierten Milchkühen auf Proteinebene Marker für eine akute Entzündungsreaktion nachgewiesen werden, obwohl keine Mastitis vorlag.

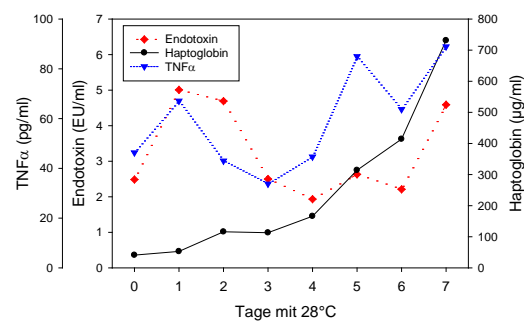


Abb. 72. Zeitlicher Verlauf von Endotoxin, Haptoglobin und Tumornekrosefaktor α (TNF α) im Blut von hitzestressierten Milchkühen bei 28°C

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass Hitzestress zu unterschwelligem Entzündungsreaktionen im Euter, in mesenterialen Lymphknoten als auch in der Blutzirkulation führt. Die Zunahme an Endotoxin im Serum lässt auf eingedrungene bakterielle Bestandteile in den Organismus schließen, die möglicherweise im Zusammenhang mit einem undichten Darmsystem, dem sogenannten `leaky gut` Syndrom, stehen.

Potentielle Minderungsmaßnahmen

Zur Unterstützung des Immunsystems könnten essentielle Aminosäuren in Pan-sen-geschützter Form verabreicht werden. Außerdem wären Supplemente mit entzündungshemmenden oder anti-oxidativen Eigenschaften geeignet, um die Entzündungsreaktionen einzudämmen. Bauliche Veränderungen der Haltungssysteme mit Schattendächern, Ventilatoren und Kuhduschen sowie kaltes Tränkewasser können unmittelbar Hitzestress minimieren.

Einfluss von Hitzestress auf die Gesundheit und die Fertilität von Milchkühen

Wagener, Karen¹ ✉; Tekin, Muhittin¹; Guse, Christian¹; Iwersen, Michael¹; Drillich, Marc^{1,2}

¹Klinische Abteilung für Bestandsbetreuung bei Wiederkäuern, Universitätsklinik für Wiederkäuer, Veterinärmedizinische Universität Wien; ²Arbeitsgruppe Reproduktionsmedizin und Eutergesundheit, Nutztierklinik, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

✉ Karen.Wagener@vetmeduni.ac.at

Einleitung: Hohe Umgebungstemperaturen führen in Verbindung mit hoher Luftfeuchte und hoher Stoffwechsellistung zu Hitzestress (HS) (Bernabucci et al., 2010 - 10.1017/S175173111000090X). Aus der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbelastung kann der Temperature-Humidity-Index ermittelt (THI) werden. Obwohl die Auswirkungen von HS auf die Produktivität von Milchkühen in tropischen und subtropischen Umgebungen gut beschrieben worden sind, ist HS in Ländern mit gemäßigtem Klima und seine Auswirkungen dort immer noch nicht genau erforscht. Daher war das Ziel der Studie, die Auswirkung von HS auf das Auftreten postpartaler Erkrankungen und auf die Fruchtbarkeit von Milchkühen unter mitteleuropäischen Bedingungen zu untersuchen.

Material und Methoden: Für die Studie wurden Daten verwendet, die zwischen März 2016 und November 2017 auf einem kommerziellen Milchviehbetrieb in der Slowakei erhoben wurden. Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden mit Datenloggern im Stall kontinuierlich erfasst und retrospektiv ausgewertet. HS wurde definiert als ein THI >68. Für die Studie standen 1825 Holstein-Friesian Kühe nach dem Abkalben zur Verfügung. Am Tag 5 postpartum (pp) wurden Blutproben zur Messung der Beta-hydroxybutyrat (BHB)-Konzentration genommen. Subklinische Ketose wurde ab einem BHB-Wert $\geq 1,2$ mmol/L diagnostiziert. Am selben Tag wurde die Körperinnentemperatur (KT) gemessen und der vaginale Ausfluss beurteilt. Eine Metritis lag bei einer KT $\geq 39,5$ °C und übelriechendem, rot-bräunlichen vaginalen Ausfluss vor (Sheldon et al., 2006 - 10.1016/j.theriogenology.2005.08.021). Am Tag 28-35 pp erfolgte gynäkologische Untersuchung. Tiere mit mukopurulentem vaginalen Ausfluss wurden als an klinischer Endometritis erkrankt

definiert (Sheldon et al., 2006). Die Tiere wurden in ein OvSynch Programm eingeschlossen und terminorientiert besamt.

Ergebnisse: HS in den ersten 5 Tagen pp war mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten einer subklinischen Ketose assoziiert ($P \leq 0,05$). Zwischen HS-Exposition und dem Auftreten einer Metritis oder klinischen Endometritis bestand jedoch kein signifikanter Zusammenhang. Tiere mit einer subklinischen Ketose oder einer Metritis wiesen im Vergleich zu gesunden Tieren ein 1,5- und 4,4-fach erhöhtes Risiko auf, am Tag 28-35 pp an einer klinischen Endometritis zu erkranken ($P \leq 0,05$).

Tiere mit einer klinischen Endometritis wurden später tragend als gesunde Tiere ($P \leq 0,05$). Die durchschnittliche Günstzeit der Tiere mit klinischer Endometritis lag bei 112 Tagen ± 42 SD, die der gesunden Tiere lag bei 102 Tagen ± 39 SD. HS-Exposition in den ersten 50 Tagen pp verringerte die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Erstbesamung um den Faktor 0,8 ($P \leq 0,05$).

Fazit und Ausblick: Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen die negativen Auswirkungen von HS auf die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Milchkühe. Weitere Studien sind geplant, um die Auswirkungen von HS auf biologische Schlüsselfunktionen im Reproduktionstrakt von Milchkühen unter mitteleuropäischen Klimaverhältnissen genauer zu erforschen. Die Kombination aus neuem Grundlagenwissen und der kontinuierlichen Überwachung von Tier- und Umweltparametern sollen längerfristig dazu beitragen, nachhaltige und zukunftsfähige Managementstrategien zur Prävention von HS und dessen Spätfolgen bei Milchkühen zu entwickeln.

Mathematische Modelle zur Messung der Hitzestress-Exposition bei Milchkühen

Guse, Christian¹; Keusch, Dominik¹; Drillich, Marc^{1,2}; Wagener, Karen¹ ✉

¹Klinische Abteilung für Bestandsbetreuung bei Wiederkäuern, Universitätsklinik für Wiederkäuer, Veterinärmedizinische Universität Wien; ²Arbeitsgruppe Reproduktionsmedizin und Eutergesundheit, Nutztierklinik, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

✉ Karen.Wagener@vetmeduni.ac.at

Einleitung: Aufgrund der fortschreitenden globalen Erwärmung und den gleichzeitig nicht angepassten Haltungsbedingungen ist Hitzestress (HS) zu einem wachsenden Problem geworden. Der HS wirkt sich bei Milchkühen nachteilig auf das Tierwohl und die Milchproduktion aus, weshalb der HS-Prävention auf landwirtschaftlichen Betrieben mehr Beachtung geschenkt werden sollte (M'Hamdi et al. 2021 - 10.1016/j.jtherbio.2021.102917). Für die Optimierung von Haltungsbedingungen und Managementmaßnahmen ist es unumgänglich, die Auswirkungen des HS auf pathophysiologische Mechanismen genau zu charakterisieren. Dies erfordert eine kontinuierliche und objektive Beurteilung der Umgebungsbedingungen. Ansätze stützen sich auf den Temperatur-Luftfeuchte-Index (temperature-humidity-index, THI), der die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit zu einem Wert zusammenfasst. Typischerweise wird HS für den Zeitraum definiert, in dem ein THI-Schwellenwert (z.B. 68) überschritten wird (Armstrong, 1994 - 10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6). Zumeist wird die Dauer der Schwellenwertüberschreitung oder die durchschnittliche Amplitude des Zeitraums als Beschreibung der HS-Konditionen verwendet. Dies ignoriert entweder die Elongation oder das Intervall. Der Gradient wird zudem gar nicht berücksichtigt. Unterschiedlichen Berechnungen der HS-Konditionen führen zu einer erschwerten Vergleichbarkeit und Interpretation von Studienergebnissen. Deshalb ist das Ziel dieser Studie, neue Modelle zur Evaluierung von HS-Konditionen zu entwickeln, in denen Amplitude, Dauer und Gradient der HS-Exposition eingeschlossen werden und diese mit bestehenden Methoden zu vergleichen.

Material und Methoden: Als Grundlage

diente der THI nach Kendall und Webster (2009 - 10.1016/j.livsci.2009.04.004). Verglichen wurden die Auswirkungen der unterschiedlichen Ansätze der Bewertung der Umgebungsbedingungen anhand von empirisch ermittelten Temperatur- und Luftfeuchtwerten. Diese wurden im Zeitraum zwischen März 2016 und November 2017 auf einem kommerziellen Milchviehbetrieb halbstündlich mit Datenloggern (Tinytag Plus 2 TGP-4500) erhoben. Die Datenauswertung erfolgte mittels Python-Bibliothek SciPy (v1.11.2).

Ergebnisse und Ausblick: Die am häufigsten in der Literatur verwendeten Modelle umfassen tägliche Mittelwerte (THI_mittel), den täglichen Maximalwert (THI_max) und die Anzahl der Stunden über einem Schwellenwert (THI68). Die von uns entwickelten Modelle beruhen auf der Berechnung der Fläche nach Riemann mit (AUC68_m) und ohne Berücksichtigung des Gradienten (AUC68).

Tab. 1. Verteilung der Bewertung der Umgebungsbedingungen unterschiedlicher Methoden.

Methode	Variationskoeffizient	Schiefe
THI_max	0,20	-0,39
THI_mittel	0,21	-0,36
THI68	1,27	0,86
AUC68	1,61	1,82
AUC68_m	1,60	1,79

Vorläufige Ergebnisse zeigten, dass unterschiedliche Methoden zu einer unterschiedlichen Verteilung der Bewertung der HS-Konditionen führten (Tab. 1). In zukünftigen Studien wird unter Rücksichtnahme tierbezogener Daten geprüft, welchen Effekt die neue Methodik auf die Beurteilung des HS hat.

Fazit | Landwirtschaftliche Tierhaltung im Klimawandel

■ Offene Fragen

Spitzwegerich enthält Aucubin, das nach Aufnahme mit dem Futter durch Rinder mit dem Urin ausgeschieden wird und die urinstämmigen Lachgasemissionen auf der Weide senkt. Inwieweit die Spitzwegerichfütterung auch die urinstämmigen Ammoniakemissionen reduziert ist unklar. Ebenso bleibt zu klären, ob die Aucubinwirkung nach Trocknung oder Silierung des Spitzwegerichs erhalten bleibt und ob die Fütterung von Spitzwegerich im Stall die gasförmigen N-Emissionen aus der Gülle reduziert.

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

Ein großes Problem bei der maschinellen Ernte und Trocknung von Laub aus Kurzumtriebsplantagen sind die hohen Verluste. Es bedarf weiterer Forschung zur Minimierung der Verluste.

Erlauben die zunehmenden Trockenheit- und Hitzeperioden in Deutschland noch an allen Standorten die Milchkuh- und Mutterkuhhaltung und besitzen Hochleistungsrassen unter den künftigen Klimaszenarien noch eine ausreichend hohe Resilienz bzw. Robustheit? Oder sind nicht wärmetolerantere Rassen wie Braunvieh eher geeignet als Holsteinkühe?

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

Die Züchtung von Spitzwegerichsorten mit hohen Biomasseerträgen und einem hohen Futterwert unter Berücksichtigung der Aucubinkonzentration und der Trockentoleranz ist wünschenswert. Zur Testung der Effekte verschiedener Spitzwegerichsorten sollten praxisnahe Forschungen zum Anbau, Fütterung und Emissionsminderung in einem interdisziplinären Ansatz verfolgt werden.

■ Notwendige weitere Vernetzung

Interdisziplinäre Zusammenarbeit (Pflanzenbau, Pflanzenzüchtung, Tierernährung, Bodenkunde, und Leute, die Emissionen im Feld genau messen können).

54 Fit für den Klimawandel – ressourcenschonende und effiziente Milcherzeugung

Förderverein Bioökonomieforschung, Elena Frenken

Aufgrund ihrer Treibhausgasemissionen ist die Rinderhaltung in den letzten Jahren vermehrt in die Kritik geraten. Bei Fermentierungsprozessen im Pansen von Wiederkäuern wird Methan erzeugt, welches im Vergleich zu CO₂ ein höheres klimaschädliches Potential hat. Basierend auf den Werten für das globale Erwärmungspotential über 100 Jahre ist Methan laut Bundesumweltamt um das 25-fache schädlicher als CO₂. Um das Ziel der Treibhausneutralität in Deutschland bis 2045 zu erreichen, muss daher auch die Landwirtschaft ihre Treibhausgasemissionen stark reduzieren. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass der Abbau von Methan aus der Rinderhaltung in der Atmosphäre Teil des biogenen Kohlenstoffkreislaufs ist.

Im Jahr 2018 entfiel mit 34,2 Millionen Tonnen CO₂e fast ein Prozent der weltweiten Emissionen auf die deutsche Rinderhaltung. Die Treibhausgasemissionen aus der Rinderhaltung in Deutschland wurden in den letzten Jahren bereits reduziert. Gründe sind unter anderem die Steigerung der Effizienz der Milcherzeugung und die Verringerung des Rinderbestandes. Doch welche weiteren Möglichkeiten der Reduktion der Treibhausgasemissionen, insbesondere der Methanemissionen gibt es noch in der Rinderhaltung? Welche Maßnahmen haben bereits vielversprechende Ergebnisse gezeigt und welche Lösungsansätze werden noch geprüft?

Ziel der Session ist es, in diesem Spannungsfeld sowohl den physiologischen Hintergründen der Methanproduktion beim Rind auf den Grund zu gehen als auch Lösungsansätze für die Methanreduktion durch Maßnahmen in der Fütterung aufzuzeigen. Weiterhin erläutern

Beiträge aus dem EIP-Projekt „KlimaFit: Züchtungsstrategien für eine standortangepasste Milchviehhaltung“, wie die Zucht auf Effizienz, Robustheit und Resilienz einerseits zu einer verbesserten Hitzetoleranz und andererseits zu einer Schonung der Umwelt führt. Die Session bietet eine Plattform für den Austausch von Wissen, Ideen und Best Practices, um die Milchviehhaltung in Deutschland fit für die Herausforderungen des Klimawandels zu machen und gleichzeitig die Umweltauswirkungen zu minimieren.

Ablauf

- Schwerpunkt Fütterung und Methanemissionen
 - Fütterungsstrategien und Methanemission - welche Rolle spielt das Mikrobiom der Milchkuh? | Prof. Dr. Jana Seifert
 - Einflusssaufnahme auf Methanemissionen durch die Fütterung? | Prof. Dr. Sven Dänicke
 - Der Einfluss der Fütterungszulage von Hanfblättern auf die Methanemission von Milchkuhen | Dr. Jessica Schwerdtfeger
 - Diskussion der drei Vorträge
- Kurzvorträge zum Projekt „KlimaFit“
 - Resilienz in der deutschen Milchkuhzüchtung | Franziska Keßler
 - Durch effizientere Kälberaufzucht das Klima schonen | Maren Günther
 - Diskussion der beiden Vorträge
- Fazit

Fütterungsstrategien und Methanemission - welche Rolle spielt das Mikrobiom der Milchkuh?

Jana Seifert^{1,2} ✉

¹Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart, ²Hohenheim Center for Livestock Microbiome Research (HoLMiR), Universität Hohenheim, Stuttgart

✉ jseifert@uni-hohenheim.de

Das Pansenmikrobiom spielt eine wichtige Rolle im Kohlenhydrat-, Protein- und Fettstoffwechsel und bei der Produktion flüchtiger Fettsäuren, mikrobiellem Eiweiß und Vitaminen zur Verwertung durch das Rind. Der sich ändernde Bedarf an Energie und Nährstoffen entlang des Produktionszyklus bedingt eine Anpassung der Fütterung. Dies beeinflusst die Anwesenheit/Abwesenheit/Häufigkeit und Aktivität bestimmter Mikroben im gesamten Verdauungstrakt. Die daraus resultierenden Veränderungen in den Fermentationsprozessen, der Nährstoffversorgung und der Methanemissionen, spiegeln sich direkt in der Effizienz der Fleisch- und Milchproduktion wieder.

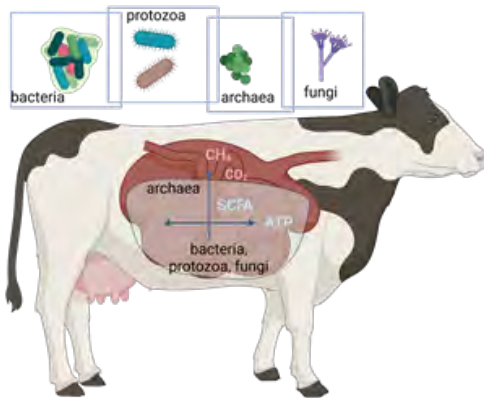


Abb. 73. Vereinfachte Darstellung des Pansenmikrobioms und seiner Produkte (erstellt mit Biorender.com).

Das ruminale Mikrobiom kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Produktivität von Rindern und die Treibhausgasemissionen haben. Trotz erheblicher Anstrengungen gibt es derzeit nur wenige Methan-Minderungsstrategien für die unmittelbare praktische

Umsetzung. Diese zielen meist auf die Hemmung des Schlüsselenzyms, der Methyl-Coenzym-M-Reduktase, ab, welche in den methanogenen Archaeen gebildet wird. Mögliche Zusatzstoffe mit Methanreduzierender Wirkung beinhalten natürliche sekundäre Pflanzenmetaboliten, wie Tannine, und Chemikalien, wie 3-Nitrooxypropanol (3-NOP). Zusätzlich werden antimethanogene Vakzine und Phagen getestet (Beauchemin, K. A. et al. 2022 - 10.3168/jds.2022-22091). Obwohl diese Strategien seit einigen Jahren erforscht werden, gibt es noch keine eindeutige Empfehlung zum Einsatz einer Minderungslösung. Dies liegt häufig an widersprüchlichen Resultaten im Vergleich *in vitro* und *in vivo*, als auch an unterschiedlichen tierexperimentellen Ansätzen. Ein grundlegendes Problem ist jedoch, dass es immer noch an einem fundierten Verständnis der Komplexität und der Art des Wasserstofftransfers innerhalb des Pansen-Ökosystems fehlt. Neuere Studien deuten darauf hin, dass selbst wenn alle bekannten Strategien zur Methanminderung eingesetzt würden, sie nicht ausreichen würden, um die globale Erwärmung auf die derzeitigen Ziele zu begrenzen.

Die Rolle des Mikrobioms und seiner Funktionen im Rind sind derzeit nur unvollständig verstanden um sie als Zielgröße für künftige Produktionsstrategien hinsichtlich Fütterungseffizienz und Methanminderung einzusetzen. Aktuelle Studien zeigen jedoch mögliche Verbindungen zwischen Leistung und Gesundheit und dem intestinalen Mikrobiom der Milchkuh (Tröscher-Mußotter et al. 2021 - 10.1128/mSystems.00856-21) und bieten neue Ansätze für eine nachhaltige Aufzucht und Milchproduktion.

Einflussaufnahme auf Methanemissionen durch die Fütterung?

Dänicke, Sven 

Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig

 sven.daenicke@fli.de

Das hauptsächlich über den Ruktus von Wiederkäuern in die Umwelt abgegebene Methan trägt aufgrund seines Treibhauspotenzials zur Erderwärmung bei und stellt zudem z.B. für Kühe einen Verlust von 5-7 % der Bruttoenergie des Futters dar. Daher stellen mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Methanemission einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele dar, wobei nicht zwangsläufig ein Vorteil für den Energiehaushalt der Kuh resultieren muss, wenn sich mit einer verminderten Methanemission der Bruttoenergieverlust verringert. Generell steigt der Methanertrag (g CH₄/Tier und Tag) mit der Höhe der Futteraufnahme, womit er als Bewertungsmaßstab für Minderungsstrategien weniger gut geeignet ist, da die Höhe der Futteraufnahme von entscheidender Bedeutung für die Deckung des Energie- und Nährstoffbedarfs der Milchkuh ist. Die CH₄-Emissionsintensität bezieht das emittierte CH₄ bei der Kuh auf die Milchleistung, womit deutlich wird, dass die Emissionen je kg Milch mit steigender Milchleistung sinken. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Milchleistung nicht zu Lasten der Tiergesundheit gesteigert wird. Erhöhte Krankheitsinzidenz führt sowohl über eine reduzierte Milchleistung als auch durch eine verkürzte Nutzungsdauer zu einer erhöhten CH₄-Emissionsintensität, insbesondere wenn die Emissionen auf die Lebensleistung bezogen werden. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die sich die relativ lange Aufzuchtperiode von weiblichen Rindern umso negativer auf die CH₄-Emissionsintensität auswirkt, je kürzer die Nutzungsdauer ist. Aus Sicht der Nährstoffeffizienz kommt bei der Betrachtung der Verringerung von CH₄-Emissionen dem Aufwand an Futter bzw. an Energie und Nährstoffen je kg Milch eine zentrale Bedeutung zu. Je niedriger dieser Aufwand ist, um so besser werden

die Nährstoffe für die Milchbildung verwertet, was zur Verringerung der CH₄-Emissionsintensität beiträgt. In diese Zusammenhänge ordnen sich auch verschiedene Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der CH₄-Emissionen ein. So führt ein erhöhter Anteil an Konzentratfuttermitteln in der Ration über eine Beeinflussung der ruminalen Fermentationsvorgänge häufig zu einer verbesserten CH₄-Emissionsintensität. Für den Konzentratfuttereinsatz bei Milchkühen ist aber generell zu berücksichtigen, dass dieser sich an dem tatsächlichen Energiebedarf orientieren muss und nicht als Instrument zur Verringerung der CH₄-Emissionen angesehen werden kann. Darüber hinaus ist der Begriff des Konzentratfutters nicht genau definiert, da beispielsweise verschiedene Konzentrate unterschiedliche Fermentationscharakteristika aufweisen und die die Unterscheidung zwischen Konzentratfuttermitteln und Raufuttermitteln anhand ihrer Energie- und Nährstoffkonzentration mitunter fließend, und daher nicht immer sinnvoll ist. Zudem muss sich eine zukunftsfähige Milchproduktion auch den Fragen der Nahrungskonkurrenz stellen, was grundlegende Konsequenzen für die Verwendung von Konzentratfuttermitteln sowie für die Milchkuhbestände hat. In dieses generelle Geflecht zwischen Höhe der Futteraufnahme, Energie- und Nährstoffzusammensetzung in Verbindung mit deren Einflüssen auf die ruminale Fermentation sowie Mikrobiota, und damit der Generierung von Methan ordnen sich auch verschiedene spezifische Futtermittel (z.B. Futterfette, Algen), sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (z.B. Tannine, Saponine), Nitrat und 3-Nitrooxypropanol mit CH₄-Emissionsminderungspotenzial ein.

GfE (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. 1. Auflage. Frankfurt: DLG-Verlag (Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, 12).

Der Einfluss der Fütterungszulage von Hanfblättern auf die Methanemission von Milchkühen

Schwerdtfeger, Jessica¹; Björn, Kuhla¹ ✉

¹ Institut für Ernährungsphysiologie, Forschungsinstitut für Nutztierbiologie

✉ b.kuhla@fhn-dummerstorf.de

Das Klimaschutzgesetz schreibt eine Senkung der Jahresemissionsmenge der Landwirtschaft in Deutschland auf 56 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bis 2030 vor. Ein Großteil dieser CO₂-Äquivalente wird in Form von Methan aus der Milchkuhhaltung freigesetzt. Daher bieten Ansätze, die zur Verringerung der Methanproduktion von Milchkühen führen, ein erhebliches Potential zur Erreichung der Emissionsminderungsziele.

In vitro Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zugabe unterschiedlicher Hanfpflanzenteile zu Pansensaft die Methanproduktion reduziert (Wang et al. 2017 - 10.1002/jsfa.8260; Vastolo et al. 2021 - 10.1111/jpn.13557). Um diesen Effekt in vivo nachzuweisen, erhielten in einem Cross-Over Versuch 12 erstlaktierende Milchkühe zwei isoenergetisch und isonitrogen formulierte Rationen zur ad libitum Aufnahme. Die 12 Tiere wurden in 3 Durchgängen mit je 4 Tieren untersucht. In Versuchsperiode 1 erhielt die Versuchsgruppe für 3 Wochen eine Totale Mischration (TMR), die mit 7,4 % THC-freien getrockneten Hanfblättern der Sorte „Santhica“ supplementiert wurde (Hanf-Gruppe). Parallel dazu erhielt die Kontrollgruppe eine TMR mit einer Zulage von 3,5 % Sojaextraktionsschrot (Soja-Gruppe). Nach einer 2-wöchigen Auswaschphase, in der beiden Gruppen mit einer Hanf- und Soja-freien TMR gefüttert wurden, erhielten die Tiere in Versuchsperiode 2 für weitere 3 Wochen die jeweils andere Ration zur ad libitum Aufnahme. In jeder Versuchsperiode wurden die Tiere zwei Wochen im Laufstall gehalten und in der dritten Versuchswoche für drei Tage in eine Respirationsskammer eingestallt, um die Methanproduktion sowie die Trockenmasseaufnahme am 2. und 3. Tag zu erfassen. Die Daten wurden mit einem linearen gemischten Modell in R (4.2.0, Funktion

lmer, Paket lme4) analysiert. Die Modelle enthielten als feste Effekte die Gruppe (Hanf, Soja), die Sequenz, die Versuchsperiode und den Durchgang und als zufälligen Effekt die Tiernummer. Zwei Tiere absolvierten den Versuch nicht vollständig, so dass entsprechende Versuchsteile in der Auswertung nicht berücksichtigt wurden.

Während der Methanmessung in der Respirationsskammer war die Trockenmasseaufnahme der Hanf- und Soja-Gruppe vergleichbar ($p = 0,658$). Die Tiere der Hanfgruppe tendierten zu einer geringen Methanemission pro Einheit Trockenmasseaufnahme ($p = 0,068$). Dabei korrelierte die täglich emittierte Methanmenge pro Trockenmasseaufnahme mit der täglichen Hanfaufnahmemenge ($r = -0,610$; $p = 0,004$; Abb. 1).

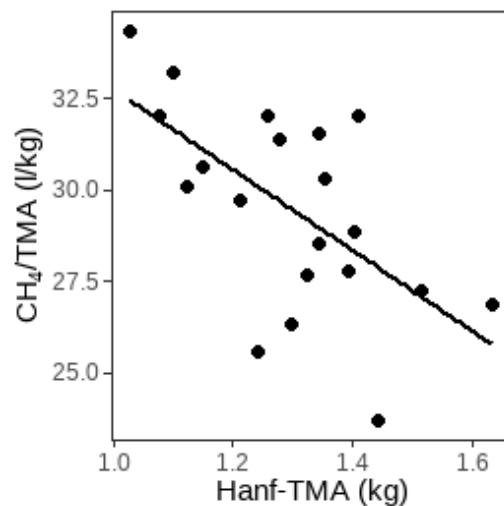


Abb. 74. Zusammenhang zwischen Methanemission (CH₄) pro Trockenmasseaufnahme (TMA) und Hanf-TMA am 2 und 3. Tag des Aufenthalts in der Respirationsskammer.

Durch die Substitution von Sojaextraktionsschrot durch THC-freie Hanfblätter in einer TMR können die Methanemissionen aus der Milchkuhhaltung gesenkt werden.

Resilienz in der deutschen Milchkuhzüchtung

Keßler, Franziska¹ ✉; Wellmann, Robin; Chagunda, Mizeck G.G.²; Bennewitz, Jörn¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Tiergenetik und Züchtung, 70599 Stuttgart

² Universität Hohenheim, Institut für Tropische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Tierhaltung und Tierzucht in den Tropen und Subtropen, 70599 Stuttgart

✉ franziska.kessler@uni-hohenheim.de

Der Klimawandel wirkt sich direkt, z.B. durch vermehrt auftretende, langanhaltende Hitzeperioden, und indirekt, z.B. durch ein verändertes Futterangebot, auf die moderne Nutztierhaltung aus. Das erfordert eine hohe Anpassungsfähigkeit der Nutztiere, welche durch eine zielgerichtete Zucht gesteigert werden kann. Das Konzept der Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Individuums, auf kurzfristige Störeinflüsse zu reagieren und anschließend in die Homöostase bei ursprünglichem Leistungsniveau zurückzukehren.

Eine zentrale Forschungsfrage ist die Definition und die Phänotypisierung eines geeigneten Resilienzmerkmals. Ein erfolgsversprechender Ansatz ist die Anwendung von Parametern aus der Zeitreihenanalyse auf longitudinale Daten (Poppe et al. 2020 - 10.3168/jds.2019-17290). Hierfür wurden in vorangegangenen Studien vor allem tägliche Milchleistungen von Milchkühen herangezogen, um daraus die Varianz und die lag-1-Autokorrelation als Resilienzindikatoren zu berechnen. Die Varianz ist ein Maß für die Abweichung vom Mittelwert und spiegelt somit die Schwankung der Milchleistung während der Laktation wider. Die Autokorrelation gibt an, wie stark die Milchleistungen an zwei aufeinander folgenden Tagen korreliert sind. Daraus kann die Dauer der Erholungsphase nach einem Leistungsrückgang interpretiert werden. Für beide Parameter gilt, je näher der Wert an 0, desto stabiler zeigt sich das Individuum gegenüber Störeinflüssen und desto resilienter ist es.

In unserer Studie wendeten wir diese Resilienzindikatoren auf tägliche Milchleistungen der Milchkuhrassen Deutsche Holstein, Fleckvieh und Braunvieh an. Die Daten erhielten wir von 36 Betrieben aus Baden-Württemberg, welche am

Projekt *KlimaFit* teilnehmen und mit automatischen Melksystemen arbeiten. Die Varianz und die Autokorrelation der täglichen Milchmengen dienten uns als Phänotypen in uni- und bivariaten Analysen, um Heritabilitäten sowie genetische Korrelationen mit anderen Leistungs- und Gesundheitsmerkmalen zu schätzen. In diesem Rahmen verglichen wir zum einen verschiedene varianz-basierte Parameter, zum anderen untersuchten wir, ob es Rasseeffekte gibt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Resilienzindikatoren auf die deutsche Milchkuhpopulation angewendet werden können. Die Heritabilitäten betragen für die Autokorrelation 0,047 und für die varianz-basierten Parameter zwischen 0,026 und 0,183. Die genetischen Korrelationen zwischen Resilienzindikatoren und Leistungs- bzw. Gesundheitsmerkmalen wurden auf Grundlage genomischer Zuchtwerte kalkuliert. Sie korrelierten signifikant in erwünschter Richtung, d.h. die Zuchtwerte der Leistungs- und Gesundheitsmerkmale waren für resiliente Individuen höher. Der Mittelwertvergleich der drei Rassen zeigte zudem signifikante Unterschiede in den einzelnen Resilienzindikatoren, wodurch ein Effekt der Rasse angenommen werden kann. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Haltungsbedingungen ebenfalls einen großen Effekt haben und in zukünftigen Studien stärker einbezogen werden müssen.

Ein Merkmal Resilienz kann dabei unterstützen, die Widerstandsfähigkeit von Milchkühen gegenüber den Folgen des Klimawandels genetisch zu steigern. Es bedarf jedoch weiterführender Studien, um dieses Merkmal in das Zuchtziel zu integrieren.

Durch effizientere Kälberaufzucht das Klima schonen

Günther, Maren ; Piaskowy, Fenja; Herold, Pera

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, Abt.3, Referat 35, Team Tierzucht, 70806 Kornwestheim

 maren.guenter@lgl.bwl.de

Milchviehhaltung ist in Baden-Württemberg ein bedeutender Wirtschaftsfaktor und gestaltet die vielfältige Landschaft mit. Innovative Zuchtprogramme unterstützen die Weiterentwicklung der wichtigsten Rassen: Fleckvieh, Brown Swiss und Deutsche Holsteins.

Während der Aufzuchtphase werden die Weichen für gesunde und leistungsstarke Kühe mit Potential für eine hohe Nutzungsdauer gelegt. Vitalere und gesündere Jungtiere und verringerte Tierverluste fördern das Tierwohl. Eine verbesserte Mastleistung der Verkaufskälber in Rein- und Kreuzungszucht steigert zudem die Effizienz des Produktionsverfahrens. Diese Aspekte wollen wir im Projekt KlimaFit züchterisch angehen.

Züchten auf Lebenseffizienz optimiert das Verhältnis von Input zu Output in der gesamten Produktionskette vom Kalb bis zur Kuh bzw. zum Mastrind. Dadurch werden Ressourcen geschont und weniger klimarelevante Gase ausgestoßen, was wiederum zum Klimaschutz beiträgt. Abb. 1 zeigt verschiedene Faktoren der Lebenseffizienz auf. Zwischen den Faktoren sowie der Genetik und der Umwelt bestehen zahlreiche Wechselwirkungen.

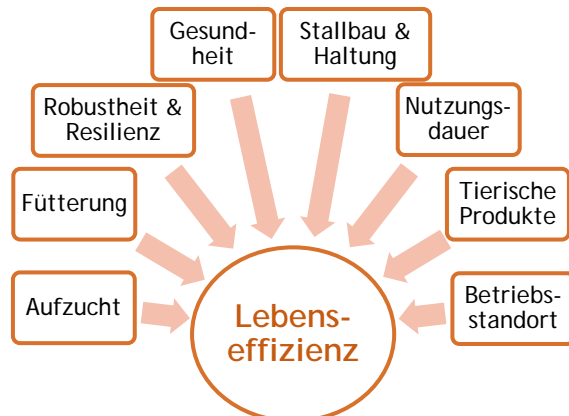


Abb. 1 Faktoren der Lebenseffizienz

Im Rahmen des Projektes KlimaFit wird unter anderem der Beitrag der Aufzucht zur Lebenseffizienz untersucht. Dabei werden vier Schwerpunkte verfolgt:

Umfrage unter den Projektbetrieben zum Bestimmen des Status-Quo der Umwelten in der Aufzuchtphase;

Phänotypisierung neuer Merkmale in der Aufzucht, mit dem Ziel, eine Leistungsprüfung im Bereich Ressourcenschonung aufzubauen: Gesundheits- und Verhaltensmerkmale, Geburts-, Verkaufs- und Jungrindergewicht, Energieeffizienz;

Genotypisieren der Kälber und Identifizieren der Merkmale, die zur Steigerung der Effizienz -somit zum Klimaschutz- in der Kälberhaltung beitragen. Analyse der genetischen Fundierung. Untersuchung von Genotyp x Umwelt-Interaktionen;

Auswertungen zum Betriebsmanagement basierend auf den neuen Merkmalen und unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebsstandorte. Rückkopplung der Ergebnisse mit den teilnehmenden Betrieben.

Ergebnisse sollen zum einen ein Zucht-wertindex *Kalb* mit verschiedenen Merkmalen der Gesundheit, der Vitalität, des Verhaltens, der Gewichtsentwicklung und der Energieeffizienz sein. Des weiteren werden Managementhilfen für die Landwirte* zur standortangepassten Aufzucht von Kälbern und Jungvieh entwickelt und bereitgestellt.

Das Projekt wird gefördert im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI). Die Fördermaßnahme ist eine Maßnahme des Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014-2022 (MEPL III). Das Projekt wird durch das Land Baden-Württemberg und über den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) finanziert.

Fazit | Fit für den Klimawandel – ressourcenschonende und effiziente Milch erzeugung

Angesichts der zunehmenden Kritik an der Rinderhaltung aufgrund ihrer Treibhausgasemissionen konzentrierte sich die Session auf die Methanbildung bei Fermentierungsprozessen im Pansen von Wiederkäuern, sowie die Resilienz in der deutschen Milchkuhzüchtung und die Bedeutung einer effizienten Kälberaufzucht für den Klimaschutz. Zielsetzung der Session war eine Diskussion der möglichen Stellschrauben Zucht und Management, um die Umweltauswirkungen der Milchviehhaltung in Deutschland zu mindern.

Als notwendiger weiterer Forschungsbedarf zeigte sich, die tiefgehende Untersuchung von Möglichkeiten zur Methanreduktion in der Rinderhaltung. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf den Einsatz von Fütterungszusätzen gelegt. Langfristig angelegte Studien sind notwendig, um das Einsparungspotenzial aber auch Auswirkungen auf das Tier über die gesamte Lebensspanne abzubilden. Auch die züchterische Weiterentwicklung spielt eine entscheidende Rolle. Durch bewusste Zucht- und Selektionsentscheidungen können Rinder resilienter und widerstandsfähiger werden, wodurch sie auch den zukünftigen Anforderungen des Marktes gerecht werden. Die Zucht auf Effizienz spielt eine große Rolle, da weniger Ressourcen eingesetzt werden müssen und sich die Emissionen bei gleichem Output verringern.

Es wurde außerdem deutlich gemacht, dass eine nachhaltige Landwirtschaft Tierhaltung inkludiert. Vor allem Rinder unterstützen die Kreislaufwirtschaft, indem sie pflanzliches Material verwerten können, das für Menschen nicht nutzbar ist. Der Anbau dieser Pflanzen bindet Kohlenstoff und wird anschließend wieder als Futtergrundlage genutzt.

Über die verschiedenen Sessions hinweg wurde deutlich, dass auch innerhalb der Agrarbranche Vernetzungen der einzelnen Disziplinen essenziell sind. Es ist zu betonen, dass ein Austausch über die Agrarbranche hinweg sinnvoll ist, als Beispiel kann hier die Kombination von Photovoltaikanlagen mit Tierhaltung genannt werden. Verbände und Vereine wie der Förderverein für Bioökonomieforschung e.V. setzen sich außerdem für eine Vernetzung von Forschung und landwirtschaftlicher Praxis ein und interagieren als Schnittstelle für den Wissenstransfer in die Praxis und entlang der Wertschöpfungskette. Diese Schnittstellen müssen weiter ausgebaut und gefördert werden.

Über die verschiedenen Sessions hinweg wurde deutlich, dass auch innerhalb der Agrarbranche Vernetzungen der einzelnen Disziplinen essenziell sind. Es ist zu betonen, dass ein Austausch über die Agrarbranche hinweg sinnvoll ist, als Beispiel kann hier die Kombination von Photovoltaikanlagen mit Tierhaltung genannt werden. Verbände und Vereine wie der Förderverein für Bioökonomieforschung e.V. setzen sich außerdem für eine Vernetzung von Forschung und landwirtschaftlicher Praxis ein und interagieren als Schnittstelle für den Wissenstransfer in die Praxis und entlang der Wertschöpfungskette. Diese Schnittstellen müssen weiter ausgebaut und gefördert werden.

55 Umweltverträgliche Szenarien für eine Nutztierhaltung in Deutschland

Dreisbach, Nele¹ ✉; Biewald, Anne¹; Sorg, Diana¹; Osterburg, Bernhard²; Windisch, Wilhelm³; Wulf, Sebastian⁴; Balzer, Frederike¹; Ehlers, Knut¹; Dühr, Nick¹

¹Umweltbundesamt, Dessau, ²Thünen Institut, Braunschweig, ³Technische Universität München, München, ⁴Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt

✉ nele.dreisbach@uba.de

Die Nutztierhaltung in Deutschland steht vor großen Herausforderungen. Sie muss einen substantiellen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen leisten und die negativen Auswirkungen auf Luft, Wasser und Biodiversität reduzieren. Am Anfang eines notwendigen Transformationsprozesses zur Bewältigung dieser Herausforderungen ist es entscheidend zu verstehen, wie eine klima- und umweltverträgliche Nutztierhaltung gestaltet werden kann. Dabei gibt es vielfältige Möglichkeiten, bei denen sich nicht nur die Haltungssysteme, sondern auch die Zusammensetzung und Verteilung des Bestandes sowie die maximal verträgliche Zahl an Nutztieren unterscheiden.

Im UBA-Vorhaben „Ernährung und Landwirtschaft mit Zukunft - ErLa“ soll erforscht werden, wie eine klima- und umweltgerechte Nutztierhaltung ausgestaltet werden kann. Dafür wird wie folgt vorgegangen:

1. Identifikation von relevanten Umwelt- und Klimazielen sowie den dazu gehörigen gesellschaftlich vereinbarten Zielwerten
2. Entwicklung von verschiedenen Nutztierhaltungs-Szenarien, die unterschiedliche normative Schwerpunkte haben
3. Modellbasierte Berechnung der aus Umwelt- und Klimasicht regional und national maximal verträglichen Tierbestände für jedes dieser Szenarien

Für diese Szenarien werden Haltungssysteme identifiziert, die in unterschiedlichem Maß Tierwohl, Flächeneffizienz, Optimierung der Tierleistung oder weiterreichende Umweltziele integrieren.

Sie reichen von intensiven Produktionssystemen mit hohen Tierleistungen und Einsatz von importiertem Eiweißfutter bis hin

zu extensiven Systemen mit geringeren Tierleistungen, bei denen Nahrungskonkurrenz zum Menschen weitgehend ausgeschlossen wird und nur nicht-essbare Biomasse von Acker, Grünland und Nebenerzeugnisse der Lebensmittelindustrie verfüttert werden. Neben solchen „Extrem-szenarien“, die sich auf einzelne Schwerpunkte fokussieren, werden aber in ErLa auch Szenarien entwickelt, die realitätsnäher sind und verschiedene Zielaspekte kombinieren.

Drei wesentliche Elemente, die bei der Entwicklung der unterschiedlichen Szenarien betrachtet werden müssen, sind dabei 1. die Verteilung und Zusammensetzung des Tierbestandes, 2. das Wirtschaftsdüngermanagement und 3. die Fütterung der Nutztiere.

Nach kurzen fachlichen Inputs zu den drei Themenbereichen beinhaltet die Session ein World Café. Im Rahmen dessen wollen wir diskutieren, inwiefern Maßnahmen in den jeweiligen Teilbereichen umsetzbar sind, welche Bedeutung diesen Maßnahmen hinsichtlich der Umwelt- und Klimawirkung zugeschrieben wird und welche Unsicherheiten hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit, Wirksamkeit und Modellierbarkeit bestehen.

1. Tierbestand und Verteilung: Die Wirkung von Klimagasen ist global, daher ist der Ort der Freisetzung, d.h. die Verteilung der Nutztiere, für das Klima weniger relevant. Für viele Umweltaspekte hingegen ist die Verteilung entscheidend. Wiederkäuer werden beispielsweise im Naturschutz zur Landschaftspflege genutzt, mit meist sehr geringen Tierbesatzdichten. Für die Gewährleistung einer effizienten Nutzung der Wirtschaftsdünger und einer Verringerung von hohen Überschüssen in tierintensiven Regionen ist die regionale

Flächenbindung der Tierhaltung entscheidend. Auch die Zusammensetzung des Tierbestandes ist für eine klimaverträgliche Nutztierhaltung wichtig. Dabei geht es sowohl um Tierarten als auch um Rassen mit verschiedenen Eigenschaften.

Leitfrage: Wie sollten die Zusammensetzung der Tierbestände (Nutztierarten und Kategorien), die regionale Verteilung und der Gesamtbestand verändert werden, damit die Nutztierhaltung umweltverträglich ist?

2. Wirtschaftsdüngermanagement: Halungsverfahren, Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung sind wichtige Elemente des Wirtschaftsdüngermanagements. Es bestehen eine Reihe technischer Maßnahmen, mit denen Emissionen im Stall reduziert werden können. Häufig sind diese jedoch nicht isoliert zu betrachten, sondern haben auch Anforderungen an das Management, um ihre Wirkung zu erreichen. Zielkonflikte zwischen Tierwohlaspekten und Emissionsminderung können in manchen Fällen vorhanden sein.

Abdeckungen im Bereich der Wirtschaftsdüngerlagerung gehören weitgehend zur guten fachlichen Praxis, haben jedoch in der Regel keine Wirkung auf klimarelevante Methanemissionen. Hier ist die Vergärung von Wirtschaftsdüngern eine wirksame Maßnahme. Auch Güllezusätze stellen eine Möglichkeit zur Emissionsminderung dar. Einige Maßnahmen haben jedoch Trade-Offs oder es bestehen Unsicherheiten bezüglich ihrer Wirksamkeit und negativer Auswirkungen auf andere Umweltziele. Maßnahmen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zielen auf die Minderung von Ammoniakemissionen ab, sind in diesem Bereich aber in der Regel sehr kosteneffizient. Die Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern wird zur Entlastung regionaler Nährstoffüberschüsse diskutiert, ist meist aber kosten- und energieintensiv.

Ein emissionsminderndes Wirtschaftsdüngermanagement hat immer auch eine effiziente Nährstoffnutzung zum Ziel. Die Reduzierung von Ammoniakemissionen dient nicht nur der Luftreinhaltung, sondern mindert auch den Verlust an Düngewirkung des Wirtschaftsdüngers. Wird dies berücksichtigt, können synthetische Düngemittel eingespart und Treibhausgasemissionen aus deren Produktion vermieden werden.

Leitfrage: Welche Maßnahmen sollten auf den Ebenen Stall, Lager und Ausbringung ergriffen werden, um eine umweltverträgliche Nutztierhaltung sicherzustellen?

3. Fütterung: Die Fütterung spielt eine wesentliche Rolle in der Nutztierhaltung. Durch effiziente Fütterung können Tierleistungen und Tiergesundheit verbessert werden. Durch N-reduzierte Fütterung bei Monogastriern kann auch die Freisetzung von Treibhausgasen und der Stickstoffgehalt im Wirtschaftsdünger reduziert werden. Futterzusätze oder angepasste Futterrationen können den Methanausstoß von Wiederkäuern reduzieren. Darüber hinaus kann die Umweltwirkung der Nutztierhaltung im Bereich Futteranbau verbessert werden. Durch den Anbau - besonders von Importfuttermitteln in der Amazonas-Region oder auch auf drainierten Moorflächen - werden Treibhausgase durch übermäßige Düngung, Torfabbau und Entwaldung freigesetzt. Die stärkste Minderungswirkung hätte vermutlich die Vermeidung von Nahrungskonkurrenz zum Menschen, bei der das Nutztierfutter hauptsächlich aus nicht-essbarer Biomasse von Acker und Grünland sowie von Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie stammt. Damit würden auch Importe von Futtermitteln wegfallen und Flächen für den Anbau pflanzlicher Lebensmittel frei.

Leitfrage: Welche Maßnahmen sollten auf Ebene der Futterrationen und des Futtermittelanbaus ergriffen werden, um eine umweltverträgliche Nutztierhaltung sicherzustellen?

Ablauf

- Einführung
 - Hintergrund und Ziel der Session | Dr. Knut Ehlers, UBA
 - Input zu Herausforderungen einer umweltverträglichen Tierhaltung | Nele Dreisbach, UBA
- Inputs zu Tierbestand und Verteilung (Bernhard Osterburg, TI), Wirtschaftsdüngermanagement (Dr. Sebastian Wulf, KTBL) und Fütterung (Prof. Dr. Stephan Schneider, HfWU)
- World Café
- Fazit und Ausblick | Dr. Knut Ehlers, UBA

Fazit | Umweltverträgliche Szenarien für eine Nutztierhaltung in Deutschland

Wo welche Mengen Nutztiere welcher Art gehalten werden, wie mit den Wirtschaftsdüngern umgegangen wird und wie ein nachhaltiger Umgang mit den Futtermitteln gelingt, sind zentrale Fragestellungen, um die Nutztierhaltung in Deutschland umweltverträglich zu gestalten. Technische Innovationen versprechen hier ein großes Potential, sind aber nicht immer ausreichend geprüft, zugelassen und praktikabel. Auch ein struktureller Umbau der Tierhaltung würde umweltseitige Vorteile bringen, es gibt jedoch gewichtige Gründe (z.B. Economies of Scale), die dagegensprechen.

Eine wichtige Stellschraube zur Gestaltung einer umweltverträglicheren Nutztierhaltung besteht in der regionalen Umverteilung von Tierbeständen sowie der Dezentralisierung der Nährstoffflüsse, bspw. indem durch Gülleaufbereitung Überschussregionen entfrachtet werden. Problematisch an einer Umverteilung ist, dass Standortvorteile im Nordwesten, insbesondere durch Fachpersonal und etablierte Wertschöpfungsketten, entfallen und längere Transportstrecken für die Weiterverarbeitung notwendig werden könnten. Vorteile einer Umverteilung sind die Steigerung der regionalen Verfügbarkeit von Stroh und Futtermitteln sowie eine bessere Vermarktung durch regionale Wertschöpfung.

Hemmnisse und fehlende Praktikabilität von Maßnahmen zur Reduzierung von

Ammoniak- und Methan-Emissionen in den Bereichen Stall, Lager und Ausbringung wurden als großes Problem identifiziert, ebenso wie der nicht angepasste rechtliche Rahmen und die mögliche Toxizität von Zusatzstoffen und Additiven. Investitionsunsicherheiten behindern investitionsintensive Maßnahmen wie Stalumbau und Gülleaufbereitung.

Bei der Reduzierung von Emissionen im Futtermittelanbau, bei der Futtermittelbereitstellung und der Gestaltung von Futterrationen verspricht die Fokussierung auf Reststoffe und Grünlandaufwuchs ein erhebliches Entlastungspotential für die Umwelt. Weiterhin vorteilhaft sind Futterzusatzstoffe zur Steigerung der Verdaulichkeit und potenziell zukünftig zur Methanminderung und die Reduzierung der Futtermittelverluste.

- Folgende übergeordnete Forschungsfragen wurden identifiziert:
 - Wie viele Tiere könnten nur von Grünland und Reststoffen gefüttert werden?
 - Sind Zusatzstoffe und Additive hinsichtlich ihrer Toxizität ausreichend geprüft?
 - Wie kann die Praktikabilität von umweltverträglichen Maßnahmen gesteigert werden?
 - Welcher Politikrahmen ist notwendig, damit die gewünschten Innovationen und Entwicklungen in der Praxis etabliert werden können?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen ist nicht nur eine interdisziplinäre Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachrichtungen notwendig, sondern es benötigt darüber hinaus eine transdisziplinäre Vernetzung, beispielsweise mit der landwirtschaftlichen Praxis.

56 Wie wirkt sich der Klimawandel auf Bienen und Bestäuberinsekten aus – Wie kann daraus resultierenden Herausforderungen begegnet werden?

Beenovation - Transfer- und Vernetzungsmaßnahme zur „Bekanntmachung über die Förderung von Forschungsvorhaben zum Schutz von Bienen und weiteren Bestäuberinsekten in der Agrarlandschaft“

Die Diversität von Bestäuberinsekten ist entscheidend für die Vielfalt unserer Kulturlandschaft und Ernährung. Dabei wird die Bestäuberleistung von Wild- und Honigbienen, sowie vielen weiteren Insekten in der Landwirtschaft oft als selbstverständlich angesehen. Abgesehen von bereits bekannten und erforschten Einflussfaktoren auf den Rückgang der Insektenpopulationen, haben die letzten Jahre zunehmend verdeutlicht, dass auch der Klimawandel einen Einfluss auf den Lebenszyklus von Bestäuberinsekten hat. Neben Extremwetterereignissen sind insbesondere veränderte Temperaturverläufe im Frühjahr besorgniserregend, da sie die über lange Zeiträume etablierte sensible phänologische Abstimmung zwischen den Entwicklungszyklen von Bestäuberinsekten und der Blühperiode von Pflanzen beeinträchtigen. Beginnend von zeitlichen Verschiebungen der Blühphasen, über zusätzliche Trachtlücken, hervorgerufen durch extreme Trockenheit, bis hin zu Hitzestress der Insekten in ihren Nistplätzen (auch Bienenstöcken), verändert sich die Lebensgrundlage von Wild-, Honigbienen und anderen Bestäuberinsekten zunehmend. Erste Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich die Pollenqualität einiger Pflanzen verändert, was sich ggf. negativ auf die Gesundheit von Wild- und Honigbienen auswirken könnte. Aus diesen Veränderungen ergeben sich wichtige Fragestellungen und es braucht Konzepte, welche die Lebensräume von Bestäuberinsekten so gestalten, dass ihr Überleben, ihre Diversität

und ihre unverzichtbaren Ökosystemdienstleistungen auch in Zeiten des Klimawandels gesichert werden können. Gemeinsam müssen Landwirtschaft, Naturschutz, Politik und Gesellschaft Lösungsansätze definieren und diskutieren, sodass Bestäuberinsekten im Zusammenspiel mit ihrem Lebensraum und der Landwirtschaft an zukünftige Extremwetterereignisse und den Klimawandel angepasst werden.

Ablauf

- Begrüßung
- Impulsvortrag
 - Honigbiene mit deutlich dezimierter genetischer Vielfalt trifft auf Klimawandel | Prof. Dr. Kaspar Bienefeld
- Kurzvorträge
 - ~~Imkere im Klimawandel~~ | Prof. Dr. Peter Neumann
 - Honigbienen als Biomonitor für klimabedingte Veränderungen in der Landwirtschaft | Dr. Christoph Otten
 - Auswirkungen von Klima und Landnutzung auf die Vielfalt von Bestäubern | Dr. Sarah Redlich
 - Agroforstsysteme: Win-Win für Klimaschutz und Biodiversität | Dr. Christopher Morhart
- Diskussion zu aktuellen Fragestellungen und Lösungsansätzen

Honigbiene mit deutlich dezimierter genetischer Vielfalt trifft auf Klimawandel

Kaspar Bienefeld 

Albrecht Daniel Thaer Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Humboldt Universität zu Berlin

 Kaspar.Bienefeld@hu-berlin.de

Im Vergleich zu anderen Insekten haben Honigbienen einige Vorteile, mit denen sie erfolgreicher die Folgen des Klimawandels kompensieren können. Die kommerziell gehaltenen Honigbienenpezies sind höhlenbrütend und besitzen die Fähigkeit der Thermoregulation über einen breiten Temperaturbereich, was ihnen zusätzliche Möglichkeiten zur Anpassung an die direkten Auswirkungen des Klimawandels verschafft. Daher ist ihre Existenz aufgrund der direkten Auswirkungen des Klimawandels nicht unmittelbar gefährdet.

Viel bedrohlicher sind die indirekten Auswirkungen des Klimawandels, wie ein qualitativ und quantitativ verändertes Nahrungsangebot, besonders aber das Auftreten neuer Krankheitserreger und Parasiten. Aber auch bezüglich dieser indirekten Einwirkungen veränderten Klimas dürften Honigbienen gegenüber anderen Insekten eine größere Widerstandsfähigkeit zeigen. Honigbienen sind als soziale Spezies zur Bevorratung von Nahrung befähigt und hinsichtlich ihrer Nahrungspräferenzen Generalisten. Hierdurch können sie vorübergehende Nahrungsknappheit besser ausgleichen und sind nicht auf spezifische Pflanzenarten angewiesen. Der entscheidende Vorteil der Honigbienen ist aber, dass die kommerziell gehaltenen Spezies aufgrund ihrer ökonomischen Bedeutung, bei klimabedingten Veränderungen von der Imkerschaft unterstützt werden.

Nichtsdestotrotz zeigen sich bereits Anzeichen einer existenziellen Bedrohung der Bienenhaltung in Ländern, wo die einheimische Subspezies durch Importe europäischer (kurzfristig leistungsfähiger) Honigbienen ersetzt bzw. hybridisiert wurden, die bereits unter den aktuellen extremen Klimabedingungen nur eine Überlebensdauer von wenigen Monaten haben. Allein Saudi Arabien ist dadurch auf den Import von ca. 1,3 Mio.

Völkern pro Jahr angewiesen, da die einheimische Subspezies kaum noch existiert. Wie Abb. 1 belegt, ist die Verdrängung/Hybridisierung von einheimischen Honigbienen keine Ausnahme, sondern in vielen Ländern die Regel. Besonders in Regionen, die jetzt schon unter extremem Klima leiden, wird die Kombination von genetischer Verarmung und zunehmendem Einfluss des Klimawandels dramatische Auswirkungen haben. U.a. unterstützt durch die FAO, werden zurzeit spezifische Zucht- und Konservierungsprogramme für die autochthonen Honigbienenpezies begonnen. Auch in den gemäßigten Klimazonen des Verbreitungsgebiets der Honigbiene sollten entsprechende Maßnahmen initiiert werden. Besonders die Anpassung des Brutrhythmus an sich veränderndes Klima und bessere Krankheitsresistenz sind erfolgsversprechende Selektionskriterien für zukünftige Zuchtprogramme. Das Potential der genomischen Selektion könnte sich bei diesen Merkmalen als sehr hilfreich erweisen.

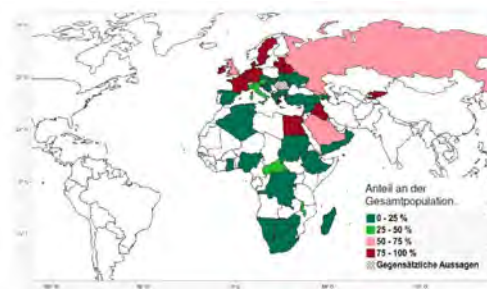


Abb. 22. Verdrängung einheimischer durch importierte Bienen (Komm & Bienefeld, submitted)

Imkerei im Klimawandel

Neumann, Peter¹ ✉; Straub, Lars¹;

¹Institut für Bienengesundheit, Vetsuisse Fakultät, Universität Bern, Schweiz

✉ peter.neumann@unibe.ch

Es besteht Konsens darüber, dass der Klimawandel eine der großen Herausforderungen für die Menschheit im 21. Jahrhundert ist, zwangsläufig die bekannteste und unbestreitbar eine der drängendsten. Tiefgreifende Auswirkungen sind in der globalen Landwirtschaft unvermeidlich, und die Bienenhaltung ist sicherlich keine Ausnahme. Dies wird Konsequenzen für die Landwirtschaft haben, da Bestäuber eine zentrale Rolle für Erträge spielen. Tatsächlich haben extreme Wetterbedingungen und Naturkatastrophen bereits jetzt Auswirkungen auf vom Menschen gehaltene Honigbienen gehabt. Daher scheint es offensichtlich, dass der Klimawandel sowohl für bewirtschaftete Bienen als auch für Imker einen wichtigen Stressfaktor darstellen und zu erhöhten Völkerverlusten und geringeren Einnahmen führen wird. Hier überprüfen wir die Literatur über die Auswirkungen des Klimawandels auf Honigbienen und die Imkerei. Anhand der Literatur wird deutlich, dass es derzeit keine integrative Strategie für die Imkerei gibt, um den Herausforderungen, die der globale Klimawandel mit sich bringen wird, angemessen zu begegnen. Daher fordern wir eine solche Strategie und listen kurz die größten Herausforderungen für die zukünftige Bienenhaltung aufgrund des Klimawandels auf und schlagen mögliche Gegenmaßnahmen vor. Letztendlich sind die Auswirkungen des Klimawandels und seine Eindämmung im Kontext der Bienenhaltung derzeit nur unzureichend verstanden. Dies erfordert entsprechende konzertierte

Anstrengungen von Wissenschaftlern, Imkern, Landwirten und anderen Interessengruppen, um eine nachhaltige Zukunft für die Imkerei zu finden. Solche Bemühungen werden unweigerlich evidenzbasierte Abhilfemaßnahmen erfordern, um die zunehmenden globalen Auswirkungen des Klimawandels zu bewältigen. Das hier für westliche Honigbienen, *Apis mellifera*, skizzierte Szenario gilt mit ziemlicher Sicherheit für alle bewirtschafteten Bienen wie östliche Honigbienen, *Apis cerana*, stachellose Bienen, Hummeln und sogar Solitärbienen. Viele Stressfaktoren gelten ebenfalls für wilde Bestäuber wie Schmetterlinge und Schwebfliegen. Es gilt daher jetzt einen globalen Ansatz zu finden, um die zukünftige Bestäubung für die Landwirtschaft und wilde Pflanzen zu sichern.



Abb. 75. Bienenhaltung im Klimawandel. Herausforderungen für Bienen und Imker aufgrund eines sich ändernden Klimas (= oranger Bereich) und mögliche Gegenmaßnahmen (= grüner Bereich) werden mit einer laufenden Bienenvölkerkontrolle im Zentrum dargestellt.

Honigbienen als Biomonitor für klimabedingte Veränderungen in der Landwirtschaft

Otten, Christoph

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Westerwald-Osteifel, Mayen

✉ Christoph.Otten@dlr.rlp.de

Das Nahrungssammelareal von Honigbienen umfasst je nach Attraktivität der Nektar und Pollen liefernden Pflanzen oft mehr als zehn Quadratkilometer. Damit eignet sich die Honigbiene besonders gut kontinuierlich Informationen über sich verändernde Landschaften zusammenzutragen. Dabei können über die automatische Erfassung der Gewichtsveränderungen von Bienenvölkern Witterungseinflüsse fortlaufend abgebildet und die Qualität einer Landschaft beschrieben werden.

Die bundesweite Vernetzung der mittlerweile fast 700 kontinuierlich gewogenen Bienenvölker des fortlaufend erweiterten *TrachtNets* zeigt regionale und sich von Jahr zu Jahr ergebene Unterschiede auf.

Über eine hohe Messgenauigkeit und kurze Taktung der Messintervalle lassen sich imkerliche Eingriffe mittels Algorithmen erkennen und kompensieren. Die so bereinigten Daten stehen tagesaktuell öffentlich zur Verfügung und liefern der imkerlichen Praxis wichtige Informationen zur Entwicklung der Bienenvölker.

Der retrospektive Vergleich von „Jahressammelprofilen“ bietet zudem die Möglichkeit „Bienenjahre“ zu beschreiben und Einflussfaktoren zu ermitteln. Für die zu erwartenden klimatischen Veränderungen in den Agrar- und Naturräumen stehen damit erste Referenzdaten in Deutschland zur Verfügung.

Auswirkungen von Klima und Landnutzung auf die Vielfalt von Bestäubern

Cristina Ganuza¹, Sarah Redlich¹ ✉, Johannes Uhler², Cynthia Tobisch^{3,4}, Sandra Rojas-Botero⁴, Marcell K. Peters¹, Jie Zhang¹, Caryl S. Benjamin⁵, Jana Englmeier², Jörg Ewald³, Ute Fricke¹, Maria Haensel⁶, Johannes Kollmann⁴, Rebekka Riebl⁶, Lars Uphus⁵, Jörg Müller^{2,7}, Ingolf Steffan-Dewenter¹

¹Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie, Biozentrum, Julius-Maximilians-University Würzburg, Würzburg, ²Feldstation Fabrikschleichach, Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie, Biozentrum, Julius-Maximilians-University Würzburg, Würzburg, ³Institut für Ökologie und Landschaft, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Freising, ⁴Lehrstuhl für Renaturierungsökologie, TUM School of Life Sciences, Technische Universität München, Freising, ⁵Ökoklimatologie, TUM School of Life Sciences, Technische Universität München, ⁶Professur für ökologische Dienstleistungen, Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung (BAYCEER), Universität Bayreuth, Bayreuth, ⁷Bayerischer Nationalpark, Grafenau, Germany.

✉ sarah.redlich@uni-wuerzburg.de

Sowohl Klima- als auch Landnutzungsänderungen stellen eine ernstzunehmende Bedrohung für bestäubende Insekten dar, doch die meisten Studien haben Klima und Landnutzung bislang zumeist als unabhängige Faktoren betrachtet. Dies ist vor allem auf die methodische Schwierigkeit zurückzuführen, beide Einflussfaktoren voneinander zu trennen. Dabei zeigen theoretische Studien und vereinzelte empirische Untersuchungen deutlich, dass Landnutzungsfaktoren die Auswirkungen des Klimawandels verstärken oder abmildern können. In unserer Studie entschlüsseln wir die Wechselwirkung von Klima und Landnutzung auf mehrere Bestäuber-Gruppen mit Hilfe eines multiskaligen Raum-Zeit-Ansatzes über große Klima- und Landnutzungsgradienten in Bayern (Abb. 1).

Dazu verwendeten wir DNA-Metabarcoding von Malaisefallen und Nisthilfendaten, die auf 179 Untersuchungsflächen in 60 Untersuchungsregionen in Bayern (Deutschland) gesammelt wurden (Abb. 1). Die Metabarcoding-Ergebnisse verdeutlichten Unterschiede im Artenreichtum abhängig von der Landnutzungsintensität, zeigten aber auch Wechselwirkungen zwischen Klima und Landnutzung auf regionaler, nicht jedoch auf lokaler Ebene. Diese wirkten sich auf die Zusammensetzung der Bestäubergemeinschaft, die Gamma-Diversität und die Beta-Diversität (ein Maß für den Unterschied in der Artenvielfalt) mehrerer Bestäuber-Gruppen aus. So förderte beispielsweise ein wärmeres Klima die Bestäubervielfalt in Waldlandschaften, nicht aber in Städten. Sowohl die Metabarcoding-Daten als auch die Nisthilfendaten stimmten darin überein, dass die Bienengemeinschaften unter der Klimaerwärmung vor allem in städtisch geprägten Regionen leiden. Sie zeigen außerdem, dass dem Wald eine wichtige Rolle beim Schutz von Bestäubern zukommt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir taxon-abhängige negative Auswirkungen des Klimas und der Landnutzungsintensität auf verschiedenen räumlichen Ebenen gefunden haben, die auf Managementoptionen zur Abschwächung der Auswirkungen des Klimawandels auf Bestäuber und ihre Ökosystemleistungen hinweisen.

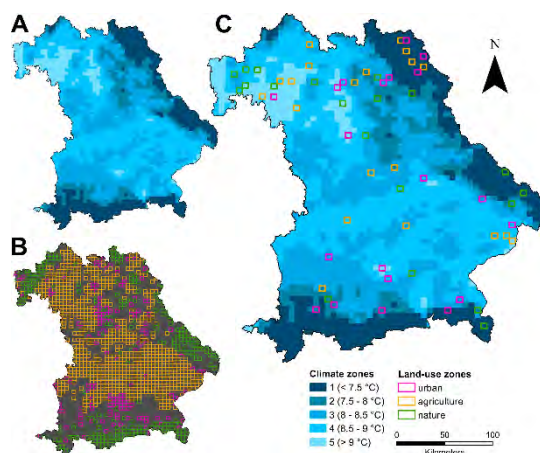


Abb. 76. Verteilung der 60 Untersuchungsregionen (C) entlang von Klima- (A) und Landnutzungsgradienten (B) in Bayern.

Agroforstsysteme: Win-Win für Klimaschutz und Biodiversität

Morhart, Christopher¹ ✉; Schindler, Zoe¹; Sheppard, Jonathan¹; Larysch, Elena¹; Kröner, Katja¹; Obladen, Nora¹; Fornoff Felix²; Seifert, Thomas^{1,3}

¹Professur für Waldwachstum und Dendroökologie, Universität Freiburg, Freiburg i. Br.

²Professur für Naturschutz und Landschaftsökologie, Universität Freiburg, Freiburg i. Br.

³Department of Forest and Wood Science, Stellenbosch University, Südafrika

✉ christopher.morhart@wwd.uni-freiburg.de

Integrierte landwirtschaftliche Nutzungssysteme mit Bäumen und Sträuchern, sogenannte Agroforstsysteme, bieten vielfältige Vorzüge gegenüber herkömmlicher Landwirtschaft. Im Rahmen des Projektes INTEGRA (www.integra.uni-freiburg.de) werden verschiedene dieser Aspekte näher untersucht. Dabei liegt neben den Vorzügen als Kohlenstoffsенке ein besonderes Augenmerk auf der Funktion der Bäume und Sträucher als Lebensraum und Nahrungsressource für bestäubende Insekten.

Für die Untersuchungen werden Baumstrukturen mit Hilfe eines terrestrischen Laserscanners hochpräzise erfasst. Die daraus abgeleiteten 3D-Modelle der Bäume (Abb. 1) werden sowohl für die Berechnung des oberirdischen Kohlenstoffspeichervermögens, als auch für die Modellierung der Anzahl an Blüten genutzt.

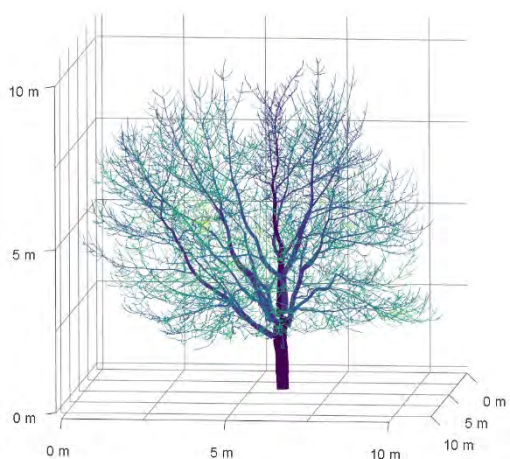


Abb. 77. 3D-Modell eines Kirschbaumes.

Die Ergebnisse von Schindler et al. (2023 - 10.1186/s13595-023-01196-6) zeigen, dass ein einzelner Kirschbaum mit einem Stammdurchmesser von 50cm über 700kg Kohlenstoff alleine in seiner oberirdischen Biomasse speichert (Abb. 2). Bei einem System mit 40 Bäumen pro Hektar wären das bereits über 29t Kohlenstoff.

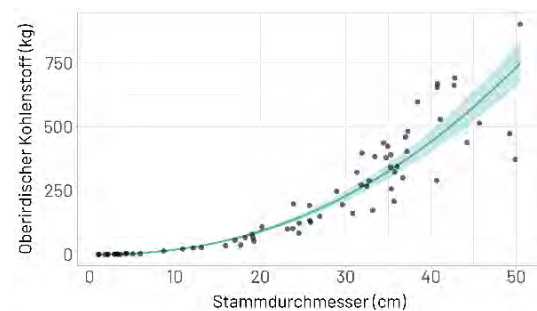


Abb. 2. Entwicklung des in der oberirdischen Biomasse gespeicherten Kohlenstoffes mit zunehmendem Stammdurchmesser.

Ein ähnlich enger Zusammenhang wie beim Kohlenstoff lässt sich zwischen dem Stammdurchmesser des Baumes und der Zahl der Blüten feststellen. Während ein Kirschbaum mit einem Stammdurchmesser von 9cm etwas mehr als 6.000 Blüten trägt, sind es bei einem Baum von 28cm Durchmesser bereits über 224.000 Blüten. In Pollen entspricht dies einer Menge von über 50 cm³.

Die Ergebnisse zeigen einerseits welches Potenzial Agroforstsysteme als Kohlenstoffsенке besitzen, andererseits auch welchen wichtigen Beitrag diese zu einer zukunftsfähigen und resilienten Landwirtschaft leisten können.

Fazit | Wie wirkt sich der Klimawandel auf Bienen und Bestäuberinsekten aus – Wie kann daraus resultierenden Herausforderungen begegnet werden?

■ Notwendige weitere Forschung zur Anpassung an den Klimawandel

Der Erhalt der Honigbienendiversität stellt eine grundlegende Voraussetzung für den Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels dar. Es wird empfohlen, Exporte von europäischen Honigbienenarten in Länder mit autochthonen Honigbienenpopulationen einzustellen, um den Verlust genetischer Vielfalt durch Verdrängung zu verhindern. Honigbienen-Zuchtprogramme sollten Krankheitsresistenz, Vitalität und geeignete Anpassungsmerkmale berücksichtigen, um die Honigbienenpopulationen widerstandsfähiger gegen die Folgen des Klimawandels zu machen.

In Bezug auf biodiversitätsfördernde Maßnahmen zur Resilienzsteigerung von Bestäuberinsekten sollten zukünftige Forschungsfragen eine Quantifizierung des Tracht- und Blühangebots verschiedener heimischer Baum- und Straucharten berücksichtigen, sodass eine gezielte Habitataufwertung auf landwirtschaftlichen Flächen erfolgen kann. Außerdem

bedarf es weiterführender Forschung, um die komplexen Zusammenhänge zwischen direkten und indirekten Folgen des Klimawandels und der Vielfalt der Bestäuber zu untersuchen. Häufig beeinflussen sich multifaktoriell bedingte Ereignisse oder positive und negative Effekte überlagern sich, sodass eine monokausale Betrachtung eines Stressors auf einen Biodiversitätsrückgang einer oder verschiedener Arten nicht möglich ist. Die vorhandene Datengrundlage bezüglich der Interaktionen zwischen Bestäubern und Pflanzen in Deutschland ist unzureichend, was die Möglichkeit einer detaillierten Analyse der spezifischen Auswirkungen des Klimawandels einschränkt.

Für ein nachhaltiges Landschaftsmanagement sind transdisziplinäre und partizipative Forschungsanstrengungen erforderlich, die ein besseres Verständnis für biologische Zusammenhänge von Bestäuberinsekten und Kulturpflanzen durch optimierte Datenerfassung und belastbares (automatisiertes) Biodiversitätsmonitoring ermöglichen. Ziel muss es sein, Inselhabitats durch Agroforstsysteme, Heckenstrukturen und Blühkorridore zu verknüpfen, um einen genetischen Austausch zwischen Populationen zu ermöglichen und deren Resilienzen zu stärken. Hierbei sind Kooperationen zwischen Interessensgruppen wie Imkereien, landwirtschaftliche Betriebe, Naturschutzverbände, Forschungseinrichtungen und politische Entscheidungsträger:innen etc. maßgeblich.

60 Agroforst

Moderation: Ralf Bloch, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Agroforst ist in anderen Ländern eine übliche Bewirtschaftungsart, die bei bestimmten Bedingungen Vorteile gegenüber Ackerkulturen hat. Hier wird vorgestellt, wie Agroforst gefördert werden kann, wo es sich lohnt und Beispiele für positive Wirkungen gezeigt.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Brandenburg: Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen unter verschiedenen Förderszenarien | Alma Thiesmeier
- Poster
 - Entwicklung eines schlagspezifischen Entscheidungsunterstützungssystems für Agroforstsysteme | Til Feike
 - Agroforst im Forschungsprojekt DaVaSus | Michael Horf
 - Verteilung und C-Gehalt der Wurzelmasse ein- und mehrjähriger Kulturen im Agroforstsystem | Andrea Schmiedgen
 - Einfluss von Agroforstsystemen auf die Zusammensetzung unterschiedlicher Insektenarten | Leon Besser
- Fazit

Brandenburg: Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen unter verschiedenen Förderszenarien

Thiesmeier, Alma

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Müncheberg

✉ alma.thiesmeier@zalf.de

Die Agroforstwirtschaft kann mehrere Herausforderungen mit denen Landwirtschaft aktuell konfrontiert ist, wie Biodiversität und Kohlenstoffbindung, gleichzeitig adressieren. In Deutschland gibt es jedoch nur wenige solcher Systeme. Da finanzielle Aspekte für Landwirt*Innen eine wichtige Rolle bei der Entscheidung, ein solches System einzurichten oder nicht spielen, wird in diesem Beitrag die wirtschaftliche Leistung von silvoarablen Agroforstsystemen und dem konventionellen Ackerbau verglichen. Dazu werden theoretische Agroforstsysteme entworfen und modelliert. Die untersuchten Agroforstsysteme nutzen Pappelstreifen für die Hackschnitzelproduktion in kurzem und mittlerem Umtrieb. Die Umtriebszeit beträgt in beiden Systemen 24 Jahre mit Ernteintervallen von jeweils 4 und 8 Jahren. Da Erträge in Agroforstsystemen aufgrund der verbesserten Licht- und Nährstoffverfügbarkeit höher sind als in Plantagen, wurde pauschal ein Ertragssteigerungsfaktor von 40 % berücksichtigt. Darüber hinaus wurden Fördermittel zum Ausgleich potenzieller wirtschaftlicher Verluste im Zusammenhang mit der Umstellung auf Agroforstwirtschaft modelliert. Diese verschiedenen Förderszenarien wurden unter einer Reihe von Ackerkulturen, Fruchtfolgen, Alleebreiten, Holzhackschnitzelpreisen und Ertragsklassen betrachtet. Der Kapitalwert von Agroforstwirtschaft und Ackerbau wurde anschließend verglichen, um die Wettbewerbsfähigkeit unter diesen Szenarien zu bewerten. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anbau von Pappeln in einem streifenförmigen Agroforstsystem in kurzer Umtriebszeit einen höheren Kapitalwert aufweist als solche in mittlerer Umtriebszeit, was vor allem auf die höheren Investitionskosten der letzteren zurückzuführen ist. Während in kurzumtriebigen Systemen viele kurze Steck-

linge eingesetzt werden, führt der höhere Preis der langen Pflanzruten in mittelumtriebigen Systemen trotz der verhältnismäßig geringeren Menge Pflanzgut zu diesen Unterschieden in Investitionskosten.

Kurzumtriebige Agroforstsysteme mit Pappeln können bei hohen Hackschnitzelpreisen ohne zusätzliche Fördermittel wettbewerbsfähig sein, während bei niedrigen und durchschnittlichen Hackschnitzelpreisen Subventionen benötigt werden. Systeme mit mittlerer Umtriebszeit waren ohne staatliche Förderung bei allen Preisniveaus nicht wettbewerbsfähig. Die derzeitigen Fördermittel, die innerhalb der Öko-Regelung 3 ausgezahlt werden sind demnach nicht in der Lage, Agroforstsysteme wettbewerbsfähig zu machen, außer bei hohen Hackschnitzelpreisen. Dies gilt in weiten Teilen auch für die beschlossene Erhöhung der ÖR-3 Zahlungen von aktuell 60 auf zukünftig 200 €/ha Gehölzfläche. Bei Fördersätzen von 850 €/ha Gehölzfläche wären Agroforstsysteme auch bei niedrigen und durchschnittlichen Hackschnitzelpreisen und einer größeren Bandbreite von Standortbedingungen wettbewerbsfähig. Besonders herauszustellen ist hierbei auch die Investitionsförderung, die in Brandenburg ab 2024 eingeführt werden soll. Bei einer Übernahme von 40 % der Gesamtinvestitionskosten ist der zusätzliche finanzielle Anreiz als eher gering einzuschätzen. Bei einer Übernahme aller Investitionskosten wird auch bei niedrigen Hackschnitzelpreisen eine Vielzahl von Agroforstsystemen wettbewerbsfähig. Neben öffentlichen Fördergeldern wurde die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen stark von den Hackschnitzelpreisen, dem relativen Ertragspotenzial von Pappel- und Ackerkulturen und den Standortbedingungen beeinflusst.

Entwicklung eines schlagspezifischen Entscheidungsunterstützungssystems für Agroforstsysteme zur Bewertung und Erschließung von Klimaschutzpotentialen

Kheir, Ahmed¹ ✉; Dominic, Anto Raja¹, Strassemeyer, Jörn¹, Langhof, Maren²; Greef, Jörg-Michael², Feike, Til¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow, ²Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

✉ ahmed.kheir@julius-kuehn.de

Zur Erreichung der angestrebten Klimaneutralität Deutschlands bis 2045 sind substantielle Anstrengungen besonders auch im landwirtschaftlichen Sektor notwendig. Agroforstsysteme (AFS), d.h., die gleichzeitige Kultivierung von mehrjährigen Gehölzpflanzen und meist einjährigen Ackerfrüchten oder Grünland auf derselben Fläche, können helfen die Klimaschutzziele im landwirtschaftlichen Sektor zu erreichen. In Deutschland hat sich vor allem die Anlage von Gehölzstreifen als vielversprechendes AFS etabliert. AFS können als Kohlenstoffsenken fungieren und Kohlenstoff im Gehölzstreifen direkt in der Biomasse als auch durch die Erhöhung des Humusgehalts im Boden binden. Laut Beillouin et al. (2023) sind AFS auf die Fläche bezogen die effektivste Anbaumaßnahme zur Erhöhung des organischen Bodenkohlenstoffgehalts. Gleichzeitig wird durch die Gehölzstreifen produktive Fläche für den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln entzogen. Zudem fallen für die Etablierung, Pflege und Ernte der Gehölzstreifen zusätzliche Kosten sowie Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) an. Im

Vergleich zu reinen Ackerbausystemen zeichnen sich Agroforstsysteme durch verringerte Windgeschwindigkeiten und veränderte Evapotranspirationsdynamiken aus (Jacobs et al., 2022; Markwitz et al., 2020). Die Effekte der Gehölzstreifen, v.a., Beschattung auf die benachbarte Ackerkultur können je nach Standort, Witterung und Artenwahl positiv wie negativ ausfallen.

Die Einschätzungen über das Potential von AFS als potentiell nachhaltiges und klimaschonendes Anbausystem bauen auf Erfahrungen und Messergebnissen einzelner Systeme auf. Für die Anbauberatung und Abschätzung des tatsächlichen Klimaschutzpotentials fehlt es bisher an Entscheidungshilfen. Die Entwicklung eines schlagspezifischen Entscheidungsunterstützungssystems (EUS) für AFS zur Bewertung des Anbau- und Klimaschutzpotentials verschiedener Systeme soll helfen diese Lücke zu schließen.

Agroforst im Forschungsprojekt DaVaSus

Horf, Michael¹ ✉; Suhl, Friederike¹; Beule, Lukas²; Groß, Jonas³; Hiss, Michael³; Küsters, Max⁴; Hoffmann, Gundula¹; Pinto, Severino¹; Ricke, Mats⁴; Troups, Julia⁴; Vogel, Sebastian¹

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), 14469 Potsdam; ²Julius Kühn-Institut (JKI), 14195 Berlin; ³Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 64289 Darmstadt; ⁴Finck Stiftung gGmbH, 15518 Briesen (Mark)

✉ mhorf@atb-potsdam.de

Einleitung

Im Hinblick auf den Klimawandel ist das Thema Agroforst im Agrarsektor als alternative bzw. ergänzende Bewirtschaftungsform in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus gerückt. Aus diesem Grund besteht eine wesentliche Teildisziplin des BMEL-Projekts „DaVaSus“ (Data and value-based decision-making for a sustainable land use) darin, die ökologischen Effekte von Agroforstsystemen mit neuester Sensortechnik festzuhalten. Darüber hinaus werden damit verbundene Kosten und Erlöse quantifiziert sowie Ökosystemdienstleistungen monetär bewertet. Die ökonomische und ökologische Analyse soll zudem als einfache Vorlage für andere Betriebe dienen.

Testdesign

Auf den Zukunftsbetrieben von Gut&Bösel in Alt Madlitz (Brandenburg) werden auf drei verschiedenen Schlägen unterschiedliche Agroforstkonzepte getestet und mindestens bis Ende 2025 wissenschaftlich begleitet. Die niederschlagsarme Region mit ihren sandigen Böden eignet sich ideal, um durch den Klimawandel verstärkt hervorgerufene Probleme wie Wasserknappheit und Bodenerosion zu untersuchen. Unter den Baumreihen befinden sich sowohl gemischte Laubbaumbestände als auch syntropisch aufgebaute Baumreihen; d.h. in Anlehnung an die natürliche, vertikale Gliederung eines mehrschichtigen Waldes mit Kraut-, Strauch-, Baum- (hier Obst- und Nussbäume) und Kronsicht (hier Ahorn, Pappel, Birke etc.). Die Baumreihen sind je nach Schlag 6 bis 36 m voneinander entfernt und entweder hangparallel, in Hauptwindrichtung oder nach Nord-Süd ausgerichtet.

Zwischen den Baumreihen aufgestellte Wetterstationen (Abb. 1) erfassen kontinuierlich mikroklimatische Parameter in

mehreren Abständen orthogonal zur Ausrichtung der Baumreihen in 2 m Höhe (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windstärke, Niederschlagsmenge und Sonneneinstrahlung) bzw. im Boden unterhalb der Pflugsohle (Bodenfeuchte und Bodentemperatur).

Zusätzlich zu den Dauermessungen werden Bodenfeuchte und Humusgehalt in zahlreichen Transekten alle 2 Wochen festgehalten. Die dafür verwendeten optischen Handspektrometer entsprechen dem neusten Stand der Technik und die dafür benötigten Kalibrationsmodelle werden am ATB über Referenzproben erstellt. Die Bodenfeuchte wird darüber hinaus auch mit klassischen Bodenfeuchtesonden im FDR-Verfahren bestimmt. Zusätzlich wird durch den Abgleich mit Satelliten- und Drohnendaten erforscht, inwieweit eine zuverlässige Schätzung von Bodenfeuchte und Humusgehalt über Fernerkundung möglich ist.



Abb. 78. Texturkarte mit 7 Klimastationen und zahlreichen Messtransekten innerhalb eines Agroforstsystems im Forschungsprojekt DaVaSus.

Verteilung und C-Gehalt der Wurzelmasse ein- und mehrjähriger Kulturen im Agroforstsystem

Schmiedgen, Andrea ; Langhof, Maren; Stever-Schoo, Burkhard; Greef, Jörg Michael

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, D-38116 Braunschweig

 andrea.schmiedgen@julius-kuehn.de

Agroforstsysteme werden als eine Maßnahme zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel gesehen, können aber auch eine Klimaschutzfunktion besitzen. Perennierende Pflanzen, wie z.B. Bäume, speichern über einen bestimmten Zeitraum Kohlenstoff in ober- und unterirdischer Biomasse und können daher in diesen Systemen als Kohlenstoffsenken dienen. Diese werden in Zeiten des Klimawandels zunehmend wichtiger, da hier atmosphärischer Kohlenstoff (C) gebunden und somit das klimaschädliche Treibhausgas Kohlendioxid reduziert werden kann. Untersuchungen der Wurzelbiomasse in Agroforstsystemen sind bisher rar. Beim Alley Cropping werden schnell wachsende Bäume alternierend mit Acker- oder Grünland in Streifen angebaut und alle 3 bis 7 Jahre zur Energie- oder Rohstoffgewinnung geerntet. Um die Konkurrenz um Licht, Nährstoffe und Wasser zwischen Ackerfrucht und Baum zu reduzieren, ist es sinnvoll, Pflanzen anzubauen, die an diese Bedingungen angepasst sind. Die perennierende Fasernessel (*Urtica dioica* L. convar. *fibra*) besiedelt halbschattige Orte wie Wald-ränder. Ihr Nutzen findet sich z.B. in der Textil-, Faser-, Kosmetik- und Lebensmittelindustrie sowie der Medizin, dem Gartenbau und Energiesektor - jedoch bislang nur als Nischenprodukt. In Norddeutschland wurde auf einem Alley Cropping-Agroforstsystem die Wurzelbiomasse sowie deren Kohlenstoffgehalt und die Strukturkomponenten (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) der zwei angebauten perennierenden Kulturen Pappel und Fasernessel sowie der annualen Kultur Mais vergleichend untersucht. Die Berechnung der flächenspezifischen

Kohlenstoff- und Nährstoffmengen erfolgte auf Grundlage von Wurzelproben bis zu einer Bodentiefe von 160 cm. Die Wurzelmassen und damit auch die Kohlenstoffmengen der Wurzeln waren in der Pappel am höchsten und im Mais am geringsten (Abb. 1).

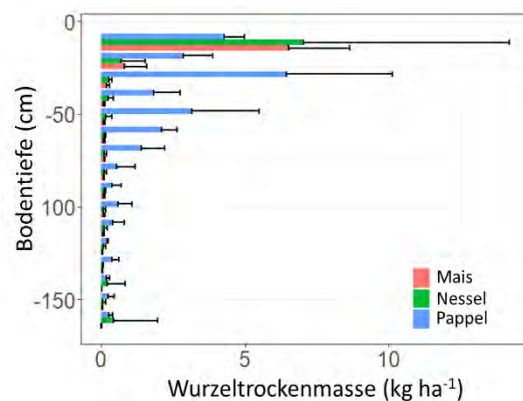


Abb. 1 Verteilung der Wurzel trockenmasse (kg ha^{-1}) in verschiedenen Bodentiefen (cm) von Mais, Fasernessel und Pappel.

Insbesondere in tieferen Bodenschichten zeigte die Pappel deutlich höhere Wurzelbiomassen als Mais und Nessel. Bei der Pappel waren rund 30 % der Wurzelbiomasse der Durchmesserklasse <2 mm, und jeweils 35 % den Klassen >5 - <10 mm bzw. >10 mm zuzuordnen. Dabei zeigten die Wurzeln ab 5 mm Durchmesser aufgrund eines hohen Anteils an Gerüstsubstanzen, darunter insbesondere Lignin, ein sehr weites C/N-Verhältnis von 136 bis 147 gegenüber 36 bei Nessel und 60 bei Maiswurzeln. Es ist somit davon auszugehen, dass in den Pappelstreifen nicht nur eine höhere, sondern auch eine längerfristige Kohlenstoffbindung als bei den Vergleichskulturen stattfindet.

Einfluss von Agroforstsystemen auf die Zusammensetzung unterschiedlicher Insektenarten

Bessert, Leon¹ ✉; Böhm, Christian²; Birkhofer, Klaus²

¹Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V., Cottbus

²Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus

✉ bessert@defaf.de

Einleitung

Im Projekt SEBAS werden die Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die biologische Vielfalt untersucht.

Die Untersuchungen erfolgen in Brandenburg auf insgesamt vier ackerbaulich genutzten Flächen. Neben den Gehölzarea-len werden auch Gehölz begleitende, selbstbegrünende Brachestreifen mit Blühaspekten und auf einem Standort auch Blühstreifen mit regionalem Wildkräutersaatgut in die Studie einbezogen. Als Referenzflächen dienen benachbarte, analog bewirtschaftete Schläge ohne Agroforstgehölze. So ist versuchsflächen-übergreifend sowohl ein Vergleich der auf einem Schlag anzutreffenden Habitate Gehölzstreifen, Brachestreifen und Ackerkulturfläche als auch ein Vergleich zwischen Agroforst- und Referenzflächen möglich. Durch die Kombination dieser Habitate mit Regenausschlussdächern werden zusätzlich Trockenheitseffekte, die nach den Prognosen des Klimawandels zu nehmen werden, auf die Populationsgröße einzelner Arten und die Zusammensetzung von Artengemeinschaften analysiert.

Material & Methoden

Neben der Quantifizierung verschiedener Insektengruppen wird unter anderem das Mikroklima in den jeweiligen Habitaten erfasst, um mögliche Rückschlüsse auf den Einfluss des Mikroklimas auf die Artenzusammensetzung erzielen zu können.

Zur Bestimmung des Mikroklimas wurden mit Hilfe von mit Strahlungsschutz versehenen Onset HOBO-Loggern MX2301A die relative Luftfeuchtigkeit sowie die Lufttemperatur auf 20 Zentimetern über der Bodenoberfläche gemessen. Die Messungen erfolgten alle 30 Minuten.

Ergebnisse

Die ersten Untersuchungen auf den Flächen der Agrargenossenschaft Forst in Neu Sacro zeigen, dass die bodennahe Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit der Habitate eines Agroforstsystems kleinräumig stark variieren. Außerdem wird deutlich, dass das Mikroklima zwischen den Ackerkulturbe-reichen des Agroforstsystems und der Referenz-Ackerfläche ohne Gehölzstrukturen im Jahresverlauf voneinander abweicht.

Während im zeitigen Frühjahr die Differenzen noch gering sind, traten im Mai und Juli deutliche Unterschiede auf wobei im Bereich der Ackerkulturen des Agroforstsystems eine niedrigere Lufttemperatur und eine höhere relative Luftfeuchte als auf der Referenzfläche gemessen wurde. Innerhalb des Agroforstsystems wurden im Mai die höchsten Temperaturen im Selbstbegrünungs- bzw. Blühstreifen ermittelt, was mit der zu dieser Zeit noch niedrigen Vegetation in diesem Bereich zusammenhängen könnte. Im Juli herrschten während der Tagesstunden in den Gehölzstreifen eine deutlich niedrigere Lufttemperatur sowie eine höhere relative Luftfeuchte.

Es wird angenommen, dass die unterschiedlichen Mikroklimazonen in Agroforstsystemen auch Einfluss auf die Artenzusammensetzung verschiedener Artengruppen haben. Inwieweit dies der Fall ist wird im Verlauf des SEBAS-Projektes untersucht

Gefördert im Bundesprogramm Biologische Vielfalt durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.

Fazit | Agroforst

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

Die unterirdische Biomasse ist die wichtigste Möglichkeit, Kohlenstoff in Agrarlandschaften zu speichern. Messungen des Wur-

zelsystems von Gehölzen sind jedoch aufwendig. Wichtigste Forschungsaufgaben sind jetzt den Verlauf von Wurzeln im Ackerboden zu untersuchen und Verfahren der Wurzelerziehung (Vermeidung von Wettbewerb mit den Ackerfrüchten) zu entwickeln.

61 Auswirkungen des Klimawandels auf die Getreideproduktion in Deutschland und Europa

Moderation: Marlene Palka, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung

Der Klimawandel beeinflusst, wie hoch der potentielle Ertrag von Getreidearten und -sorten ist. Bei einer vorwiegend ökonomischen Betrachtung bedeutet Anpassung an den Klimawandel für Agrarbetriebe, jenes Getreide anzubauen, das den höchsten Gewinn erzielt - was meistens eng mit dessen Ertrag korreliert. Aber welche Empfehlungen für die Landwirtschaft lassen sich aus Experimenten und Modellen ableiten? Diese Session gibt einen Überblick über aktuelle Modelle und Studien, die sich mit der Zukunft der Getreideproduktion in Deutschland und Europa auseinandersetzen.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Die Wirkung des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion in Deutschland | Claas Nendel
 - Development of on-farm and experimental cereal yields in Germany under climate change | Til Feike
 - Assessing Climate Change Impacts on Rye Production in Key Northern Hemisphere Regions | Ashifur Rahman Shawon
 - Effect of moderate, severe and extreme heat and drought stress on wheat yields in Germany | Ludwig Riedesel
- Poster
 - Meta-Analyse zu projizierten Erträgen von Silomais und Winterweizen in Deutschland um 2050 | Marlene Bittner
 - Crop model-aided design of future barley ideotypes for different climatic zones in Europe | Mareike Köster
- Fazit

Die Wirkung des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion in Deutschland

Claas Nendel^{1,2} ✉, Clemens Jähncke^{3,4}, Diana-Maria Seserman¹, Michael Berg-Mohnicke¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg

²Institut für Biochemie und Biologie, Universität Potsdam

³Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), Halle (Saale)

⁴Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin

✉ claus.nendel@zalf.de

Die Landwirtschaft braucht Prognosen für die kommenden Jahrzehnte, um auf den Klimawandel reagieren zu können. Die Wirkungen der klimatischen Variablen auf die Ertragsbildung interagieren auf sehr komplexe Weise. Zur Projektion der zukünftigen Erträge der acht wichtigsten Ackerkulturen in Deutschland werden hier das Agrarökosystem-Modell MONICA sowie das Kernensemble der Klimaprojektionen des Deutschen Wetterdienstes verwendet.

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die mittleren Ertragszuwächse zwischen +1 % beim Winterroggen (RCP 4.5) und +22 % bei Zuckerrübe (RCP 4.5) liegen könnten. Zuwächse von bis zu +30 % können in Regionen möglich werden, in denen die Böden Wasser gut speichern; dort führen stärkere Winterniederschläge wahrscheinlich zu einer besseren Wasserversorgung über das gesamte Jahr. Der CO₂-Düngeeffekt ist laut Modell der Haupttreiber der Ertragszuwächse, während die Temperatursteigerung auf unterschiedlichen Pfaden sowohl positiv als auch negativ auf die Erträge wirkt. Für Silomais bleibt das Ertragsniveau in allen angenommenen Szenarien auf einem stabilen Niveau. Mais kommt mit einem erhöhten Temperaturniveau zurecht, kann aber kaum von einer erhöhten CO₂-Konzentration profitieren. Dabei verbraucht Mais viel Wasser, das in einigen Regionen im Sommer nicht mehr ausreichend zur Verfügung stehen wird. Die Ergebnisse lassen erwarten, dass die Erträge von Winterweizen und Silomais insbesondere in den heutigen Hohertragsregionen zurückge-

hen, da sich ertragsreduzierende Ereignisse in diesen Landstrichen besonders stark auswirken werden. Die Raps-erträge steigen laut Projektion überregional, jedoch nur gering.

Keine der Simulationen berücksichtigt eine gezielte Anpassung der landwirtschaftlichen Praxis (positive Wirkung), aber auch keine Extremwetterereignisse und keine phytosanitären Effekte (negative Wirkung). Zunehmende Starkregen, Stürme, Hagel, oder lokale Überschwemmungen sowie eine mögliche Zunahme von tierischen Schadorganismen oder Pilzinfektionen werden wahrscheinlich zu stärkeren saisonalen Schwankungen bei den Erträgen führen und insgesamt das Ertragsniveau senken.

Weitere methodische Unsicherheiten bleiben hinsichtlich (i) der Repräsentation von regionalspezifischen klimatischen Veränderungen, wie z.B. der seit zwölf Jahren andauernden Phase ausgeprägter Frühjahrstrockenheit in Nord- und Nordostdeutschland, in den Klimaprojektionen und (ii) der Verfügbarkeit von Bewirtschaftungsdaten für den Antrieb von Simulationsmodellen.

Eine fortwährende Anpassung an die klimatischen Veränderungen ist trotz der insgesamt günstigen Ertragserwartung essenziell, um eine produktive, profitable und nachhaltige Pflanzenproduktion sicherzustellen. Diese beinhalten klimaangepasste Fruchtfolgen, Sorten und Kulturarten, die etwa eine verlängerte Vegetationsperiode oder höhere Temperaturen und CO₂-Konzentrationen ertragssteigernd nutzen können.

Development of on-farm and experimental cereal yields in Germany under climate change

Donghui, Ma¹; Riedesel, Ludwig¹; Laidig, Friedrich²; Rentel, Dirk³; Lichthardt, Carolin³; Piepho, Hans-Peter²; Feike, Til¹ ✉

¹Julius Kühn-Institute, Kleinmachnow, ²University of Hohenheim, Stuttgart, ³Federal Plant Variety Office, Hannover

✉ til.feike@julius-kuehn.de

Crop yields are determined by the selected genotypes (G), the applied crop management (M) and the environmental conditions (E) the crop is exposed to, i.e., especially the local soil and seasonal weather conditions. After decades of continuous yield increases in European and German crop production systems, a plateauing of on-farm crop yields is reported in several studies for different regions in recent years. As genotypes, management and weather conditions change simultaneously over time it is difficult to clearly attribute yield changes to one or the other factor including climate change. However, to be able to develop effective climate change adaptation strategies, it is crucial to understand the underlying causes and disentangle the yield effects of changes in $G \times E \times M$.

Cereals are highly relevant for agricultural production and food security covering about 50% of European and German cropland. In this study, we hence utilize German-wide yield data to assess trends of on-farm and experimental cereal yields over the last three decade. We assess yield developments of the major cereal crops winter wheat (*Triticum aestivum* L.), winter triticale (\times *Triticosecale*), winter rye (*Secale cereale* L.) hybrid and population varieties as well as spring barley and winter barley (*Hordeum vulgare*) two-row and six-row varieties. We build on the value for cultivation and use (VCU) trial data, provided by the state variety office. In these trials, each variety is tested for three years for its (additional) VCU at multiple sites throughout Germany before being released to the European market. We further utilize on-farm yield

data from the official national census. We apply trend analysis to comparatively assess yield development under experimental vs. on-farm conditions. We further use mixed linear models including regression components for dissecting genetic and non-genetic trends. In this way the contribution of new varieties can be separated from other non-genetic effects, especially changes in management and environment, i.e., climate.

We find that on-farm yields of all major cereals are leveling-off in recent years, with triticale yields showing the most negative trend development and barleys showing the least downturned trend. Comparing these trends to the experimental yields we find a widening yield gap between practical on-farm yields and experimental attainable yields. Dissecting the genetic and non-genetic component of the yield trend, we find no plateau for the genetic yield trend, highlighting the continuous increase in genetic yield potential in cereals. However, we find a strong negative downturn of the non-genetic trend of cereal yield development in the last 10 to 15 years. As crop management in the experimental VCU trials was constant over the past decades, this negative non-genetic trend clearly depicts the strongly negative effect of changes in environmental conditions, i.e., weather conditions, in the last decade.

This study provides novel insights on recent $G \times E \times M$ developments and their effect on cereal yield trends in Germany. While breeding progress persists, climatic conditions acted increasingly negative on cereal yield development in Germany during the last decade.

Assessing Climate Change Impacts on Rye Production in Key Northern Hemisphere Regions

Shawon, Ashifur Rahman¹ ✉; Kämpfer, Thomas²; Kottmann, Lorenz²; Fromme, Franz Joachim³; Zaar, Anne⁴; Hackauf, Bernd⁴; Feike, Til¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow; ²Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig; ³HYBRO Saatzucht GmbH & Co. KG, Schenkenberg; ⁴Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, Groß Lüsewitz

✉ ashifur.shawon@julius-kuehn.de

Process-based crop models have gained significant importance in the study of genotype \times environment \times management ($G \times E \times M$) interactions in agriculture. As climate change (CC) poses a threat to global food security through increased droughts, higher temperatures, and altered precipitation patterns, understanding the potential effects of these changes on crop production becomes paramount. Crop modelling has emerged as a vital tool for investigating viable adaptation measures in response to the challenges posed by CC. This study focuses on rye, a promising crop in temperate regions due to its high resource use efficiency, adaptability to drought and frost conditions, and relatively low input requirements. Rye production has gained attention as a potential solution to mitigate the adverse impacts of CC on food production. Therefore, assessing rye production under present and future climatic conditions becomes crucial for ensuring food security in important rye-growing regions of the northern hemisphere. The primary objective of this research is to provide insights into the potential impact of CC on rye production in key regions: Bohnhausen in Germany, Jogeva in Estonia, Jokioinen in Finland, Raasdorf in Austria, Choryn in Poland, and Lethbridge in Canada. By utilizing the newly adapted CERES-rye model, we aim to evaluate the effects of CC on crop yields and identify potential adaptation strategies.

We employed the LARS-WG6 stochastic downscaling model to generate future climate data for our key study locations. The generation of future climate data in-

involved considering Representative Concentration Pathways (RCPs), specifically RCP4.5 and RCP8.5, along with two global climate models, GISS-E2-R-CC and HadGEM2-ES. To analyze these impacts, we conducted simulations for three distinct time periods: the base period (2001-2020), mid-century (2031-2050), and end-century (2081-2100). Our findings revealed that by mid-century, RCP4.5 was anticipated to result in a yield increase ranging from 8% to 48%, while RCP8.5 projected an even more substantial yield boost, ranging from 38% to 87%. Similarly, by the end of the century, we expected RCP4.5 to yield an increase ranging from 14% to 60%, whereas RCP8.5 was projected to generate an impressive yield increase spanning from 43% to 93%, accounting for the influence of CO₂ fertilization.

These results shed light on the potential implications of CC on rye production and highlight the importance of considering various scenarios and models to comprehensively understand its impact.

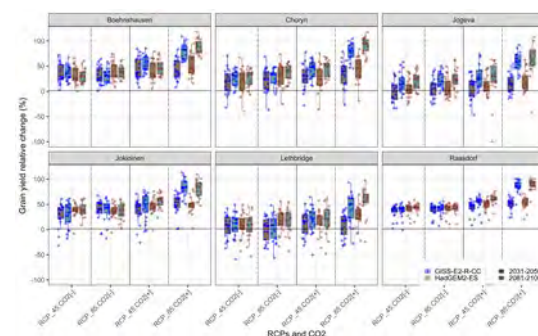



Fig. 79 Impact of climate change on relative yield change in rye under different scenarios

Effect of moderate, severe and extreme heat and drought stress on wheat yields in Germany

Riedesel, Ludwig¹ ; Horney, Peter¹; Möller, Markus²; Golla, Burkhard¹; Piepho, Hans-Peter³; Kautz, Timo⁴; Feike, Til¹

¹Julius-Kuehn-Institute, Kleinmachnow, ²Julius-Kuehn-Institute, Braunschweig, ³University of Hohenheim, Stuttgart, ⁴Humboldt University, Berlin

 ludwig.riedesel@julius-kuehn.de

Crop yields are increasingly affected by climate change-induced heat and drought stress in Germany. However, little is still known of the specific crop-climate relations and stress-induced yield losses. In that regard, the aim of this study was to analyze the impact of timing (i.e., effect of different observation periods) and intensity (i.e., different threshold values of a weather variable) of heat and drought to explain winter wheat yields. Therefore, we built spatiotemporal dynamic weather indices (WIs) using interpolated (1 km × 1 km grid level) weather data from the German Weather Service (DWD) and interpolated (1 km × 1 km grid level) observational phenology data from the model PHASE. Additionally, we used on-farm wheat yield data of 10,983 farms in 5,446 major crop-producing municipalities between 1995 and 2019 from the FADN yield dataset.

Building on that we derived the yield effective explanatory power (i.e., variance reduction) and region-specific effect size of each WI, using mixed models.

We showed that the timing and intensity of heat and drought stress significantly affected wheat yields in Germany from 1995 to 2019, however with substantial regional differences. During the late vegetative phase, our mixed linear model analysis revealed the highest explanatory power for moderate drought, whereas heat stress showed only limited relevance during that phase. During the reproductive phase, moderate heat intensities as well as extreme drought intensities showed the highest explanatory power.

Across all WIs, we identified the strongest yield losses in the federal states of

Saxony-Anhalt, Brandenburg, and northern Bavaria, as they revealed the highest WI occurrence (Fig. 1 A, D, G) and strongest effect size (Fig. 1 B, E, H). In contrast, in other regions yield effects were rather driven by their effect size than by the WI occurrence. Hence, we observed significant yield losses in the north as effect sizes were rather high and WI occurrence low, whereas the trend was vice versa in the very south, leading to non-significant yield losses.

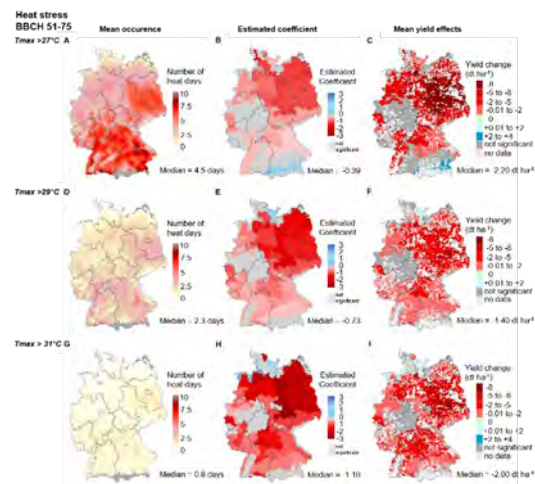


Abb. 80. Mean occurrence (left), Estimated coefficient (middle), and Mean yield effect (right) of moderate, severe, and extreme (f.t.t.b.) heat stress during the reproductive phase.

We explained these spatially varying yield effects towards heat and drought stress due to (1) local soil specific differences (i.e. soil color) as well as (2) model specific limitations (i.e., compound effects not considered) adding to varying yield responses across Germany.

In conclusion, we highlighted the need for further region-specific analysis and suggested to use G × E × M specific yield data to investigate local crop-climate relationships.

Meta-Analyse zu projizierten Erträgen von Silomais und Winterweizen in Deutschland um 2050

Bittner, Marlene¹ ✉; Riedesel, Ludwig¹; Feike, Til¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

✉ marlene.bittner@julius-kuehn.de

Der Klimawandel stellt eine große Bedrohung für die Zukunft unseres Planeten dar. Um sich an den Klimawandel anzupassen und klimaresiliente Anbausysteme entwickeln zu können, ist es notwendig, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion zu bewerten. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden immer mehr Studien veröffentlicht, die die potenziellen Auswirkungen von klimabedingten Veränderungen auf die landwirtschaftliche Produktivität mit Hilfe von Pflanzenwachstumsmodellen belegen. Es fehlt jedoch eine integrierte Bewertung des aktuellen Wissensstandes über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ernteerträge zur Mitte des 21. Jahrhunderts in Deutschland. Ziel dieser Studie war es, im Rahmen einer Meta-Analyse alle relevante Literatur zu projizierten Erträgen für Silomais und Winterweizen in Deutschland um 2050 zusammenzufassen und zu analysieren.

Grundlage der Meta-Analyse bildet eine systematische Literaturrecherche, bei der 20 peer-reviewte Studien und Berichte unter vorab definierten Kriterien ausgewählt wurden. Aus allen Studien wurden neben der Veränderung der Erträge auch verfügbare Daten zur Veränderung von Temperatur, Niederschlag und CO₂-Gehalt sowie Informationen über den Untersuchungsstandort, den Modellierungsansatz und das betrachtete Klimaszenario extrahiert und deskriptiv, sowie mit einer lokalen linearen Quantilregression und einem linearen Modell mit gemischten Effekten neu analysiert und bewertet. Die deskriptive Analyse der 328 Ertragsänderungswerte für Mais und 478 Ertragsänderungswerte für Weizen zeigt, dass die überwiegende Mehrheit der projizierten Änderungen der Durchschnittserträge um 2050 zwischen -10 % und +10 % für beide Kulturen variiert, wobei die Weizenenerträge tendenziell steigen und die Maiserträge tendenziell leicht

sinken werden. Die lokale lineare Quantilregression zeigt bei Weizen deutlichere Zusammenhänge zwischen CO₂-, Temperatur- und Niederschlagsänderungen und den zukünftigen Erträgen als bei Mais. Das lineare Modell mit gemischten Effekten bestätigt diese Ergebnisse in Bezug auf den Niederschlag, der einen starken positiven Zusammenhang mit den Weizenenerträgen, aber keinen erkennbaren Zusammenhang mit den Maiserträgen zeigt. Auch für die Temperaturänderung wurden keine Auswirkungen auf die Maiserträge gefunden. Es besteht jedoch ein exponentiell negativer Zusammenhang mit den Weizenenerträgen. Eine leichte Temperaturerhöhung wirkt sich positiv aus, während sich eine Erhöhung um mehr als 2 °C negativ auf die zukünftigen Erträge auswirkt. Ein Anstieg des CO₂-Gehalts wirkt sich bei beiden Kulturen positiv auf die Erträge aus, wobei der Anstieg bei Weizen stärker ausfällt als bei Mais.

Es muss beachtet werden, dass die dargestellten und untersuchten Klimavariablen die mittleren Veränderungen von Temperatur und Niederschlag beschreiben. Zukünftige Erträge werden jedoch wahrscheinlich auch von saisonalen Verschiebungen, wie z.B. von feuchteren Wintern und trockeneren Frühjahren beeinflusst. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der betrachteten Studien durch die untersuchten Versuchsstandorte, Klimamodelle und Zeiträume sowie die verwendeten Ertragsmodelle beeinflusst, die alle mit Unsicherheiten behaftet sind. Des Weiteren unterscheiden sich die angewandten Ansätze hinsichtlich des Umfangs und der Art der zusätzlichen Informationen, z. B. über landwirtschaftliche Praktiken, Schädlinge und Krankheiten, Anpassungsmaßnahmen und anderen Faktoren, die ebenfalls die Erträge beeinflussen.

Crop model-aided design of future barley ideotypes for different climatic zones in Europe

Köster, Mareike¹; Appiah, Mercy¹; Semenov, Mikhail A.²; Rötter, Reimund P.^{1,3} ✉

¹Tropical Plant Production and Agricultural Systems Modelling (TROPAGS), University of Göttingen, Göttingen; ²Rothamsted Research, Harpenden, UK; ³Centre of Biodiversity and Sustainable Land Use (CBL), University of Göttingen, Göttingen

✉ reimund.roetter@uni-goettingen.de

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is among the most important crops worldwide. In 2020 about 60% of global barley was produced in Europe, where currently several climate-induced production risks with potentially negative impacts prevail in different agro-ecological zones. Under accelerated climate change the frequency and severity of adverse weather events such as drought, heat and flooding is projected to increase. Improved crop cultivars better adapted to the changing growing conditions are a means for risk reduction. This study aims to design climate-resilient spring barley ideotypes for Nemoral and Pannonian climatic zones in Europe.

Process-based crop simulation models (CSM) are powerful tools enabling us to design virtual crop ideotypes. Here we conducted CSM-based explorations of trait combinations for two contrasting environments, utilizing predefined crop parameter ('trait') ranges to optimize parameter values for projected future

climates. At each location, climate projections from six Global Climate Models (GCMs), driven by emission scenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5 and SSP5-8.5, were downscaled for local impact modelling using the LARS- weather generator for near-future (2050) and far-future (2080).

Our results indicate that particular sets of trait combinations look promising for breeding as according to the simulations they significantly reduce production risk/or even lead to higher mean yields at equal/lower yield variability under future climates including perturbed climate variability. The most promising climate-zone-specific barley ideotypes are presented, including marked shifts in traits/trait combinations including phenology, leaf dynamics, photosynthesis, root:shoot ratio and drought tolerance. Our findings emphasize the potential and necessity for virtually designing climate-resilient crop ideotypes to accelerate breeding of cultivars better tailored to the evolving climatic risks.

Fazit | Auswirkungen des Klimawandels auf die Getreideproduktion in Deutschland und Europa

Die Auswirkungen des Klimawandels auf das Zusammenspiel zwischen Genotyp, Management und Umwelt werden für die Getreideproduktion zunehmend komplexer. Forschungsaktivitäten und Ergebnisse aus Session 61 haben in diesem Zusammenhang die wichtige Stellung von Pflanzenwachstumsmodellen gezeigt. Über diese lassen sich die drei Faktoren besser isolieren und ein entsprechendes Verständnis für eine gezieltere Formulierung von Anpassungsstrategien einsetzen.

Die letzten Projektionen der Klimawandelauswirkungen bis 2100 lassen auf Ertragssteigerungen schließen. Diese sind größtenteils auf den Düngeeffekt weiter steigender CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre zurückzuführen. Diese Ergebnisse beruhen allerdings auf abgeschlossenen FACE-Experimenten (Free Air Carbon Enrichment), die stark er-

höhte CO₂-Konzentrationen nicht berücksichtigen. Neue Versuche und Daten sind daher dringend notwendig.

Auch der Züchtungsfortschritt zeigt weiterhin positive Trends. Allerdings können die Auswirkungen von (a-)biotischem Stress und Extremwetterereignissen bisher nur schwer berücksichtigt werden. Auch in diesem Zusammenhang muss die Datenlage (experimentell oder aus der Praxis) deutlich verbessert werden, v.a. wann sich welche Extremwetterereignisse wie auf die Kulturpflanzen auswirken. In der kürzeren Vergangenheit hat sich gezeigt, dass diese regional stark unterschiedlich ausfallen und weiter zu großen Ertragsschwankungen führen werden. Vor allem kleinräumigere Analysen und deren Verständnis sind notwendig.

Offen bleibt erstens die Frage, wie sich die landwirtschaftliche Praxis in den nächsten Jahren tatsächlich anpassen wird. Das wird die Ergebnisse der vorhergesagten Veränderungen maßgeblich beeinflussen; und zweitens, ob und ab wann bestimmte Kipppunkte („tipping points“) überschritten werden, deren Überschreiten zu massiv negativen Auswirkungen auf die Getreideproduktion führt.

62 Forschungsinfrastrukturen und Modelle für Klimafolgenforschung und Klimaanpassung in Pflanzenbau und Grünland

Moderation: Lorenz Kottmann, Julius Kühn-Institut

Pflanzenbau und Grünland sind von Klimaveränderungen, wie z.B. zunehmenden Trocken- und Hitzeereignissen oder steigenden CO₂-Konzentrationen, besonders betroffen. Um Aussagen über die Folgen und mögliche Anpassungen treffen zu können, sind entsprechende Forschungsinfrastrukturen notwendig, um Pflanzen unter kontrollierten Bedingungen hinsichtlich ihrer Reaktionen auf verschiedene Umweltbedingungen untersuchen zu können. Diese Infrastrukturen umfassen einerseits geschlossene Systeme wie Klimakammern oder Gewächshäuser und andererseits Freilandinfrastrukturen wie Rain-out Shelter oder FACE-Anlagen (Free Air Carbon dioxide Enrichment). Dadurch können Pflanzen in einer natürlicheren Umgebung untersucht werden, was einen realistischen Einblick in die Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenentwicklung ermöglicht. Zusätzlich unterstützen prozessbasierte Simulationsmodelle die Entwicklung und Bewertung geeigneter Anpassungsstrategien im Pflanzenbau unter den Bedingungen des Klimawandels. Im Rahmen der Session werden verschiedene Forschungsinfrastrukturen und deren Anwendungen sowie Einsatzmöglichkeiten von Simulationsmodellen vorgestellt und diskutiert.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Forschungsinfrastrukturen für einen klimaangepassten Pflanzenbau | Lorenz Kottmann
 - ClimGrass: Freilandexperiment zur Erforschung der Klimafolgen für das Ökosystem Grünland | Andreas Schaumberger
 - CERES-Barley calibration for ideotyping drought-tolerant spring barley under German growth | Asmae Meziane
 - Elucidating the importance of genotype selection in climate change adaptation of wheat | Christian Jorzig
 - Determinanten für die Anpassung von Winterweizen an steigende CO₂-Konzentrationen | Lars Kretschmer
- Abschlussdiskussion/Fazit

Forschungsinfrastrukturen für die Klimafolgenforschung im Pflanzenbau

Kottmann, Lorenz¹ ✉; Kämpfer, Thomas¹; Kretschmer, Lars¹; Wagner, Sigrun¹

¹Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Bundesallee 58, 38118 Braunschweig

✉ lorenz.kottmann@julius-kuehn.de

Der Klimawandel ist derzeit eine der größten Herausforderungen für die Landwirtschaft. Steigende Temperaturen, veränderte Niederschlagsverteilungen sowie häufigere und stärkere Extremwetterereignisse machen eine Anpassung im Pflanzenbau über neue Arten und angepasste Sorten zwingend erforderlich. Dazu ist es notwendig, die Reaktionen verschiedener Pflanzenarten und -sorten unter zukünftigen Umweltbedingungen wie zunehmende Trockenphasen, steigende Temperaturen oder erhöhte CO₂-Konzentrationen zu untersuchen. Die genauen Mechanismen der Reaktion von Pflanzen auf einzelne oder mehrere Umweltfaktoren bzw. abiotische und biotische Stressfaktoren sind bei weitem noch nicht vollständig geklärt.

Daher werden Infrastrukturen benötigt, in denen zukünftige Umweltbedingungen eingestellt werden können, um die Reaktionen von Pflanzen auf diese veränderten Bedingungen zu untersuchen. Dazu gehören zum einen geschlossene Systeme wie z.B. Klimakammern, in denen die Umweltbedingungen (Licht, Temperatur, Luftfeuchte, Wasserverfügbarkeit, Luftzusammensetzung) exakt gesteuert werden können. Neben geschlossenen Systemen gibt es Freilandversuchsanlagen, wie z.B. Free Air Carbon dioxide Enrichment-Anlagen (FACE) oder Rain-out Shelter-Anlagen. Hier können

einzelne Umweltfaktoren (z.B. Wasserverfügbarkeit, CO₂-Konzentration) manipuliert werden, während die Pflanzen unter ansonsten natürlichen Freilandbedingungen mit minimaler Beeinflussung der mikroklimatischen Effekte wachsen können (Abb. 1). Dies ermöglicht einen realistischen Einblick in die Auswirkungen verschiedener Klimafaktoren auf das Pflanzenwachstum und damit einen Blick in die Zukunft der Pflanzenproduktion unter veränderten Klimabedingungen und notwendige Anpassungsmaßnahmen.



Abb. 81. FACE-Anlage des JKI am Standort Braunschweig-Bundesallee in einem Weizenversuch. Innerhalb des Ringes/Achtecks wird die CO₂-Konzentration auf 600 ppm erhöht.

Im Rahmen des Vortrages werden verschiedene Forschungsinfrastrukturen sowie aktuelle Versuchsansätze vorgestellt. Darüber hinaus wird die Bedeutung dieser Versuchsanlagen für die Anpassung der Pflanzenproduktion an veränderte Klimabedingungen dargestellt.

CERES-Barley calibration for ideotyping drought-tolerant spring barley under German growth conditions

Meziane, Asmae ; Rahman Shawon, Ashifur; Attia, Ahmed; Feike, Til

Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn Institute, Kleinmachnow, Germany

 asmae.meziane@julius-kuehn.de

Increasingly adverse weather conditions due to ongoing climate change have exerted negative impacts on crop production and food security. Crop modeling serves as a powerful tool for investigating the interactions between genotype (G), environment (E), and management (M) by simulating the plant-soil-atmosphere system. Through *in-silico* experiments, crop models enable the simulation of crop growth, development, and yield formation under future climatic conditions. The ability to develop adaptation strategies considering genotype (G) × environment (E) × management (M) interactions is crucial in mitigating these challenges. This study aims to define ideotypes that exhibit high yields and yield stability under different drought stress conditions, using the crop model CERES-Barley embedded in DSSAT. By calibrating and evaluating the model based on field experiments and multi-environment trials, we aim to generate robust predictions and design drought-tolerant *in-silico* genotypes.

To effectively employ crop simulation models, calibration for target genotypes and environments is essential, followed by performance evaluation to ensure accurate predictions. In this study, we use detailed multi-environment phenology, growth, and yield data of the elite barley cv. RGT Planet to parameterize the CERES-Barley model, based on an extensive two-year field experiment in Berlin Dahlem, where we collected growth and yield data under three irrigation treatments and a large dataset consisting of a multi-environment trial dataset covering 33 site years of pre-registration trials from 2014 to 2019. We use the time series estimator tool (TSE) for DSSAT to calibrate cultivar-specific coefficients. TSE estimates cultivar coefficients by

minimizing the normalized root mean square error (nRMSE) between simulated and observed data.

We then use the parametrized and evaluated CERES-Barley model to explore its performance under current and future climatic conditions. We run an extensive modeling study to create drought-tolerant ideotypes and explore traits related to drought tolerance. We use the weather data of the 17 RCP-climate scenarios of the DWD core ensemble (DWD, 2018) from 1971-2099 and cluster the available yearly data into different groups of drought conditions. We therefore consider the spring barley-growing season, i.e., January to August, and categorize the different scenario-year combinations into clusters based on drought timing, duration, and intensity. Using those weather clusters, we run sensitivity analysis to define different sets of cultivar parameters that result in high yields and high yield stability to identify crop ideotypes for various drought situations.

The calibrated and evaluated CERES-Barley model provided robust simulation results for the elite cv. RGT Planet. The ideotyping exercise showed that cultivar coefficients and respective crop traits differ substantially between different drought situations. Accordingly, the assessment enabled the identification of ideotypes that optimize yield and yield stability under different drought stress conditions. The findings highlight the importance of considering the genotype × environment × management interactions in designing adaptation strategies for cereal production. By utilizing crop modeling approaches, we can gain insights into the complex dynamics of crop responses to climate change and develop genotypes better suited to future climates.

Elucidating the importance of genotype selection in climate change adaptation of wheat in Germany

Christian Jorzig¹ ✉; Ashifur Rahman Shawon¹; Amir Hajjarpoor¹; Emir Memić², Anto Raja Dominic¹, Arno de Kock¹, Jörn Strassemeyer¹, Burkhard Golla¹, Til Feike¹

¹Julius Kühn-Institut, Institute for Strategies and Technology Assessment, Kleinmachnow

²Working Group Cropping Systems and Modelling (340), University of Hohenheim

✉ christian.jorzig@julius-kuehn.de

Climate change and its related shifts in environmental growth conditions for crop production already show significant influence on agricultural production and eventually pose a threat to food security. Worldwide yields are affected due to drought, heat or other extreme weather events. To maintain high productivity and yield stability cropping systems need to be adapted to the projected environmental changes. One key factor in this regard is the selection of suitable genotypes. Process-based crop simulation models simulate the whole plant-soil-atmosphere complex, and provide information on phenological development, growth and yield formation of specific crops. They can support the development and evaluation of appropriate adaptation strategies under climate change conditions. Compared to single model outputs the use of a multi-model-ensemble (MME) approach can increase simulation robustness in crop modelling.

To assess the Genotype × Environment × Management (G×E×M) interactions we utilize the three wheat crop models CERES, CROPSIM and NWHEAT embedded in the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). This allows accounting for the model-specific uncertainties in addition to the climate-related uncertainties providing a more robust evaluation of potential future

wheat performance. The objective of this study is to simulate mean yield development and yield stability of a range of divergent, artificial genotypes of winter wheat (*Triticum aestivum*) using daily weather data of the 17 climate scenarios of the core ensemble of the German weather service (Deutscher Wetter Dienst, 2018). The simulations are performed for the whole 21st century and for the different Representative Concentration Pathway (RCP) trajectories of RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5, covering all relevant soil-climate-regions for wheat production in Germany.

We develop a set of representative wheat genotypes with different levels of phenological development for Germany, building on cluster analysis based on the value for cultivation and use trials, a vast experimental data set of all wheat cultivars tested and approved by the Federal Plant Variety Office (Bundessortenamt) over the last twenty years. We assess various G×M combinations for various growing regions and compare simulated mid- and end-century performance for all climate scenarios. Additionally, we evaluate which genotypic characteristics × sowing management are most promising regarding climate resilient cereal production in different soil-climate-regions in Germany under climate change.

ClimGrass: Freilandexperiment zur Erforschung der Klimafolgen für das Ökosystem Grünland

Schaumberger, Andreas¹ ✉; Herndl, Markus¹; Klingler, Andreas¹; Bahn, Michael²

¹HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, Österreich, ²Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Österreich

✉ andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at

Im benachteiligten Berggebiet Österreichs ist die Grünlandwirtschaft mit ihrer großen Nutzungsvielfalt die wichtigste Kulturart und nimmt dort einen überwiegenden Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche ein.

Um die Auswirkungen der Klimaveränderung für das Ökosystem Grünland interdisziplinär zu erforschen, werden seit 2013 im Rahmen eines multifaktoriellen Freilandexperimentes inmitten des österreichischen Grünlandgebietes Grundlagen für mögliche Anpassungsmaßnahmen in der Grünlandbewirtschaftung erarbeitet.

Auf insgesamt 54 Versuchspartellen werden die Auswirkungen der globalen Erwärmung und der atmosphärischen CO₂-Konzentrationen sowie des Auftretens von Sommerdürre untersucht. Inmitten der 16 m² großen Partellen befindet sich auf einem höhenverstellbaren Rahmen ein Begasungsring, der mit CO₂ angereicherte Umgebungsluft zuführt, sowie Infrarotstrahler, welche die Bestandesoberfläche erwärmen. Abb. 82 zeigt eine Übersicht der Versuchsanlage mit allen Varianten und Faktorstufen.

Die auf Referenzpartellen gemessene CO₂-Konzentration (C0) wird in der ersten Stufe um +150 (C1), in der zweiten Stufe um +300 ppm (C2) erhöht. Die Referenztemperatur (T0) wird um +1,5 °C (T1) bzw. + 3,0 °C (T2) erhöht. Während die Temperaturbeaufschlagung beinahe ganzjährig angebracht wird, erfolgt die Zuführung des CO₂ tagsüber in der Vegetationsperiode. Die Regelung erfolgt dynamisch auf Basis der Referenzwerte unter Berücksichtigung von externen Effekten wie Strahlungsintensität und Windgeschwindigkeit.

Neben den Faktoren CO₂-Konzentration und Temperatur unterstützt ClimGrass auch die Simulation von Trockenheit als weitere Faktorkombination. Dazu kann auf insgesamt zwölf, mit Regendächern ausgestatteten Partellen, Wasserstress in Kombination mit gegenwärtigem und zukünftigem Klima erzeugt werden.

Über eine integrierte Lysimeter- bzw. Bodengasmessanlage werden laufend Daten gesammelt, die den Einfluss des Klimas auf Wasserhaushalt und Gasaustausch in unterschiedlichen Bodenschichten festhalten. Sämtliche Versuchspartellen werden als Dauerwiese mit drei Schnitten pro Jahr und gleicher Düngung bewirtschaftet.

Einige Partellen sind mit Mesokosmen und Smart-Field-Lysimetern ausgestattet und dienen für ein in ClimGrass integriertes Bewässerungsexperiment.

Generell zeigen die Ergebnisse, dass die globale Erwärmung einerseits die Ertragsbildung an kühleren, gut wasser versorgten Standorten begünstigen kann, aber durch erhöhte Verdunstungsraten letztlich die Dürreintensität verstärkt.

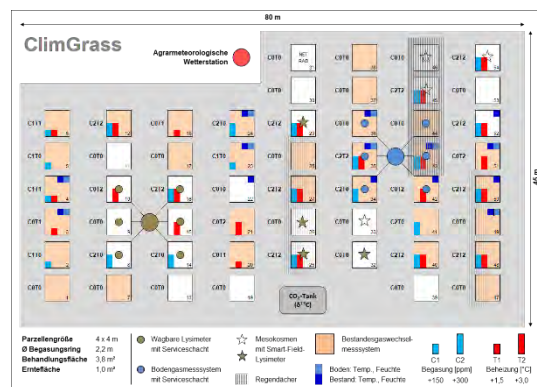


Abb. 82. Übersichtsplan und Ausstattung der Versuchsanlage ClimGrass.

Determinanten für die Anpassung von Winterweizen an steigende CO₂-Konzentrationen

Kretschmer, Lars¹ ; Greef, Jörg-Michael¹; Kottmann, Lorenz¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

 lars.kretschmer@julius-kuehn.de

Gegen Ende des 21. Jahrhunderts wird erwartet, dass die globale CO₂-Konzentration voraussichtlich zwischen 400 und 1140 ppm (Shared Socioeconomic Pathway - SSP) liegen wird. Angesichts des stetigen Anstiegs der CO₂-Konzentration seit der industriellen Revolution und der daraus resultierenden Klimaveränderungen wird es zunehmend wichtig, zu verstehen, wie Weizen auf diese zukünftigen Klimabedingungen reagieren wird. Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) ist eine entscheidende Kulturpflanze für die menschliche Ernährung, weshalb die Aufrechterhaltung seiner Produktivität von entscheidender Bedeutung ist. Erhöhte CO₂-Konzentrationen haben das Potenzial, die Erträge zu steigern und die negativen Auswirkungen des Klimawandels, wie Trockenheit und Hitzestress, abzumildern.



Abb. 83. FACE-Anlage in Braunschweig.

Im Rahmen des WheatFACE¹-Projekts untersuchen wir die Reaktion von 12 verschiedenen Winterweizensorten auf erhöhte CO₂-Konzentrationen (e[CO₂] = 600 ppm) mithilfe einer FACE-Anlage (Free Air Carbon Dioxide Enrichment) im Vergleich zu normalen atmosphärischen CO₂-Bedingungen (a[CO₂] ~ 420 ppm).

Wir analysieren eine Vielzahl von phänologischen, morphologischen, physiologischen und agronomischen Merkmalen, um Pflanzenmerkmale zu identifizieren, welche die Reaktion auf e[CO₂] beeinflussen. Diese Daten sollen auch genutzt werden, um zu klären, inwieweit die Infektion mit Braunrost/Ährenfusarium durch die Anpassung der Pflanzen an e[CO₂] beeinflusst wird und welche Pflanzenmerkmale dafür verantwortlich sind. Dazu gehören sowohl "Source"-Merkmale wie der Blattflächenindex (LAI) und der Anteil der absorbierten photosynthetisch aktiven Strahlung (IPAR) als auch "Sink"-Merkmale wie Kornanzahl und -größe. Wir untersuchen auch Source-Sink-Verhältnisse wie das Verhältnis von Blattfläche zu Anzahl der Ähren, um ihre Rolle in der e[CO₂]-Reaktion zu klären. Unser Ziel ist es, Merkmale zu identifizieren, die am stärksten auf e[CO₂] reagieren, und Schlüsselmerkmale zu finden, die als Indikatoren für die Reaktion auf e[CO₂] bei anderen Genotypen dienen können. Unsere Forschung zielt darauf ab, Pflanzenmerkmale oder Sorten zu identifizieren, die von erhöhten e[CO₂]-Konzentrationen profitieren können, ohne signifikante Qualitäts- oder Ertragseinbußen zu erleiden.

Erste Ergebnisse zeigen einen deutlichen CO₂-Effekt bei einer Vielzahl der erfassten Merkmale. Beispielsweise einen höheren Blattflächenindex, höhere Biomasse und höheren Kornertrag. Die Genotypen zeigen dabei deutlich unterschiedliche Reaktionen.

¹ Phänotypische und genetische Determinanten für die Anpassung von Winterweizen an steigende CO₂-Konzentrationen am Beispiel von Braunrost und Ährenfusarium

Fazit | Forschungsinfrastrukturen und Modelle für Klimafolgenforschung und Klimaanpassung in Pflanzenbau und Grünland

Die Teilnehmenden waren sich einig, dass sowohl die Entwicklung und der Betrieb von Forschungsinfrastrukturen als auch die Verbesserung von Simulationsmodellen für Klimafolgenforschung, Klimaanpassung und Klimaschutz von entscheidender Bedeutung sind, um verlässliche Aussagen über die Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmöglichkeiten im Pflanzenbau und im Grünland zu er-

möglichen. Die Synergien zwischen experimenteller Forschung und modellbasierten Ansätzen wurden besonders hervorgehoben. Die Ergebnisse, die durch die Nutzung von Forschungsinfrastrukturen erzielt werden, liefern eine unverzichtbare Datenbasis für die Modellierung von Klimafolgen. Ein Diskussionspunkt war die Übertragbarkeit von Erkenntnissen, die unter kontrollierten Bedingungen wie z.B. in Klimakammern gewonnen wurden, auf die tatsächlichen Wachstumsbedingungen im Freiland bzw. unter Praxisbedingungen. Darüber hinaus wurde betont, dass eine langfristige Finanzierung für entsprechend kostenintensive Forschungsinfrastrukturen von großer Bedeutung ist, um kontinuierliche Fortschritte in der Klimafolgenforschung und den Anpassungsbemühungen sicherzustellen.

63 Steuerung der Stickstoffdüngung

Moderation: Tania Runge, Thünen Institut

Bei Düngung wird aus landwirtschaftlich genutzten Böden Stickstoff in Form von Lachgas (N_2O) freigesetzt, insbesondere wenn der Dünger nicht zeitnah von den Pflanzen aufgenommen wird. Zudem ist die Herstellung von synthetischen N-Düngemitteln energieintensiv. Eine optimierte Düngung ist deshalb ein Beitrag zum Klimaschutz. Gleichzeitig braucht Weizen ausreichend Stickstoff, um die vom Handel gewünschten Proteingehalte und Verarbeitungseigenschaften für Backwaren zu erzielen. Wie können die Düngung und das Anbausystem so angepasst werden, dass die Qualität der Produkte erhalten bleibt? Bietet die Züchtung neue Ansätze?

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Stickstoffnutzungseffizienz: Effekte regionaler und betriebsstruktureller Standortfaktoren | Philipp Löw
 - Mehr Klimaschutz durch weniger Stickstoff - Proteinnutzungseffiziente Weizensorten | Alexandra Hüskens
 - Spätdüngung in Winterweizen: Was beeinflusst die Düngestrategie von Landwirt*innen? | Michael Danne
 - Stickstoffdüngung als zentrale Stellenschraube für klimafreundliches Brotgetreide | Tania Runge
- Fazit

Stickstoffnutzungseffizienz: Effekte regionaler und betriebsstruktureller Standortfaktoren

Löw, Philipp¹ ✉; Söder, Mareike¹; Danne, Michael²; Offermann, Frank²; Osterburg, Bernhard¹

¹Thünen-Institut, Stabsstelle Klima und Boden, Braunschweig

²Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig

✉ philipp.loew@thuenen.de

Eine optimierte Düngung mit Stickstoff (N) ist notwendig, um die kosteneffiziente Pflanzenproduktion zu gewährleisten und gleichzeitig negative Externalitäten der Nahrungsmittelproduktion zu reduzieren. Die Stickstoffnutzungseffizienz (nitrogen use efficiency, NUE) ist ein Indikator für die Bewertung der N-Verwertung landwirtschaftlicher (Teil-)Systeme. Aktuelle Studien zeigen erhebliche Unterschiede in der NUE auf regionaler und betrieblicher Ebene. Darüber hinaus gefährdet die Zunahme von Dürre-Ereignissen während der Wachstumsperiode den jüngsten Trend einer steigenden NUE in Deutschland.

Für die Berechnung der NUE auf Betriebsebene betrachten wir N-Input- und Output-Parameter, mit dem „Hoftor“ als Systemgrenze. Wir verwenden Daten des deutschen Testbetriebsnetzes (TBN), das unter anderem Daten zu Erträgen, Viehbestand und Mineraldüngermengen enthält. Wir gruppieren die Betriebe in sechs Betriebstypen gemäß der EU/BMEL-Klassifizierung und analysieren deren NUE, wobei wir 24.882 Beobachtungen zwischen den Jahren 2017 und 2022 erfassen. Um Zusammenhänge zwischen der NUE und regionalen Mustern (z. B. Bodenqualität, Höhenlage, Dürreereignisse) und strukturellen Merkmalen der Betriebe (z. B. Fruchtfolge, Art und Menge organischer Düngemittel) zu ermitteln, entwickeln wir ein Erklärungsmodell mit einem robusten multiplen Regressionsverfahren.

$$N \text{ Bilanz} = \frac{N_{\text{exportiert}} - N_{\text{importiert}}}{\text{landwirtschaftlich genutzte Fläche}}$$

$$NUE = \frac{N_{\text{exportiert}}}{N_{\text{importiert}}} \cdot 100$$

Abb. 84. Formeln zur Berechnung der Stickstoffbilanz und der Stickstoffnutzungseffizienz auf Betriebsebene.

Erste Ergebnisse zeigen einen zunehmenden Trend der NUE von Milchviehbetrieben über Schweine- und Geflügelbetriebe, sonstige Futterbaubetriebe, Gemischtbetriebe, Ackerbaubetriebe und Dauerkulturbetriebe. Wir finden eine große Varianz innerhalb der einzelnen Betriebstypen, was auf Effizienzreserven bei der Verwertung von Stickstoff hinweist. Die NUE nimmt im Untersuchungszeitraum tendenziell zu, auf sektoraler Ebene von durchschnittlich 57 % auf 64 %. Alle Betriebstypen mit Tieren, mit Ausnahme von Gemischtbetrieben, erreichen nicht das obere Ziel von 60% NUE, das von einem Konsortium von Experten aus Wissenschaft und Agrar- und Ernährungsindustrie empfohlen wurde (Oenema 2015 - 978-0-85310-410-0).

Unsere multiple Regressionsanalyse zeigt statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der NUE und unabhängigen Variablen wie der Höhenlage und den Boden-Klima-Räumen (regionale Ebene) oder dem ökologischen Landbau, der Kulturpflanzenvielfalt und -auswahl (betriebsstrukturelle Ebene). Erste Ergebnisse zu den Auswirkungen von Dürreereignissen auf die NUE deuten auf eine geringe Anpassung des N-Managements an die trockenen Bedingungen hin, was zu einer niedrigeren NUE, einem höheren N-Überschuss und damit zu steigenden N-Emissionen führt. In diesem Zusammenhang weisen wir auf die Notwendigkeit hin, praktische Leitlinien für das Stickstoffmanagement der Landwirte anzupassen, die das zunehmende Auftreten von Extremwetterereignissen berücksichtigen.

Mehr Klimaschutz durch weniger Stickstoff – proteinnutzungseffiziente Weizensorten

Hüsken, Alexandra¹ ✉; Laidig, Friedrich²; Rentel, Dirk³; Piepho, Hans-Peter²

¹Max Rubner-Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold, ²Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Stuttgart, ³IBundessortenamt, Hannover

✉ alexandra.huesken@mri.bund.de

Die Wertschöpfungskette Backweizen steht als Emittent von Lachgas und Ammoniak vor der großen Herausforderung, diese Emissionen nachhaltig zu verringern. Zweifelsohne liegt in der Verbesserung der Nährstoffnutzungseffizienz und der Senkung der produktspezifischen Emissionen ein wesentlicher Schlüssel für die Reduzierung der Treibhausgase (THG). Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Klimaschutz-Sofortprogrammes der Bundesregierung die „Implementierung erweiterter Kriterien für die Qualitätseinstufung von Backweizen im Hinblick auf die Reduzierung der N-Düngung“ intensiv diskutiert. Dabei wurden Handlungsoptionen mit Maßnahmen zu THG-Emissionsminderungen als ein gemeinsam getragenes Konzept des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit Akteuren der Wertschöpfungskette „Backweizen“ erarbeitet.

In diesem Konzept wird die Ausrichtung des Anbaus an eine verbesserte Proteinnutzungseffizienz (ProtNE) der Sorten als eine wirksame Maßnahme mit mittel- bis langfristigem Zeithorizont zur Reduzierung der N-Düngemengen bei Backweizen identifiziert. Eine gute Backqualität bei geringerem Einsatz von N-Dünger steht hierbei im Vordergrund. Zwischen der Backqualität und der Korn-Proteinkonzentration besteht eine positive Beziehung. Qualitätssorten weisen tendenziell höhere Volumenausbeuten auf, während Brotweizen-Sorten mit niedrigerem Rohproteingehalt oftmals eine geringere Volumenausbeute erreichen. Sorten mit hoher Backfähigkeit trotz niedrigem Rohproteingehalt können in diesem Kontext als Korrelationsbrecher bezeichnet werden. Diese Sorten sind in

der Lage bei begrenztem N-Angebot möglichst viel Stickstoff zu qualitativ hochwertigem Kleber zu assimilieren. Darüber hinaus wird neben der Fähigkeit, bei begrenztem N-Angebot möglichst viel Stickstoff zu qualitativ hochwertigem Kleber zu assimilieren, von den modernen Winterweizen-Sorten erwartet, dass sie unter verschiedenen Klima- und Bodenlagen sowie variablen Kulturbedingungen keine allzu großen Schwankungen in der Volumenausbeute aufweisen und über die Jahre konstante, sichere Leistungen erbringen.

Vor diesem Hintergrund haben Laidig et al. (2022 - 10.1007/s00122-022-04034-x) einen neuen Ansatz zur Bewertung der ProtNE und Stabilität bei Weizen entwickelt. Diese Studie umfasst 11775 Backversuche von 355 Weizensorten, die von 1988 bis 2019 in 668 verschiedenen Umwelten angebaut wurden. Definiert wird die ProtNE als die im Rapid-Mix-Test ermittelte Volumenausbeute (VA) geteilt durch den Rohproteingehalt (RP) im Korn. Der höchste ProtNE-Wert wird erreicht, wenn die Volumenausbeute hoch ist und der Rohproteingehalt auf einem Minimum gehalten wird. Im Rahmen der Studie wurde ein statisches und ein dynamisches Modell zur Bewertung der ProtNE und Stabilität als potenzielle Kriterien für die Sortenbewertung bei Weizen getestet.

Der Vortrag stellt die die Ergebnisse der Studie vor und beschreibt die verschiedenen Handlungsoptionen, die sich aus der Etablierung der ProtNE und Stabilität als zusätzlich beschreibendes Effizienzmerkmal beim Weizen entlang der Wertschöpfungskette ergeben.

Spätdüngung in Winterweizen: Was beeinflusst die Düngestrategie von Landwirt*innen?

Danne, Michael¹ ✉; Offermann, Frank¹; Löw, Philipp²; Söder, Mareike²

¹Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig, ² Thünen-Institut Stabsstelle Boden und Klima, Braunschweig

✉ michael.danne@thunen.de

Die Festlegung der optimalen Stickstoff-(N)-Düngestrategie ist eine immer wiederkehrende Herausforderung für Landwirt*innen vor und während jeder Anbauperiode. Der N-Bedarf der Pflanzen variiert von Jahr zu Jahr aufgrund der Wechselwirkung zwischen Wetter und Bewirtschaftungsmaßnahmen (Shanahan et al. 2008 - 10.1016/j.compag.2007.06.006). Diese Faktoren beeinflussen zum einen die optimale Terminierung als auch die optimal auszubringende N-Menge. Weicht die Düngung von diesem Optimum ab, kann dies erhebliche ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen bedeuten. Es gibt Hinweise darauf, dass Landwirt*innen im Rahmen ihrer Risikostrategie mehr Düngemittel als nötig einsetzen (Lechenet et al. 2017 - 10.1038/nplants.2017.8). Dabei wird oft angenommen, dass Landwirt*innen N nach einem bestimmten Ertragsziel ausbringen, anstatt Umwelteinflüsse zu berücksichtigen. Die Folge einer solchen Ausrichtung führt zu einer niedrigen Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) (Shanahan et al. 2008 - 10.1016/j.compag.2007.06.006). Doch ist diese Annahme richtig? Während der Zusammenhang zwischen Ertrag und Wetter durch verschiedene Studien erforscht ist (z.B. Schmitt et al. 2022 - 10.1016/j.foodpol.2022.102359), gibt es zum Zusammenhang zwischen Wetter und Düngestrategien wenige Erkenntnisse. Konkret ergibt sich die Frage, ob Landwirt*innen ihre Düngestrategie an das Wetter anpassen? Um diese Frage zu beantworten, bedarf es Daten über betriebsindividuelle und kulturspezifische Düngebedarfs- und Ausbringungsmengen, also Daten mit hohem Detaillierungsgrad, die unzureichend verfügbar sind.

Um diese Problematik zu lösen, soll mittels eines Discrete Choice Experiments (DCE) das Entscheidungsverhalten der Landwirte zur Spätdüngung im Weizen unter dem Einfluss verschiedener Wetterbedingungen untersucht werden. Durch hypothetische Entscheidungsszenarien ermöglichen DCEs die Analyse wesentlicher Einflussfaktoren auf die Düngestrategie der Landwirt*innen, auch wenn keine tatsächlichen Daten zur Düngung vorliegen. Die Spätdüngung wird gewählt, da zu diesem Zeitpunkt bereits ein großer Teil der Witterungsbedingungen der laufenden Anbauperiode beobachtet wurde und über noch auszubringende Rest-N-Mengen und damit potentielle N-Einsparungen entschieden wird. Zudem hat die Spätdüngung einen wesentlichen Einfluss auf den Ertrag und die Qualität.

Neben verschiedenen Wetterbedingungen werden im DCE weitere Einflussfaktoren wie der N-Preis, die Ertragserwartung und Qualitätszuschläge untersucht. Zudem wird untersucht, ob sozio-ökonomische und betriebsstrukturelle Charakteristika, die Einstellung von Landwirt*innen zu agronomischen Anpassungsmaßnahmen im Klimawandel und die Risikoeinstellung der Landwirt*innen einen Einfluss auf die Düngestrategie haben. Dazu wird das DCE in einen Online-Fragebogen eingebettet.

Ein gesteigertes Verständnis über die Düngestrategien der Landwirt*innen unter dem Einfluss verschiedener Wetterbedingungen kann konkret zur Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung der N-Effizienz auf den Betrieben beitragen.

Stickstoffdüngung als zentrale Stellschraube für klimafreundliches Brotgetreide

Runge, Tania¹ ✉; Heidecke, Claudia¹; Laquai, Verena²

¹Thünen-Institut, Stabsstelle Boden und Klima, Braunschweig;

² Thünen-Institut, Institut für Marktanalyse, Braunschweig

✉ tania.runge@thuenen.de

Rund 37 % des auf 2,8 Mio. Hektar in Deutschland angebauten Weizens geht in den heimischen menschlichen Verzehr, der größte Teil davon wird als Brotgetreide verwendet (BLE 2023). Das standardisierte Preissystem für Weizen führt dazu, dass Landwirte einen möglichst hohen Proteingehalt anstreben. E-Weizen (i.d.R. ab 14 % Rohprotein i.TM) und A-Weizen (ab 13 %) wird als Qualitätsweizen gehandelt, Weizen unter den für Backweizen geforderten 12 % wird als Futterweizen eingestuft.

Die Abbildung zeigt die Preisabschläge für Futterweizen sowie Preiszuschläge für Qualitätsweizen gegenüber Brotgetreide in den letzten 10 Jahren und verdeutlicht den Anreiz für Landwirte möglichst hohe Proteingehalte zu erwirtschaften.

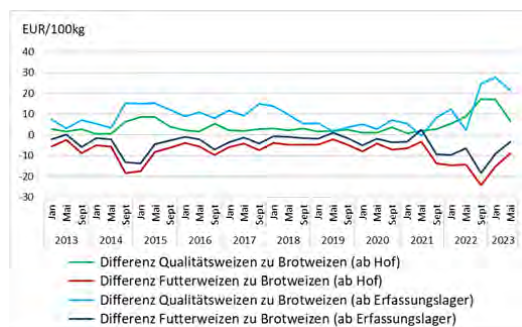


Abb. 85. Preislicher Abstand von Qualitäts- und Futter- zu Brotweizen 2013-2023 (Quelle: AMI)

Hohe Proteinwerte zu erreichen wird aufgrund von Düngebeschränkungen und ungünstiger Witterung jedoch immer schwieriger. So sind in den letzten Jahren die durchschnittlichen Rohproteinwerte bei Weizen gesunken und liegen 2023 bei 11,9% (MRI 2023).

Zur Erreichung der hohen Proteingehalte beim Qualitäts- und Brotweizen wird zudem häufig eine späte Stickstoff-Düngung praktiziert. Für den Klimaschutz ist

dies problematisch, da dieses N nur noch teilweise von den Pflanzen aufgenommen wird, und zu Lachgasemissionen führen kann. Trockenperioden im Sommer führen außerdem zu Ertrags- und Qualitätsrückgängen was die Klima-N-Bilanz weiter verschlechtert.

Es gibt jedoch Weizensorten, die durch Züchtungsfortschritt trotz eines geringeren Proteingehalts gute Backeigenschaften aufweisen (Gabriel et al. 2017 - 10.1016/j.jcs.2017.08.002). Durch Anbau solcher Sorten können die Landwirte mit weniger Stickstoffdünger auskommen und damit weniger Treibhausgasemissionen verursachen.

Für Landwirt*innen könnte es in Zukunft zunehmend interessant werden, N- und Protein-effiziente Sorten, u.a. im Vertragsanbau zu produzieren und der Erfassungshandel könnte sich auf diese Weise Weizen mit guten Backqualitäten zur Versorgung des heimischen Marktes sichern und zum Klimaschutz beitragen.

Mit Hilfe von Befragungen untersuchen wir, wie die Akteure entlang der Wertschöpfungskette auf die geänderten Rahmenbedingungen reagieren, welche Anbau- und Düngestrategien es gibt, inwieweit Überlegungen zu Klimaschutz und Anpassung eine Rolle spielen und ob Nachhaltigkeitsaspekte in Abnahmeverträgen an Bedeutung gewinnen. Zielgruppe einer Online-Befragung sind Erzeugergemeinschaften für Qualitätsweizen, ergänzt durch Interviews mit Landhandel, Mühlen, Bäckereien sowie dem LEH.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden Emissionseinsparungspotentiale regional differenziert unter Berücksichtigung aktueller und künftiger klimatischer Bedingungen abgeleitet.

Fazit | Steuerung der Stickstoffdüngung

- Folgende Einstiegsfragen wurden formuliert: Wie können Effizienzreserven bei der Stickstoffdüngung in Deutschland unter Berücksichtigung verschiedener Betriebstypen, der bisherigen Entwicklung im zeitlichen Verlauf und des Standorteinflusses besser ausgeschöpft werden? Was beeinflusst die Düngestrategie von Landwirt*innen beim Winterweizen? Bietet die Züchtung von stickstoff- und proteinnutzungseffizienten Weizensorten die Chance auf einen Paradigmenwechsel mit dem Ziel einer guten Backqualität bei geringerem Düngbedarf? Welche Akteure sind zu beteiligen, damit Brotgetreide klimafreundlicher produziert wird und kann der bisherige Qualitätsbegriff, der mit einem hohen Rohproteingehalt im Weizen gleichgesetzt wird, neu definiert werden?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Verbesserte Ertragsprognosen zur Realisierung einer klimaangepassten Düngestrategie unter Berücksichtigung des Entscheidungsverhaltens der Landwirte bezüglich Düngemenge und -zeitpunkte
2. Zusätzliche Erkenntnisse zu Ertragsstabilität beim Weizen unter geänderten Klimabedingungen, die die Stickstoffaufnahme insbesondere im späteren Entwicklungsstadium negativ beeinflussen und pflanzenbauliche Anpassungen daran

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Paneldatenanalyse zur Erklärung der betrieblichen Stickstoffnutzungseffizienz (Nitrogen use efficiency, NUE) mit integrierten Wettervariablen und Preisindizes, um Zusammenhänge im zeitlichen Verlauf und Muster der N-Düngung bei volatilen Märkten und zunehmenden Wetterextremen besser zu verstehen
2. Weitere züchterische Anstrengungen, um von der hohen Heritabilität beim Merkmal Proteinnutzungseffizienz (Protein use efficiency, ProtUE) und genotypische Variabilität zur effizienten Selektion und guten Beschreibung von Sorten zu profitieren

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity, um qualitativ verbessertes Weizenzüchtmaterial für den ökologischen und konventionellen Anbau von Backweizen bei reduzierter N-Düngung bereitzustellen

... mit der landwirtschaftlichen Praxis, um zu testen inwieweit ohne zusätzlichen Datenerhebungsaufwand die NUE als ergänzender Indikator in der Nährstoffpolitik Eingang finden kann und um standortgerechte klimaangepasste Düngestrategien mit besonderem Fokus auf späte N-Gaben zu entwickeln

... entlang der Wertschöpfungskette, um dem Merkmal „ProtUE“ mehr Aufmerksamkeit zu widmen und um ein besseres Verständnis und eine höhere Akzeptanz am Markt für moderne Weizensorten zur Ausschöpfung des daraus resultierenden THG-Minderungspotenzials zu erzielen

64 Neue Anbausysteme und Kulturen

Moderation: Moritz Reckling, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung

Mit dem sich ändernden Klima und damit verbundenen längeren Vegetationsperioden werden Anbausysteme und Kulturen in Deutschland wirtschaftlich, die hier bisher wenig verbreitet waren. Insbesondere Kulturen aus wärmeren und trockeneren Klimaten erscheinen hier attraktiv, denn höhere Temperaturen und längere Trockenperioden im Sommer, mit assoziierten Risiken für Ertragsausfälle, werden auch für Deutschland zum Ende dieses Jahrhunderts projiziert. Eine Diversifizierung als Risikostreuung ist das Gebot der Stunde, und neue Kulturen werden gesucht, die hier das Portfolio der Kombinationsmöglichkeiten erweitern. In diesem Zusammenhang wird auch der Anbau von Mischkulturen attraktiv, denn hier scheint das Potential zur Risikostreuung noch größer, bei gleichzeitig höherem Angebot an Biodiversität. Diese Session trägt den Stand der Forschung zu neuen Ackerkulturen und Mischbauformen in Deutschland zusammen.


Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Intercropping excels sole cropping under extreme climate scenarios | Jing Yu
 - Is sorghum an alternative crop to maize in Germany? A climatic and water balance assessment | Til Feike
 - Effects of cereal-legume intercropping on resource-use efficiency | Sabine Seidel
 - Advanced integrated pest management and climate change: Streamlining pest and disease data | Stefan Kühnel
 - Biostimulanzien und Begleitpflanzen – Anpassung des ökolog. Landbaus an den Klimawandel | Martin Al-mendinger
- Poster
 - Aus der Nische für mehr Klimaschutz: Roggen-Halbzwerge mit definierten Kornqualitäten | Jenny Seifert
 - Methoden zur deutschlandweiten Simulation von Anbaupotential und CO₂-Fußabdruck von Lupine | Maximilian Forchert
- Fazit

Intercropping excels sole cropping under extreme climate scenarios

Yu, Jing¹ ; Eyshi Rezaei, Ehsan¹; Nendel, Claas¹

¹Leibniz centre of Agricultural Landscape research, Müncheberg

 Jing.yu@zalf.de

Due to climate change and agricultural intensification, crop production has been negatively influenced since the early 2000s. Yet, crop production needs to be doubled to feed the growing population by 2050. Crop diversification has the potential to enhance yield stability and increase sustainability under climate change. Intercropping, referring to two or more crops growing in the same field simultaneously is a vital option in crop diversification, which has been studied to outperform sole cropping in productivity, yield stability, and resilience to environmental stresses. However, the complex nature within the intercropping system hinders its wide adoption. To gain insights into intercropping as a potential adaptation strategy under climate change, we use MONICA, an agroecosystem model to simulate the wheat-soybean relay-row intercropping, to address the following questions: a) how does climate change influence wheat and soybean yield in both sole and intercropped systems? (b) To what extent can a combination of intercropping and sowing date adjustments offset the negative impacts of climate change on crop productivity and save cultivated area?

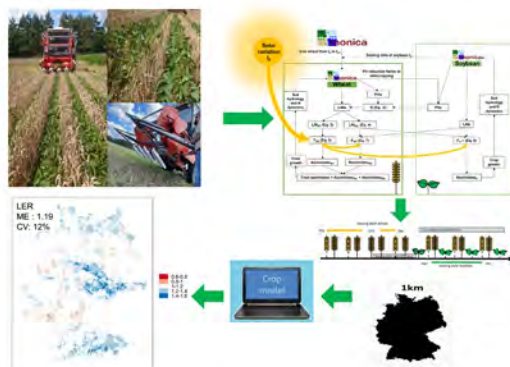


Fig. 1 Conceptual map of methodology.

Materials and methods: A two-year field experiment was conducted in Müncheberg, Germany. Winter wheat and soybean in sole and Relay intercropping were

cultivated in both rainfed and irrigation conditions. Field observations were used for model calibration and validation. The model is a revised version of MONICA specified for relay-row intercropping, based on the 'Horizontal Homogeneous Canopy' model. Three general circulation models (GCMs) and two emission scenarios were employed to simulate the sole and intercropping wheat and soybean yield in Germany. Different sowing date combinations for wheat (six dates) and soybean (four dates) were tested under both moderate (RCP 2.6) and extreme (RCP 8.5) climate scenarios (Fig.1).

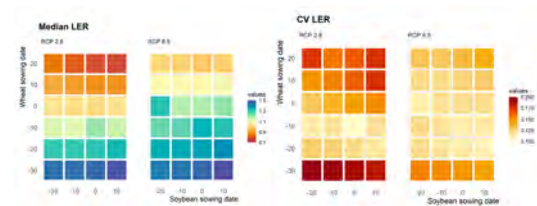


Fig. 2 The LER (Land Equivalent Ratio) median and CV (coefficient of variation) of different sowing date combinations of intercropping under best and worst climate scenarios.

Results: Without adaptation measures, the mean wheat yield of Germany in 2031-2060 will decrease by 11% under the extreme climate scenario, compared to 1981-2010.

Wheat soybean relay-row intercropping can achieve higher land-use efficiency (median LER: 1.19, CV: 12%) than sole cropping under the worst climate scenario.

Optimizing sowing dates for component crops in intercropping can further extend its productivity. The intercropping under the extreme climate scenario has higher median LER and lower CV (Fig. 2) than that under the moderate scenario, indicating its potential to stabilize crop yield under climate change.

Is sorghum an alternative crop to maize in Germany? A climatic and water balance assessment

Hajjarpoor, Amir¹ ✉; Eltigani, Amna²; Sauer, Anna³; Seiler, Christiane⁴; Goldbach, Janina⁵; Eder, Barbara⁵; Kottmann, Lorenz²; Shawon, Ashifur Rahman¹; Quade, Maria¹; Feike, Til¹

¹Julius Kühn Institute (JKI), Institute for Strategies and Technology Assessment, Kleinmachnow, ²Root-Soil Interaction, School of Life Sciences, Technical University of Munich, Munich, ³JKI, Institute for Crop and Soil Science, Braunschweig, ⁴JKI, Institute for Resistance Research and Stress Tolerance, Quedlinburg, ⁵Bavarian State Research Center, Institute for Crop Science and Plant Breeding, Freising

✉ Amir.Hajjarpoor@julius-kuehn.de

Introducing new crops that can thrive under changing climate conditions is crucial for sustainable agriculture. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) shows promise as a C4 crop due to its high heat and drought stress tolerance, making it a potential alternative to maize. Its deep root system may contribute to increased soil organic carbon, supporting climate change mitigation. However, one of the challenges in expanding sorghum production in higher latitudes and altitudes, such as Germany, is its low tolerance to chilling stress and the risk of low temperatures, especially during early and late seasons.

There is limited information about sorghum production potential in different regions of Germany and its role in climate change mitigation. Achieving optimal crop yield depends on matching available thermal units with the cultivar's requirements. This study aims to develop an algorithm to determine optimal sowing dates, growing season length, and suitable maturity groups for sorghum cultivars and assess the climatic water balance in various regions of Germany.

A spatiotemporal analysis was performed on a total 13,785 grid cells (5 km × 5 km) all over Germany. This analysis incorporated a dataset spanning 30 years of historical weather data, as well as projections of climate change based on 12 distinct climate scenarios for the time period between 2031 and 2060. Temperature and rainfall thresholds were employed to create weather indices (WIs) and develop the algorithm.

The growing season starts after the last freezing temperature, provided that there is sufficient rainfall (>20 mm) to

ensure emergence and the average temperature of five consecutive days is above 15 °C. The growing season ends after the first cold temperature happens, provided that there is not enough GDD (<20 °C) to recover from cold stress and/or to complete seed ripening in the next two weeks.

Our findings highlight the significance of altitude in crop suitability within Germany. High-altitude sites in Bavaria and Baden-Württemberg, with elevations of 500-750 m, experienced relatively short growing seasons for sorghum. Future climate projections showed some improvements in the duration of the growing season, particularly in lower altitudes, leading to earlier sowing and later harvesting. Selecting later maturity cultivars in these regions could enhance sorghum's yield potential in Germany with lower productivity risk. Based on the future climatic water balance, sorghum can play its advantages regarding its better drought stress tolerance compared to maize.

Further assessments will address cold stress risk during early growth and anthesis and evaluate drought using phenology models and degree-days as a stress index. Comprehensive simulations, using process-based crop models, will compare sorghum and maize under current and future climates, considering factors like drought and freeze damage. This study aims to provide Germany-wide information on yield and stability for sorghum versus maize, identifying promising regions for sorghum as a novel crop in Germany, while understanding its complex responses to climate, soil and water balance.

Effects of cereal-legume intercropping on resource-use efficiency

Winten, Pascal¹; Nachtweide, Phillip¹; Ulrich, Milena¹; Schmickler, Adrian¹, Vianna, Murilo dos S.¹; Döring, Thomas F.², Brüggemann, Nicolas³, Weihermüller, Lutz³, Seidel, Sabine J.¹ ✉

¹Crop Science Group, Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn

²Agroecology and Organic Farming Group, Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Auf dem Hügel 6, 53121, Bonn

³Institute of Bio- and Geosciences - Agrosphere (IBG-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany

✉ sabine.seidel@uni-bonn.de

Intercropping is the agronomic practice of growing two or more crops simultaneously in the same field. The crops selected for intercropping usually have different abilities to use the resources available for growth, resulting in yield advantages and greater yield stability compared to the single crops.

In the EU project IntercropVALUES, scientists aim to assess the crop performance and key ecosystem services (ESS) of intercrops versus sole crops in various experiments located in and outside of Europe. One of the field trials is located at Campus Klein-Altendorf (University of Bonn). It is comprised of 14 treatments and tests sole crops (faba bean and two spring wheat cultivars) and the in-row mixture of both crops at different levels of mineral nitrogen (N) fertilization. To quantify various relevant ESS, crop biomass increment, plant height, yield, crop N uptake, N leaching, soil N₂O and CO₂ emissions, soil health indicators, as well as soil water dynamics were monitored.

Preliminary results of the first season in 2023, which was characterized by temporarily dry conditions, indicate that the land equivalent ratio (LER) of biomass, the sum of the relative yields of component species in an intercrop as compared to their respective sole crops, was around 1.1 (with several significant treatment effects) for all mixture treatments. That means, compared to the

same area of land that was managed as sole crops, intercrops were about 10% more efficient in using available land. This was mainly attributed to the high wheat biomass in the intercrop treatments. The wheats' dominance is underpinned by the fact that plant height of faba bean was significantly lower (13%) in the intercrops compared to sole faba bean but wheat height was not affected by the cropping system.

Interestingly, the soil water content in the deeper soil layers (45 and 70 cm) was least affected by plant water uptake in the intercrops whereas it decreased most severely in sole faba bean. This may be one of the reasons for the enhanced productivity in terms of biomass in the intercrops vs. the sole crops. Especially the spring wheat profited from the lower competition for the limited water in the intercrops. We assume that in intercropping, plant water uptake was predominant in the topsoil.

Preliminary results suggest lower N₂O emissions in the intercrop as compared to both sole crops.

These results will be underpinning information for developing and improving models to simulate soil health indicators, and ecosystem services and to understand the resilience of the system to climate change and its variability.

Advanced integrated pest management in the wake of climate change: Streamlining pest and disease data

Kühnel, Stefan¹ ✉; Kleinhenz, Benno²; Klocke, Bettina¹; Möller, Markus³; Röhrig, Manfred⁴; Stahl, Ulrike⁵; Senft, Matthias⁵; Strassemeyer, Jörn¹; Feike, Til¹

¹Julius Kühn Institute, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Strategies and Technology Assessment, Kleinmachnow; ²Central Institute for Decision Support Systems in Crop Protection (ZEPP); ³Julius Kühn Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Crop and Soil Science, Braunschweig; ⁴Information System for Integrated Plant Production (ISIP), Bad Kreuznach; ⁵Julius Kühn Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Data Processing Department, Quedlinburg/Kleinmachnow

✉ stefan.kuehnel@julius-kuehn.de

FAIRagro is a consortium in the National Research Data Infrastructure (NFDI) in Germany for data in agrosystems research (Specka et al., 2023 - 10.1007/s00287-022-01520-w).

FAIR data management refers to data being findable (F), accessible (A), interoperable (I) and reusable (R) across research domains. Within FAIRagro, current challenges in research data management (RDM) were identified and addressed in the form of six use cases (UC), covering various disciplines and scales of agrosystems research. UC3 - Streamlining pest and disease data to advance integrated pest management - aims at increasing the FAIRness of pest and disease data and respective yield loss data.

Crop protection is undergoing two major transitions, namely

- (1) Minimizing yield losses due to pests and diseases (P&D) in the wake of climate change.
- (2) Reduce the use of pesticides by 50% in 2030, according to the farm-to-fork strategy of the EU.

Integrated pest management (IPM) utilizes versatile crop management options, including decision support systems to minimize the use of pesticides and related environmental impacts (Barzman et al., 2015 - 10.1007/s13593-015-0327-9). Despite increasing efforts from policy and science to promote IPM, its resounding success has so far been very limited. One major reason is that, by and large, pest and disease data is currently not FAIR and, thus, difficult to obtain for

modeling and respective decision support.

Challenges regarding RDM of P&D data:

- i) Information on the existence and accessibility of specific P&D data in Germany is insufficient
- ii) Comparison and integration of data is challenged by differences in experimental design and disease assessment procedures
- iii) Different types of models for IPM-related decision support are not fully integrated, e.g. yield loss vs. risk of pesticide application
- iv) Interdependence of factors is highly complex: genetic adaptation of crops, agronomic management changes, climatic change, landscape level effects and P&D evolution. A solid database is required to effectively analyze and integrate data for high precision decision support models.

UC3 aims at overcoming the above-described RDM-related limitations and challenges in current IPM related research in Germany by

- A. Developing guidelines for standardization of yield loss trials
- B. Establishing an inventory for and improve the accessibility of IPM-related data and
- C. Integrating of P&D models and crop yield models.

Biostimulanzien und Begleitpflanzen – Anpassung des ökologischen Landbaus an den Klimawandel

Almendinger, Martin¹ ✉; Kleps, Corina¹; Pleissner, Daniel¹; Geelen, Danny²; Van Gerrewey, Thijs²; Li, Jing²; Diacono, Mariangela³; Reineke, Annette⁴; Wenz, Sophie⁴

¹Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V., Bad Belzig, ²Universität Gent, Gent, Belgien, ³CREA, Bari, Italien, ⁴Hochschule Geisenheim University, Geisenheim

✉ martin.almendinger@ilu-ev.de

Die Konsequenzen des Klimawandels sind weitgreifend und auf der ganzen Welt zu spüren. Besonders die in den letzten Sommern gehäuft auftretenden Trockenperioden, gepaart mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen, stellen die Landwirt*innen in Deutschland und Europa vor große Herausforderungen. Während in der Folge Trockenstress und Schädlingsdruck auf Kulturpflanzen zunehmen, steigt bei den Verbraucher*innen die Nachfrage nach ökologisch produzierten Lebensmitteln, frei von chemischen Pflanzenschutzmitteln.

In internationaler Zusammenarbeit beschäftigen sich die zwei Forschungsvorhaben Bio4Food und ResBerry (beide gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft, im Rahmen des ERA-Net Core Organic Cofund) daher mit der Maßnahmenentwicklung zur Stärkung von Kulturpflanzen, mit dem Ziel die Erntemenge und -qualität ökologisch angebaute Kulturen zu steigern. Während Bio4Food den Ansatz verfolgt, mittels biostimulierender Extrakte den Ertrag sowie den Mineralstoffgehalt von Gemüse zu steigern, beschäftigt sich ResBerry u.a. mit der Stärkung von Beerenkulturen durch die Nutzung von Begleitpflanzen sowie der Analyse und gezielten Anpassung der Bodenmikroorganismen im Bereich der Kulturpflanzen. Beide Projekte tragen mit ihren Maßnahmen zur Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus bei.

Nach nun mehr als zweieinhalb Projektjahren der Forschung wurden im Zuge von Bio4Food fünfundvierzig verschiedene Extrakte aus zehn unterschiedlichen Ernterückständen auf Basis grüner Lösemittel

hergestellt, charakterisiert und deren Wirkungen analysiert. In verschiedenen Bioassays konnten Extrakte ermittelt werden, die bspw. das Wurzel- und Sprosswachstum der Ackerschmalwand verbessern, auf bestimmte pathogene Nematoden oder auch Pilze eine hemmende Wirkung zeigen, oder im kombinierten Einsatz mit einem Kompost den Ertrag und Nährstoffgehalt angebaute Fenchels erhöhen. Weitere Versuche zu biostimulativen Wirkungen sowohl *in vitro* als auch in Topf- und Feldversuchen sowie Analysen zur Bodenqualität und zur Ökotoxizität sind bereits in Bearbeitung bzw. werden aktuell ausgewertet.

Innerhalb der ersten Hälfte des für drei Jahre angesetzten Forschungsprojekts ResBerry wurden zunächst an den Anbaustandorten in Deutschland, Rumänien, Polen, Dänemark und Marokko Designs für den Aufbau der Versuchsfelder entwickelt und anschließend entsprechend bepflanzt. Neben Erdbeeren und Himbeeren als Kulturpflanzen werden auch Stachel- und Holunderbeeren angebaut. Darüber hinaus wurden Blühstreifen gepflanzt, die nützlichen Insekten als Habitat und Nahrungsquelle dienen sollen. Bodendecker, wie Mikroklee wurde gesät, um den Boden bei Starkregen zu schützen sowie den Nährstoffgehalt des Bodens zu verbessern und Fangpflanzen wurden gepflanzt, um Schädlinge, wie die Kirschessigfliege von den Beerenpflanzen fernzuhalten. Das Bodenmikrobiom zweier Standorte wurde bereits analysiert und aktuell durch gezielte Düngung und Inokulierung mit mikrobiellen Antagonisten optimiert. Die kommende Projektlaufzeit wird zeigen, wie sich die Maßnahmen auf Qualität und Ertrag der Beeren auswirken.

Aus der Nische für mehr Klimaschutz: Roggen-Halbzwerge mit definierten Kornqualitäten

Jenny Seifert¹; Bernd Hackauf¹; Anne Zaar¹ ✉

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, Groß Lüsewitz

✉ anne.zaar@julius-kuehn.de

Das Klimaschutzgesetz setzt die Vorgaben des "European Green Deal" zur Schaffung des ersten klimaneutralen Kontinents bis 2050 in nationales Recht um und hebt damit die Zielvorgaben zur Reduzierung von Treibhausgas (THG)-Emissionen an. Das hier präsentierte Klimaschutzprojekt **PRoKlima** liefert dafür einen wichtigen Beitrag, indem es die Anwendungsfreundlichkeit von Roggen durch gezielte Kornqualität verbessert und dessen Anbaubedeutung erhöht. Die Forschungsarbeiten von Riedesel et al. (2022) konnten bereits zeigen, dass der Anbau von Roggen sich im Vergleich zu Weizen durch 20 Prozent geringere THG-Emissionen auszeichnet, worauf sich der Beitrag von PRoKlima stützt.

Das Klimaschutzpotenzial des Roggens beruht auf seiner Stickstoff- und Wassernutzungseffizienz infolge eines hoch entwickelten Wurzelsystems sowie einer ausgeprägten Blattgesundheit. Zudem können durch Ausnutzung des biologischen Phänomens der Heterosis leistungsfähigere Pflanzen hervorgebracht werden, wodurch eine Steigerung und Sicherung der Getreideproduktion auf begrenzten Ackerflächen ohne erhöhten Wasser- und Düngemitelesatz möglich sind.

Pflanzenbaulich wurde bereits vor einigen Jahren ein großer Fortschritt erzielt durch die Einkreuzung des Kurzstrohgenes bei Roggen, wodurch die sogenannten **Roggen-Halbzwerge** entstanden. Sie sind standfester gegenüber Starkregen, dürrerotoleranter und ertragsreicher als die normalstrohigen Pflanzen.



Abbildung 3 Halbzwerge beim Roggen
© B. Hackauf/JKI

Trotz der positiven Entwicklungen hinsichtlich Kornertrag und Ertragsicherheit sowie dem bewiesenen Klimaschutzpotenzial wird Roggen im Vergleich zu Weizen immer noch deutlich weniger angebaut (1:5-Verhältnis laut DESTATIS). Die Ursache liegt vermutlich darin, dass die anwendungsbezogenen Ansprüche an die Kornqualität bisher nicht ausreichend erfüllt werden konnten.

Wie alle Getreidearten weißt auch Roggen eine hohe Variabilität der Inhaltsstoffe durch Sorten- und Umwelteffekte auf. Während beispielweise ein hoher Ballaststoffgehalt den Roggen für die menschliche Ernährung attraktiver macht, sorgt er beim Einsatz in der Tierernährung für Zurückhaltung oder sogar Ablehnung. Somit wird deutlich, dass, in Abhängigkeit vom Anwendungszweck, die Ansprüche an die Kornqualität stark variieren. Ziel von **PRoKlima** ist es, Roggen von einer Nischenkultur zu einem hochleistungsfähigen Getreide mit maßgeschneiderten Kornqualitäten und größerer Anbaubedeutung zu entwickeln.

Zur Beurteilung der Kornqualität werden durch entsprechende nasschemische Analysen der Gehalt an Pentosanen, Stärke und Protein als qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe bestimmt. Diese Analyse dient als Referenz für eine Methode der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Im Rahmen von PRoKlima wurde die bestehende Alt-Methode optimiert und eine robuste Multimethode für die parallele Vorhersage der Inhaltsstoffe im Roggen etabliert. Hierzu wurde ein Datensatz von mehr als 400 Roggenproben verwendet, der 320 Genotypen, vier Erntejahre (2019-2022) und diverse Umwelten umfasst. Diese Methode kann perspektivisch den Züchtern zur Verfügung gestellt werden, sodass bereits während des Zuchtprozesses Aussagen über die Kornqualität getroffen werden können.

Methoden zur deutschlandweiten Simulation von Anbaupotential und CO₂-Fußabdruck von Lupine und Hafer

Maximilian Forchert , Dima Sabboura, Ashifur Rahman Shawon, Asmae Meziane, Til Feike¹

Julius-Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

 Maximilian.Forchert@julius-kuehn.de

Die vermehrte Nutzung pflanzlicher Proteine aus Lupine und Hafer in der menschlichen Ernährung wird als potentiell klimaschonende Option betrachtet. Allerdings fehlen in Deutschland flächendeckende Daten zum Anbaupotenzial dieser Pflanzen. Um das Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen genauer abzuschätzen, wird eine deutschlandweite Simulation des Anbaus von Hafer und Süßlupinen unter aktuellen und zukünftigen Klimabedingungen durchgeführt. Diese Simulation ermöglicht eine bessere Abschätzung der THG-Vermeidungspotentiale.

Durch den Einsatz von Agrarökosystemmodellen können verschiedene Kombinationen von Genotypen, Umweltfaktoren und Managementpraktiken simuliert werden, um klimaoptimierte Anbausysteme zu entwickeln.

Aktuell sind jedoch keine Modelle für Lupine und Hafer in Deutschland parametrisiert. Daher erfolgt die Modellierung unter Verwendung der CERES & CROPGRO-Modelle in DSSAT, die auf Primär- und Sekundärdaten basiert (Jones et al.). Die Datengrundlage umfasst eigene Feldversuche sowie Informationen aus Bundessortenversuchen und Landesortenversuchen. Hier steht ein umfangreiches Datenset aus Varietätsversuchen zur Verfügung, das mehr als 50 Standortjahre für unsere Zielgenotypen abdeckt (Jentsch et al.). Darüber hinaus verfügen wir über umfangreiche Experimentdaten von mehreren Jahren aus Berlin-Dahlem, einschließlich detaillierter Wachstums- und Entwicklungsdaten während der Vegetationsperiode.

Die Modellparametrisierung des DSSAT-Modells erfolgt auf Basis dieser umfangreichen Datensätze (Röll et al.). Die Phänologie, das Wachstum und die Erträge

werden für mehrere Umweltbedingungen kalibriert und evaluiert. Zudem wird die Implementierung der Simulation von Lupine und Hafer in Fruchtfolgen untersucht, um deren Integration in landwirtschaftliche Systeme zu analysieren (Boote et al.).

Die Ergebnisse dieser Studie tragen zur besseren Bewertung des klimaschonenden Potenzials von Lupine und Hafer bei und liefern wichtige Informationen für die Entwicklung nachhaltiger Ernährungsoptionen. Durch die Verwendung umfangreicherer Daten und die Optimierung der Modelle kann eine präzisere Einschätzung der Umweltauswirkungen dieser Pflanzen erfolgen.

Literatur

- Boote, K.J.; Miguez, M.I.; Sau, F. (2002) *J. Agron.*, 94(4): 743-756.
- Röll, G., Memic, E. and Graeff-Hönninger, S. (2020) *Agr. J.*, 112(5), 3891-3912.
- Jones, J.W.; Hoogenboom, G.; Porter, C.H.; et al. (2003) *Eur J Agron.*, 18(3): 235-265.
- Jentsch, U.; Günther, K.; Guddat, C. (2017) Landesortenversuche in Thüringen, Blaue Lupin, Versuchsbericht 2016. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena; Themenblatt-Nr.: 23.02
- Zenk, A.; Pietz, G.; Michel, V. (2017) Sommergetreide und Leguminosen 2017, Ergebnisse Landesortenversuche - Anbaugesamt „D-Nord/ MV Süd“. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Gülzow - Prützen

Fazit | Neue Anbausysteme und Kulturen

■ Synthese

- Mischanbausysteme mit Leguminosen haben ein großes Potenzial in Deutschland. Sie liefern häufig eine höhere Landnutzungseffizienz pro Fläche z.B. 9% höherer LER bei Weizen-Soja Gemenge in einer Modellsimulation (Yu et al.).
- Die Kombination aus Arten und Sorten im Mischanbau beeinflussen die Produktivität im Vergleich zu den Reinsaaten (Winten et al.).
- Laut Wärmesummenmodellen kann Sorghum in Zukunft eine größere Rolle spielen, ob sie eine Alternative zu Mais in Deutschland sein kann müssen Feldversuche zeigen (Feike et al.).
- FAIRe Daten sind in der Agrarforschung nicht mehr wegzudenken, dies gilt auch für Schädlings- und Krankheitsdaten (Kühnel et al.)
- Biostimulanzien und Begleitpflanzen haben ein Potenzial zur Verbesserung der Bodengesundheit im ökologischen Landbau z.B. für Beerenobst (Almendinger et al.)
- Kurzstrohige Roggen-Halbzwerge sind standfester und dürrerotoleranter aber bisher ist wenig über Ihre Qualitätseigenschaften bekannt (Seifert et al.)

■ Offene Fragen

- Welche Bewertungskriterien zur Erfassung der Leistungen von Mischanbau über LER und TOI hinaus erhöhen die Relevanz für die Praxis?
- Welche Sortenkombinationen sind für einen produktiven Mischanbau relevant (welche Eigenschaften wie kombinieren)?
- Wie wirken sich variable Klimabedingungen auf das Potenzial von Sorghum als Alternative zu Mais aus?
- In welcher Form müssen Forschungsdaten abgelegt werden, besonders bei hochaufgelösten Daten Bsp. Drohnendaten (prozessiert, teil-prozessiert oder roh)?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Neue Fruchtarten und Mischanbau kombiniert in Feldversuchen und Modellbasiert testen.
2. Bewertungskriterien für neue Fruchtarten und Mischanbau entwickeln.

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Neue Anbausysteme hinsichtlich Einsparungspotenzial von THG bewerten.
2. Praxisrelevanz von neuen Verfahren und Umsetzbarkeit in der Fläche verbessern.

■ Notwendige weitere Vernetzung

... Innerhalb der Forschungscommunity zu Themen wie neuen Fruchtarten, Mischanbau etc. (bisher Projektbezogen), z.B. über die DAFA Foren.

... Mehr Praxisforschung mit landwirtschaftlichen Betrieben und weiteren Akteuren in der Wertschöpfungskette u.a. um klimaangepasste Anbausysteme und Märkte zu entwickeln, z.B. in Reallaboren.

65 Vorratsschutz

Moderation: Til Feike, Julius Kühn-Institut

Mit höheren Temperaturen und regional feuchterem Klima ändern sich die Bedingungen für die Lagerung von Agrarprodukten. Neue Schädlinge können sich in Deutschland etablieren. Welche Möglichkeiten gibt es, damit umzugehen?

Ablauf

- Posterführung
 - AVoiD - Vorratsschutz im Klimawandel - Schädlingsfrüherkennung im Lager und Freiland | Benjamin Fürstenau
 - AVoiD - Vorratsschutz im Klimawandel. Verlustminimierung durch hermetische Lagerung | Christina Müller-Blenkle
 - Ökonomie hermetischer Getreidelagerung | Julia Büchner
- Fazit

AVoiD – Vorratsschutz im Klimawandel Schädlingsfrüherkennung im Lager und Freiland

Camilla Albrecht¹, Benjamin Fürstenau¹ ✉

¹Julius-Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin

✉ benjamin.fuerstenau@julius-kuehn.de

Auf dem Feld, nach der Ernte sowie vor der Verarbeitung und dem Verkauf im Handel müssen lagerfähige pflanzliche Erzeugnisse vor Befall durch Schadorganismen geschützt werden. Damit ist der Vorratsschutz ein wichtiger Teil der Wertschöpfungskette. Fraßschäden und Kontamination von Vorratsgütern durch vorratsschädliche Insekten sowie Schimmelpilze und die Produktion von Mykotoxinen führen zu quantitativen Verlusten, Verderb oder Qualitätsminderung und stellen ein Gesundheitsrisiko für Mensch und Tier dar. Aufgrund höherer Jahresmitteltemperaturen in Folge des Klimawandels verschieben sich die Entwicklungsbedingungen für Insekten in Richtung Optimum und der Schädlingsdruck nimmt zu. Auch bereits im Feld kann es hierdurch öfter zu einem Befall mit Vorratsschädlingen kommen. Entstehende Verluste müssen einerseits durch eine intensiviertere Landwirtschaft ausgeglichen werden, tragen andererseits selbst durch die Bildung von klimaschädlichem CO₂ zum Treibhauseffekt bei. Eine Reduzierung der Nachernteverluste durch optimierte Lagerung und effektive Früherkennung von Schädlingsbefall wäre also doppelt wirksam.

Das Projekt AvoiD (Abwehr von Vorratsschädlingen in Deutschland) bearbeitet zwei Themenschwerpunkte, wobei zum einen klimaoptimierte (hermetische) Lagerungstechniken und zum anderen das Auftreten von vorratsschädlichen Insekten im Lager und insbesondere im Feld untersucht werden.

Eine erfolgreiche Früherkennung von Vorratsschädlingen beginnt schon im Freiland und stellt einen zukünftigen Weg des Pflanzenschutzes gegen Schadinsekten dar. Da es bisher jedoch keine

flächendeckenden und abgestimmten Befallserhebungen gibt und viele landwirtschaftliche Betriebe Schädlingsbefall an gelagerten pflanzlichen Erzeugnissen und die daraus resultierenden Verluste nur selten dokumentieren oder offenlegen, gibt es nur wenige Zahlen über Vorkommen und Verbreitung von Vorratsschädlingen in Deutschland und über die von ihnen verursachten Schäden.

Ziel dieser Studie ist es daher, Konzepte und Methoden zur Sammlung von Daten über das Auftreten vorratsschädlicher Insekten zu testen. Zu diesem Zweck wurde im Frühjahr 2023 ein deutschlandweites 3-jähriges Monitoring gestartet. Auf neun Betrieben wurden mit Lockstoffen versehene Fallensysteme aufgestellt und monatlich kontrolliert. Die Proben werden im Labor analysiert und gefangene Insekten bestimmt, um i) das Vorkommen vorratsschädlicher Insekten innerhalb und besonders außerhalb der Lagereinrichtungen auf dem Feld zu überprüfen, ii) mögliche neu auftretende Schädlingsarten zu identifizieren und iii) den Einfluss regionaler bzw. klimatischer Unterschiede auf deren Verbreitung zu untersuchen.

Letztendlich kann die Kombination von optimierter Lagertechnik, effektiver/innovativer Früherkennung und alternativer, erfolgreicher Bekämpfung Nachernteverluste und damit der Einsatz umweltschädlicher Pflanzenschutzmittel nachhaltig reduzieren. Dies wiederum wäre ein wesentlicher Beitrag zur Ernährungssicherung und zum Klimaschutz.

AvoiD – Vorratsschutz im Klimawandel

Verlustminimierung durch hermetische Lagerung

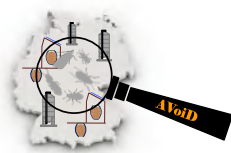
Christina Müller-Blenkle¹ ✉, Jones Athai², Jens Begemann³, Julia Büchner⁴, Jovanka Saltzmann⁴, Felicitas Schneider², Cornel S. Adler¹

¹Julius-Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin, ²Thünen-Institut für Marktanalyse, Braunschweig, ³Max Rubner Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold, ⁴Julius-Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow,

✉ christina.mueller@julius-kuehn.de

Der Klimawandel lässt ein erhöhtes Aufkommen von Vorratsschädlingen in Deutschland erwarten, sodass dem Vorratsschutz in Getreidelägern eine immer größere Bedeutung zukommt. Verluste an pflanzlichen Produkten im Lager können durch z.B. Insektenbefall oder Schimmelbildung entstehen. Zwischen Ernte und Konsum - unter Berücksichtigung von Nachernte, Verarbeitung und Verteilung - gehen nach Angaben der FAO in Europa etwa 12 % des Getreides verloren (Gustavsson, Cederberg, Sonesson, 2011). Durch den Klimawandel ist mit steigendem Schädlingsbefall zu rechnen da höhere Temperaturen bessere Bedingungen für Insekten im Lager bieten. Entstehende Verluste müssen durch eine Intensivierung der Landwirtschaft ausgeglichen werden und tragen selbst durch die Bildung von klimaschädlichem CO₂ zum Treibhauseffekt bei. Die Reduktion von Lagerverlusten durch a) die effektive Früherkennung von Schädlingsbefall und b) eine optimierte Lagerung, leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

Das Projekt AvoiD verfolgt beide Ansätze. Im Teilprojekt Monitoring von Vorratsschädlingen im Lager und im Feld, untersucht AvoiD, welche Vorratsschädlinge wo in Deutschland zu finden sind und ob sich das Artenspektrum durch klimatische Veränderungen verschiebt. Zudem werden Monitoringverfahren optimiert.



Im zweiten Teilprojekt geht es um verbesserte Lagerungstechnik. Hermetische Läger verhindern die Zuwanderung von Insekten. Zudem veratmen eventuell vorhandene Insekten den Sauerstoff, so dass eine Atmosphäre entsteht, in der das Getreide vor Verderb geschützt ist und Schädlinge und Schimmelpilze absterben.

Der Projektteil umfasst Versuche zur hermetischen Lagerung, Sauerstoffveratmung und zu quantitativen sowie qualitativen Lagerverlusten unter Laborbedingungen, im halbtechnischen Maßstab und in Getreidelägern.

Derzeit sind die in der Praxis etablierten hermetischen Läger aus Folienschlauch mit einem hohen Kunststoffverbrauch verbunden. Daher untersucht AvoiD auf dem Markt erhältliche hermetischen Läger aus Folie und vergleicht diese mit hermetischen permanenten Strukturen.

Die untersuchten Lagerformen werden im Hinblick auf ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeitskriterien verglichen, um praxistaugliche und nachhaltige Lagertechnik für körnige Schüttgüter zu ermitteln und das volle Potential der hermetischen Lagerung für den Klimaschutz auszuschöpfen.

Durch die Kombination effektiver Früherkennung von Vorratsschädlingen und der Verwendung optimierter Lagertechnik, können Nachernteverluste reduziert werden.

Ökonomie hermetischer Getreidelagerung

Büchner, Julia¹ ✉; Saltzmann, Jovanka¹

¹Julius-Kühn Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

✉ julia.buechner@julius-kuehn.de

Im Juni 2023 lagerten landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland 2,1 Millionen Tonnen Getreide ein (4,8% der Getreideernte 2022; DESTATIS 2023). Eigene Erhebungen ergaben durchschnittliche Lagerverluste von Ein- bis Auslagerung von 2 % und jährliche Lagerungskosten von durchschnittlich 25 €/t. Bei einem Erzeugerpreisdurchschnitt von 200 €/t Getreide entspricht das Verlusten von 9,6 Mio. €. Der Klimawandel lässt künftig noch höhere Lagerverluste und steigende Vorratsschutzkosten aufgrund stärkerer Einflüsse durch Schädlingsbefall und Witterung erwarten.

Im Rahmen des Projektes **Avoid** werden die ökonomischen Auswirkungen klimangepasster Strategien zur Abwehr von Vorratsschädlingen in Deutschland untersucht. Dazu gehören unter- und oberirdische luftdichte, d.h. hermetische Lagerverfahren mit passiver Kühlung zur Regulierung des Insektenbefalls und der Temperatur.



Abb. 86 Hermetische Gebinde

Hermetische Lagerung reduziert Qualitäts- und Quantitätseinbußen des Getreides. Außerdem werden Energie und Pflanzenschutzmittel zur Konservierung eingespart. Somit kann hermetische Lagerung einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Die Datenerhebung basiert auf Literaturrecherchen und Stakeholder-Interviews

zu Lagerbestandteilen und Verfahrensschritten der Lagerung, sowie zu Kosten, Verlusten, Automatisierungsgrad und Arbeitsaufwand. Die Daten wurde mittels Preislisten, Produktdatenblättern und statistischen Daten ergänzt und für die Berechnung etablierter betriebswirtschaftliche Kennzahlen verwendet.

Ein Vergleich von Investitions- und Betriebskosten erfolgt von:

1. flexiblen hermetischen Gebindelagern (Folienschläuche, Säcke, Cocons, Fässer, Abb.1) mit nicht hermetischen Gebindelagern,
2. statischen hermetischen Silos mit statischen nicht hermetischen Silos, letztere mit aktiver Kühlung aus regenerativer Energiequelle, und
3. hermetischen Gebindelagern mit hermetischen Silos.

Die Betriebs- und Investitionskosten wurden über einen Zeitraum von dreißig Jahren unter Berücksichtigung prognostizierter Kosten- und Verluststeigerung analysiert.

Die Ergebnisse sollen zeigen, welches Lagerverfahren wirtschaftlich am sinnvollsten ist. Dabei werden unterschiedliche Ansprüche der Praxis an die Getreidelagerung hinsichtlich Menge, Verwendungszweck, Lagerungsintervall sowie Ein- und Auslagerungsflexibilität einbezogen. Die ökonomischen Ergebnisse werden schließlich im Kontext einer ergänzenden Nachhaltigkeitsbewertung diskutiert.

Ziel ist es, ein an den Klimawandel angepasstes, ökonomisch und ökologisch nachhaltiges Lagerverfahren für Getreide zu entwickeln.

Das Projekt AVOID wird im Rahmen des Deutschen Klimaschutzprogramms 2022 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft finanziert.

Fazit | Vorratsschutz

■ Offene Fragen

- Wie hoch sind die von Schädlingen erzeugten Nachernteverluste bei Körnerschüttgütern in Deutschland finanziell/qualitativ/gewichtsmäßig (FAO-Schätzung für Getreide in Europa 2011: 4 % nach Gewicht)?
- Wie können die Methoden des FAO African Post-Harvest Losses Information System (APHLIS) auf eine Verlustbestimmung in Deutschland und Europa übertragen werden?
- Welcher Prozentsatz der Ernte überschreitet im Laufe der Wertschöpfungskette die Mykotoxin-Grenzwerte?
- Verändern sich diese Werte in den letzten Jahren durch die Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen?
- Welchen Einfluss hat der Klimawandel (die Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen, Trockenheit, ...) auf das Vorkommen und die Verbreitung vorratsschädlicher Insekten in Deutschland und Europa?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Datenerhebung mit repräsentativen Vergleichsbetrieben in (möglichst) allen Regionen Deutschlands und Europas
2. Systematische Erfassung der Arten vorratsschädlicher Insekten im Feld und im Lager bzw. entlang der Wertschöpfungskette
3. Modellierung/Analyse zur Korrelation von Klima-/Geodaten bzw. Vegetationsdaten und dem Auftreten (Häufigkeit) vorratsschädlicher Insektenarten...
4. Techniken der Früherkennung und des Monitorings von Vorratsschädlingen
5. Nachhaltige Verfahren zur physikalischen, biologischen, biotechnischen oder chemischen Bekämpfung mit geringem CO₂-Fußabdruck identifizieren

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Strategien zur Vermeidung von Befall mit Vorratsschädlingen im Feld (z.B. Repellent-Pflanzen, Inter-Cropping)
2. Strategien zur Vermeidung von Befall im Vorratslager (z.B. Repellent-Pflanzen vor dem Vorratslager, Köder für Massenfänger, hermetische Lagerung) zur Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre
3. Strategien zur Vermeidung von Befall auf dem Vertriebsweg (z.B. Köder für Monitoring, hermetische Verpackung, hermetische Tanks und Container, Kühlung)

■ Notwendige weitere Vernetzung

- ... innerhalb der Forschungscommunity
- ... mit der landwirtschaftlichen Praxis
- ... entlang der Wertschöpfungskette

66 THG-Emissionen im Ackerbau – Bedeutung der Indikatorauswahl und mögliche Anpassungsstrategien

Universität Kiel, Abteilung Acker- & Pflanzenbau, Prof. Dr. Henning Kage/Dr. Insa Kühling

Treibhausgas (THG)-Emissionen im Ackerbau lassen sich nicht vollständig vermeiden. Geschickte Gestaltung der Fruchtfolge und Residuenmanagement sowie standortangepasste Anbauentscheidungen können vermeidbare Verluste reduzieren. Die Wahl eines geeigneten Indikators bzw. einer sinnvollen Bezugseinheit zur Bewertung der erstandenen Emissionen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Im Rahmen der Session „THG-Emissionen im Ackerbau - Bedeutung der Indikatorauswahl und mögliche Anpassungsstrategien“ sollen einleitend die unterschiedlichen Konsequenzen aus verschiedenen Indikatoren anhand eines großen Datensatzes aus verschiedenen Bioenergie-Verwertungspfaden illustriert werden. Anschließend soll die Notwendigkeit von standortangepassten Anbauentscheidungen zur möglichst klimaschonenden Integration von Zwischenfrüchten in typische Fruchtfolgesequenzen vorgestellt werden. Basierend auf mehrjährigen Feldversuchen an vier Standorten ergänzt um Modellierungsergebnisse zur Nitratverlagerung und Kohlenstoffsequestrierung kann so eine ganzheitliche Bewertung der positiven und negativen Klimawirkungen vorgenommen werden. In weiteren Pitches sollen Ergebnisse aus weiteren Vorhaben kurz skizziert werden und parallel auch in Form von Postern ausgestellt werden.

Ablauf

■ Einführung

Relevanz der Wahl geeigneter Indikatoren zur THG-Bewertung: Was können wir vom Sektor Bioenergie lernen? (Projekt THG Emoba, Kage/Neukam)

■ Fallbeispiel

Systemische Betrachtung der Klimawirkung in Fruchtfolgen mit (und ohne) Zwischenfrüchten (Projekt THG-ZwiFru, Kühling)

■ Pitches

- Innovatives Residuen-Management zur Reduktion von Lachgasemissionen (Projekt Inplamint/Bonares, Rothardt)
- Effekte verschiedener N-Düngerformen auf Ammoniakemissionen (Projekt NH3-Min, Brokötter)
- Potentiale unterschiedlich inhibierter Dünger auf Lachgasemissionen (Projekt NitriKlim, Finck)
- Modell- und datenbasierte Ertrags-szenarien für eine klimaangepasste Selektion in der Zuckerrübenzüchtung (Projekt Beets4Future, Großmann/Rose)
- Einfluss von Leguminosen auf die Klimabilanz in Fruchtfolgen unterschiedlicher Intensität (Projekt ISLAND, Kühling)
- Klimaschutzpotential von Leguminosen – Standort Süd (Projekt ISLAND, Amann)
- Emissionsarme Gülle- und Gärrestausbringung im Winterweizen (Projekt GülleBest, Buchen-Tschiskale)
- Effect of organic fertilization in arable farming on greenhouse gas emissions (Projekt RESOURCE, Potthoff)

■ Abschließende Diskussion

Indikatoren zur THG-Bewertung: Was können wir vom Sektor Bioenergie lernen?

Neukam, Dorothee¹ ✉; Dechow, René²; Kage, Henning¹

¹Acker- & Pflanzenbau, Uni Kiel; ²Thünen Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig)

✉ neukam@pflanzenbau.uni-kiel.de

Die Bewertung der Klimawirksamkeit (THG-Bewertung) von Produktionssystemen für die Bioenergieproduktion und daraus abgeleitet auch für die stoffliche und klassische Verwertung für menschliche Ernährung und als Futtermittel muss sowohl den Input als auch den Output der Produktionssysteme gleichzeitig berücksichtigen. Hierfür werden entsprechend Indikatoren gebildet, z.B. im Bereich der Bioenergie die Treibhausgas (THG) Emissionen je Einheit Ertrag oder Energieertrag oder die spezifische Minderung der THG-Emissionen gegenüber dem fossilen Referenzenergieträger. Für Biotreibstoffe bzw. Strom aus Biogasanlagen existieren für die Vermarktung und Anrechenbarkeit auf die Klimaziele Mindestwerte, die erreicht werden müssen. Beide Indikatoren beziehen jedoch den Flächenanspruch der Rohstoffproduktion nicht oder nur eingeschränkt ein. Dieser wird bei der flächenbezogenen THG-Bilanz berücksichtigt, indem den Produktionsemissionen (negativ), die potentiellen Einsparungen (positiv) flächenbezogen gegenübergestellt werden.

Modellrechnungen für die Bioenergiepfade Biodiesel aus Raps, Bioethanol aus Weizen und Biogas aus Mais im Rahmen der Verbundprojekte THG-EMOBA und ModellLowN zeigen, dass die verschiedenen Indikatoren im Hinblick auf optimale Produktionsintensitäten zu deutlich unterschiedlichen Bewertungen kommen. Hierfür wurden zunächst Modellkomponenten des Prozessmodells HUME zur Berechnung von Ertragsleistung und direkter und indirekter Lachgasemissionen anhand eines umfangreichen Datensatzes parametrisiert und evaluiert. Aus den Simulationsergebnissen langjähriger N-Sensitivitätsanalysen für 245 Standorte der Bodenzustandserhebung wurden dann die beschriebenen THG-Indikatoren berechnet und verglichen.

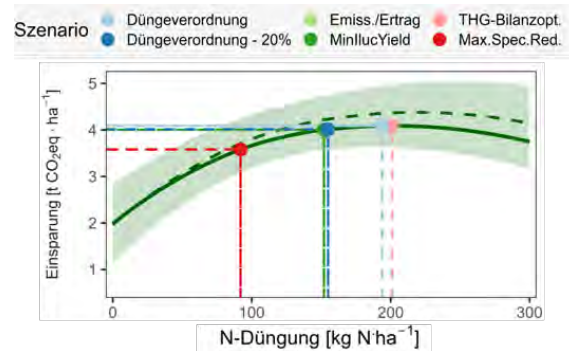


Abb. 87.: N-Düngungssensitivität der flächenbezogenen THG-Einsparung. Die Punkte auf den Kurven bezeichnen Szenario-Kennwerte der Düngungsintensität: Düngeverordnung, Düngeverordnung -20%, Emission/Ertrag (Minimierung), MinllucYield (Emission/Ertrag inkl. geschätzter ILUC-Effekte durch geringere Erträge bezogen auf den Ertrag), THG-Bilanzopt. (Maximierung THG-Einsparung je ha), Max.Spec.Red (Maximierung der spezifischen THG-Reduktion je MJ Biodiesel)

Der Indikator flächenbezogene THG-Bilanz (Einsparung) und der ergänzend herangezogene Indikator Herstellungsemissionen plus geschätzte Emissionen durch indirekte Landnutzungsänderungen bezogen auf den Ertrag kommen zu dem Ergebnis, dass Stickstoffdüngungsintensitäten in der Nähe der aktuell durch die Düngeverordnung vorgegebenen Werte intensitätsoptimal sind. Dagegen kommen die häufig verwendeten Indikatoren ertragsbezogene Emission und spezifische THG-Minderung jeweils zu denselben Optima, diese liegen jedoch in der Regel im Bereich sehr niedriger Stickstoffdüngung bzw. sogar bei Nulldüngung (Maximum bzw. Minimum).

Dieses Ergebnis stellt vor dem Hintergrund einer globalen Knappheit von Flächen für Agrarproduktion, Naturschutz und sonstige Bedürfnisse der Gesellschaft die alleinige Verwendung von den Flächenbedarf nicht berücksichtigenden Indikatoren zur THG-Bewertung in Frage.

Systemische Betrachtung der Klimawirkung in Fruchtfolgen mit (und ohne) Zwischenfrüchten

Kühling, Insa¹ ✉; Dechow, René²; Dittert, Klaus³; Essich, Lisa⁴; Flessa, Heinz²; Grunwald, Dennis⁵; Helfrich, Mirjam²; Hoffmann, Annette⁶; Koch, Heinz-Josef⁵; Nasser, Viktoria³; Rainhard-Kolempas, Marilena⁶; Ruser, Reiner⁴; Schlathölter, Michaela⁷ & Kage, Henning¹

¹Acker- & Pflanzenbau, Uni Kiel; ²Thünen Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig; ³Department Nutzpflanzenwissenschaften, Uni Göttingen; ⁴Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Uni Hohenheim; ⁵IFZ Göttingen; ⁶LWK Niedersachsen, Hannover; ⁷P.H. Petersen Saatzucht, Lundsgaard

✉ kuehling@pflanzenbau.uni-kiel.de

Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten (ZF) können vielfältige positive Wirkungen in Ackerbausystemen erzielt werden. Die Effekte auf die Treibhausgasemissionen sowie auf mögliche Stickstoffdüngereffekte der Folgefrüchte können dahingegen auch negativ ausfallen. Für eine umfassende Bewertung der Klimawirkung von ZF-Anbausystemen müssen die standortspezifischen Emissionen, das Minderungspotential in Form von vermiedenen indirekten Emissionen aus Nitratverlagerung sowie durch potenzielle Düngereinsparung und die langfristige Kohlenstoffsequestrierung berücksichtigt werden (Abb. 1).

Feldversuchs- und Modellierungsergebnisse aus einem 4-jährigen Verbundprojekt an 4 Standorten in Deutschland (Kiel, Uelzen, Göttingen, Stuttgart) zeigen große Unterschiede in der standortspezifischen Klimawirksamkeit verschiedener ZF-Arten. Untersucht wurden Winter-ZF (Ölrettich, Rauhafer, Sommerwicke, Winterroggen) im Vergleich zur Bra-

che ohne Bewuchs. Auf verlagerungsgefährdeten Sandstandorten mit typischen Mais-Fruchtfolgen (Kiel, Uelzen) konnte die Gefahr direkter N₂O-Verluste durch die Verminderung indirekter Emissionen aus NO₃-Verlagerung, geringfügig niedrigere optimale N-Düngung und langfristige Kohlenstoffanreicherung kompensiert werden. Auf Lössstandorten mit typischen Zuckerrüben-Fruchtfolgen (Göttingen, Stuttgart), mit geringem NO₃-Verlagerungsrisiko, fielen die höheren direkten N₂O-Emissionen bei ZF-Anbau stärker ins Gewicht. Die direkten N₂O-Emissionen konnten dort nicht durch positive Leistungen der ZF (Düngerbedarf, langfristige Kohlenstoffspeicherung) kompensiert werden. Auf Sandstandorten überwogen in Summe die positiven Effekte: Die Anbauentscheidung sollte dort auf die Reduktion der Nitratverlagerung fokussiert werden. Auf Lössstandorten sollte die Vermeidung direkter N₂O-Emissionen und Wirkung auf den N-Düngerbedarf der Folgefrüchte im Zentrum der Anbauentscheidung stehen.

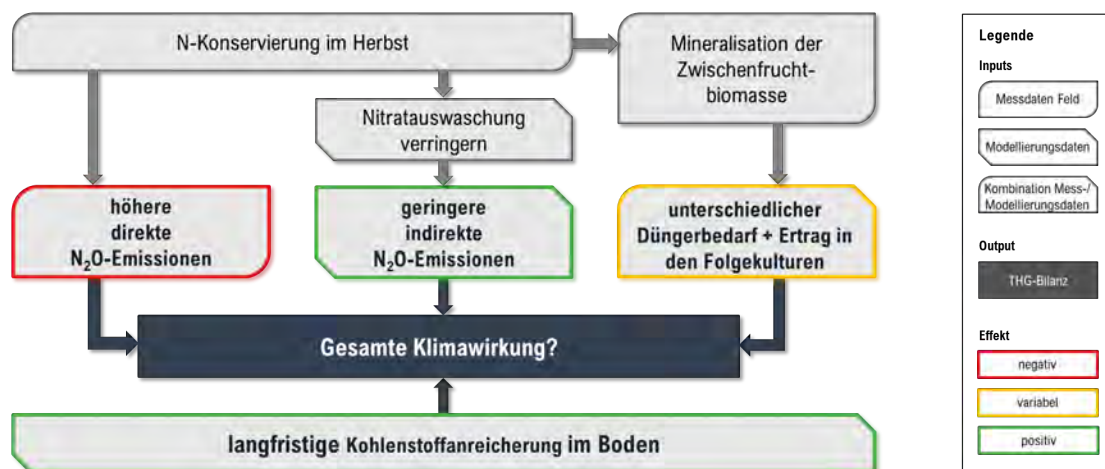


Abbildung 4: Wirkungspfade im ganzheitlichen Betrachtungsansatz der THG-Bewertung von Zwischenfrüchten mit Datenherkunft (Formen) und Wirkungsrichtung der Effekte (Farben)

Residuenmanagement verringert N₂O-Emissionen nach Raps und Ackerbohnen

Rothardt, Steffen¹ ✉; Kage, Henning¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

✉ rothardt@pflanzenbau.uni-kiel.de

Die Kombination von hohen N_{min}-Gehalten nach der Ernte von Raps und Ackerbohnen mit Niederschlägen und einer geringen Vor-Winter-N-Aufnahme des üblicherweise folgenden Winterweizens birgt ein Risiko für N-Verluste durch Auswaschung und Lachgas-Emission.

Der Abbau der eingearbeiteten Ernteresiduen senkt temporär den N_{min}-Gehalt im Oberboden durch mikrobielle Immobilisation. In einem mehrjährigen Feldversuch konnten wir zeigen, dass dieser Effekt durch den Austausch der Vorfrucht-Residuen mit Weizenstroh oder Sägemehl (weitere C-N-Verhältnisse) gesteigert werden kann (Abb. 1).

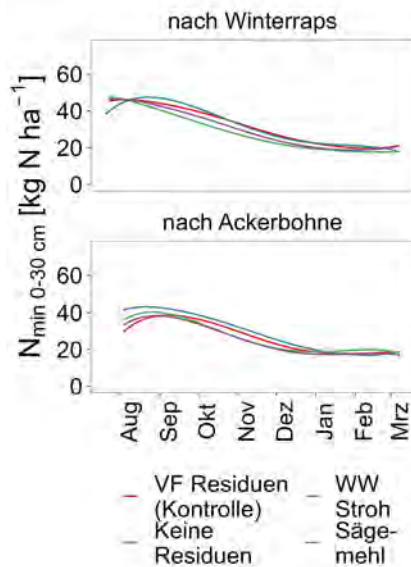


Abb. 88. Differenz der N_{min}-Gehalte zur Kontrolle in 0-30 cm im Schnitt der Jahre 2015-21.

Auswaschungsverluste, also Verlagerung tiefer 120 cm, ließen sich durch das Management der Residuen jedoch nicht verringern. Mit Hilfe eines mechanistischen Pflanzen-Boden-Modells konnten wir zeigen, dass der durch die Behandlung potentiell immobilisierbare N nur unwesentlich zur Auswaschung beiträgt

und der Effekt daher vernachlässigbar ist.

Die über drei Auswaschungsperioden gemessenen Lachgas-Emissionen zeigen eine durchschnittliche Einsparung von 64.2 kg CO₂-Äquivalenten je ha beim Austausch der Rapsresiduen mit Weizenstroh. Dies entspricht ca. 3.7% der gesamten THG-Emission beim Rapsanbau.

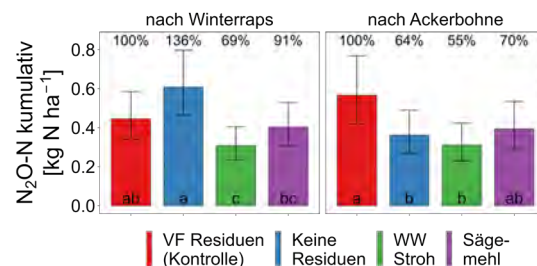


Abb. 2 Kumulierte N₂O-N-Emissionen bei durchschnittlichen abiotischen Emissionsbedingungen; Kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede der Modellschätzungen ($p < 0,05$); Fehlerbalken = 95 %-Konfidenzintervall an.

Trotz des extrem weiten C-N-Verhältnisses des verwendeten Fichten-Sägemehls sind die Effekte dieser Variante geringer als mit Weizenstroh. Das C/N dient also nur in bestimmten Grenzen als Indikator für die potentielle Immobilisationswirkung von Biomasse. Entscheidend ist auch der Anteil schwer abbaubarer Verbindungen wie Lignin und Phenole.

Das Ausmaß der mikrobiellen Immobilisierung kann also in gewissem Maße über das C-N-Verhältnis gesteuert werden. Die mögliche Reduktion durch die von uns getesteten Materialien ist zwar teilweise signifikant, aber angesichts des Mehraufwandes beim Nachernte-Management zu vernachlässigen. Die Einarbeitung der Vorfruchtreste stellt somit im untersuchten System die effizienteste Methode zur Minimierung des N-Verlustrisikos dar.

Einflussfaktoren auf NH₃-Emissionen beim Einsatz synthetischer Stickstoffdünger

Brokötter, Julian¹ ✉; Brüggemann Nicolas²; Brümmer, Christian³; Flessa Heinz³; Frössl Jonas⁴; Götze Hannah³; Kelsch Alexander²; Kukowski Sina³; Kühling Insa¹; Pacholski Andreas³; Ruser Reiner⁴; Kage Henning¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität, Kiel; ²Institut für Bio- und Geowissenschaften, Forschungszentrum Jülich, Jülich; ³Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig; ⁴FG Düngung und Bodenstoffhaushalt, Universität Hohenheim, Stuttgart

✉ brokoetter@pflanzenbau.uni-kiel.de

Ammoniak (NH₃)-Emissionen aus agrarischen Produktionssystemen stellen die moderne Landwirtschaft vor große Herausforderungen. So führen sie zu Stickstoff (N)-Verlusten bei der Düngerapplikation, belasten die Umwelt und die menschliche Gesundheit und tragen zu indirekten Lachgasemissionen bei. Die Ausbringung synthetischer N-Dünger zählt, neben der Applikation organischer Dünger und der Tierhaltung, zu den bedeutendsten Quellen für NH₃-Emissionen des Agrarsektors (Ti et al., 2019 - 10.1016/j.envpol.2018.10.124). Bei der Festlegung der Emissionsfaktoren, die zur Berechnung der NH₃-Emissionen aus dem Einsatz synthetischer N-Dünger verwendet werden, werden Daten aus Deutschland bisher kaum verwendet. Außerdem werden unterschiedliche Bodenparameter bei der Berechnung nur unzureichend mit einbezogen. (Ni et al., 2014 - 10.1016/j.agee.2014.08.007)

Zur Evaluation der Effekte unterschiedlicher mineralischer N-Dünger und verschiedener Standortfaktoren auf NH₃-Emissionen wurde in drei Versuchsjahren an 8 Standorten in ganz Deutschland identische NH₃-Emissionsuntersuchungen durchgeführt. Die Standorte wurden nach unterschiedlichen klimatischen und bodenkundlichen Parametern ausgewählt. So variierte die Bodenart zwischen den Standorten von ca. 75 % Sand und 6 % Ton bis 13 % Sand und 53 % Ton. Die langjährigen Durchschnittstemperaturen lagen am kältesten Standort bei

8,7 °C und am wärmsten bei 10,1 °C. Die mittleren Jahresniederschläge variierten von 570 mm bis 850 mm. Auf jedem Standort wurden acht gängige synthetische N-Dünger (Harnstoff (HS), Kalkammonsalpeter (KAS), Ammonium-Nitrat-Harnstoff-Lösung (AHL), Ammoniumsulfat-Harnstoff (ASH), Harnstoff mit Ureaseinhibitor, Harnstoff mit Urease- und Nitrifikationsinhibitor, AHL mit Ureaseinhibitor) in einem Winterweizenbestand (RGT Reform A) untersucht. Die Höhe der aufgetragenen Düngermenge wurde nach Düngerverordnung (DüV) berechnet und in drei Teilgaben gesplittet (Vegetationsbeginn, Schossen, Ährenschieben). Im Anschluss an jede Teilgabe wurden täglich NH₃-Emissionen mithilfe von Passivsammlern gemessen. Parallel wurden kontinuierlich meteorologische Daten erhoben und Bodenproben in regelmäßigen Abständen genommen.

Erste Auswertungen der Passivsammler ergaben, dass mit Harnstoff gedüngte Flächen durchgehend die höchsten Emissionen zu messen waren. Die Zugabe eines Ureaseinhibitors sorgte für signifikant geringere Emissionen im Vergleich zu nicht-inhibiertem Harnstoff. Es konnten auch signifikante Unterschiede durch Standortfaktoren nachgewiesen werden, so wurden an sandigen Standorten höhere NH₃-Verluste gemessen, als auf lehmig-schluffigen Flächen.

Potentiale von Nitrifikationsinhibitoren zur Reduktion von Lachgasemissionen

Finck, Riecke¹ ✉; Schulte auf'm Erley, Gunda²; Kage, Henning¹

¹Acker- und Pflanzenbau, Uni Kiel, ²Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

✉ finck@pflanzenbau.uni-kiel.de

Die Ausbringung von mineralischen N-Düngern fördert die Aktivität bodenbürtiger Mikroorganismen. Unter anaeroben Bedingungen nutzen denitrifizierende Bakterien Nitrat zur Energiegewinnung. Im Zuge der Reduktion von Nitrat zu elementarem Stickstoff entsteht Lachgas als Zwischenprodukt, welches dem Boden entweicht und als Treibhausgas klimawirksam ist. Nitrifikationsinhibitoren (NI) verfügen über das Potential die Lachgasfreisetzung aus dem Boden zu reduzieren, indem sie die bakterielle Oxidation von Ammonium zu Nitrat, dem Ausgangsprodukt der Denitrifikation, verzögern.

Im Rahmen des Verbundprojekts Niri-Klim werden dreijährige Feldversuche (2023, 2024, 2025) an sieben verschiedenen Standorten durchgeführt. Ziel ist es, Daten zu generieren, welche eine gesicherte Bewertung von NI hinsichtlich ihrer Treibhausgasreduktion, ökologischen Risiken, sowie deren ökonomischen und pflanzenbaulichen Wirkungen ermöglichen.

Am nördlichsten Versuchsstandort Kiel wird im Zuge des Projekts ein Parzellenversuch durchgeführt, bei welchem der Einfluss der NI auf die Emissionen im Winterweizenanbau gemessen wird. Folgende mineralische Granulatdünger werden verwendet: Harnstoff in drei N-Gaben (©), © mit Ureaseinhibitor (©_UI), © mit Urease- und NI (©_MPA_UI), Ammoniumsulfatsalpeter in zwei (ASS_2), sowie in drei N-Gaben (ASS_3) und ASS mit zwei verschiedenen NI (ASS_DMPP und ASS_DCD_Triazol). Daneben gibt es eine ungedüngte Kontrollvariante. Die inhibierten Varianten werden in zwei Gaben ausgebracht. Die N-Düngungshöhe wird entsprechend der Düngeverordnung berechnet.

Die ungedüngte Kontrolle zeigte über den Messzeitraum (28.03. - 11.07.2023) die

geringsten aggregierten Lachgasemissionen, gefolgt von ASS_3, und den ©- und ASS-Varianten mit zugesetztem NI, welche sich nicht signifikant von der Kontrollvariante unterschieden. Die höchsten Lachgasemissionen wiesen ASS_2 und ©_UI auf. Die Lachgasfreisetzung der ©-Variante unterschied sich weder von diesen Varianten noch von den Varianten mit zugesetztem NI signifikant, war jedoch höher als bei der Kontrolle.

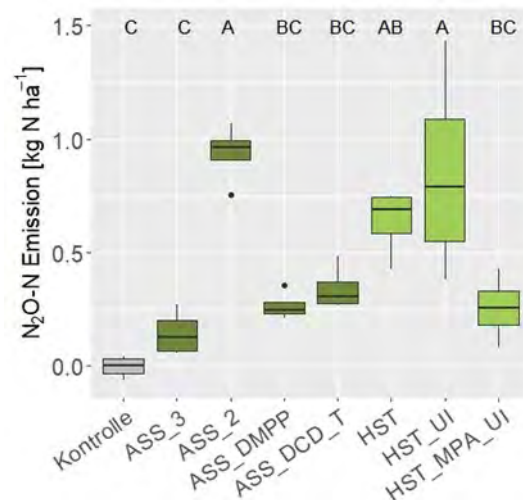


Abb. 89. aggregierte N_2O -N Emissionen in Abhängigkeit der Düngeform (Messzeitraum 28.03. - 11.07.2023)

Bei gleicher Anzahl an N-Gaben konnte durch den Einsatz von NI die Lachgasfreisetzung wirkungsvoll reduziert werden. Der Einsatz von NI ermöglicht die Reduktion der Anzahl der N-Gaben von drei auf zwei Teilgaben bei gleichbleibenden Lachgasverlusten. Ob geringere Lachgasverluste beziehungsweise eine Reduktion der Anzahl an Teilgaben Einfluss auf die N-Verfügbarkeit für den Pflanzenbestand, den Kornertrag und die -qualität haben, und ob es durch den Einsatz der NI zu einer zeitlichen Verschiebung der Emissionsereignisse oder zu vermehrten N-Verlusten über andere Verlustpfade kommt, soll im Rahmen des Projekts weiter geprüft werden.

Aussaatzeitpunkt der Zuckerrübe im Zuge des Klimawandels

Großmann, Finn¹ ✉; Rose, Till¹; Pfeifer, Susanne²; Kage, Henning¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Uni Kiel; ²Helmholtz-Zentrum hereon, Climate Service Center Germany (GERICS), Geesthacht

✉ grossmann@pflanzenbau.uni-kiel.de

Trockenstress ist schon jetzt die Hauptursache für nicht ausgeschöpftes Ertragspotential im Zuckerrübenanbau. Im Zuge des Klimawandels kann die Zuckerrübe durch den vermehrten Transpirationsanspruch in Folge steigender Temperaturen und eine zukünftige Verschiebung der Niederschlagsmengen vom Sommer in die Wintermonate in ihrer Ertragsleistung stark gefährdet sein.

Im von der BLE geförderten Projekt „Beets4Future - Zuckerrübe der Zukunft“ soll dazu gemeinsam mit den Projektpartnern, der KWS Saat SE & Co. KgaA und der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH untersucht werden, wie Zuckerrüben-Genotypen in Merkmalen, die ihre Trockenstresstoleranz determinieren, variieren, welche Ertragsszenarien aus der gegebenen Bandbreite an Klimaszenarien folgen und welche pflanzenzüchterischen und pflanzenbaulichen Anpassungsmaßnahmen geeignet sind, um den Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken. Anpassungsmaßnahmen können zum Beispiel eine angepasste Wahl des Selektionsstandortes, die Integration von indirekten Selektionsmerkmalen oder eine Vorverschiebung des Aussaatzeitpunktes sein.

Neben dem steigenden Transpirationsdefizit kann durch eine potenzielle Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes aber auch das Problem der Zuckerrübe - der späte Beginn der Hauptwachstumsphase - verbessert werden und ein deutlich positiver Effekt einer klimatischen Erwärmung auftreten.

Analysen der Aussaatzeitpunkte in Deutschland zeigen bereits eine Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes um ca.

zwei Wochen seit 1950. Hier spielen sowohl Klimaveränderungen als auch züchterische Maßnahmen, wie eine Verminderung der Schossneigung eine Rolle.

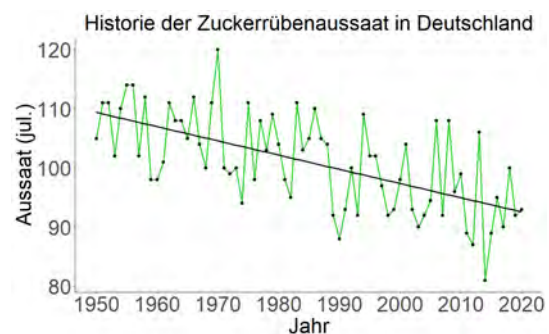


Abb. 90. Bundesmittel der ersten Zuckerrübenaussaat aller Standorte als Julianischer Tag in Abhängigkeit des Jahres (nach DWD 2023)

Die Repräsentation eines optimalen Aussaatzeitpunktes in Abhängigkeit von Klima und Witterung im Pflanzenwachstumsmodell ist somit eine nötige Erweiterung.

Faktoren, welche den Aussaatzeitpunkt determinieren sind Bodenfeuchtigkeit in Kombination mit Befahrbarkeit, Luft- und Bodentemperatur und der Ausschluss von Frostereignissen sowie Phasen kälterer Temperaturen, die zu einer Vernalisation führen können.

Mithilfe modellierter Klimaszenarien des Projektpartners hereon als Input für das Prozessmodell Zuckerrübe soll ein Algorithmus zur Aussaat entwickelt werden. Evaluiert wird der Algorithmus anschließend anhand von Phänologiebeobachtungen des DWD.

Klimaschutzpotential von Leguminosen (Projekt ISLAND - Standort Nord)

Vincent Flaig¹; Kage, Henning¹; Lucie Chmelikova²; Michael Amann²; Kurt-Jürgen Hülsbergen²; [Kühling, Insa¹](mailto:kuehling@pflanzbau.uni-kiel.de) ✉

¹Acker- & Pflanzenbau, Uni Kiel; ²Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, TU München

✉ kuehling@pflanzbau.uni-kiel.de

Stickstoff (N) gilt als entscheidender Faktor der landwirtschaftlichen Produktion. Wird er jedoch nicht von den Pflanzen aufgenommen, kann er durch Auswaschung oder Ausgasung verloren gehen. Leguminosen als Hauptfrucht sowie in Gründungs- oder Zwischenfruchtgemengen spielen eine besondere Rolle, die N-Effizienz und Treibhausgas (THG)-Bilanz in Fruchtfolgen zu verbessern, da sie durch ihre Fähigkeit zur biologischen Luftstickstofffixierung nicht mit Herstellungs- und Feldemissionen der mineralischen N-Dünger belastet sind (Mielenz et al. 2016 - 10.1071/SR15376). Weder zu direkten N₂O-Feldemissionen im Anbau von Körner- und Futterleguminosen noch zur Abhängigkeit von der Fixierungsleistung unter den Boden- und Klimabedingungen in Deutschland liegen belastbare Daten vor (Böhm et al. 2020 - 10.5073/JfK.2020.10-11.01). Das Ausmaß der THG-Minderung hängt vom acker- und pflanzenbaulichen Management der Leguminosen in der Fruchtfolge und vom Management der Ernterückstände ab.

Im Projekt ISLAND werden an zwei repräsentativen Versuchsstandorten im Norden (CAU, Kiel) und Süden (TUM, Freising) Deutschlands bestehende Fruchtfolgesystemversuche sowie neu angelegte Feldversuche genutzt, um relevante Prozesse im Stickstoffkreislauf leguminosen-basierter Produktionssysteme zu analysieren und daraus plausible Bewertungsalgorithmen (u.a. N₂-Fixierung) auf empirischer Grundlage abzuleiten.

Am Standort Nord wird in 2 konsekutiven Jahren auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Uni Kiel) ein Fruchtfolgesequenzversuch angelegt, in dem die Wirkung unterschiedlicher Vorfrüchte auf die direkten Lachgasemissionen, Bodenstickstoffdy-

namik und Ertragsbildung im nachfolgenden Winterweizen untersucht werden. Der Versuch ist als randomisierte Spaltanlage mit vier Feldwiederholungen angelegt (N-Stufen innerhalb der Vorfrüchte, Tab. 1), die Parzellengröße beträgt 3x10 m.

Tab. 1: Versuchsdesign ISLAND Nord

Faktor	Faktorlevel
1. Vorfrucht	Kleegras
	Ackerbohne
	Ackergras
	Sommerweizen ungedüngt Sommerweizen gedüngt
2. N-Düngung Nachfrucht	Winterweizen mit 5 N-Stufen: 0, 80, 160, 240, 320 kg N ha ⁻¹

Sowohl in den Vorfrüchten als auch in der mit 160 kg N ha⁻¹ gedüngten Variante im folgenden Winterweizen finden regelmäßige Lachgasmessungen, N_{min}-Beprobungen sowie mehrere Zwischenernten statt, die auch für die ¹⁵N natürliche Abundanz-Methode zur Abschätzung der Fixierungsleistung genutzt werden, darüber hinaus werden Wurzelproben entnommen.

Erste Einblicke in die N_{min}-Dynamik und Ertragsbildung der Nachfrucht Winterweizen zeigen deutliche Vorfruchteffekte bzw. Zusammenhänge mit den N-Entzügen/N-Bilanzen der Vorfrüchte. Die effizienteste N-Düngerwirkung und höchste Strahlungsaufnahmen konnten nach legumen Vorfrüchten erzielt werden. Die THG-Emissionen können nach Abschluss der Saison bilanziert werden.

Forschungsprojekt ISLAND: Klimaschutzpotential von Leguminosen – Standort Süd

Amann, Michael¹ ✉; Hülsbergen, Kurt-Jürgen¹; Kühling, Insa²; Flaig, Vincent²; Kage, Henning²; Chmelikova, Lucie¹

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Freising, ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Kiel

✉ michael.amann@tum.de

Stickstoff (N) ist ein entscheidender Faktor in der landwirtschaftlichen Produktion (Follett & Hatfield 2001 - 10.1100/tsw.2001.269). Wenn dieser jedoch nicht von den Pflanzen aufgenommen wird, kann es zu umwelt- und klimarelevanten Verlusten in Form von Lachgas und Nitrat kommen (Hansen et al. 2019 - 10.5194/bg-16-2795-2019). Insbesondere im konventionellen Landbau mit häufig engen Fruchtfolgen erfolgt die N-Düngung in der Regel bezogen auf die jeweilige Einzelkultur, oft ohne ausreichende Berücksichtigung von Vorfrucht- und Fruchtfolgeeffekten bzw. des Potentials aus Ernteresiduen oder Zwischenfrüchten (Cernay et al. 2018 - 10.1007/s10311-017-0698-z). Der Anbau von Leguminosen kann hierbei einen Beitrag dazu leisten, die N-Effizienz und THG-Bilanz von Fruchtfolgen zu verbessern, da Leguminosen aufgrund der Fähigkeit zur biologischen Luftstickstofffixierung nicht mit den Herstellungs- und Feldemissionen der mineralischen N-Dünger belastet sind (Crews & Peoples 2004 - 10.1016/j.agee.2003.09.018; Nemecek et al. 2008 - 10.1016/j.eja.2007.11.004).

Im Projekt ISLAND (Intensitäts- und Standortdifferenziertes Klimaschutzpotential von Leguminosen in Anbausystemen mit N-effizienter Düngung) werden an zwei repräsentativen Versuchsstandorten im Norden (CAU, Kiel) und Süden (TUM, Freising) Deutschlands umfangreiche Feldversuche genutzt, um relevante Prozesse im Stickstoffkreislauf leguminosenbasierter Produktionssysteme zu analysieren und daraus plausible Bewertungsalgorithmen (u. a. N₂-Fixierung) auf empirischer Grundlage abzuleiten. Das übergeordnete Projektziel von ISLAND ist es, die Wissensgrundlage zu den Effekten von Leguminosen in Fruchtfolgen unterschiedlicher Produktionsintensität zu

erweitern und Strategien zur optimierten Integration zu entwickeln. Schwerpunkt am Standort Süd ist die effiziente Integration von Sojabohnen in intensive getreidelastige Fruchtfolgen.



Abb. 91. Lachgasmessung in Sojabohnen mit der Closed-Chamber-Methode.

Die zentralen Forschungsfragen lauten:

- (1) Welchen Beitrag leisten Leguminosen zur THG-Bilanz in unterschiedlichen Stellungen innerhalb standorttypischer Fruchtfolgen mit variierender Produktionsintensität?
- (2) Gibt es einen Zusammenhang zwischen direkten (und indirekten) Lachgasemissionen und der N₂-Fixierungsleistung bei Körnerleguminosen?
- (3) Lässt sich die Biomassebildung und N₂-Fixierungsleistung von Leguminosen durch multispektrale Sensordaten abschätzen?
- (4) Wie wirken sich die Vorfrucht- und Fruchtfolgeeffekte von Leguminosen auf die THG-Bilanzen standorttypischer Fruchtfolgen unterschiedlicher Intensität unter prognostizierten Klimawandelszenarien an ausgewählten Standorten aus?

GülleBest: Emissionsarme Gülle- und Gärrestaubsbringung im Winterweizen

Buchen-Tschiskale, Caroline¹ ✉; Fuß, Roland¹; Reinsch, Thorsten²; Nyameasem, John Kormla²; Zutz, Mareike²; Olf, Hans-Werner³; ten Huf, Martin³; Ruser, Reiner⁴; Essich, Christoph⁴; Flessa Heinz¹

¹Thünen-Institut für Agrarclimatschutz, Braunschweig, ²Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, ³Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Fachgebiet Pflanzenernährung & Pflanzenbau, Hochschule Osnabrück, ⁴Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Fachgebiet Pflanzenernährung & Pflanzenbau, Hochschule Osnabrück, ⁴Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt (340i), Universität Hohenheim

✉ caroline.buchen-tschiskale@thuenen.de

In Deutschland ist die Landwirtschaft für rund 95% der Ammoniak (NH₃)-Emissionen verantwortlich, 40% davon stammen aus der Ausbringung von Gülle und Gärresten.

Neben ihrem Beitrag zur Emission des Luftschadstoffs NH₃ sind gedüngte Böden auch für die Emission des klimaschädlichen Treibhausgases Lachgas (N₂O) verantwortlich. Eine entscheidende Rolle spielen dabei die gedüngte Stickstoffmenge und die Art der Ausbringungstechnik.

Seit der Novellierung der Düngeverordnung 2017 sind für Gülle und Gärreste ab 2020 auf bestellten Ackerflächen nur noch bodennahe, streifenförmige Ausbringungstechniken erlaubt. Daher erfolgt die Ausbringung von Gülle und Gärresten zunehmend im Frühjahr in wachsende Pflanzenbestände der Winterungen, ohne die Möglichkeit einer direkten Einarbeitung in den Boden, welches zu höheren N₂O und NH₃-Emissionen führen kann.

In einem Netzwerk abgestimmter Feldversuche wurden an vier Standorten in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Baden-Württemberg unterschiedliche Ausbringungstechniken auf ihre Emissionsminderung, Düngeeffizienz und Praxisierung im Winterweizen untersucht.

Die Ergebnisse der Feldversuche zeigen für die Messjahre 2019 und 2020 an den vier Standorten eine deutliche Minderung um rund 52% der NH₃-Emissionen durch Ansäuerung mit Schwefelsäure auf pH 6. Auch die offene Schlitztechnik mit einer Schlitztiefe von rund 5 cm minderte die NH₃-Emissionen erfolgreich im Vergleich zur Ausbringung mittels

Schleppschlauch. Die Zugabe eines Nitrifikationshemmstoffs (DMPP) hatte keinen Einfluss auf die Höhe der NH₃-Emissionen. Obwohl bei der Ausbringung der Biogasgäreste insgesamt ein höheres NH₃-Emissionslevel auftrat, war der Minderungseffekt der Ausbringungstechniken mit der Rindergülleausbringung vergleichbar. Unterschiedliche Bodeneigenschaften und die Witterung zum Zeitpunkt der Ausbringung hatten entscheidenden Einfluss auf die Höhe der NH₃-Emissionen.

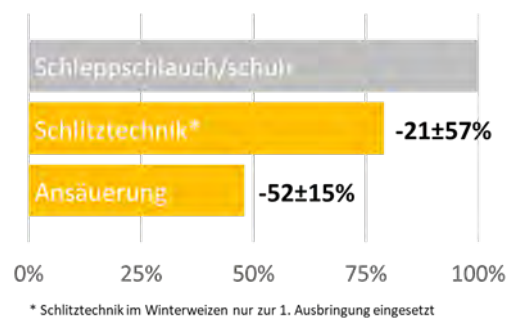


Abb. 1: NH₃-Minderungspotentiale im Weizen

Neben dem NH₃-Minderungspotenzial müssen auch die N₂O-Emissionen berücksichtigt werden, um ein „Pollution Swapping“ von Stickstoffverlusten zu vermeiden. Es zeigten sich keine ungünstigen Effekte der NH₃-mindernden Ausbringungstechniken auf die N₂O-Emissionen.

An allen Versuchsstandorten hat die Gülle- und Gärrestaubsbringung in die wachsenden Bestände im Frühjahr nicht zu einer Ertragsreduktion geführt.

Effect of mineral fertilizers and digestates on crop yields and N emissions in arable farming systems

Tendler, Linda¹ ✉; Krieger, Jorita¹; Wolter, Sebastian; Greef, Jörg-Michael

¹Julius Kühn Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig.

✉ linda.tendler@julius-kuehn.de

Arable farming both contributes to and mitigates global warming. Along with site conditions, e.g. climate, soil, and crop type, the respective fertilization design has direct and indirect impacts on greenhouse gas emissions (GHG). In particular mineral N fertilizers cause high GHG through their production process. If mineral fertilizers were substituted by digestates, which are available in many regions with crop production, GHG could be mitigated effectively. Yet fertilization should ensure that the N demand of plants is met and plant productivity (i.e. CO₂ fixation) is kept stable or even increased. Since organic fertilizers still need to be mineralized by the soil microbiome, it is relatively hard to control N supply to the crop. If mineralization occurs time-delayed, there is an increased risk of high N surpluses causing nitrate leaching and nitrous oxide emissions due to nitrification or denitrification.

It was investigated in large-scale field trials if substitution of different levels of N-mineral fertilizers with digestates on different soils works without compromising yields or increasing N emissions.

Sites differed in soil texture and management history, i.e. a heavy clayey soil that has been exclusively mineral fertilized in the past and a sandy soil being intensively long-term organically fertilized. Crop rotation was maize/winter wheat/winter barley on the clayey soil and maize/winter rye on the sandy soil, respectively. Fertilization design comprised of different levels of either solely digestate or equivalent N amounts of granular mineral N fertilizer solely.

Data on yield quantity and yield quality, residual N in the soil, ammonia volatilization and nitrous oxide emissions were

collected year-round. The aim was to calculate balances of N fate and its impact on GHG and thereby to identify most promising measures to reduce GHG.

Results after two years of investigation are:

1. Solely fertilization with biogas slurry reflected in low N use efficiencies since turnover of organic N is slow. Further, high ammonia emissions may occur after spring application of biogas slurry with trailing hoses in winter crops. Generally, plant growth and N turnover were limited by a dry period in spring and early summer. Therefore, mineral fertilizer equivalents of biogas slurry on slowly reacting clayey soils remain on a low level (40 - 60%). Hence, in the first year of application the target values of N fertilization efficacy given by the fertilizing ordinance were hardly met.

2. Crops suffering from extensive dry periods in spring and early summer, in most cases do not meet standard yield expectations. Under these conditions, a 20%-reduction in N fertilization has no effect on yield quantity and yield quality. However, if N fertilizer is applied at the very early development stages in plant development, N efficiency significantly improves; hence, this strategy is widely adopted in practice. The drawback is that high concentrations of nitrate in the upper soil can cause extreme emissions of nitrous oxide, if intensive precipitation events cause waterlogging and thus anaerobic conditions.

Fazit | THG-Emissionen im Ackerbau – Bedeutung der Indikatorenauswahl und mögliche Anpassungsstrategien

■ Indikatorwahl ist relevant:

Hektar- oder ertragsbezogene Ausweisung von THG-Emissionen sind ungeeignet, um klima-optimale N-Intensitäten zu identifizieren

Eine Möglichkeit einer „echten Bilanzierung“ stellt die Gegenüberstellung zu potenziell einsparbaren Emissionen aus energetischer Verwendung von Ackerkulturen im Vergleich zu fossilen Energieträgern dar (Berechnung z.B. nach BioGrace/REDII und IPCC)

Die klima-optimale N-Düngerintensität unterscheidet sich signifikant von den Ergebnissen bei Verwendung anderer Indikatoren

■ Ganzheitliche Bewertung ist wichtig:

Eine systemische Bewertung von THG-Emissionen aus dem Ackerbau muss vorgelagerte Herstellungsemissionen der Betriebsmittelproduktion, direkte und indirekte Lachgasemissionen, sowie Potentiale zur Einsparung von mineralischem N-Dünger und langfristige Effekte auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden umfassen.

■ Offene Fragen

Wie lässt sich dieser Ansatz aus dem Bioenergiesektor nun sinnvoll von energetischer Verwertung der Ackerkulturen auch auf Lebens- und Futtermittel übertragen?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

Stärkere Nutzung von Simulationsmodellen um Versuchsergebnisse von Einzelstandorten/-Jahren zu übertragen

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

Identifikation von standort-angepassten klima-optimalen Produktionsintensitäten anstelle von Flächen- oder Ertrags-bezogener Emissionsminderung

■ Notwendige weitere Vernetzung

1. Bioenergie und Lebensmittelproduktion (Übertragbarkeit der Konzepte zur Bewertung von THG-Emissionen)

2. Praxistransfer (viele Details aus der Wissenschaft bekannt aber noch nicht hinreichend in Praxis umgesetzt)

67 Pflanzenzüchtung zur Steigerung der Ressourceneffizienz, Resilienz und Reduktion der THG-Emissionen

Julius-Kühn-Institut, Institut für Resistenzzüchtung und Stresstoleranz: Andreas Stahl

Weltweit sind die Erträge wichtiger Nutzpflanzen in gemäßigten Anbauregionen zunehmend durch die Auswirkungen des Klimawandels beeinträchtigt, insbesondere durch Trockenheit und Hitze zu kritischen Entwicklungszeitpunkten während des Lebenszyklus der Pflanzen. Zugleich kann ein verändertes Krankheits- und Schädlingspektrum die Leistungsfähigkeit der Nutzpflanzen substantiell reduzieren - insbesondere vor dem Hintergrund einer angestrebten Reduktion des Einsatzes von chemisch-synthetisierten Pflanzenschutzmitteln. Die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung stellt Herausforderungen an die Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele und an die Einhaltung planetarer Grenzen. Dazu ist eine Steigerung der Ressourceneffizienz bei gleichzeitiger Reduktion der Treibhausgasemissionen erforderlich.

Neben der Anpassung pflanzenbaulicher Maßnahmen und evtl. dem Einsatz von Bewässerungssystemen kommt der züchterischen Steigerung der biotischen und abiotischen Stresstoleranz eine große Bedeutung zu. Es gilt als evident, dass Pflanzenzüchtung eine besonders nachhaltige Strategie zur Bewältigung dieser Herausforderungen darstellt. Neue, effizientere Sorten sollen einen zunehmend geringeren Nährstoffbedarf aufweisen, Nährstoffverluste reduzieren und eine limitierte Wasserverfügbarkeit effizient zur Ertragsbildung nutzen.

Zur weiteren Steigerung der multiplen Ressourceneffizienz ist ein tieferes Verständnis der genetischen Determinanten von ertragsbildenden Faktoren im Allgemeinen und von Sub-Merkmalen der Wasser- und Nährstoffeffizienz im Konkreten unerlässlich. Mit der Verfügbarkeit von Genomsequenzierungsdaten, neuen Phänotypisierungsansätzen unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen und dem Aufkommen moderner Datenanalysetools können Beziehungen zwischen Genotyp und Phänotyp in verschiedenen Umgebungen besser verstanden werden. Die dazu notwendigen Forschungsansätze reichen

vom Screening genetischer Variation mittels geeigneten Phänotypisierungsansätzen, über Methoden zur Identifikation und beschleunigten Akkumulation vorteilhafter Allele in Zuchtprogrammen, bis hin zur gezielten Modifikation von Einzelmerkmalen, die zur Stressanpassung beitragen.

In diesem Zusammenhang adressiert diese Session Beiträge, die das Verständnis der komplexen Genotyp \times Umweltinteraktionen erweitern und das Verständnis zur genetischen Diversität, Methoden der Genotypisierung und Phänotypisierung bis hin zur züchterischen Umsetzung in Zuchtprogrammen erweitern.

Ablauf

■ Vorträge

- Multiscale modeling to assess the climate change mitigation potential of improved crops | Monique Branco-Vieira
- Crop breeding helps to reduce carbon footprints of wheat and rye in Germany | Ludwig Riedesel
- Treibhausgasreduktion durch Hafer mit erhöhtem Proteingehalt und Resistenz gegen Fusarium | Matthias Herrmann
- Assessment of breeding progress for abiotic stress tolerance in wheat and rye | Ludwig Riedesel
- Einfluss von 1RS-Roggentranslokationen auf die Trockenstresstoleranz von Winterweizen | Lorenz Kottmann
- Verbesserung der Kühletoleranz von Sorghum für einen verstärkten Anbau in Deutschland | Christiane Seiler
- Identifikation von Pflanzeigenschaften zur züchterischen Steigerung der Stickstoffeffizienz von Winterraps | Andreas Stahl

■ Poster

- Carbon sequestration potential of sorghum under optimum irrigation and drought stress | Amna Eltigani

■ Fazit

Multiscale modeling to assess the climate change mitigation potential of improved crops

Branco-Vieira, Monique¹ ✉; Saltzmann, Jovanka¹; Attia, Ahmed¹; Feike, Til¹; Kehlenbeck, Hella¹

¹Julius Kühn Institute (JKI) - Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Strategies and Technology Assessment, Kleinmachnow, Germany

✉ 285arsten.branco@julius-kuehn.de

Promoting climate-resilient crops and sustainable agriculture can mitigate climate change's adverse effects on food security and crop production. However, evaluating the potential consequences of developing new cultivars poses significant challenges. The non-linear crop growth-resource relationship, along with scaling biochemical changes to the agricultural system, adds complexity. These challenges underscore the importance of conducting comprehensive assessments to anticipate the impacts of new crop varieties.

Crop modeling at multiple scales presents an opportunity to incorporate genetic, biochemical, and physiological traits that intersect with various biological and technological aspects of crop production. Furthermore, it is possible to assess new cultivars' ex-ante climate change mitigation potential via prospective life cycle assessment (pLCA). Integrating multiscale crop modeling with pLCA offers a holistic view of their impact on crop productivity and ecosystem sustainability (Fig. 1).

This study aims to develop an integrated approach that combines multiscale crop modeling with pLCA to anticipate the climate change impacts of enhancing photosynthetic traits in maize. The framework involves using a calibrated maize genotype into the process-based crop model (DSSAT) to simulate variables such as leaf area index (LAI) and specific leaf nitrogen (SLN). These variables will then feed into the mechanistic model (DcaPS) to simulate daily canopy photosynthesis and biomass accumulation. We will perform a perturbation analysis on various photosynthetic parameters (e.g., rubisco activity and electron transport rate) using DcaPS to understand their impact on daily biomass production. The

resulting daily-accumulated biomass data will be reintegrated into DSSAT to compute various crop attributes. The virtual genotype, coupled with climate conditions and crop management details, will be used to construct the life cycle inventory for pLCA, enabling a comprehensive assessment of prospective climate change mitigation potential.

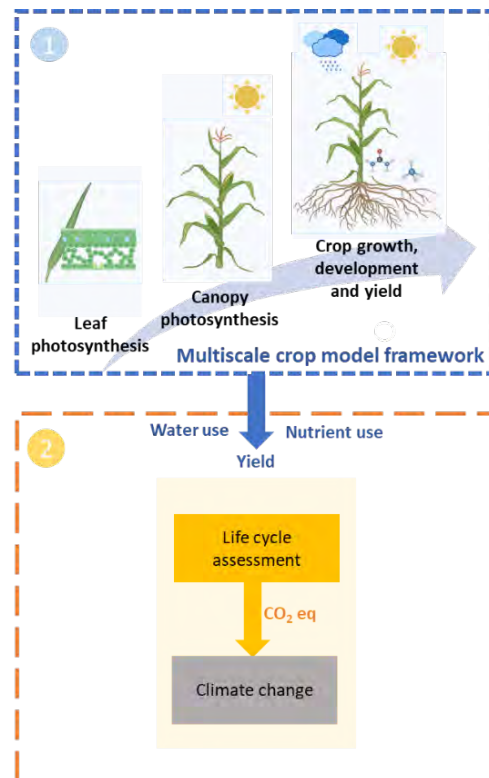


Fig. 92. Multiscale crop model integrated with life cycle assessment.

This framework will enable us to evaluate the effects of integrating photosynthesis improvements into sustainable crop production systems. It will provide breeders with the capability to foresee the climate change mitigation potential of new cultivars during the initial phases of research and development.

Crop breeding helps to reduce carbon footprints of wheat and rye in Germany

Riedesel, Ludwig¹ ✉; Laidig, Friedrich²; Hadasch, Steffen²; Rentel, Dirk³; Hackauf, Bernd⁴, Piepho, Hans-Peter²; Feike, Til¹

¹Julius-Kuehn-Institute, Kleinmachnow, ²University of Hohenheim, Stuttgart, ³Bundessortenamt, Hannover; ⁴Julius-Kuehn-Institute, Groß Luesewitz

✉ ludwig.riedesel@julius-kuehn.de

Global agricultural production is increasingly faced with the challenge of producing more and at the same time causing fewer GHG emissions. However, little is known about the climate change mitigation potential of using modern crop varieties. Hence, this study aimed at evaluating the contribution of breeding progress in winter wheat and winter rye to climate change mitigation in Germany building on official variety trial data during 1983/1985 and 2019. This trial data comprised data of approved wheat ($n=359$) and rye ($n=94$) varieties, which were each tested at multiple locations throughout Germany. All varieties were tested at two input intensities (I), with fungicides (I1) vs. without fungicides and reduced growth regulator intensity (I2). Additionally, breeding type (T), i.e., hybrid variety vs. population variety was considered for rye. In total 55,306 and 21,319 genotype \times environment (i.e., year \times trial \times site) \times management (G \times E \times M) combinations were available for wheat and rye, respectively.

We computed GHG emissions and CFPs for every single G \times E \times M combination by conducting a partial life cycle assessment (from cradle to farm gate). Therefore, we considered all material and energy flows throughout the wheat and rye production in the variety trials. Additionally, we included fuel emissions for three farm sizes (F) (i.e., 100 ha, 500 ha and 1500 ha) per trial site to better reflect a realistic picture of agricultural practice. We statistically evaluated the results of the LCA using mixed models. Interactions as random effects.

We identified N fertilisation as the primary contributor to GHG emissions. Nitrous oxide (N₂O) emissions (~50%) and emissions caused by manufacture of N fertiliser (~30%) together account for

over 80% of total wheat and rye GHG emissions. Diesel emissions account for the third-largest share (8-10%) of total agricultural emissions. Seed production emissions rank at fourth and are about twice as high for wheat (4-5%) than for rye (2-3%). The emissions for pesticide and machinery production are marginal.

Rye production revealed about 20% lower GHG emissions and 8% lower CFPs compared to wheat production. Regarding plant protection intensity, we observed 6% (wheat) and 10% (rye) higher GHG emissions with full fungicide and growth regulator application (I2). However, yields in I2 were also 14% (wheat) and 16% (rye) higher compared to yields in I1. Consequently, CFPs were 8-9% lower in I2 than in I1 for both crops. We furthermore observed decreasing CFP and GHG emissions with increasing farm size. Moreover, we detected that higher yield of hybrid varieties also overcompensated the resulting higher GHG emissions (+4%), leading to lower CFPs (-9%).

Looking at breeding progress, we found that annual yield increases led to concomitant higher yearly GHG emissions per land unit (+0.1% - +0.3%), largely due to increased N₂O emission due to higher crop residues. However, despite increasing GHG emissions per unit land, CFPs decreased by -0.36% to -0.62% (wheat) and -0.25 to -0.48% (rye) per year. Hence breeding progress significantly reduced CFPs of wheat by -20 to -30% and rye by -10 to -20% over the past 37 years. Against the background of the continuously rising global demand for food and the limited global crop land resources, the significant contribution of breeding progress to reducing the emissions per unit harvest product can be considered a valuable contribution to climate change mitigation.

Treibhausgasreduktion durch Hafer mit erhöhtem Proteingehalt und Resistenz gegen *Fusarium*

Sprycha, Yves¹; Zaar, Anne¹; Herrmann, Matthias¹ ✉

¹Julius-Kühn Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, Groß Lüsewitz, Deutschland

✉ matthias.herrmann@julius-kuehn.de

Durch das wachsende Bewusstsein für die Auswirkungen der industriellen Lebensmittelproduktion auf Klima und Umwelt, insbesondere der Fleisch- und Milchproduktion, kommt es bei immer mehr Menschen zu einem Umdenken in der Ernährung. Dabei spielen die Regionalität von Lebensmitteln und die Reduktion von Fleisch und tierischen Erzeugnissen eine große Rolle, da die Reduktion von tierischem Eiweiß ein großes Potential zur Verminderung von Treibhausgasemissionen (THG) bietet. Pflanzliche Milchalternativen und Fleischersatzprodukte aus Hafer, Lupine sowie Soja weisen in Deutschland und in der EU bereits einen wachsenden Absatz auf, wobei besonders Haferdrinks bei Verbrauchern sehr beliebt sind. Für die wirtschaftliche Erzeugung von Hafer für Haferdrinks werden widerstandsfähige und ertragreiche Sorten benötigt. Wichtige Zielmerkmale sind neben dem Ertrag auch Qualitätsmerkmale, wie der Proteingehalt und die Resistenz gegen Fusariosen.

Das Projekt TRIP (Treibhausgas Reduktion durch innovative Züchtungsschritte bei alternativen pflanzlichen Proteinquellen) zielt auf die Förderung alternativer, pflanzlicher Proteinquellen als Milch- und Fleischersatz ab, um THG-Emissionen zu reduzieren. Genutzt werden zwei EMS-Mutantenpopulationen der Sorten Delfin und Symphony (Abb.1). Ziel ist die Identifizierung von Haferlinien mit erhöhtem Proteingehalt und verbesserter Fusariumresistenz. Zudem soll das züchterische Potenzial von Kandidatengenomen bzgl. eines erhöhten Proteingehalts und einer Pilzresistenz mittels neuer molekularer Techniken analysiert werden. Zur genetischen Kartierung und Markerableitung der Zielmerkmale werden ausgewählte Linien über whole

exome capture and sequencing (WES) resequenziert.



Abb. 1. Verschiedenen EMS-Mutanten der Hafer-sorte Delfin (@ Y. Sprycha/JKI)

Für die Versuchsjahre 2022 und 2023 wird der Proteingehalt von 1.200 M4 Mutanten der Sorte Delfin mittels Referenzanalytik nach Kjeldahl bestimmt (Abb.2). Ergänzend werden die Proben (Kerne und Schrot) mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gescannt um eine zerstörungsfreie NIRS-Methode zur Proteinbestimmung zu entwickeln.



Abb. 2. Rohproteinbestimmung mittels Kjeldahl (@ A. Zaar/JKI)

Die ersten Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2022 zeigen bereits Unterschiede im Proteingehalt der einzelnen Mutanten. Auch wurden Unterschiede in den Merkmalen Tausendkorngewicht, Rispen-schieben und Wuchshöhe verzeichnet.

The project TRIP is funded by the Federal Ministry of Food and Agriculture as part of the German Climate Protection Programme 2022

Assessment of breeding progress for abiotic stress tolerance in wheat and rye

Riedesel, Ludwig¹ ✉; Möller, Markus²; Piepho, Hans-Peter³; Rentel, Dirk⁴; Lichthardt, Carolin⁴; Golla, Burkhard¹; Kautz, Timo⁵; Feike, Til¹

¹Julius Kühn-Institute, Kleinmachnow, ²Julius Kühn-Institute, Braunschweig, ³University of Hohenheim, Stuttgart, ⁴Bundessortenamt, Hannover; ⁵Humboldt University, Berlin

✉ ludwig.riedesel@julius-kuehn.de

Heat and drought stress can differ substantially in their yield effects depending on the location where the crop is grown. There is a lack of knowledge regarding the factors dominantly driving these differences. Weather indices (WIs) are a powerful tool to explain the site-specific impact of adverse weather conditions on crop yields. However, the weather-yield-relations cannot be fully described and understood, if the Genotype x Environment x Management (G x E x M) conditions of the yield data are insufficiently described. The aim of this study was therefore to analyze the E and G impacts of single and combined heat and drought WIs on winter wheat and winter rye yields using yield data from pre-registration variety trials.

We integrated the point-based yield data from the variety trials with WIs from gridded weather and phenology data. We set up mixed models and compared the individual explanatory power of each WI for wheat and rye. Based on this, we (1) tested the yield effects due to combined heat and drought in different site clusters (i.e., low and high annual precipitation; low and high soil quality; sandy and loamy soil) and (2) analyzed the development of abiotic stress tolerance along the cultivar ages (Fig. 1).

Our results showed that individual heat WIs as well as combined heat and drought WIs during the generative phase explained yield effects best for both crops. In addition, we found two to three times stronger negative yield effects on sites with low annual precipitation and poor soil structure compared to better

sites. Rye, which was predominantly tested on more marginal sites compared to wheat, showed significantly higher yield losses than wheat. This highlights that the specific site-conditions exert a stronger effect on abiotic stress-induced yield losses than genetically determined resilience to these weather extremes.

In addition, the analysis of the genetic trend shows a steady increase in yields through breeding progress, but no improvement regarding stress tolerance of newer vs. older varieties.

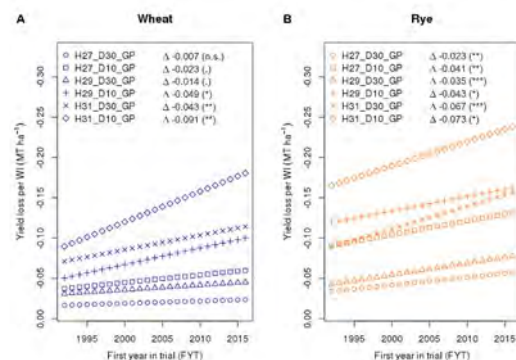


Fig. 93. Adjusted mean of absolute yield losses due to combined heat and drought stress at different stress intensities ($H = T_{max} > 27; 29; 31^{\circ}\text{C}$; $D = \text{PAW} < 30; 10\% \text{ PAWC}$) during the generative phase (GP; BBCH 51-87) over the variety age (i.e., First year in trial)

In conclusion, this study highlights the value of high-yield potential sites to achieve global food security goals and underscores the necessity of integrating site-specific considerations into agricultural strategies and breeding programs.

Einfluss von 1RS-Roggentranslokationen auf die Trockenstresstoleranz von Winterweizen

Kämpfer, Thomas¹ ✉; Bülow, Lorenz²; Bund, Adalbert³; Hartl, Lorenz³; Mohler, Volker³; Hackauf, Bernd²; Kottmann, Lorenz¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig, ²Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, Groß Lüsewitz, ³Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

✉ thomas.kaempfer@julius-kuehn.de

Aufgrund veränderter Niederschlagsverteilungen mit abnehmenden Niederschlagsmengen in den Frühjahrs- und Frühsommermonaten gewinnen trockenstresstolerante Weizengenotypen verstärkt an Bedeutung. Das Wurzelsystem ist ein zentraler Faktor im Wasserhaushalt des Weizens und stellt ein Schlüsselmerkmal im Hinblick auf die Optimierung der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen dar. Weizen mit spontanen Translokationen aus dem Roggen, insbesondere solche mit dem kurzen Arm von Chromosom 1 (1RS), sind weltweit vor allem aufgrund ihrer Resistenz gegenüber biotischen Stressfaktoren in Weizenzüchtungsprogrammen integriert worden.

Im Verbundvorhaben TERTIUS¹ wird daher das Ziel verfolgt, durch gezielte Nutzung entsprechender 1RS-Translokationen Weizenprototypen mit optimierter Wurzeleistung, verbesserter Wassernutzungseffizienz und guter Backqualität zu entwickeln, die sich auch unter Trockenstress durch eine stabil hohe Kornertragsleistung auszeichnen.

In einem Teilprojekt von TERTIUS wurden am Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde des JKI in 2021 und 2022 vier Genotypen-Gruppen einer Kreuzungspopulation der Sorten ‚Asory‘ (T1AL.1RS-Translokation der Roggenherkunft ‚Insave‘ auf Chromosom 1A, hoher Ertrag unter Trockenstress) und ‚Kamerad‘ (T1BL.1RS-Translokation der Roggenherkunft ‚Petkus‘ auf Chromosom 1B, geringerer Ertrag unter Trockenstress) mit definierter Konstitution bezüglich der Translokation, die Eltern ‚Asory‘ und ‚Kamerad‘ sowie sechs Verrechnungssorten

unter kontrolliertem Trockenstress (30-50 % nFK) in Rain-out Shelters und unter optimaler Wasserversorgung (> 70 % nFK) hinsichtlich ihrer Trockenstresstoleranz charakterisiert. Neben der zentralen Zielgröße Kornertrag wurden verschiedene weitere agronomische, phänologische und physiologische Merkmale mit Hilfe von Feldmessungen (z. B. Blattflächenindex) und Fernerkundungsmethoden (z. B. spektrale Reflexion) erfasst. Da all diese Merkmale von der Wasseraufnahme beeinflusst werden, wurden analog dazu Gefäßversuche durchgeführt, um Einblicke in die Wurzelarchitektur der Genotypen zu erhalten.

Die zweijährigen Ergebnisse zeigen, dass unter Trockenstress bei dem Elter ‚Asory‘ sowie den Genotypen-Gruppen mit T1AL.1RS-Translokation in Bezug auf den relativen Kornertrag eine Überlegenheit gegenüber Genotypen mit T1BL.1RS-Translokation zu erkennen war. Es wird darüber hinaus deutlich, dass eine T1AL.1RS/T1BL.1RS-Doppeltranslokation ebenso positive Effekte hatte, die es dem Weizen unter Trockenstress ermöglichen, vergleichsweise hohe Erträge auszubilden. Die erfolgreiche Stressantwort äußerte sich durch erhöhte Vegetationsindizes (z.B. LAI, NDVI) und insbesondere durch eine erhöhte Wurzelmasse im Gefäßversuch.

Die Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass die in ‚Asory‘ vermittelte Trockenstresstoleranz auf die 1AL.1RS-Translokation, auch in Kombination mit der 1BL.1RS-Translokation, zurückgeführt werden kann.

¹Genom-basierte Strategien zur Nutzung des tertiären Genpools für die Züchtung klimaangepassten Weizens

Verbesserung der Kühletoleranz von Sorghum für einen verstärkten Anbau in Deutschland

Seiler, Christiane¹ ✉; Matros, Andrea¹; Wehner, Gwendolin¹ und Stahl, Andreas¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

✉ christiane.seiler@julius-kuehn.de

Um die Klimabilanz des Pflanzenbaus signifikant zu verbessern, sollen einerseits die CO₂-Emissionen während der Pflanzenproduktion reduziert werden. Andererseits kann durch auf dem Feld verbleibende Ernte- und Wurzelrückstände durch eine vermehrte Humusbildung die Kohlenstoff ©-Sequestrierung erfolgen. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) ist wie Mais eine C4-Pflanze, anspruchslos, trockentolerant und bekannt für ihren hohen Gesamt-C-Eintrag. Vor allem durch sein großes Wurzelwerk kann Sorghum effektiv zum Humusaufbau beitragen.

Die Herausforderungen des Sorghumanbaus in Deutschland sind vor allem die verminderte Kühletoleranz und das nicht angepasste Abreifeverhalten. Daher zielt das Projekt SORGHUM auf die Analyse der genetischen Basis dieser beiden Eigenschaften ab, um vorteilhafte allelische Varianten zu identifizieren und basierend auf genomweiten Markerdaten Vorhersagemodelle zu entwickeln. Weiterhin soll getestet werden, ob eine erhöhte Humusreproduktion und C-Sequestrierung eine verbesserte Treibhausgasbilanz der Pflanzenproduktion unterstützt.

Basierend auf vorhandenen phänotypischen Daten von Populationen rekombinanter Inzuchtlinien (RIL), die bereits an

die photoperiodischen Bedingungen in Deutschland angepasst sind, wurden 50 vorselektierte Restorerlinien ausgewählt. Durch Kreuzung mit jeweils vier Mutterlinien sind Testhybriden produziert worden. Die Testhybriden wurden 2023 erstmalig in mehrortigen Feldversuchen entlang einer Nord-Süd-Achse in Deutschland angebaut und auf ihre Kühletoleranz und ihr Abreifeverhalten untersucht, um Linien mit verbesserter Leistung zu identifizieren.

Zusätzlich wurden Keimungsexperimente unter kontrollierten Bedingungen mit den Elternlinien durchgeführt. Ausgewählte Hybride werden zusätzlich unter Trockenstressbedingungen untersucht, um die Kohlenstofffixierung unter gegenwärtigen und sich verändernden Klimabedingungen zu ermitteln.

Mit Hilfe der Trainingspopulationen und genomweiten Markerinformationen sollen letztlich verbesserte genomische Prädiktionsmodelle für Kühletoleranz, frühe Reife, Ertrag, Kohlenstofffixierung und Biomasse der Ernterückstände entwickelt werden.

Hier zeigen wir die ersten Ergebnisse der letztjährigen Feldexperimente sowie der Keimungstests hinsichtlich der Kühletoleranz.

Identifikation von Pflanzeigenschaften zur züchterischen Steigerung der Stickstoffeffizienz von Winterraps

Stahl, Andreas^{1#} ✉; Rose, Till^{2#}; Weber, Sven³; Lukas, Förter³; Ehrig, Lennard³; Snowdon, Rod³; Sieling, Klaus²; Kage, Henning²

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

²Christian-Albrechts-University Kiel, Kiel

³Universität Gießen, Professur für Pflanzenzüchtung, Gießen

gemeinsame Erstautoren

✉ Andreas.Stahl@julius-kuehn.de

Stickstoff (N) ist der wichtigste zu düngende Pflanzennährstoff und essentiell zu Erreichung hoher Flächenproduktivitäten. Der Einsatz von chemisch-synthetischen Stickstoffdüngemittel trägt global substanziell zu Leistungsfähigkeit der Landwirtschaft bei. Allerdings ist die Erzeugung der N-Düngers energieaufwändig und ungenutzter Stickstoff, der in Form von Nitrat in Gewässer oder in volatiler Form in die Atmosphäre entweicht, kann zur Beeinträchtigung von Ökosystemen führen. Solche direkten und indirekten Auswirkungen erfordern aus ökologischen und ökonomischen Gründen einen effizienteren Umgang mit N. Winterraps ist grundsätzlich effizient in der N-Aneignung und akkumuliert sowohl vor Winter als auch im Frühjahr beachtliche Mengen N in der Biomasse. Durch asynchrone Source-Sink-Beziehungen und ineffiziente Verlagerung von Stickstoff in den Samen hinterlässt Raps vergleichsweise hohen N-Bilanzüberschüsse.

Die Verbesserung der N-Bilanz kann durch Optimierung pflanzenbaulicher und züchterischer Maßnahmen gesteuert werden. Dabei kommt einer besseren Durchdringung der komplexen Wechselwirkungen zwischen Genotyp und Management eine große Bedeutung zu, insbesondere da eine große Anzahl von Pflanzeigenschaften mit jeweils kleinen Einzeleffekten zur Leistungsfähigkeit des Rapses unter verschiedenen Umweltbedingungen beiträgt.

Hier werden Ergebnisse aus N-Steigerungsversuchen – fünf Stufen im Intervall von 60 kg N/ha (0-240 kg N/ha) – präsentiert, in denen neuere und ältere Sorten hinsichtlich der Ertragsleistung und der Einsparung von Treibhausgasen verglichen werden. Zudem wurden mehrere hundert Testhybriden in einem mehrortigen, unvollständig wiederholten Feldversuch bei reduzierter N-Düngung geprüft und anhand von multispektralen Reflexionsmessungen Vegetationsindices bestimmt. Ferner wurden sowohl genomweite Markerdaten zur genomischen Prädiktion genutzt als auch die phänotypischen Daten (früherer Versuche) zum Trainieren des dynamischen Wachstumsmodells HUME-OSR (Böttcher et al., 2020) eingesetzt.

Die Ergebnisse belegen nicht nur einen Zuchtfortschritt über die jeweiligen Zulassungsjahre und die daraus resultierende spezifischen N-Einsparpotentiale, sondern auch eine nutzbare genetische Variation für Source- und Sink-Merkmale. Es zeigt sich, dass mit Hilfe der genomischen Vorhersagemodelle die Ertragsfähigkeit der Testhybriden gut geschätzt werden kann und in-silico Versuche einen wertvollen Beitrag leisten, um die komplexe Interaktion der Stickstoffeffizienz zu analysieren.

Carbon sequestration potential of sorghum under optimum irrigation and drought stress

Eltigani, Amna¹ ✉; Hajjarpoor, Amir²; Feike, Til²; Kottmann, Lorenz¹

¹Julius Kühn-Institute (JKI), Institute for Crop and Soil Science, Braunschweig, ²Julius Kühn-Institute (JKI), Institute for Strategies and Technology Assessment, Kleinmachnow

✉ amna.eltigani@julius-kuehn.de

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is a multipurpose C4 crop that in addition to its undemanding nature, is known for a high soil C input owing to its deep and dense root system. In this context, sorghum cultivation can contribute significantly to climate mitigation. In Germany, under future climate change scenarios with increased drought and heat, it is expected that the cultivation suitability and competitiveness of sorghum with other C4 crops like maize will increase.

In Germany, sorghum is cultivated in a limited area, also little is known about sorghum genotypes that are suitable for the local conditions. Therefore, our work aims to screen sorghum test hybrids for their potential for carbon sequestration based on their above- and below-ground biomass production under both optimum irrigation and drought-stress conditions in Braunschweig, Germany.

In a complementary set-up comprising of field (Fig. 1), greenhouse and laboratory experiments, we measure agronomical, phenological and physiological parameters in 10 sorghum test hybrids in addition to commercial sorghum and maize cultivars used as references under optimum and drought stress conditions



Fig. 94. Our field experiment in Braunschweig

We use a variety of methods such as soil coring up to 150cm, root scanning in addition to chlorophyll, stomatal conductance and leaf area index measurements.

Our preliminary results (Fig. 2) revealed that the screened test hybrids have shown different phenotypes and consequently are expected to have different potentials for carbon sequestration.

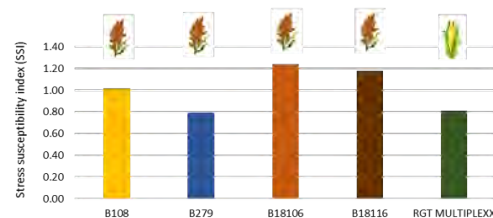


Fig. 2. Results from our greenhouse experiment show Stress Susceptibility Index (SSI) for four sorghum mother lines and one maize cultivar grown in a greenhouse under optimum irrigation and drought stress. $SSI = 1 - (Y_s/Y_p) / 1 - (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)$, where Y_p is the mean yield of the line/cultivar under optimum irrigation, Y_s is the mean yield of the line/cultivar under drought stress, \bar{Y}_p is the mean yield of all lines/cultivars under optimum irrigation and \bar{Y}_s is the mean yield of all lines/cultivars under drought stress.

In this work, we expect to identify sorghum hybrids that are suitable for cultivation in German light soils susceptible to drought such as present in Braunschweig.

Fazit | Pflanzenzüchtung zur Steigerung der Ressourceneffizienz, Resilienz und Reduktion der THG-Emissionen

In sieben Vorträgen der Session wurde deutlich, dass der anhaltende Zuchtfortschritt in relevanten Kulturarten nicht nur zu höheren Erträgen und einer kontinuierlichen Anpassung an veränderte Anbaubedingungen führt, sondern auch eine stetige Verbesserung der Ressourceneffizienz sowie eine Reduktion der spezifischen Treibhausgasemissionen ermöglicht. Damit stellt die Züchtung sowohl eine Strategie zum Klimaschutz als auch zur Klimaanpassung dar und steht nicht im Konflikt mit der Erreichung anderer Ziele.

Die Sequenzierung vollständiger Genome und nicht-invasive Hochdurchsatzphänotypisierung eröffnen zusammen mit einer Kombination aus genomischen und Pflanzenwachstumsmodellen ein verbessertes Verständnis von Phänotyp-Genotyp-Beziehungen. Dabei stellen komplexe Genotyp-Umwelt-Management-Interaktion ($G \times E \times M$) nach wie vor einen Flaschenhals dar, der besser durchdrungen werden sollte.

Neben der weiteren Optimierung der Genetik von bereits auf großer Fläche angebauten Kulturarten, wird der Adaptation von Kulturarten, die unter den erwarteten veränderten Anbaubedingungen Vorteile aufweisen könnten (z.B. Sorghum als alternative C_4 -Pflanze), eine zunehmende Bedeutung zugeordnet.

68 Klimaschutz in der Pflanzenproduktion bewerten – Indikatoren und Herausforderungen

Julius-Kühn-Institut, Stabsstelle Klima

Die landwirtschaftliche Produktion ist für 10-12 % der anthropogenen Treibhausgas (THG)-Emissionen verantwortlich und leidet gleichzeitig unter den Folgen des Klimawandels wie kaum ein anderer Sektor. Substantielle unmittelbare Anstrengungen sind unerlässlich um die Pflanzenproduktion in den kommenden in Richtung Klimaneutralität zu entwickeln. Doch welchen Beitrag leisten die vielfältigen möglichen Klimaschutzmaßnahmen tatsächlich, um die THG-Emissionen der Pflanzenproduktion effektiv zu reduzieren und die globale Erwärmung abzuschwächen? Hilft uns die Umstellung auf ökologische Landwirtschaft oder ist die Intensivierung der Produktion der richtige Weg?

In dieser Session diskutieren wir an ausgewählten Fallbeispielen gängige Klimaschutz-Indikatoren, und zeigen auf, welche Auswirkungen die Wahl der Indikatoren und der Systemgrenzen inklusive der (Nicht-)Berücksichtigung möglicher Landnutzungsänderungen auf Ergebnisse, Schlussfolgerungen und mögliche Politikempfehlungen haben kann. Forschungslücken und methodische Entwicklungspfade inklusive notwendiger Datengrundlagen werden gemeinsam erarbeitet.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Measures to reduce climate-impacting emissions caused by denitrification | Thade Potthoff
 - Uncertainty of wheat carbon footprints - the role of N₂O estimation method | Donghui Ma
 - Verteilung von mineralisch und partikulär gebundenem Kohlenstoff in Sandböden | Kathrin Grahmann
 - Coupling a crop-soil model and LCA to reduce GHG emissions of crop rotations | Carsten Marohn
 - Aus der Praxis - Pflanzenbauliche Indikatoren für Ökosystemdienstleistungen in Klimabilanz | Ole Klann
 - Bewertung der Klimawirkung von Landnutzung unter Berücksichtigung von Marktmechanismen | Peter Breunig
- Poster Pitches
 - Standortspezifische N₂O-Messungen bei Anwendung von Transfermulch | Stefanie Pencs
 - Spatiotemporal dynamics of the carbon footprint of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) | Dima Sabboura
 - Das Boden-Mikrobiom - ein Schlüssel für das THG-Management im Rahmen nachhaltiger Landnutzung | Steffen Kolb
- Fazit

Measures to reduce direct and indirect climate-impacting emissions caused by denitrification in agricultural soils

Potthoff, Thade¹ ✉; Kühne, Johannes¹; Mielenz, Henrike¹; Buchen-Tschiskale, Caroline²; Stenfert Kroese, Jaqueline²; Well, Reinhard²; Greef, Jörg-Michael¹

¹Julius Kühn Institute (JKI) - Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Crop and Soil Science, Braunschweig, ²Thünen Institute (TI) - Institute of Climate-Smart Agriculture, Braunschweig

✉ thade.potthoff@julius-kuehn.de

Gaseous emissions from denitrification (nitric oxide, NO, nitrous oxide, N₂O, and molecular nitrogen, N₂) cause significant nitrogen losses and contribute to climate change. Denitrification in soils is highly variable on temporal and spatial scale due to its controlling factors such as climate, soil properties and management. Because of its variability, denitrification is difficult to measure in field studies. Therefore, there is still a knowledge gap on mitigation measures of N losses from denitrification in soils. While most studies focused on ammonia- (NH₃) and N₂O-emissions due to their impact on climate change, N₂ emissions can account for a large proportion of the gaseous nitrogen losses. However, due to the high atmospheric background, the quantification of N₂ emissions from fertilisation is challenging. Within the project "Measures to reduce direct and indirect climate-relevant emissions from denitrification in agricultural soils (MinDen)", a field experiment was set up in Brunswick to assess the impact of mineral and organic fertilisation in combination with different application techniques of the organic fertiliser on gaseous nitrogen losses from denitrification. ¹⁵N labelled fertiliser and tracer solution was used to estimate nitrogen balance losses. The dominant and environmentally relevant nitrogen fluxes are determined by quantifying the amount of applied fertiliser, plant nitrogen uptake, soil mineral nitrogen content, in addition to NH₃-, N₂O- and N₂-emissions as well as nitrogen leaching. N₂O emissions are measured using the static chamber method. The N₂ setup is comparable, but the cover is flushed with H₂ and O₂ to decrease the N₂ content inside the cover.



fig. 95. Static chamber for N₂O measurement

To account for a total nitrogen balance, the ¹⁵N recovery rate not captured in soil and plant should equal to the amount of nitrogen lost in gaseous form (N₂O, N₂ and NH₃) or through nitrogen leaching. First results show that overall the N₂O emissions in Brunswick are low, as expected, due to the sandy soil. The organic fertilised treatments had higher N₂O emissions than the mineral fertilised treatments, while the control treatment without fertilizer showed the lowest N₂O emissions. In addition, the mineral fertilizer resulted in higher nitrogen uptake in the maize plants compared with those under organic fertilization. The presentation aims to provide a brief overview of the project and to present preliminary findings on the impact of nitrogen fertilisation on gaseous N emissions, yield, and nitrogen uptake.

Verteilung von mineralisch und partikulär gebundenem Kohlenstoff in Sandböden unter diversifizierten Anbaubedingungen

Grahmann, Kathrin¹ ✉; Holz, Maire¹; Zentgraf, Isabel¹; Tougma, Ines Astrid¹; Joshi, Ayushi

¹Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg.

✉ Kathrin.Grahmann@zalf.de

Das Verständnis der Kohlenstoff ©-Sequestrierung in diversifizierten Anbausystemen liefert wichtige Erkenntnisse zur Erhöhung der Bodengesundheit und Minderung des Klimawandels. Die Dynamik des organischen C (C_{org}) im Boden wird durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung und Anbaudiversifizierung beeinflusst, jedoch ist deren Einfluss auf die relativen C-Fractionen POC (partikulärer C_{org}) und MAOC (mineralisch-assoziiertes C_{org}) bisher wenig untersucht. Daher hat diese Studie zum Ziel, die Variabilität von POC und MAOC in sandigen Böden zwischen diversifizierten Anbausystemen und konventioneller Bewirtschaftung zu vergleichen und das Verständnis für das Bildungspotenzial von POC und MAOC unter verschiedenen Bewirtschaftungsstrategien zu verbessern.

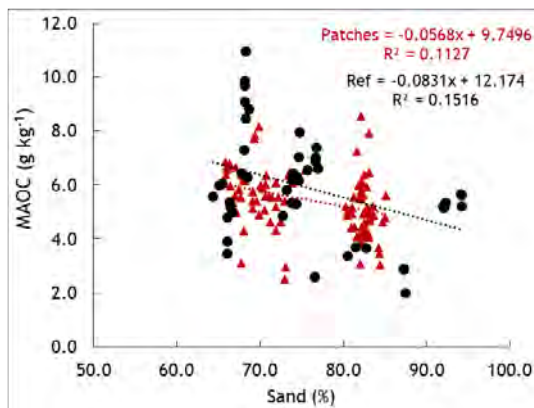


Abb. 96. MAOC Gehalte in Anhängigkeit vom Sandanteil (%) in Patches und Referenzen in 0-20 cm Tiefe.

Die Probenahme wurde 2022 im patch-CROP Experiment in Tempelberg, Brandenburg, durchgeführt. Hierbei handelte es sich um ein 70 Hektar großes Feld, das in 30 kleinere Feldeinheiten (72×72 m patches) unterteilt wurde. Die patches wurden mittels Clusteranalyse in Zonen mit hohem und niedrigem Ertragspoten-

zial aufgeteilt, wobei standortspezifische Fruchtfolgen und strukturelle Feldelemente verwendet wurden. Bodenproben wurden in jedem patch mit drei Wiederholungen in zwei Tiefen (0-20, 20-40 cm) aus allen Kulturarten und Blühstreifen entnommen. Zum Vergleich wurden auch in benachbarten Feldern (Referenzen) mit betriebsüblicher Fruchtfolge und Feldgröße Bodenproben gesammelt. Der Sandanteil im Oberboden lag zwischen 64 und 94%. Die Proben (60g) wurden durch Partikelgrößenfraktionen (0.5% SHMP) prozessiert und mittels Elementaranalyse (CNS928-MLC) auf C_t und N_t untersucht.

Der geringe Anteil des Ton-Schluffgehaltes zeigte keinen eindeutigen Zusammenhang mit MAOC in patches ($R^2=0.11$) oder Referenzen ($R^2=0.15$), gleiches gilt für den Sandgehalt (Abb. 1).

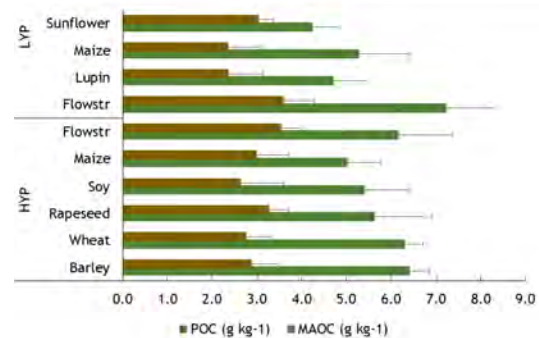


Abb. 2. MAOC und POC Gehalte unterschiedlicher Kulturen der Patches in 0-20 cm Tiefe (LYP: low yield potential; HYP: high yield potential).

Diese Studie belegt die dynamische Reaktion auf C-Fractionen durch Diversifizierungsmaßnahmen. Zudem zeigen die Daten, dass die Bodentextur nicht einheitlich definiert, wie Fraktionen C anreichern.

Spatiotemporal dynamics of the carbon footprint of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) in Germany

Sabboura, Dima¹ ✉; Ma, Donghui Ma¹; Forchert, Max¹; Karpinski, Isabella¹, Feike, Til¹

¹Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn Institute, Kleinmachnow

✉ Dima.Sabboura@julius-kuehn.de

Substituting animal-based dairy and meat products with plant-based alternatives can significantly contribute to mitigating climate change in the food sector. One potential solution lies in the use of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*), a legume that thrives in temperate climates and offers promising prospects for producing plant-based proteins as dairy substitutes. In fact, several lupin-based products are already available in the German market. However, in order to accurately quantify the greenhouse gas (GHG) mitigation potential of lupin-based products, it is essential to assess the emissions associated with their production chain.


In this study, our primary objective is to evaluate the carbon footprint of lupin production, with a specific focus on the influence of cultivars, management practices, and actual crop yields and qualities. To achieve this, we adopt a cradle-to-farm-gate life cycle assessment (LCA) approach, enabling us to comprehensively analyze the carbon emissions associated with lupin seed production. Our data collection encompasses lupin state variety trials, encompassing multiple genotypes, years (2005-2022), and locations. This approach allows us to capture a wide range of pro-

duction conditions and the existing variability within the lupin cultivation.

To assess the effects of genotype, environment, and management practices (G × E × M), we employ mixed models that provide valuable insights into their combined influence on the carbon footprint of lupin production. Furthermore, we employ various methodologies to quantify nitrous oxide (N₂O) emissions accurately, an important contributor to greenhouse gas emissions in agricultural systems. By incorporating these factors, we aim to comprehensively understand the carbon footprint associated with lupin production.

Our study provides a comprehensive assessment of the carbon footprint of lupin production, considering various factors such as cultivars, management practices, and crop yields and qualities. By employing a cradle-to-farm-gate LCA approach and analyzing data from a wide range of sources, we aim to quantify the greenhouse gas emissions associated with lupin-based products accurately. This knowledge will be instrumental in supporting climate change mitigation efforts within the food sector and promoting the adoption of sustainable plant-based alternatives.

Coupling a crop-soil model and life cycle assessment to support GHG reduction of crop rotations

Marohn, Carsten ; Attia, Ahmed; de Kock, Arno; Horney, Peter; Dähmlow, Daniel; Quade, Maria; Füssek, Patryk; Strassemeyer, Jörn; Feike, Til

Julius Kühn Institute, Institute for Strategies and Technology Assessment, 14532 Kleinmachnow

 carsten.marohn@julius-kuehn.de

Diversified and legume based crop rotations can potentially increment soil organic carbon (SOC) and nitrogen stocks, capture excess nitrogen from the system and thus save mineral fertiliser. However, implementation by farmers may be limited by lack of evidence on positive effects on climate and crop yields. Mechanistic plant-soil models can potentially close this gap, accounting for site-specific properties like soil temperature and moisture as well as plant related processes. In life cycle assessment (LCA), data from mechanistic models can improve GHG flux estimations from tiers 1 and 2 (static emission factors) to the potentially more accurate tier 3 level. The provision of a user-friendly decision support tool that allows comparing effects of improved crop rotations on climate change mitigation and crop yields could assist farmers in risk assessment when considering alternative crop rotations. We combine spatially explicit soil and weather data, crop modelling, LCA and a user-friendly web interface into a decision support tool to achieve this.

The presented decision support tool builds on the SYNOPSIS interface, hosted at the Julius Kühn Institute, originally designed for spatially explicit risk assessment of pesticide applications. Historical and projected future daily weather data provided by the German Weather Service DWD on a 1km² grid for Germany since 1991 and soil data at 1:200,000 scale (BGR) are assigned to user-defined plots. Typical regional or user-defined crop rotations, detailed management and cultivar information are used to parameterise the plant growth model DSSAT v4.8 (www.dssat.net). CENTURY (DOI 10.5281/zenodo.4822704) SOC and GHG emissions at plot scale during a full crop rotation. Modelled SOC stocks and N₂O fluxes at daily resolution (Tier 3) are

included in a life cycle assessment at cradle to farm gate scale (Fig. 1). The coupled user interface, models and LCA can be used to assess potentials and risks of hypothetical crop rotations for climate change mitigation. Field and management data from various field experiments and calibrated generic crop coefficients were used to parameterise and validate the model.

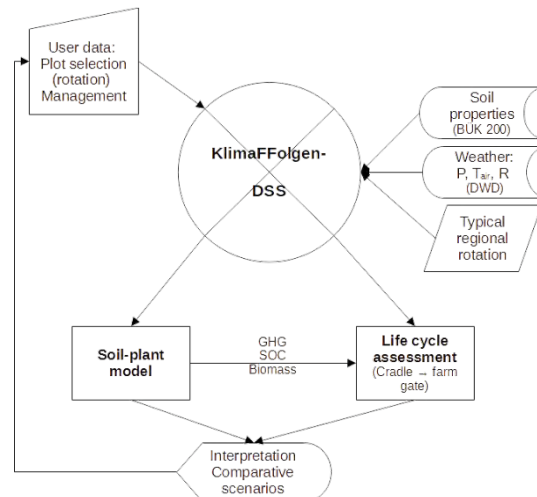


Fig. 97. Conceptual framework of the decision support system and respective data flows.

SOC stocks, GHG emissions and yields are presented comparing experimental settings (winter rapeseed - winter wheat - winter rye - maize - pea - winter triticale) against hypothetical scenarios with additional legumes and reduced mineral fertiliser levels. The models show potential to identify effects of improved crop rotations and management on C and N stocks and fluxes relevant to climate change. The system will enable more detailed analyses, e.g. on permanence of measures under different rotations, leaching of NO₃ from different legumes and catch crops (leakage), improved synchronisation and dosage of fertiliser application.

Aus der Praxis – Pflanzenbauliche Indikatoren für Ökosystemdienstleistungen in Klimabilanzen

Klann, Ole¹; Ketzler, Lisa¹

¹Bioland Beratung GmbH, Mainz

✉ ole.klann@bioland.de, lisa.ketzler@bioland.de

Unsere Erfahrungen aus der Praxisforschung und landwirtschaftlichen Beratung im Pflanzenbau legen nahe, dass eine breitere Erfassung von Ökosystemdienstleistungen und Senkenwirkungen in Klimabilanzen entscheidend ist, um die Gesamtleistung von Betrieben umfassend zu würdigen und Ihre Motivation aufrechtzuerhalten. Daher möchten wir anhand unserer Recherchen und eines Beispielbetriebs darlegen, welche Indikatoren für Senken- und Ökosystemdienstleistungen in Klimabilanzierungstools für eine klimafreundliche Betriebsentwicklung integriert werden könnten.

Dabei sind die Forschungsfragen die Folgenden:

- Welche Senkenwirkungen und weitere Ökosystemdienstleistungen erbringt ein Ökobetrieb, ohne dass sie in gängigen Klimabilanzierungstools erfasst werden?
- Welche Nachhaltigkeitsfaktoren können indirekt über Klimabilanzierungstools erfasst werden und sind diese für die Praxis geeignet?

Um dies zu veranschaulichen, wird die Klimabilanzierung eines Ackerbaubetriebs herangezogen, um zu zeigen, welche Indikatoren daraus berechnet werden könnten und welche für die landwirtschaftliche Praxis sinnvoll sind.

Beispiele für solche Indikatoren umfassen den Humusaufbau und andere Senkenwirkungen, welche einen integralen

Bestandteil jeder Klimabilanzierungen sein sollten.

Darüber hinaus soll geprüft werden, welche weiteren Ökosystemdienstleistungen aus Klimabilanzierungsdaten berechnet werden können.

In der Forschung und Praxis wurden viele Nachhaltigkeitsbewertungstools für die Landwirtschaft entwickelt, woran sich zur Beantwortung der Fragen orientiert wird.

Zudem sollten die Indikatoren gleichzeitig mehrere Anforderungen erfüllen. Sie sollten aussagekräftig, eindeutig, justizierbar und kostengünstig sein. Zudem sollten geeignete Benchmarks vorliegen, die für die Gesamtheit der vielfältigen Landwirtschaftsbetriebe anwendbar sind und mit Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsmaßnahmen gekoppelt werden könnten.

Ein ganzheitlicher Ansatz ist erforderlich, der das gesamte Agrar- und Ernährungssystem berücksichtigt, einschließlich der Auswirkungen auf die „Feed-Food“-Beziehung, tierische Lebensmittel und Lebensmittelverschwendung. Regionale und überregionale Betrachtungen sind entscheidend, um die Wechselwirkungen zwischen Betrieben und ihre Auswirkungen auf die Landschaft zu verstehen. Dieser Kontext wird daher ebenso in die Entwicklung und Diskussion der Indikatoren einbezogen.

Tab. 1 C-Senke Wirkung verschiedener Maßnahmen im Pflanzenbau

Maßnahme	Mg C ha ⁻¹ a ⁻¹	Zeitraum	Quelle	DOI
Feldhecke	5,2	20	Sophie Drexler et al. 2021	10.1007/S10113-021-01798-8
Streuobstwiese	0,4	100	Elron Wiedermann et al. 2022	10.4126/FRL01-006434011
Acker zu Grünland	0,2-0,5	20	F. Soussana et al. 2010	10.1017/S1751731109990784

Bewertung der Klimawirkung von Landnutzung unter Berücksichtigung von Marktmechanismen

Breunig, Peter¹ ✉; Mergenthaler, Marcus²

¹Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Campus Triesdorf, ²Fachhochschule Südwestfalen, Soest

✉ peter.breunig@hswt.de

Veränderungen in der Pflanzenproduktion und der damit verbundenen Landnutzung sind wesentlich für den Klimaschutz. Allerdings decken bisherige Ansätze zur Bewertung der Klimawirkung des Pflanzenbaus den Aspekt der Landnutzung und Landnutzungsänderung oft nur unzureichend ab. Dieser Beitrag stellt einen neuen Ansatz vor, um diese Lücken zu schließen und die tatsächlichen Auswirkungen der Pflanzenproduktion auf das Klima besser zu verstehen.

Bisherige Bilanzierungssysteme im Bereich des Pflanzenbaus konzentrieren sich hauptsächlich auf direkte Emissionen der Produktion und berücksichtigen nur selten Landnutzungsaspekte. Dies ist problematisch, da die Kohlenstoff-Opportunitätskosten (KOK) einer Fläche in der Regel höher sind als die Produktions-emissionen auf dieser Fläche (Searchinger et al. 2021 - 10.46830/wrirpt.20.00006). Die KOK entsprechen der durch die Nutzung entgangenen Kohlenstoff-Speicherleistung der natürlichen Vegetation einer Fläche (Searchinger et al. 2018 - 10.1038/s41586-018-0757-z). Eine Möglichkeit, um den wichtigen Aspekt der KOK in die Klimabewertung des Pflanzenbaus mit einzubeziehen haben Searchinger et al. (2018) vorgestellt. Der dort entwickelte „Carbon Benefits Index“ nutzt KOK und eine separate Betrachtung der Angebots- und Nachfrageseite um die Klimawirkung des Pflanzenbaus und anderer Landnutzungsoptionen auf der einen Seite, sowie Verwendungs- und Konsumoptionen auf der anderen Seite umfassend zu bewerten.

Diese getrennte Betrachtung von Angebots- und Nachfrageseite wird jedoch auch kritisiert (Muller 2018 - orprints.org/id/eprint/34496/), da der Marktmechanismus durch die Interaktion zwischen Angebot und Nachfrage wesentlich

ist, um die tatsächliche Klimawirkung des Agrar- und Ernährungssystems bewerten zu können. Bisher sind Marktmodelle weit verbreitet, um die Wirkung von Politikmaßnahmen, Innovationen, Konsumveränderungen und anderer Marktszenarien auf das Klima zu quantifizieren (Henning et al. 2021 - www.biopop.agrarpol.uni-kiel.de/de/f2f-studie; Rieger et al. 2023 - 10.1111/1477-9552.12530). Diese Marktmodelle können jedoch dazu führen, dass eine abnehmende Effizienz aus Klimaschutzsicht auf der Angebotsseite von einer zunehmenden Effizienz auf der Nachfrageseite verschleiert wird und umgekehrt (Searchinger et al. 2018). Aus diesem Grund sind Marktmodelle zwar gut geeignet, um Szenarien zu bewerten, aber nicht um gezielt Szenarien für einen effizienten Klimaschutz zu entwickeln.

Wir stellen hier einen innovativen Ansatz vor, der den „Carbon Benefits Index“ von Searchinger et al. (2018) mit den Verfahren der Marktmodellierung verbindet. Dabei werden Marktszenarien bezüglich ihrer Auswirkungen auf die „Carbon Benefits“ und die „Carbon Cost of Consumption“ bewertet. Anhand eines vereinfachten Beispiels zeigen wir, wie dieser Ansatz hilft, Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft gezielter für einen effektiven Klimaschutz zu gestalten.

Unser Ansatz ermöglicht es, die Vorteile beider Bewertungsansätze zu verbinden: zum einen können Interaktionen aus Angebot und Nachfrage voll berücksichtigt werden und zum anderen können Veränderungen der Effizienz aus Klimaschutzsicht inklusive KOK separat für die Angebots- und Nachfrageseite identifiziert werden, um beispielsweise Vorschläge für effektivere politische Interventionen abzuleiten.

Standortsspezifische N₂O-Messung bei Anwendung von Transfermulch

Pencs, Stefanie¹; Müller, Christoph¹ ✉; Gruhl, Maria¹; Hommel, Robert¹; Jäckel, Ulf¹

¹LfULG Sachsen, Str. des Fortschritts 9A, 01869 Nossen

✉ Christoph.Mueller@smekul.sachsen.de

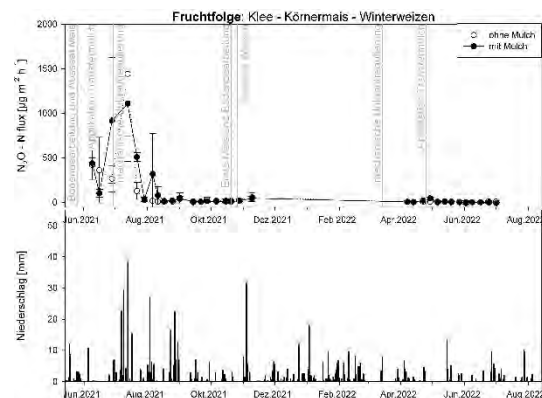
Ein Teil des Stickstoffeintrags durch Düngung oder Ernterückstände wird auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in N₂O umgewandelt und emittiert. Dabei können die Werte in Abhängigkeit von Region und Düngeverfahren stark variieren. Auf den Versuchsflächen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) wird in Nossen seit 2019 in einem ökologisch bewirtschafteten Anbausystem mit sechsgliedriger Fruchtfolge die Ausbringung von Transfermulch (Rotklee) untersucht. Um die umweltschädlichen Treibhausgasemissionen zu quantifizieren werden seit 2021 N₂O-Emissionen gemessen und Prozesse der Bildung von Treibhausgasen (THG) durch die Applikation von Transfermulch analysiert.

Seit dem 09.04.2021 werden regelmäßig Gasmessungen in zwei Varianten mit je vier Wiederholungen durchgeführt. Eine Variante entspricht dem Anbauverfahren mit Transfermulch und die zweite dem ohne Transfermulch. Im Erntejahr 2021 fanden Messungen im Körnermais mit geteilter Haubentechnik sowie in der Folgekultur Winterweizen in den Versuchsjahren 2022 und 2023 mit manueller Haubentechnik statt. Die entnommenen Gasproben volumina werden anschließend mittels Gaschromatographie (GC) analysiert. Aus den gemessenen Konzentrationen werden nach Fuß (2016) Gasflüsse ermittelt.

Es wurde deutlich, dass in der untersuchten Kultur Körnermais nach Vorfrucht Rotklee unabhängig von der Behandlung intensive N₂O-Emissionen ab dem 28.06.2021 bis 22.07.2021 erfasst wurden. Zu Beginn (16.06.2021) erscheint die Messung mit Transfermulch abge-

schwächt, nimmt aber mit fortschreitender Mineralisation des Mulches über das Niveau ohne Mulch zu. So können signifikant höhere Werte für den N₂O-Fluss in der Variante mit Transfermulch festgestellt werden. Darüber hinaus begünstigen die mechanische Unkrautregulierung in Kombination mit kontinuierlichen Niederschlägen vermutlich zusätzlich die N₂O-Freisetzung.


Im Folgezeitraum (2022, 2023) sind die N₂O-Flüsse beider Varianten in der Folgekultur Winterweizen auf ähnlich geringem Niveau



Lachgasflüsse und Niederschläge zu Körnermais und Winterweizen mit und ohne Mulchtransfer

Regelmäßige Niederschläge und umsetzbare stickstoffreiches Material (Wurzeln und Erntereste Klee) führen zu erheblichen N₂O-Emissionen, die durch Transfermulchgaben (Kleeschnitt) kurzzeitig verstärkt werden. Zwei Monate nach Maissaat gehen die Emissionen unabhängig von Transfermulchgaben auf ein sehr niedriges Niveau zurück. Mulchgaben zu Winterweizen haben nach zwei Versuchsjahren keinen messbaren Effekt auf die Lachgasbildung gezeigt.

Uncertainty of wheat carbon footprints – the role of N₂O estimation method

Ma, Donghui¹ ; Riedesel, Ludwig¹, Lichthardt, Carolin², Rentel, Dirk², Laidig, Friedrich³, Piepho, Hans-Peter³, Feike, Til¹

¹Julius Kühn Institute, Institute for Strategies and Technology Assessment, Kleinmachnow

²Federal Plant Variety Office, Hannover

³University of Hohenheim, Institute of Crop Science, Biostatistics Unit, Stuttgart

 Donghui.Ma@julius-kuehn.de

Climate change mitigation has emerged as a critical issue in the agricultural sector. Suffering from the consequences of climate change, farmers are aware of the need to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. The carbon footprint (CFP) describes the sum of GHG emissions that arise during production of a specific product. It can help as an indicator of the climate change contribution of crop cultivation and respective food products. It can guide farmers' crop management towards low-emission agriculture and allow consumers to take better-informed decisions regarding their food choice (Smith et al., 2013).

To model and quantify the CFP on the level of a product, process, individual, enterprise (e.g., farm) or even country, life cycle assessment (LCA) is widely used. It aims to account all emissions throughout the life cycle of e.g., a specific product. While there are certain standards for LCA including the ISO 14044 (ISO, 2006), the methodology itself bears intrinsic uncertainties and LCA results might differ substantially if conducted by different LCA practitioners. The main reason is that emissions can obviously not be measured throughout the entire production and life cycle of a product, but LCA needs to estimate the emissions building on various assumptions. Hence, the uncertainty evolves from the availability and potential variability of input data or respective assumptions, as well as the applied models and methods used for estimations in different production processes.

With respect to crop production, the Life Cycle Inventory (LCI) parameter uncertainties from LCA comprise Activity Data (AD), i.e., types and amounts of inputs and applied production methods, and Emission Factors (EF), i.e., the total GHG emissions expressed in CO₂-equivalents (CO₂e) related to a unit product, e.g., CO₂e kg⁻¹ applied N fertilizer. Another important source of uncertainty in LCA for crop production is associated to the methods used to calculate the direct and indirect N₂O emissions, i.e., IPCC Tier 1 or Tier 2 method vs. N balance method. Sensitivity analysis combined with uncertainty analysis improves the robustness of LCA results regarding the key drivers of environmental impacts (Röös et al., 2010). It can further assist in identifying areas where additional data or research is required.

While there is awareness on the challenges related to LCI parameters' uncertainty and respective (non-)comparability of CFP results between different studies or industry reports, there is still a lack of empirical evidence regarding the extent and contribution sources of uncertainty in crop production. We choose the case of winter wheat, as the most relevant national and major global crop. Accordingly, the specific objectives of this study are to (i) provide CFP sensitivity estimates for wheat production with different traceability, i.e., certainty of input data, and to (ii) provide novel insights regarding the requirements for precise LCA and respective CFP reporting for winter wheat grain.

Fazit | Klimaschutz in der Pflanzenproduktion bewerten – Indikatoren und Herausforderungen

■ Schlussfolgerung

Die verschiedenen Beiträge der Session beleuchteten relevante Herausforderungen bei der Bewertung der Klimawirkung der Pflanzenproduktion und der entsprechenden Forschung. Dabei zeigte sich, dass die Verwendete Funktionelle Einheit, d.h., Emissionen pro Landeinheit oder kg Produkteinheit und die (Nicht-)Berücksichtigung der Landnutzungseffizienz bzw. Produktionseffizienz zu unterschiedlichen Ergebnissen und z.T. gegensätzlichen Schlussfolgerungen bei vergleichender Bewertung von Produktionssystemen bzw. Klimaschutzmaßnahmen führen kann. Eine faire Bewertung ist im Sinne der Entwicklung zielführender Klimaschutzmaßnahmen jedoch essentiell, denn *„you can only manage what you can measure“*. Da die tatsächlichen Emissionen jedoch nicht flächendeckend gemessen werden können, müssen, u.a., die Lachgasemissionen geschätzt werden. Je nach Verfahren unterscheiden sich die Ergebnisse jedoch substantiell und können bei bestimmten Maßnahmen, wieder zu gegensätzlichen Schlussfolgerungen führen.

Es zeigte sich zudem, dass die getrennte Betrachtung von THG-Minderung und Kohlenstofffixierung im Sinne des effektiven Klimaschutzes in der landwirtschaftlichen Praxis nicht zielführend ist. Die beiden Aspekte müssen zwingend gemeinsam betrachtet werden, und dabei die Bewertung möglichst entlang der gesamten pflanzlichen Produktionskette erfolgen, möglichst auf Ebene des Ernährungssystems von der Züchtungsforschung bis zur VerbraucherIn.

Auf Feld- und Betriebsebene werden Entscheidungsunterstützungstools benötigt, die u.a., eine standortoptimierte Gestaltung klimaoptimierter

Fruchtfolgen unterstützt. Im Ökolandbau, der aufgrund seiner vergleichsweise geringen Flächeneffizienz und entsprechend hoher Emissionen je Produkt, aber auch im konventionellen Anbau, ist zudem die Bewertung und Ausweisung sogenannter „Ko-Benefits“ wichtig. Dies können insbesondere positive Effekte von Klimaschutzmaßnahmen auf die Biodiversität, Bodenwasserhaltevermögen, oder Ressourceneffizienz sein.

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel inklusive Bodenkohlenstoffveränderung

1. Anbaumaßnahmen ganzheitlich bewerten und entsprechende Entscheidungshilfen entwickeln
2. Datengrundlagen schaffen, z.B. Langzeitversuche zu Fruchtfolgen inklusive Bodenkohlenstoff- und Lachgasmessungen
3. Bewertung entlang der pflanzlichen Produktionskette vornehmen (Food Systems Thinking)
4. Ko-Benefits der THG-Minderung und Kohlenstofffixierung berücksichtigen
5. Flächeneffizienz bei der Klimaschutzleistung berücksichtigen (indirekte Landnutzungsänderung & Kohlenstoffspeicherungspotential nicht/genutzter Flächen)

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity
u.a., Datenerzeuger & Modellierer, über Disziplinen hinweg

... mit der landwirtschaftlichen Praxis
u.a., Bewertungen mittels Betriebsbefragungen, Entscheidungshilfen im Co-design, Modell- und Demonstrationsvorhaben

... entlang der Wertschöpfungskette
u.a., von der Züchtungsforschung bis zum VerbraucherInnenschutz

69 Potentiale der Agroforstwirtschaft zur Klimaanpassung und Klimaschutz

Lukas Beule, Julius Kühn-Institut; Christian Böhm, BTU Cottbus; Julia Schneider, Uni Hohenheim

Im Zuge des Klimawandels sieht sich die Landwirtschaft vor komplexe Herausforderungen gestellt. Um weiterhin die Produktion von Nahrungsmitteln sicherzustellen, müssen landwirtschaftliche Anbausysteme an die Folgen des Klimawandels (z.B. Extremwetterereignisse wie Starkregen oder Dürre) angepasst werden. Gleichzeitig sollen landwirtschaftliche Systeme einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz leisten (z.B. Humusaufbau) um die von der Regierung gesteckten Klimaziele zu erreichen. Zum Erreichen beider Ziele (Klimaanpassung und Klimaschutz) müssen klimaresiliente Landnutzungssysteme erforscht werden, welche idealerweise Treibhausgasemissionen reduzieren und Biodiversität schützen bei gleichzeitiger Sicherung der landwirtschaftlichen Nahrungs- und Futtermittelproduktion und Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe zur Substitution fossiler Energieträger und Rohstoffe.

Agroforstsysteme sind innovative, multifunktionale Landnutzungssysteme, welche einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der genannten Herausforderungen leisten können. Durch die Kombination von Gehölzen mit Ackerkulturen und/oder Tierhaltung, verringern Agroforstsysteme die Gefahr von Bodenerosion, erhöhen den Rückhalt von Bodenwasser und verbessern die Klimaresilienz landwirtschaftlich genutzter Standorte. Somit verfügen sie über eine hohe Resilienz gegenüber Extremwetterereignissen. Gleichzeitig tragen sie zum Klimaschutz bei, da sie sowohl Kohlenstoff in der Biomasse der Gehölze speichern, als

auch die Vorräte an organischem Kohlenstoff im Boden erhöhen. Erste Studien zu Bodentreibhausgasemissionen zeigen, dass Alley-Cropping Agroforstsysteme weniger Treibhausgase emittieren als Getreiderekulturen, was vor allem auf den Verzicht von Düngemitteln in den Gehölzreihen zurückzuführen ist.

Im Rahmen der Session soll sowohl der aktuelle Forschungsstand zur Klimaanpassung und zum Klimaschutz durch Agroforstsysteme abgebildet, sowie offene Forschungsfragen erarbeitet werden.

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Förderung der funktionellen Bodenbiodiversität und der Bodenfruchtbarkeit durch Agroforst | Lukas Beule
 - Einfluss von Agroforstwirtschaft auf das Bestandsklima und die Bodenwasserbalance | Wiebke Niether
 - Bodentreibhausgasemissionen unter Agroforstwirtschaft | Guntars Martinson
 - Kohlenstoffspeicherung in Agroforstsystemen: Potentiale, Erfassung und Empfehlungen | Rico Hübnner
- Podiumsdiskussion: „Abgleich der Ziele der Bundesregierung mit der Praxis. Wo stehen wir? Wie kann Forschung sinnvoll zur Zielerreichung beitragen?“

Förderung der funktionellen Bodenbiodiversität und der Bodenfruchtbarkeit durch Agroforst

Beule, Lukas¹ ✉

¹Julius Kühn-Institut (JKI) - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin

✉ lukas.beule@julius-kuehn.de

In den letzten 30 Jahren konnten zahlreiche Studien zeigen, dass Agroforstsysteme viele Vorteile gegenüber Getreidereinkulturen ohne Bäume besitzen. Einer der Hauptvorteile von Agroforstwirtschaft ist die Verringerung von Nährstoffauswaschungen durch die Aufnahme von Nährstoffen unterhalb der Wurzelzone des Getreides durch tiefwurzelnde Baumwurzeln. Dieser Prozess wird als „Sicherheitsnetz“-Funktion der Bäume für ausgewaschene Nährstoffe bezeichnet. Der Einbau dieser Nährstoffe in die Biomasse der Bäume und die anschließende Wiederfreisetzung über die Laubstreu, ist als „Nährstoffpumpen“-Funktion beschrieben. Die Menge der eingebrachten Laubstreu nimmt exponentiell mit abnehmender Distanz zu den Bäumen zu. So konnte in alten Agroforstsystemen gezeigt werden, dass die Menge an organischem Kohlenstoff und verfügbaren Nährstoffen im Boden mit abnehmender Distanz zu den Bäumen steigt.

Agroforstwirtschaft fördert zudem auch verschiedene Gemeinschaften von Bodenorganismen und somit die biologische Bodenfruchtbarkeit. Eine Reihe an Studien konnten zeigen, dass die Integration von Baumreihen in Getreidereinkulturen die Populationsgröße von Bakterien und Pilzen im Boden stark erhöht. Über Populationsgrößen hinaus, beeinflussen Agroforstsysteme die Zusammensetzung des Bodenmikrobioms. Innerhalb bodenbakterieller Gemeinschaften zeigen sich zwischen den Baum- und Getreidereihen von Streifenanbausystemen (Alley Cropping) starke Unterschiede hinsichtlich der Zusammensetzung, jedoch keine Unterschiede hinsichtlich des Artenreichtums. Ebenso gibt es kaum Effekte auf den Artenreichtum der Bodenpilze durch Agroforstwirtschaft, allerdings finden sich auch hier unterschiedliche Gemeinschaften unter den Bäumen

im Vergleich zum Getreide. Besonders Ektomykorrhiza werden stark durch die Baumreihen gefördert. Hieraus wurde die Hypothese abgeleitet, dass das „Sicherheitsnetz“ der Bäume vor allem durch wurzelloste Mikroorganismen engmaschig und somit effizient wird. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass bestimmte phytopathogene Pilze durch die Baumreihen unterdrückt werden können. Eine Validierung eines Mehrwertes für die Pflanzengesundheit des Getreides steht jedoch noch aus.

Neben Mikroorganismen profitieren auch Makroorganismen im Boden von Agroforstwirtschaft. In einer Studie auf einem marginalen Standort in Brandenburg konnten wir zeigen, dass die Populationsdichte von Regenwürmern in Alley Cropping Systemen stark durch die Baumreihen gefördert wird. Weiterhin zeigte sich, dass Agroforstwirtschaft die Diversität und Funktion der Regenwurmgemeinschaften (als Indikator für die biologische Bodenfruchtbarkeit) fördert. Während anektische Regenwürmer (Tiefengräber) vorwiegend in der Baumreihe in hoher Abundanz zu finden waren, reichte die Förderung endogäischer Regenwürmer (flachgrabende Arten) bis in die Getreidereihen hinein.

Agroforstsysteme sind multifunktionale Landnutzungssysteme, welche die Abundanz, Diversität und Funktion einer Vielzahl von Bodenorganismen fördern und somit die biologische Bodenfruchtbarkeit erhöhen.

Einfluss von Agroforstwirtschaft auf das Bestandsklima und die Bodenwasserbalance

Jacobs, Suzanne R.^{1,2}; Webber, Heidi³; Niether, Wiebke⁴ ✉; Grahmann, Kathrin³; Lüttswager, Dietmar³; Schwartz, Carmen^{3,5}; Breuer, Lutz¹; Bellingrath-Kimura, Sonoko D.^{3,5}

¹Zentrum für internationale Entwicklung und Umweltforschung (ZEU), Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen, ²Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, JLU Gießen, ³Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg, ⁴Professur für Ökologischen Landbau, JLU Gießen, ⁵Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Humboldt Universität Berlin

✉ wiebke.niether@agrar.uni-giessen.de

Agrarlandschaften in Mitteleuropa werden in Zukunft immer häufiger unter den Folgen des Klimawandels, insbesondere Dürren, Hitzewelle und Starkregenereignissen zu leiden haben. Baumreihen auf Landwirtschaftlichen Flächen (sog. „Alley-cropping“) könnten eine Lösung sein, das Bestandsklima und die Bodenwasserbalance zu stabilisieren. Um dies zu zeigen, wurde eine Literaturanalyse durchgeführt. Baumreihen erzeugen einen Gradienten verschiedener mikroklimatischer Parameter mit den stärksten Auswirkungen nahe den Bäumen und mit zunehmender Distanz abschwächend.

Es könnte kein eindeutiger Einfluss von den Baumstreifen auf die Bodenfeuchtigkeit in den untersuchten Studien gefunden werden. Diese wird durch viele weitere Faktoren bestimmt, wie die Anlage der Baumstreifen und die Baumarten, aber auch den landschaftlichen Kontext wie Struktur, räumliche Diversität und Klima der Landschaft. Der Einfluss von Baumstreifen in Ackerflächen auf den Grundwasserspiegel und den Wasserkreislauf auf Landschaftsebene wurde bisher wenig beachtet, und öffnet ein großes Feld an weiteren Fragestellungen und zukünftiger Forschung.

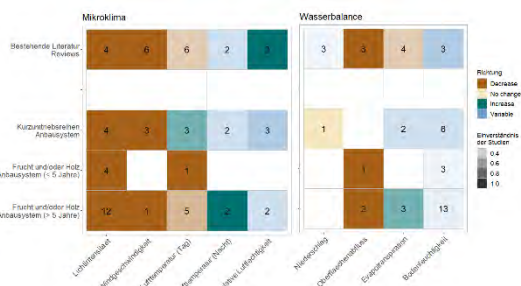


Abb. 1. Wirkung verschiedener Agroforstsysteme auf das Bestandsklima und die Bodenwasserbalance nach Auswertung der Literatur

Lichteinstrahlung, Windgeschwindigkeit und Oberflächenabfluss werden durch Baumreihen im Vergleich zu einer offenen Fläche vermindert (Abb. 1). Weiterhin wurde in vielen Studien eine niedrigere Lufttemperatur gemessen, während Angaben zur Luftfeuchtigkeit variierten. Insgesamt wurde eine höhere Gesamt-Evapotranspiration des Bestands ermittelt, was auf die starke Evapotranspiration von Bäumen zurückgeht.

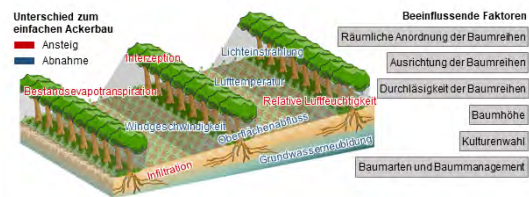


Abb. 2. Schematische Darstellung eines „Alley-cropping“ Agroforstsystems mit den mikroklimatischen Einflussfaktoren

„Alley-cropping“ Agroforstsysteme bieten ein großes Potential, landwirtschaftliche Produktion an die Herausforderungen des Klimawandels anzupassen (Abb. 2). Ein besseres Verständnis der Prozesse, die innerhalb diversifizierter Agrarsysteme und im Kontext mit der umgebenden Landschaft ablaufen ist notwendig, um nachhaltige und resiliente Agrarsysteme weiterentwickeln zu können.

Beruhend auf Jacobs et al. 2022 - DOI 10.1016/j.agrformet.2022.109065

Kohlenstoffspeicherung in Agroforstsystemen: Potentiale, Erfassung und Empfehlungen

Hübner, Rico¹ ✉; Böhm, Christian²; Eysel-Zahl, Georg³; Kudlich, Wolfram⁴; Kürsten, Ernst⁵; Lamersdorf, Norbert⁶; Meixner, Christoph A.⁷; Morhart, Christopher⁸; Peschel, Tobias⁹; Tsonkova, Penka²; Wiesmeier, Martin¹⁰;

¹Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V., Cottbus, ²Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung - BTU Cottbus-Senftenberg (BTU), Cottbus, ³VRD Stiftung für Erneuerbare Energien, Heidelberg, ⁴WALD21 GmbH, Uffenheim, ⁵3N Dienstleistungen GmbH, Hannover, ⁶Büsgen-Institut Ökopedologie der gemäßigten Zonen - Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, ⁷Triebwerk - Regenerative Land- und Agroforstwirtschaft, Meißner, ⁸Professur für Waldwachstum und Dendroökologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, ⁹Lignovis GmbH, Hamburg, ¹⁰Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) - Institut für Agrarökologie Ökologischen Landbau und Bodenschutz (IAB), Freising

✉ huebner@defaf.de

Zukünftig wird im Klimaschutz die aktive Kohlendioxidentnahme - neben der Einsparung von Treibhausgas-Emissionen - eine wichtige Rolle spielen. Große Hoffnungen werden dabei in den Landwirtschaftssektor gelegt um hier einen substantiellen Beitrag zum Klimaschutz zu realisieren. Verschiedene Verfahren bergen dabei unterschiedliche Potentiale und teilweise auch Risiken im technischen, gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Bereich.

Die Agroforstwirtschaft erweist sich dabei in zahlreichen Studien als besonders geeignete Form der Landnutzung um die Themen Klima-, Ressourcen- und Biodiversitätsschutz sowie Klimaanpassung aktiv anzugehen. Dabei sind die Kohlenstoffspeicherpotentiale je nach System und Ausgangssituation sehr variabel.

Kohlenstoffreduktionspotentiale der Agroforstwirtschaft erstrecken sich im Wesentlichen auf vier Sektoren - vergleichbar mit anderen landnutzungs-basierten Strategien (Abb. 1).

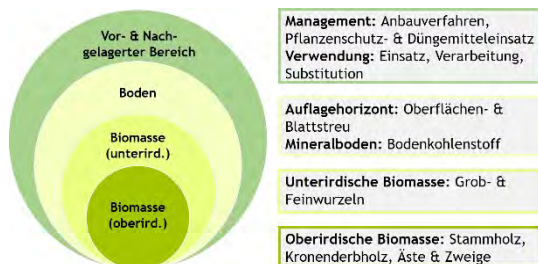


Abb. 99. Übersicht Kohlenstoffreduktionspotentiale der Agroforstwirtschaft.

Für eine zukünftige Honorierung wurden zehn Kriterien ausgearbeitet (Tab. 1).

Tab. 23. Anforderungen an die Honorierung der Kohlenstoffspeicherung in der Agroforstwirtschaft.

#	Anforderungskriterien
1	Zusätzlichkeit
2	Quantifizierbarkeit
3	Verschiebungseffekte
4	Beitrag zur Nahrungssicherheit
5	Zusätzliche Emissionen
6	Langfristigkeit und Dauerhaftigkeit
7	Nachweisbarkeit
8	Transaktions- und Opportunitätskosten
9	Synergien und Kompromisse mit anderen Zielen
10	Sicherheit, Vertrauen und Transparenz

Bei Berücksichtigung der dieser Kriterien könnten die Klimaschutz- und Minderungsleistungen der Agroforstwirtschaft in Form von Kohlenstoffreduktionspotenzialen mit Hilfe von Klima- oder Kohlenstoffzertifikaten honoriert werden, um damit die Umsetzung zu fördern.

Wenn wissenschaftlich fundiert, verlässlich, transparent und ethisch gerecht geplant, besteht eine gute Chance, mit Klimazertifikaten für die Agroforstwirtschaft einen Beitrag zum ehrgeizigen Klimazielprogramm der EU, einer Treibhausgasreduktion von 55 Prozent bis 2030 gegenüber 1990, zu leisten.

Fazit | Potentiale der Agroforstwirtschaft zur Klimaanpassung und Klimaschutz

Agroforstsysteme müssen gut geplant werden, um die komplementäre statt kompetitiver Nutzung von Ressourcen zu maximieren

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Forschung zur standortsspezifischen Eignung von Baumarten und deren Pflege
2. Forschung zur Bodensuppressivität durch Agroforstwirtschaft
3. Forschung zum Mikroklima und zum Bodenwasserhaushalt
4. Forschung zu Effekten auf Klimafolgeschäden und zur Wirkung auf Landschaftsebene

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

Forschung zur Optimierung und Reduzierung der Düngung in Agroforstsystemen zur Verminderung von Bodentreibhausgasemissionen unter Berücksichtigung von Erträgen

■ Notwendige weitere Vernetzung

... innerhalb der Forschungscommunity

Ganzheitliche Untersuchungen von Agroforstsystemen mit Blick auf ökologische und sozioökonomische Aspekte

... mit der landwirtschaftlichen Praxis

Viele Forschungsfragen zur Agroforstwirtschaft lassen sich nicht auf Versuchsgütern abbilden. Eine praxisorientierte Forschung ist daher unabdingbar

71 Transformation vom Trog zum Teller

Moderation: Hermann Lotze-Campen

Das Ernährungssystem ist eng mit dem Klimawandel verbunden. Eine Transformation des Ernährungssystems erscheint daher angezeigt - nicht nur in Deutschland sondern weltweit. Wie kann die Transformation wirtschaftlich, sozial gerecht und demokratisch gestaltet werden?

Ablauf

- Einleitung
- Vorträge
 - Keine Transformation ohne Nachweis einer positiven Aufwand-Nutzen-Relation | Albert Sundrum
 - Kooperation mit China in der Klima-Agrarforschung. Herausforderungen und Chancen | Eva Sternfeld
 - Transformationsorientierte Forschung im Bereich Ernährung | Eva Hummel
 - Einblicke in partizipative Forschung zur sozialen Dimension klimagerechter Ernährung | Carmen Priefer
 - Soziale Faktoren im Transformationsprozess: Wo stehen Landwirt/-innen an? | Cyrill Zosso
- Fazit

Keine Transformation ohne Nachweis einer positiven Aufwand-Nutzen-Relation

Sundrum, Albert 

Ehem. Leiter des Fachgebietes Tierernährung und Tiergesundheit, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel

 Sundrum@uni-kassel.de

Im globalen Preisunterbietungswettbewerb sind die Erzeuger von Nahrungsmitteln zu fortlaufenden Produktivitätssteigerungen genötigt, um die wirtschaftliche Existenz zu sichern. Gemäß dem Gesetz vom abnehmenden Grenznutzen haben Intensivierungsprozesse jedoch zwangsläufig einen Anstieg negativer externer Effekte auf die Umwelt zur Folge. Deren Einhegung ist i.d.R. mit Mehraufwendungen verbunden. Diese können sich Betriebe nur leisten, wenn der Nutzen von Umweltschutzmaßnahmen die erforderlichen Aufwendungen übersteigt. Analoges gilt für staatliche Fördermaßnahmen zum Schutz der Umwelt. Im Beitrag wird der Frage nachgegangen, welche Voraussetzungen erforderlich sind, um zu einer validen Beurteilung von Aufwand und Nutzen zu gelangen.

Die erste Voraussetzung betrifft das adäquate Bezugssystem. Entgegen bisheriger fachdisziplinärer Denk- und Erklärungsmuster lassen sich weder Mehraufwendungen noch der damit verbundene Nutzen für Partikular- und Gemeinwohlinteressen belastbar auf Einzelaspekte reduzieren, die Teil eines komplexen Wirkungsgefüges sind. Auch die Ambivalenz von Nähr- und Schadstoffen lässt sich nur innerhalb definierter Systemgrenzen valide ausdifferenzieren und bilanzieren. Analoges gilt für das Verhältnis von erwünschten Produktionsleistungen und unerwünschten Nebenwirkungen in Form von Schadstoffausträgen in die Umwelt. Folglich repräsentiert nur das Betriebssystem als Ganzes das Bezugssystem für das kontextabhängige Verhältnis von Aufwand und Nutzen.

Landwirtschaftliche Betriebe variieren beträchtlich in der Relation der erzeugten pflanzlichen und tierischen Produktmengen zu den dabei verursachten Schadstoffausträgen in die Umwelt. Anhand des Verhältnisses von positiven zu

negativen Output-Größen als Maßstab der Beurteilung können Umweltschutzleistungen des Einzelbetriebes auf einer überbetrieblichen Skala eingeordnet und die Rangposition des Einzelbetriebes für alle Entscheidungsträger als elementare Orientierungsgröße genutzt werden.

Die agrarwissenschaftliche Herangehensweise beschränkt sich bislang weitgehend auf eine fachdisziplinäre Überprüfung der Wirksamkeit beim Einsatz von spezifischen Mitteln und Methoden, um daraus kontextunabhängige und verallgemeinerungsfähige Aussagen zu generieren. In der Regel unterbleibt eine externe Validierung, d.h. eine Überprüfung, ob die Maßnahmen im Hinblick auf die Aufwand-Nutzen-Relation überhaupt umgesetzt werden können und ob damit der anvisierte Zweck erreicht wird. Damit beschränkt sich der agrarwissenschaftliche Beitrag zur Lösung von Umweltproblemen im Wesentlichen auf die Bereitstellung von allgemeinem Verfügungswissen. Dagegen werden weder ein dringend benötigtes Orientierungswissen noch ein kontextabhängiges Handlungswissen offeriert, welches für den Abgleich zwischen den Partikular- und Gemeinwohlinteressen unabdingbar ist.

Fazit: Aufwand und Nutzen von Umweltschutzmaßnahmen sind in hohem Maße kontextabhängig. Die einzelnen agrarwissenschaftlichen Fachdisziplinen tragen weder zu einer belastbaren Quantifizierung der Aufwendungen noch des Nutzens von Umweltschutzmaßnahmen für die betrieblichen Partikular- und für die Gemeinwohlinteressen bei. Solange die Agrarforschung weiterhin auf verallgemeinerungsfähige und damit kontextunabhängige Aussagen fokussiert, laufen ihre vermeintlichen Bemühungen, einen relevanten Beitrag zur Lösung von gesellschaftsrelevanten Umweltproblemen zu leisten, ins Leere.

Kooperation mit China in der Klima-Agrarforschung - Herausforderungen und Chancen

Sternfeld, Eva¹ ; Böhme, Michaela²;

¹Deutsch-Chinesisches Agrarzentrum, Beijing, China

 e.sternfeld@iakleipzig.de

China ist nicht nur der weltweit größte Verursacher von Treibhausgasen, sondern auch eines der Länder, das heute bereits massiv von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen ist. Eine Zunahme von Dürren, Hitzewellen, Starkregenereignissen, Schädlingsbefall, abschmelzende Gletscher und auftauende Permafrostböden im tibetischen Hochland sowie gesundheitliche Belastungen als Folgen der globalen Klimaerwärmung sind durch nationale Klimaberichte sowie die sechs Sachstandsberichte des Weltklimarats (IPCC) eindrücklich belegt (PRC Third National Communication on Climate Change 2018, IPCC Assessment Reports 1-6). China muss sich somit auf große Herausforderungen für die Ernährungssicherung, Katastrophenschutz und wirtschaftliche Stabilität einstellen.

Seit vielen Jahren sind Langzeit-Klimabeobachtung und die Anpassung an den Klimawandel wichtige Forschungsfelder in der chinesischen Agrarforschung. Erinnerung sei hier an die Pionierleistungen des 1974 verstorbenen Klimaforschers Zhu Kezhen, der in den 60er Jahren die moderne Phänologie in China begründete. In jüngerer Zeit wird auch die Mitigation von Treibhausgasen aus der Landwirtschaft in der chinesischen Agrarforschung adressiert. In unserem Beitrag versuchen wir eine Bestandsaufnahme des Status Quo der chinesischen agrarbezogenen Klimaforschung, stellen wichtige Projekte und Akteure vor.

Das deutsch-chinesische Agrarzentrum (DCZ) bietet hier in Kooperation mit der chinesischen Akademie der Agrarwissenschaften (CAAS) eine Plattform für die Anbahnung von bilateraler klimabezogener Forschung. 2019 konnten wir bereits mit einer vom BMEL geförderten Klimakomponente erste Kooperationen zwischen deutschen und chinesischen Forschungsinstituten anbahnen, von denen

durch die Beratungsfunktion der beteiligten Institute auch Impulse für die Gestaltung der Klimapolitik in beiden Ländern zu erwarten sind (DCZ 2020, Climate Change and Agriculture. Perspectives from China and Germany).

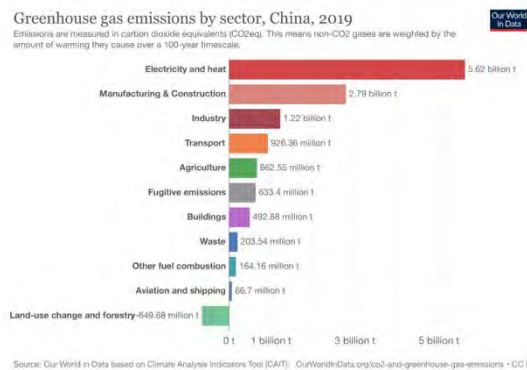


Abb. 100. Chinas Treibhausgas Emissionen (<https://ourworldindata.org/co2/country/china>)

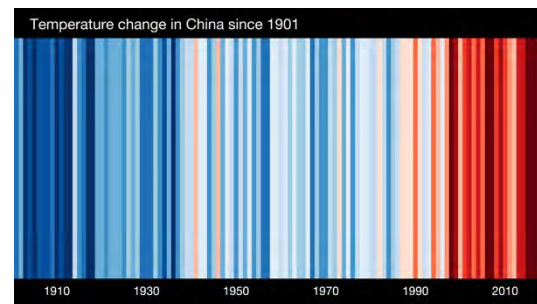


Abb. 2: Klimaerwärmung China 1901-2019 (Quelle: Berkeley Earth - <https://showyourstripes.info/>, CC BY 4.0)

Im Beitrag werden die Ergebnisse einer Umfrage bei Instituten der CAAS sowie weiteren chinesischen Agrarforschungsinstituten zu abgeschlossenen und laufenden klimarelevanten Projekten vorgestellt. Dabei sollen die Schwerpunkte chinesischer Agrarklimaforschung herausgearbeitet und mögliche Felder für deutsch-chinesische Kooperation identifiziert werden.

Transformationsorientierte Forschung im Bereich Ernährung

Hummel, Eva¹ ✉; Priefer, Carmen¹; Heyer, Alexandra¹

¹Max Rubner-Institut (MRI) - Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten, Karlsruhe

✉ eva.hummel@mri.bund.de

Wir stehen in Deutschland und weltweit vor zahlreichen miteinander vernetzten ernährungsassoziierten Problemen (z. B. ernährungsmitbedingte Erkrankungen, ungleiche Teilhabechancen, mangelndes Tierwohl). Entsprechend laut sind Forderungen von und an Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Politik nach Veränderung der heutigen Ernährungssysteme bzw. Transformationen hin zu mehr Nachhaltigkeit. Ein zentrales gesellschaftliches Ziel dieser Transformationsprozesse ist, das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Menschen zu verbessern und gleichzeitig Entwicklungen in Richtung Nachhaltigkeit zu fördern.

Dass die Transformation noch nicht gelungen ist, liegt daran, dass es keine einfachen Lösungen gibt. Vielmehr muss eine Reihe von Herausforderungen bewältigt werden, insbesondere: Komplexität der Probleme, langfristig entstandene gesellschaftliche Strukturen, unterschiedliche Interessen und Ziele, ungleiche Voraussetzungen einzelner Bevölkerungsgruppen.

Deshalb ist ein Umdenken in der Ernährungsforschung notwendig: Forschung muss in stärkerem Maße die reale Umsetzung von Veränderungen fördern. Hierzu muss sie praxisnahes und handlungsorientiertes Wissen produzieren und gesellschaftlich tragfähige Lösungen für die komplexen Probleme erarbeiten. Solch transformationsorientierte Forschung berücksichtigt verschiedene Wissensarten (Systemwissen über den Ist-Zustand, Zielwissen über den Soll-Zustand, Gestaltungswissen darüber, wie der Wandel vom Ist zum Soll gelingen kann). Sie ist partizipativ, berücksichtigt also Wissen und Erfahrungen eines breiten Spektrums relevanter Akteurinnen und Akteure aus Politik, Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Ebenso be-

rücksichtigt sie durch einen systemischen Ansatz eine Vielzahl untereinander vernetzter Aspekte aus unterschiedlichen Lebensbereichen und Dimensionen (Gesundheit, Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft). Insbesondere um mehr Einblicke in die kaum erforschte Lebenswelt und das Ernährungsverhalten verschiedener Bevölkerungsgruppen zu erlangen, ist die empirische Sozialforschung wichtig: Qualitative Methoden, wie Gruppendiskussionen oder Beobachtungen, ermöglichen es, das soziale Phänomen Ernährung zu rekonstruieren. Quantitative Methoden, beispielsweise Fragebogenbefragungen, machen es messbar und statistisch auswertbar.

Am Institut für Ernährungsverhalten wird dieser transformationsorientierte Forschungsansatz aus der Nachhaltigkeitsforschung gezielt auf den Bereich Ernährung übertragen und weiterentwickelt. Hierzu wird u. a. ein Pilotprojekt durchgeführt, welches sich der Verbesserung der Ernährungs- und Lebenssituation von Seniorinnen und Senioren in Armut (ELSinA) widmet. Im ELSinA-Projekt wird ein breites Methodenspektrum angewandt: u. a. Photovoice-Methode, semi-strukturierte Interviews, partizipative Systemmodellierung sowie weitere kollaborative Workshops in bedarfsgerechten Formaten. Stufenweise eingebunden werden armutsbedrohte ältere Menschen als Expertinnen und Experten ihrer eigenen Lebenswelt sowie Akteurinnen und Akteure aus sozialen Organisationen/Initiativen, Zivilgesellschaft, Wirtschaft, Politik und Wissenschaft.

Der Beitrag stellt den am Max-Rubner Institut verfolgten transformationsorientierten Forschungsansatz im Bereich Ernährung dar und erläutert dessen Anwendung im ELSinA-Projekt. Ziele, Vorgehen und Stand des Projektes werden präsentiert.

Einblicke in partizipative Forschung zur sozialen Dimension klimagerechter und nachhaltiger Ernährung

Priefer, Carmen¹ ✉; Bröcker, Felix¹; Kohane, Sarah¹

¹Max Rubner-Institut (MRI) - Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten, Karlsruhe

✉ carmen.priefer@mri.bund.de

Transformation hin zu klimagerechter und nachhaltiger Ernährung kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn die soziale Dimension angemessen berücksichtigt wird. Denn für eine erfolgreiche Ernährungswende braucht es Gemeinschaft und Dialog, sowie ein besseres Verständnis der sozialen Hürden, um die Akzeptanz und Unterstützung angestrebter Maßnahmen im Transformationsprozess sicherzustellen.

Im Rahmen des Verbundprojekts „Klimagerechte Ernährung aus der Perspektive von Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie Gesellschaft (ENKL)“, das gemeinsam mit dem Thünen-Institut durchgeführt wird, befasst sich das Institut für Ernährungsverhalten des MRI mit der sozialen Dimension klimagerechter und nachhaltiger Ernährung. Im Fokus der Betrachtungen stehen die Bereiche Lebensmittelproduktion/-verarbeitung sowie Endverbrauch als exemplarische Felder.

Das Projekt geht u. a. den Fragen nach, was unter der sozialen Dimension nachhaltiger Ernährung zu verstehen ist und wie soziale Auswirkungen der Ernährung besser erfasst und berücksichtigt werden können.

Einer Literaturrecherche zur Einarbeitung in die Thematik sowie zur Klärung des Begriffs der sozialen Dimension der Ernährung folgen verschiedene Workshops, für die Akteurinnen und Akteure aus den Bereichen Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Politik zusammenkommen. Dabei werden Wissen, Erfahrungen und Perspektiven ausgetauscht, z. B. für Aufarbeitung des Status Quo und die Entwicklung von gemeinsamen Zielvorstellungen. Darüber hinaus werden Interviews durchgeführt, um Erkenntnisse zu vertiefen und weitere Perspektiven einzubinden.

Auf Basis dieser Arbeiten werden Handlungsoptionen für eine Stärkung der Sozialverträglichkeit im Bereich Ernährung entwickelt, die im Rahmen des partizipativen Vorgehens z. B. als besonders relevante Felder identifiziert wurden, die eine hohe Akzeptanz unter den betroffenen Akteuren aufweisen und deren Umsetzbarkeit gegeben ist.

Im Beitrag wird der methodische Ansatz des Projektes vorgestellt, Erfahrungen aus dem laufenden Forschungsprozess geteilt und über Erfolge sowie Herausforderungen reflektiert.

Soziale Faktoren im Transformationsprozess: Wo stehen Landwirt/-innen an?

Zosso, Cyrill¹ ✉; Huber, Sibyl²; Felmer, Barbara³; Altenbuchner, Christine³

¹Agroscope, Zürich, Schweiz, ²Flury & Giuliani, Zürich, Schweiz, ³Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich

✉ cyrill.zosso@agroscope.admin.ch

Der Klimawandel stellt die Gesellschaft vor grosse Herausforderungen und fordert einen tiefgreifenden strukturellen Wandel - auch in der Landwirtschaft (Rockström, J., Edenhofer, O. et al. 2020, 10.1038/s43016-019-0010-4). Das Pilotprojekt „Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden“ (2020-2025, www.klimabauern.ch) macht sich mit 52 Pilotbetrieben auf den Weg in Richtung einer klimafreundlichen Landwirtschaft.

Im Zentrum des Projekts steht die Co-Creation von Wissen und praktischer Umsetzung. THG-Bilanzierungen (Huber, S., Baumann, F. et al. 2022, „Treibhausgase aus der Bündner Landwirtschaft“), ein umfassendes Ausbildungsprogramm, Arbeitskreise sowie die gemeinsame Arbeit an THG-Reduktionsmaßnahmen sollen den Dialog und das gegenseitige Verständnis fördern und das erarbeitete Wissen bei möglichst vielen landwirtschaftlichen Akteur/-innen verankern. Durch ein wissenschaftliches Monitoring wird evaluiert, welche Maßnahmen praktisch umsetzbar sind, eine Wirkung zeigen und in einer geplanten Expansionsphase (ab 2025) von weiteren Betrieben umgesetzt werden können.

Um einen tiefgreifenden Wandel in der Landwirtschaft anzustoßen, müssen auch weitere, nicht technische oder monetäre Faktoren berücksichtigt werden (z.B. Fesenfeld, L., Mann, S. et al. 2023 - 10.5281/zenodo.7543576). Landwirt/-innen stehen in einem komplexen Netzwerk von Interaktionen, sozialen Normen und gesellschaftlichen Strukturen, welche für einen Wandel förderlich oder

hinderlich sein können (O'Brien, K. and Sygna, L. 2013, „Responding to climate change: the three spheres of transformation“ - 978-82-570-2000-2; Gosnell, H., Gill, N. et al. 2019 - 10.1016/j.gloenvcha.2019.101965). In diesem Zusammenhang sind die folgenden Fragestellungen relevant: Welchen Bedarf für einen (tiefgreifenden) Wandel sehen die Landwirt/-innen in ihrem persönlichen Transformationsprozess? Welche sozialen Faktoren sind hinderlich oder förderlich für eine Transformation?

Erste qualitative Interviews und eine Umfrage unter den Pilotbetrieben weisen darauf hin, dass traditionelle Rollenbilder, soziale und geschlechterspezifische Normen, (Generationen-)Konflikte innerhalb von Familien oder Hierarchien in Wertschöpfungsketten und landwirtschaftlichen Organisationen als hinderlich für Veränderungen in Richtung einer klimafreundlichen Landwirtschaft wahrgenommen werden. Auf der anderen Seite wurde der Austausch innerhalb der Familie, mit Freunden und Bekannten, sowie positives Feedback, ein gutes Selbstwertgefühl durch eigenes Handeln oder die Unterstützung durch Gleichgesinnte als förderlich für Veränderungen wahrgenommen.

Diese Resultate werden durch weitere Interviews, Umfragen und Workshops vertieft und sollen Aufschluss geben, mit welchen Maßnahmen im sozialen Bereich das Projekt „Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden“ eine Transformation unterstützen kann.

Fazit | Transformation vom Trog zum Teller

■ Offene Fragen

- Wie kann eine interdisziplinäre transformative Forschung besser gelingen?
- Wie kann die soziale Dimension der Transformation klarer definiert werden?
- Welche Rolle spielt die internationale Kooperation für die Transformationsforschung?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Anpassungsoptionen vulnerabler Gruppen, vor allem ärmere Bevölkerungsschichten
2. Anpassung von Grünlandwirtschaft und Tierhaltung an veränderte Klimabedingungen

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. bessere Regulierung der N-Effizienz

2. soziale und private Kosten der Produktion besser in Einklang bringen

3. die soziale Dimension klimagerechter Ernährung besser erforschen

4. Systemwissen und Transformationswissen zur Rolle der Ernährung für die Emissionsminderung verbessern

... zur Fixierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre

1. die Rolle von Grünlandwirtschaft und Tierhaltung für eine klimaneutrale Landwirtschaft

■ Notwendige weitere Vernetzung

- eine bessere Einbindung der Sozialwissenschaften in die Transformationsforschung
- vermehrte Nutzung von Praxisbeispielen aus verschiedenen, auch internationalen Kontexten
- partizipative Forschung sollte auch im Bereich der Lebensmittelproduktion sowie der privaten Haushalte gestärkt werden, z.B. durch Zukunftswerkstätten

72 Transformative Forschung: Normative Aspekte des Transformationsbegriffs – Chancen und Risiken in der Agrar- und Ernährungsforschung

Thünen Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Jens Jetzkowitz

Die Erkenntnisse zum anthropogenen Klimawandel haben auch in der Agrar- und Ernährungsforschung die Frage aufgeworfen, wie sich zu einem gesellschaftlichen Wandel beitragen lässt, der die Erderwärmung in einem verantwortbaren Rahmen begrenzen kann und nachfolgenden Generationen und nachfolgenden Generationen keine tiefgreifenden Veränderungen ihrer ökologischen Existenzbedingungen zumutet. Für die Ausrichtung der Forschung auf normativ gesetzte Ziele (wie z.B. die Bewältigung der Klimakrise) sind neue Konzepte entwickelt worden. Neben der „Transdisziplinarität“ und der „Transformationsforschung“ hat vor allem das Konzept „transformativer Wissenschaft“ Beachtung gefunden, nicht zuletzt auch aufgrund der Kritik, die der ehemalige DFG-Präsident Peter Strohschneider hierzu veröffentlicht hat.


Vor diesem Hintergrund ist es Anliegen der Session, die Bedeutung dieser Konzepte für die Agrar- und Ernährungsforschung und für ihre Beiträge zur Bewältigung der Klimakrise zu erörtern. In diesem praxis-orientierten Forschungsbe- reich haben Ausrichtungen an gesellschaftlichen, normativ gesetzten Zielen eine lange Tradition. Was ändert sich mit der Orientierung an den neuen Begriffen? Welche Chancen bieten sie, die bestehende Forschungspraxis neu zu ordnen, indem beispielsweise bei der Konzipierung oder Begutachtung von Forschungsprojekten ein Ziel wie die Bewältigung der Klimakrise zum Beurteilungskriterium wird? Sind bspw. die Fokussierung auf Lösungen für gesellschaftliche

Probleme (statt auf das Weltverstehen) und die Schrumpfung politischer Entscheidungsspielräume ernstzunehmende Risiken? Wer entlang dieser Fragen reflektieren mag, wie sich agrarsystemische Forschung zur Landnutzung und Ernährung wirksam und zugleich wissenschaftlich verlässlich auf die Erreichung der Klimaziele ausrichten lässt, ist angesprochen, seine Projekterfahrungen aus transdisziplinärer Forschung, transformativer Forschung oder Transformationsforschung zur Diskussion zu stellen.

Ablauf

- Einleitender Vortrag in die verschiedenen Konzepte und die Diskussion über den Praxisbezug von Forschung | Jens Jetzkowitz
- Vorträge
 - Dynamische Archetypen der landwirtschaftlichen Betriebssysteme in Deutschland 1992-2019 | Marie Meyer-Jürshof
 - Finanzierung einer klima-resilienten und nachhaltigen Landwirtschaft | Kirsten Wiegmann
 - Zukunft der Moorlandschaften: Nachhaltiges Erbe durch Transformationsdesign | Charlett Wenig
 - Motive und Hürden bei der Umstellung auf solidarische Landwirtschaft | Jana Schmidt
- Podiumsdiskussion (auch unter Einbezug des Publikums) zu den kritischen Fragen der Diskussion über transformative Wissenschaft

Dynamische Archetypen der landwirtschaftlichen Betriebssysteme in Deutschland 1992-2019

*Orozco, R.^{1,2} ; *Meyer-Jürshof, M.³; Vergara, K.⁴; Václavík, T.⁵; Sietz, D.

¹Department of Technology Assessment, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB), 14469 Potsdam, ²Department of Agricultural Economics, Humboldt-Universität zu Berlin, 10117 Berlin, ³Department Agricultural Economics, University of Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 7, 18059 Rostock; ⁴Institute of Geographical Sciences, Freie Universität Berlin, Malteserstr. 74-100, 12249 Berlin; ⁵Department of Ecology and Environmental Sciences, University Olomouc, Křížkovského 511/87790 Olomouc, Czech Republic; ⁶Thünen Institute of Biodiversity, Bundesallee 65, 38116 Braunschweig.

*gemeinsame Erstautorenschaft

 Rorozco@atb-potsdam.de

Grünland ist eine wichtige Landnutzungsform in Europa, die mehr als ein Drittel der gesamten landwirtschaftlichen Fläche bedeckt. Derzeit geht die als Grünlandfläche genutzte zurück, durch Aufgabe der Fläche, die Intensivierung der Landwirtschaft und die Umwandlung in andere Landnutzungen.

Insbesondere in Deutschland ist die Fläche des bewirtschafteten Dauergrünlands zurückgegangen von 5 Millionen ha im Jahr 1991 auf 4,7 Millionen ha im Jahr 2021. Dieser Trend bedroht die Fähigkeit des Grünlands Ökosystemleistungen zu erbringen, und verursacht Kosten für Gesellschaft und Umwelt. Das Ziel dieser Studie war es, wiederkehrende Muster in den räumlichen und zeitlichen Wechselwirkungen zwischen Grünlandsystem prägenden Faktoren und Prozessen zu identifizieren. Im Folgenden werden sie als dynamische Archetypen von Grünlandsystemen bezeichnet.

Wir erhielten Daten von über 8.000 repräsentativen Betrieben in Deutschland vom Farm Accountancy Data Network (FADN) der Europäischen Kommission. Wir wählten 16 Indikatoren, die die Dynamik von landwirtschaftlichen Betriebssystemen in Bezug auf Grünland in

den Jahren 1992, 2003, 2013 und 2019 charakterisieren. Unter Verwendung von Daten auf Betriebsebene haben wir selbstorganisierende Karten (SOMs) eingesetzt, um Cluster von Betrieben mit unterschiedlichen Variablenkombinationen zu identifizieren. Anschließend lokalisierten wir diese Betriebe auf Bundesländer-Ebene, um ihre räumliche Verteilung zu ermitteln. Diese Studie erweitert das gegenwärtige Verständnis über Auswirkungen von politischen Mechanismen auf die Entwicklung deutscher Grünlandbetriebe.

Wir zeigen, wie Veränderungen landwirtschaftlicher Landnutzungssysteme Änderungen in der Gemeinsamen Agrarpolitik widerspiegeln. Unsere Ergebnisse können in der künftigen Landnutzungspolitik und bei sektorübergreifenden Entscheidungsprozessen für eine nachhaltige Landnutzungsplanung Anwendung finden. Dies ist vielversprechend angesichts der Forderung nach mehr kontextspezifischer regionalisierter Politikgestaltung, die sowohl den Naturschutz als auch die wirtschaftliche Entwicklung unterstützt.

Finanzierung einer klima-resilienten und nachhaltigen Landwirtschaft

Wiegmann, Kirsten¹ ✉; Scheffler, Margarethe¹; Hermann, Andreas¹; Wirz, Axel²; Albus, Jan²; Griese, Sigrid³

¹Öko-Institut e.V., Freiburg, ²Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frankfurt a. M., ³Bio-land Beratung GmbH, Mainz

✉ k.wiegmann@oeko.de

Der Klimawandel bringt Veränderungsdruck auf die landwirtschaftlichen Produktionssysteme in der EU und in Deutschland. Hinzu kommen die Stärkung von Tierwohl, Biodiversität und natürlicher Ressourcen. Die Transformation zu einer nachhaltigen und resilienten Landwirtschaft erfordert zusätzliche finanzielle Mittel, die über die verfügbaren Förder-Gelder auf EU- und nationaler Ebene hinaus gehen. Geht man davon aus, dass die Landwirtschaft auch zukünftig staatliche Unterstützung benötigt, stellt sich die Frage, woher weitere Mittel kommen können.

Das Projekt „Blaupause für die Landwirtschaft“, das Teil der „Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ist, hat zum Ziel ein Instrument namens „Ökosystemleistungen-Gesetz (ÖLG)“ zu entwickeln, das ähnlich wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mit der EEG-Umlage für die Energiewende, eine ÖLG-Umlage für Biodiversitätsmaßnahmen in der Landwirtschaft einführt.

In Scheffler et al. (2023a, b) sind die Grundidee, der Mechanismus und die Ansatzpunkte für ein Umlagesystem dargestellt, um die Mehrkosten auf die Verbraucherinnen und Verbraucher zu verteilen. Vorgeschlagen wird, Gelder auf Stufe der aufnehmenden Hand einzusammeln und über ein Kooperationsmodell (vergleichbar dem sog. Niederländischen Modell) an landwirtschaftliche Betriebe als Kostenausgleich für die Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen zu zahlen.

Das ÖLG trifft auf ein bereits bestehendes Förderinstrumentarium im Bereich der Biodiversität (z.B. GAP, GAK). Außerdem überschneiden sich in Deutschland beispielsweise Maßnahmen des

Energie- und Klimafonds, des Aktionsprogramms natürlicher Klimaschutz, von Wasserschutzkooperation und Carbon Farming Initiativen mit denen der GAP. Damit besteht die Gefahr viel Geld in weitere parallele Systeme mit verschiedenen Förderkonditionen zu stecken.

Hier stellt sich die Frage, inwieweit die Einnahmen eines ÖLG sowie bestehender Förderinstrumentarien in Kooperationen landwirtschaftlicher Betriebe gebündelt und von diesen an die einzelnen Betriebe ausgezahlt werden könnten?

Damit könnte die vielfach nicht ausreichende Finanzierung von Agrarumweltmaßnahmen (Wirz et al. 2023), verbessert und administrativer Aufwand landwirtschaftlicher Betriebe bei der Fördermittelbeantragung reduziert werden.

Die im BMBF-Projekt Blaupause aufgeworfenen Aspekte zur Organisation von Ausgaben verdeutlichen die Bedeutung des regulatorischen Rahmens in der Agrarpolitik für die Finanzierung der Transformation in der Landwirtschaft. Bietet dieser eine gute Ausgangsbasis oder ist er eher ein Stolperstein?

Referenzen:

Scheffler et al (2023a): Übertragbarkeit des EEG auf Landwirtschaft und Ernährung <https://orgprints.org/id/eprint/51491/>

Scheffler et al (2023b): Grundprinzip des Ökosystemleistungen-Gesetzes (ÖLG) <https://orgprints.org/id/eprint/51493/>

Wirz et al. (2023): Biodiversitätsmaßnahmen und Ansätze zur Kostenermittlung <https://orgprints.org/id/eprint/51492/>

Zukunft der Moorlandschaften: Nachhaltiges Erbe durch Transformationsdesign

Wenig, Charlett¹ ✉; Norris, Lucy²

¹ Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam

² Kunsthochschule Berlin-Weißensee, Berlin

✉ charlett.wenig@mpikg.mpg.de

Angesichts des Klimawandels steht die Menschheit vor der unerlässlichen Aufgabe, konventionelle moderne Produktionsmethoden kritisch zu hinterfragen und nachhaltig neu zu denken. Das Wiedervernässen von Moorlandschaften ist ein entscheidendes Element zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. Doch die Entwicklung wirtschaftlich nachhaltiger Paludikulturen, die in lokale Kulturen eingebettet sind, stellt eine kritische Herausforderung bei der Umgestaltung von landwirtschaftlichen Nutzungsstrategien dar. Das Verhältnis zwischen Menschen und Feuchtgebieten, das tief in unserer Kultur verankert ist, wandelt sich. Es ist essenziell, dieses zu verstehen, neu zu bewerten und anzupassen, damit es gedeihen kann. Unser Forschungsprojekt konzentriert sich auf landwirtschaftliche Produkte lokaler Paludikulturen, insbesondere auf Pflanzen wie Schilf, Seggen und Rohrglanzgras. Wir untersuchen traditionelles Wissen über den Anbau, Ernten und Handwerk aus diesen Rohstoffen, um neue Technologien und Produkte zu entwickeln und alternative Zukünfte für das Leben mit Feuchtgebieten vorzuschlagen.

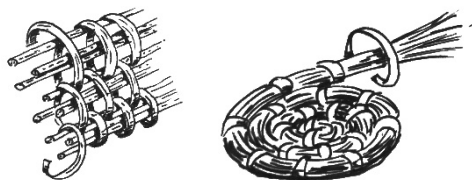


Abb. 101. Darstellung der Coilingtechnik

Insbesondere die Korbflechttechnik „Coiling“ (Abb.1.), eine der ältesten Techniken zur 3-dimensionalen Materialverarbeitung, wird als Beispiel für einen innovativen Prozess durch Anwendung von Transformation-Design-Methoden herangezogen. Derzeit erfolgt die Pro-

duktion von Korbwaren größtenteils unter prekären Bedingungen in Südostasien; nachhaltige Rohstoffe werden selten verwendet. Unser Ansatz hingegen setzt auf lokale Biomaterialien und traditionelle Handwerkstechniken, die für den Einsatz digitaler Technologien angepasst und für zukünftige Nutzungsszenarien im Bereich Design und Architektur skaliert werden.

Wir verwenden die Theorie der Grenzobjekte, um neue Objekte zu schaffen, die als Brücke zwischen Naturwissenschaften, Kulturwissenschaften, Handwerk und Design dienen, um einen Raum für Diskussion und zukunftsorientiertes Handeln zu öffnen. Durch partizipative Forschungsmethoden werden unterschiedliche Perspektiven zusammengebracht, um ein umfassendes Verständnis der kulturellen, biologischen, handwerklichen und technologischen Aspekte der Nutzung von Paludikulturpflanzen zu erhalten.

Das Ziel des Projekts ist es, Zukunftsszenarien zu skizzieren, die zeigen, wie das Leben und Arbeiten in einem wiedervernässen Deutschland aussehen könnte. Welche hochwertigen und langlebigen Objekte, Installationen oder architektonischen Elemente könnten aus Paludikultur hergestellt werden? Wie können soziale Veränderungen gefördert und politische Handlungsempfehlungen formuliert werden, um das Bewusstsein für die Notwendigkeit und Möglichkeiten eines nachhaltigen Zusammenlebens zwischen Menschen und ihrer natürlichen Umgebung zu schärfen? Unsere Forschung zielt darauf ab, Wege für nachhaltigen sozialen Wandel zu identifizieren.

Motive und Hürden bei der Umstellung auf solidarische Landwirtschaft

Schmidt, Jana¹ ✉; Dr. Egli, Lukas²; Gaspers, Maite³; Dr. Palliwoda, Julia⁴; apl. Prof. Dr. Paech, Niko⁵; Rommel, Marius⁶; Zech; Mirco⁷

¹Universität Siegen, Siegen, ²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig

✉ jana2.schmidt@uni-siegen.de

Die soziale Innovation „Solawi“, kurz für Solidarische Landwirtschaft, gewinnt in den letzten Jahren signifikant an Akzeptanz. Solawis verbinden Erzeuger:innen und Verbraucher:innen in Wirtschaftsgemeinschaften in denen die Betriebskosten „gerecht unter den Endverbrauchern der Produkte aufgeteilt werden, wobei die Kosten des Umweltschutzes und eine faire Entlohnung der Arbeit berücksichtigt werden“ (Ostrom 2007, S. 99 - ISBN 978-0-8032-2438-4). Dass die gesamten Betriebskosten durch die Mitglieder getragen werden, markiert die spezifisch transformative Wirtschaftsform (Pfriem et al. 2015 - 10.14512/OEW300318, Rommel et al. 2022 - 10.1007/978-3-030-98617-9_22). Aufgrund ihres multifunktionalen Charakters leistet das Direktvermarktungsmodell einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigkeitsorientierten Transformation des Ernährungssystems (Egli et al. 2023 - 10.3389/fsufs.2023.1136866). Trotz der wachsenden Popularität und der Entstehung vieler Solawi-Betriebe in den letzten Jahren handelt es sich weiterhin um ein Nischenphänomen.

Was charakterisiert den bisherigen Diffusionsprozess von Solawis und wie kann die Verbreitung zukünftig gefördert werden? Welche Herausforderungen haben insbesondere tradierte Betriebe bei der Umstellung auf Solawi und wie können sie abgebaut werden? Diesen Fragestellungen widmet sich das transdisziplinäre Verbundprojekt nascent-SolaRegio in der ersten Forschungsphase.

Methodisch erfolgte in diesem Rahmen zunächst eine Synthese bestehender Forschungsarbeiten zur Umstellung auf Solidarische Landwirtschaft. Aufgrund der Neuartigkeit des Forschungsgegenstandes wurden auch Arbeiten zur Umstellung von konventionellem auf ökologischen Anbau berücksichtigt. Daraufhin

wurden Hürden und Motive der Umstellung auf Solawi identifiziert und erste Modelle und Theorien zur Förderung der Umstellungsbereitschaft landwirtschaftlicher Betriebe entwickelt.

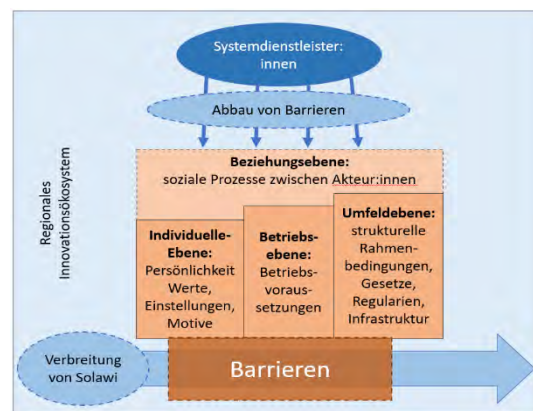


Abb. 102. Barrieren der Verbreitung von Solawis in regionalen Innovationsökosystemen, angelehnt an Hauschildt et al. (2023) - ISBN 978-3-8006-6624-9 und Mirow (2010) - DOI 10.1007/978-3-8349-6100-6.

Die Modelle werden aktuell durch qualitative Interviews und quantitative Umfragen mit Betrieben, die bereits auf Solawi umgestellt haben, validiert und weiterentwickelt. Zeitgleich werden bestehende Betriebe in einer quantitativen Umfrage in Kooperation mit den Landwirtschaftskammern und Ministerien nach ihrer Bewertung des Konzeptes der Solidarischen Landwirtschaft und ihrem Umstellungsinteresse befragt. Anhand der Forschungsergebnisse sollen im späteren Projektverlauf in Zusammenarbeit mit Praxispartner:innen Interventionsstrategien zur Förderung Solidarischer Landwirtschaft in vier Projektregionen in Deutschland abgeleitet werden.

Die ersten Forschungsergebnisse sollen im Hinblick auf das Potential zur Förderung der Verbreitung von Solawis auf der Konferenz „Agrarforschung zum Klimawandel“ diskutiert werden.

Fazit | Transformative Forschung: Normative Aspekte des Transformationsbegriffs – Chancen und Risiken in der Agrar- und Ernährungsforschung

In der Session wurden vier Vorträge diskutiert, die sich in unterschiedlicher Weise mit gesellschaftlichen Transformationen befassen: Marie Meyer-Jürshof stellte Archetypen-Analysen vor, wie Veränderungen in der GAP die Struktur landwirtschaftlicher Betriebssysteme in Deutschland zwischen 1992 und 2019 transformiert haben; Kirsten Wiegmann stellte ein neues, umlage-basiertes Finanzierungsinstrument zur Diskussion, das Landwirt:innen Anreize für eine klima-resiliente und nachhaltige Produktion bieten soll; Charlett Wenig erörterte am Beispiel von Materialien, die durch nasse Bewirtschaftung organischer Böden produziert werden, inwiefern Innovationen im Industriedesign mit der Transformation von Segmenten der Landwirtschaft Hand in Hand gehen; Jana Schmidt machte auf das transformative Potential der solidarischen Landwirtschaft aufmerksam und stellte ihre Forschung zu Motiven und Hürden bei der

Umstellung auf diese Produktions- und Vertriebsstruktur vor.

■ Offene Fragen

Im Hinblick auf die leitende Idee dieser Session, einen Meta-Diskurs über die Chancen und Risiken eines normativen Transformationsbegriffs zu führen, boten die Vorträge hervorragendes Anschauungsmaterial: vom deskriptiven Transformationsbegriff, der dem des Strukturwandels gleichkommt, bis zum normativen Begriff von transformativer Forschung, die zu einem (guten und richtigen) gesellschaftlichen Wandel beitragen will. Ein Meta-Diskurs über die Angemessenheit eines normativen Transformationsbegriffs und auch über die Chancen und Risiken einer Forschung, die sich selbst als Teil eines gesellschaftlichen Transformationsprozess zum Guten begreift, blieb ein Desiderat. Dabei ist reflexive Governance von Forschungsprozessen in einer durch Polarisierungen gefährdeten Öffentlichkeit dringend erforderlich. Überdies wurde deutlich, dass dezidiert sozialwissenschaftliche Forschungsbeiträge zur Anpassung des Agrar- und Ernährungssystems fehlen. Aufzuklären, wie Landwirt:innen, Konsument:innen, etc. handeln und warum, ist die Voraussetzung für erfolgversprechende Steuerungsmaßnahmen in Zeiten, in denen bestehende Sinnstrukturen fragil geworden sind.

73 Die Transformationspfade der „Agrarsysteme der Zukunft“ – Transformative Forschung innerhalb einer Förderlinie

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Rebecca Klopsch

Die Dringlichkeit sowie die gesellschaftlichen Erwartungen an die aktive Gestaltung eines nachhaltigen Wandels, und hierbei insbesondere der sozialen, ökonomischen, politischen wie ökologischen Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme sind in den letzten Jahrzehnten nicht nur in Deutschland stetig gewachsen. Die Transformationsforschung und die zugrundeliegenden Theorien und Konzepte leisten einen Beitrag dazu, Handlungsdynamiken besser zu verstehen. Ihr Forschungsgegenstand sind die Transitionsprozesse als solche. Transformative Forschung unterstützt zugleich Veränderungsprozesse konkret durch die Entwicklung von Lösungen und die Integration technologischer und sozialer Innovationen. Ziel ist es u.a., Wege hin zu einem Wandel in sozio-technischen und sozialökologischen Systemen zu erfassen, positive Beiträge zu fördern, negative Effekte zu identifizieren und sozialgerechte Lösungsvorschläge anzubieten.

In der BMBF-Förderlinie „Agrarsysteme der Zukunft“ (AdZ) erforschen acht inter- und transdisziplinäre Konsortien innovative Ansätze, um die Transformation hin zu krisenfesten und nachhaltigen Ernährungssystemen und den Erhalt der Biodiversität zu ermöglichen. Damit knüpfen die Projekte an die Herausforderung an, eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Umgestaltung des Agrar- und Ernährungssystems zu forcieren. Hierfür braucht es eine vollständige Transformation der bestehenden Agrarwirtschaft, aber auch umfassende Veränderungsprozesse in der Struktur des gesamten gesellschaftlichen Systems. Eine aktive Partizipation aller Stakeholder - von der Nutzung durch Landwirt*innen über das Schaffen von Rahmenbedingungen durch die Politik bis hin zur Akzeptanz durch Verbraucher*innen - ist essentiell. Hierfür werden in AdZ unter anderem Konzepte und konkrete Lösungsansätze zur

Unterstützung der erfolgreichen Umsetzung von Transformationsprozessen erforscht und erprobt. Konkret wird untersucht, welche Möglichkeiten und Ansätze genutzt werden können, um erfolgreiche Innovationsprozesse in Forschungsprojekten zu unterstützen. Teil dieser aktiven Gestaltung der Transformation sind gemeinschaftlich entwickelte Pfade zu Schlüsselthemen, die von den Konsortien von „Agrarsysteme der Zukunft“ adressiert werden. So können Synergien gebündelt, Herausforderungen sowie Handlungsfelder identifiziert und gemeinschaftliche Lösungsansätze erarbeitet werden.

Folgende Transformationspfade sollen hier als Schlüsselthemen adressiert werden:

- Lokale und Regionale (Stoff-)Kreislaufsysteme
- Nachhaltige Landwirtschaftssysteme und Management
- Gesunde und attraktive Arbeitssysteme in der Agrarwirtschaft
- Integrative Indoor-Produktionssysteme

Der Strategieprozess verfolgt beispielhaft einen umfassenden Implementierungsansatz von Innovationen innerhalb einer Förderlinie. Er bietet Erkenntnisse über Herausforderungen und Erfolge bei der Umsetzung von innovativen Forschungsideen in die Praxis. Innerhalb der transdisziplinären Konsortien werden transformative Ansätze zur aktiven Umsetzung der entwickelten Innovationen praktiziert, z. B. Living Labs. Zusätzlich werden entlang der Transformationspfade wichtige übergreifende Handlungsfelder identifiziert und konkrete Aktionspläne und Folgeaktivitäten umgesetzt.

In der Session werden zentrale Ergebnisse aus der Erarbeitung von Transformationspfaden vorgestellt. Expert*innen aus den Konsortien diskutieren mit dem

Publikum über die Herausforderungen der aktiven Gestaltung von Transformationsprozessen und wie diese bewältigt werden können - von der Umsetzung von innovativen Ideen bis hin zu krisensicheren und klimafreundlichen Ernährungssystemen.

Ablauf

- Einführung durch die Moderation
- Impulsvorträge der Podiumsteilnehmer*innen
 - a) Lokale und Regionale (Stoff-)Kreislaufsysteme
 - b) Nachhaltige Landwirtschaftssysteme und Management
 - c) Gesunde und attraktive Arbeitssysteme in der Agrarwirtschaft
 - d) Integrative Indoor-Produktionssysteme
- Interaktiver Teil: Austausch in vier moderierten Workshops zu Thema a-d, vier Fragestellungen werden diskutiert, Leitung durch Moderation & Impulsgeber*in
- Präsentation und Diskussion der Ergebnisse
- Zusammenfassung durch die Moderation

Fazit | Die Transformationspfade der „Agrarsysteme der Zukunft“ – Transformative Forschung innerhalb einer Förderlinie

■ Offene Fragen

- Wie lassen sich verschiedene Ansätze zur Transformation der Agrarsysteme zielführend miteinander verbinden? Welche Synergien und Trade-offs ergeben sich aus der Zusammenarbeit mit anderen Projekten?

■ Notwendige weitere Forschung

... zur Anpassung an den Klimawandel

1. Wie kann sich die Agrarwirtschaft durch den Erhalt der Biodiversität und die Nutzung anderer oder vielfältigerer Sorten den veränderten Bedingungen durch den Klimawandel anpassen?
 - Die Konsortien DAKIS und NOCsPs der „Agrarsysteme der Zukunft“ haben hierzu bereits vielfältige Lösungen erarbeitet, die aufgrund ihres Umfangs hier nicht dargestellt werden können.
2. Kann die Agrarwirtschaft durch die Nutzung von Digitalisierungsmöglichkeiten Ökosystemleistungen einen monetären Wert geben und diese so fördern?
 - Das Konsortium DAKIS entwickelte digitale Tools um (Ökosystemleistungen (ÖSL) einen monetären Wert zu geben. Das Verfolgen von ÖSL muss dabei auch einen Nutzwert für die Landwirt*innen entfalten.
3. Welche innovativen Produktionssysteme eignen sich, um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen?
 - Die Konsortien CUBES Circle und food4future der „Agrarsysteme der Zukunft“ entwickeln Indoor-Produktionssysteme, die leerstehende

Flächen und Reststoffe effizient nutzen.

4. Wie können Erkenntnisse aus Reallaboren und Demonstrationsbetrieben für die Markteinführung abgeleitet werden?
 - Unterschiedliche Praxisformate (z.B. Feldtage) unterstützen bereits die Lernprozesse zwischen Wissenschaft und Praxis. Ein umfassender Reallaboransatz der „Agrarsysteme der Zukunft“ ist bereits in Vorbereitung.
5. Welche Kommunikationsformate eignen sich, um insbesondere die gemeinsamen Erkenntnisse (z.B. in zusammengeführtem Reallabor) intern - auf Bearbeitungsebene - und extern - interessierte Fachöffentlichkeit und Konsument*innen - zu sichern und zu verbreiten?

... zur Verringerung des Beitrags zum Klimawandel

1. Kann die Agrarwirtschaft durch die Nutzung von Digitalisierungsmöglichkeiten ÖSL gezielter einsetzen und so deren Beitrag zur Verringerung des Klimawandels erhöhen?
 - Das Konsortium DAKIS entwickelte digitale Tools damit Landwirt*innen ÖSL gezielter einsetzen und so deren Beitrag zur Verringerung des Klimawandels erhöhen können.

■ Notwendige weitere Vernetzung

Die „Agrarsysteme der Zukunft“ bilden eine interdisziplinäre stark vernetzte Forschungscommunity. Zusätzliche Vernetzung werden angestrebt mit:

- Anderen Forschungsprojekte im In- und Ausland
- Der landwirtschaftlichen Praxis > Austausch mit Praktiker*innen, Landjugend
- Entlang der Wertschöpfungskette (Landwirtschaft, Lebensmitteleinzelhandel, Abfallwirtschaft, nur so kann eine Kreislaufwirtschaft erzeugt werden)

74 Regenerative Landwirtschaft als Antwort auf den Klimawandel? Von Möglichkeiten und Grenzen

Leisch S¹, Weiler C¹, Aumer W^{1,3}, Henzel D¹, Junge SM^{1,2}, Bilibio C¹, Niether W⁴, Görres CM³, Kammann C³, Gattinger A⁴, Weber T¹, Peth S⁵ & Finckh MR¹

¹ Universität Kassel - Ökologische Agrarwissenschaften, Nordbahnhofstr. 1a, 37213, Witzenhausen - simeonleisch@uni-kassel.de; ² Interessengemeinschaft gesunder Boden e.V. Lohackerstr. 19, 93051 Regensburg - www.ig-gesunder-boden.de; ³ Hochschule Geisenheim - Institut für angewandte Ökologie - Von-Lade-Straße 1, 65366 Geisenheim; ⁴ Universität Gießen- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen; ⁵ Universität Hannover - Institut für Bodenkunde - Arbeitsgruppe Bodenbiophysik - Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover

Viele LandwirtInnen versprechen sich von regenerativen Ackerbaustrategien eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Ackerbau und gleichzeitig positive Klimawirkungen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene.

Die landwirtschaftliche Bodennutzung ist einerseits durch den Klimawandel stark betroffen (Olesen und Bindi, 2002 - 10.1016/S1161-0301(02)00004-7). Gleichzeitig ist sie durch signifikante Treibhausgas (THG)-Emissionen für diesen mitverantwortlich (Zamanian et al., 2018 - 10.1111/gcb.14148; Rösemann et al., 2021 - 10.3220/REP1616572444000). Die landwirtschaftliche Bodennutzung ist nicht nur Teil des Problems sondern kann mithilfe von regenerativen Anbaumethoden, wie reduzierte Bodenbearbeitung, maximale Bodenbedeckung und intensiver Zwischenfruchtanbau, Kompost und andere Mulchapplikationen u.a. auch Teil eines Lösungsansatzes sein: Es wird erhofft, dass diese Maßnahmen langfristig die C-Gehalte im Boden steigern sowie die Lachgasemissionen senken. Dazuhin soll eine Steigerung der Wasser- und Stoffretention, durch eine Verbesserung der physikalischen und biologischen Bodenqualität sowie der ständigen Bodenbedeckung zur Klimaanpassung und zur Abmilderung des Klimawandels beitragen (Joyce et al., 2002 - 10.13031/2013.8526).

Regenerative Anbaumaßnahmen wie reduzierte Bodenbearbeitung, Kompost-, Transfermulch und Zwischenfruchteinsatz erhöhen die bodenbiologische Aktivität und Porung des Bodens, somit die Niederschlags- und Nährstoffretention. Ein möglichst bedeckter Boden, durch Transfermulch, Untersaaten und Zwischenfrüchte kann Erosion verhindern und positive Effekte auf das Lokal- bzw.

Mikroklima erzeugen. Trotzdem ist auch eine kritische Einordnung aus Perspektive der Wissenschaft, im Kontext der medialen Aufmerksamkeit und Euphorie, von Nöten.

An der Universität Kassel werden diverse regenerative Anbaumaßnahmen in Exaktversuchen und On-Farm im Hinblick auf ihre Auswirkung auf die Wasserretention, sowie auf klimawirksame, phytopathologische, agronomische und bodenbiologische Auswirkungen hin untersucht.

Zielsetzungen

Im Workshop werden die Teilnehmenden mit der bisherigen Entwicklung und Forschung zur regenerativen Landwirtschaft als Ansatz zur Klimaanpassung und -Mitigation vertraut. Es wird Raum zum Austausch und Vernetzung gegeben, sowie neue Fragestellungen für die Forschung erarbeiten.

Ablauf

- Kennenlernen der Teilnehmer durch eine kurze Vorstellungsrunde.
- Impulsvorträge stellen anhand aktueller Forschungsvorhaben den Stand des Wissens sowie die praktische Umsetzung dar.
- Gruppendiskussion: Wissensaustausch, Netzwerkintensivierung und Erarbeitung neuer wissenschaftlicher Fragestellungen.

Die Finanzierung erfolgt seit 2020 über das Projekt AKHWA: Anpassung an den Klimawandel in Hessen - Erhöhung der Wasserretention des Bodens durch regenerative Ackerbaustrategien, das vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert wird.

Klimaschutz durch regenerativen Ackerbau?

Aumer, Wolfgang^{1,5} ✉; Görres, Carolyn-Monika¹; Junge, Stephan^{5,6}; Bilibio, Carolina²; Niether, Wiebke³; Weber, Tobias²; Gattinger, Andreas³; Peth, Stephan⁴; Finkh, Maria Renate⁵; Kammann, Claudia¹

¹Hochschule Geisenheim - Institut für angewandte Ökologie - Von-Lade-Straße 1, 65366 Geisenheim; ²Universität Kassel - Ökologische Agrarwissenschaften - Bodenkunde, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen; ³Universität Gießen- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen; ⁴Leibnitz Universität Hannover Naturwissenschaftliche Fakultät - Institut für Bodenkunde - Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover; ⁵Universität Kassel - Ökologische Agrarwissenschaften - Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen; ⁶Interessengemeinschaft gesunder Boden e.V. Lohackerstr. 19, 93051 Regensburg

✉ wolfgang.aumer@hs-gm.de

Die ackerbauliche Produktion muss sich an die Folgen des Klimawandels anpassen. Gleichzeitig ist sie Teil des Problems und mitverantwortlich für diesen, kann aber auch zum Teil der Lösung werden. Die wichtigsten Treibhausgase (THG) sind Kohlenstoffdioxid (CO₂), Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄). Über 100 Jahre- ist das Erderwärmungspotential von N₂O 273-mal größer als das von CO₂ (IPCC 2021 - 10.1017/9781009157896). Die N₂O-Emissionen haben daher großen Einfluss auf die THG-Bilanzierung von Böden.

Die reduzierte Bodenbearbeitung (RB) ist eine der am häufigsten praktizierten regenerativen Methoden und bietet Potential dafür, atmosphärischen Kohlenstoff durch Humusaufbau zu binden. Stand des Wissens: In den ersten Jahren der Systemumstellung von pflügender Bodenbearbeitung auf RB sind erhöhte N₂O-Emissionen zu erwarten. Unter langfristiger RB-Systemanwendung (> 20 Jahren) sind die Emissionen verringert im Vergleich zur pflügenden Bodenbearbeitung (Six et al. 2004 - 10.1111/j.1529-8817.2003.00730.x). Zu anderen regenerativen Anbaumethoden gibt es keinen expliziten Wissenstand. Das Projekt AKHWA bietet erstmals die Möglichkeit, das Erderwärmungspotential regenerativer Ackerbausysteme zu erforschen.

Ein Feldversuch in Neu-Eichenberg, Nord-Hessen umfasst seit 2010 drei Faktoren bei vierfacher Parzellenwiederholung: Bodenbearbeitung (BB), Kompost (K), Mulch (M) und Vitalisierung (V); daraus wurden fünf Varianten für wöchent-

liche THG-Flussmessungen (Haubenmethode) ab September 2021 ausgewählt (Tab. 1).

Tab. 24. Ausgewählte Varianten für THG-Flussmessungen; (+) = „Faktor vorhanden“, (-) = „Faktor nicht vorhanden“.

Variante	BB	K	M	V
P	Pflug	-	-	-
RB	Reduziert	-	-	-
RB.K	Reduziert	x	-	-
RB.MK	Reduziert	x	x	-
RB.MKV	Reduziert	x	x	x

Bis jetzt sind die flächenbezogenen N₂O-Emissionen (275 Tage; Wick-Triticale, z.T. Kartoffeln) ausgewertet (Tab. 2). Variante RB zeigte gegenüber Variante P keine erhöhten N₂O-Emissionen. Auch die Anwendung von Kompost, Mulch oder Vitalisierung verursachte bisher keine zusätzlichen N₂O-Emissionen. Eine vierjährige Messkampagne und die Berechnung der ertrags- und flächenbezogenen Erderwärmungspotentiale sind anvisiert.

Tab. 2. Kumulative N₂O-Emissionen (275 Tage).

Variante	N ₂ O-Emissionen [µg N m ⁻²]	
	Mittelwert	Standardfehler
P	11851	±1478
RB	10724	±538
RB.K	12588	±1214
RB.MK	11160	±1648
RB.MKV	11870	±953

Klimaresilienter Ackerbau durch regenerative Landwirtschaft?

Leisch, Simeon¹ ✉; Weiler, Christiane¹; Junge, Stephan M.^{1,2}; Finckh, Maria R.¹

¹Ökologischer Pflanzenschutz - Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen;

²IG Gesunder Boden e.V.

✉ simeonleisch@uni-kassel.de

Der Begriff der regenerativen Landwirtschaft hat in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit erfahren. Berater*innen und Praktiker*innen des regenerativen Ackerbaus wecken die Hoffnung, ein ökonomisch wie ökologisch nachhaltiges Anbausystem entwickelt zu haben. Durch dauerhafte Bodenbedeckung (Zwischenfrüchte, Totmulch oder Untersaaten), Flächenrotte, den Einsatz von Fermenten zur Rottelenkung und den Einsatz von Komposttees und Komposten soll der Ackerbau klimaresilient gemacht werden (Giller et al. 2021 10.1177/0030727021998063) In Feldversuchen untersucht die Universität Kassel die Auswirkungen dieser Maßnahmen unter den klimatischen Bedingungen in Hessen.

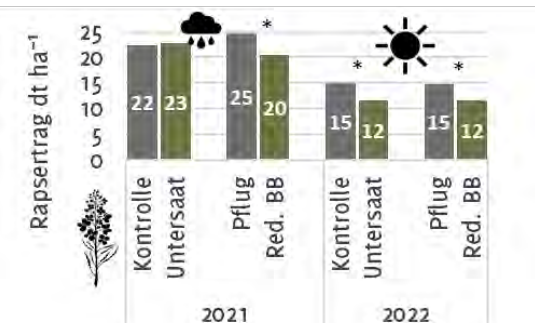


Abb. 103. Einfluss von Untersaaten und Bodenbearbeitung auf den Rapserttrag im feuchten Jahr 2021 und im Dürrejahr 2022

Untersuchungen bei Raps im langjährigen Bodenbearbeitungsversuch zeigen, dass reduzierte Bearbeitung die Erträge etwas mindert. Die ständige Bodenbedeckung durch Untersaaten kann je nach Witterung extrem unterschiedliche Auswirkungen haben (vgl. Abb. 1). Für das Pflanzenwachstum der Hauptkultur ist die Konkurrenzschwäche der Untersaaten von entscheidender Bedeutung. Gerade bei durch Klimawandel verursachter Dürre kann die Wasserkonkurrenz die

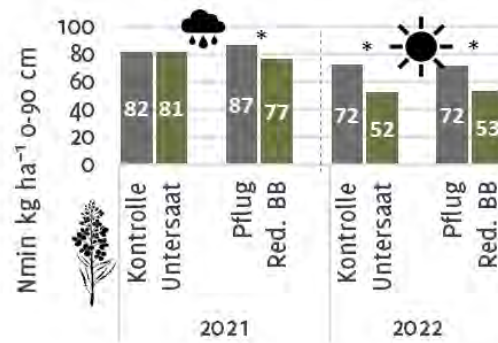


Abb. 2. Rest Nmin nach Raps vor Winter im feuchten Jahr 2021 und im Dürrejahr 2022

Hauptkultur einschränken. Allerdings reduzierte die reduzierte Bodenbearbeitung die Rest-N-Gehalte vor Winter und damit die Auswaschungsgefahr. Im Dürrejahr 2022 konnten die Untersaaten ebenfalls noch N vor dem Winter festlegen (Abb. 2).

Regelmäßige Kompostapplikationen (5 t TM/ha/Jahr) kann im System teilweise die ertraglichen Nachteile der Reduzierten Bodenbearbeitung in Stressjahren kompensieren. Ferment und Komposttee hatten bisher keine konsistenten Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum.

Das Maßnahmenpaket „Regenerative Landwirtschaft“ wirkte sich bei Raps in unterschiedlichen Klimasituationen gegensätzlich aus. Die Klimawandelresilienz des Systems steigt also nicht automatisch durch „Regenerativer Landwirtschaft“, vielmehr bedarf es einer genauen Analyse der Maßnahmen. Von Seiten der Wissenschaft können einzelne Maßnahmen der Regenerative Landwirtschaft evidenzbasiert und standortangepasst je nach Zielsetzung empfohlen werden. Nach der Identifizierung der wirksamsten Maßnahmen werden derzeit Empfehlungen für die Anpassung des Ackerbaus an die Klimawandelszenarien in Hessen entwickelt sowie Kosten und Leistungen der Maßnahmen ermittelt.

Einfluss reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren auf physikalische und hydrologische Bodeneigenschaften – Eignung für den ökologischen Landbau

Bilibio, Carolina¹ ✉; Weber, Tobias Karl David¹; Junge, Stephan Martin^{2,3}, Finckh, Maria Renate², Peth, Stephan⁴

¹ Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Boden- und Pflanzenbauwissenschaften, Nordbahnhofstraße 1a, D-37213 Witzenhausen, Deutschland;

² Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstraße 1a, D-37213 Witzenhausen;

³ Interessengemeinschaft gesunder Boden e. V. Lohackerstraße 19 D 93051 Regensburg;

⁴ Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover.

✉ carolina.bilibio@uni-kassel.de

Die konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung ist ein integraler Bestandteil der regenerativen Landwirtschaft, die wiederum auf einer minimalen Bodengefügestörung, einer diversifizierten Fruchtfolge sowie dem Verbleib von Ernterückständen auf der Bodenoberfläche beruht (Näser, 2020 - ISBN 978-3818606954). In Europa ist die konservierende Bodenbearbeitung in der konventionellen Landwirtschaft jedoch deutlich häufiger anzutreffen, als im ökologischen Landbau, da dem Pflugverfahren im Zusammenhang mit der Regulierung des Unkrautdrucks in ökologisch geführten Landbausystemen eine besondere Rolle zukommt (Peigné et al., 2007 - 10.1111/j.1475-2743.2006.00082.x). In dieser Studie stellen wir vor, wie verschiedene hydrologische und bodenmechanische Parameter sich über die Dauer eines Langzeitversuchs (seit 2010), in einem nach den Prämissen der konservierenden, ökologischen Landwirtschaft geführten Agrarökosystem im Vergleich zu einem konventionellen Landbewirtschaftungsmanagement, darstellten. Die abgeprüften Behandlungsvarianten umfassten Pflügen (P), reduzierte Bodenbearbeitung (RB), reduzierte Bodenbearbeitung mit Komposteinsatz (RB.K), reduzierte Bodenbearbeitung mit Komposteinsatz und Mulchanwendung (RB.MK), sowie einer reduzierten Bodenbearbeitung mit ebenfalls kombiniertem Kompost- und Mulcheinsatz seit 2020 ergänzt um zusätzlich eine Vitalisierung durch die Anwendung von nährstoffangereicherten Komposttees sowie Fermenten zur Flächenrotte (RB.MKV). Die Wasserretentionskurven, die im Jahr 2020 gemessen wurde, zeigten sämtlich eine signifikant höhere Gesamtporosität (51,7 %) und eine signifikant höhere Luftkapazität (16,7 %) für die Pflugbehandlung (P) von 0,15 bis 0,19 m

Tiefe, während die reduzierte Bodenbearbeitungsvariante (RB.K) die höchste Lagerungsdichte (1,4 g/cm³) in der gleichen Tiefe aufwies. Vor Beginn der Vitalisierung 2020 wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen hinsichtlich der im Labor gemessenen gesättigten Wasserleitfähigkeit festgestellt. Die in-situ im Feld ermittelte gesättigte Wasserleitfähigkeit (Daten erhoben in den Jahren 2021, 2022 und 2023) unterschied sich ebenfalls nicht. Die Aggregatstabilität lag in den Behandlungen mit reduzierter Bodenbearbeitung im Jahr 2021 und in der Behandlungsvariante RB.K im Jahr 2022 in 0,07 m Tiefe am höchsten. Für den Eindringwiderstand in 0-0,30 m Tiefe wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen sämtlichen Behandlungen, abgeprüft in den Versuchsjahren 2020-2023, gefunden. Insgesamt wurden jedoch in den reduzierten Bodenbearbeitungsvarianten zwischen 2020 und 2023 zu keiner Zeit die kritischen physikalischen Werte für einen Ackerbodenstandort überschritten. Somit ist auch die Funktionalität des Bodens durch das konservierende Verfahren über den Betrachtungszeitraum hinweg zu keiner Zeit über die Maßen ungünstig eingeschränkt gewesen (etwa in Bezug auf die gesättigte Wasserleitfähigkeit), was die Eignung des konservierenden Bodenbearbeitungsverfahrens als mögliche nachhaltige ackerbauliche Verfahrenstechnik, insbesondere auch für den ökologischen Landbau belegt.

Wir bedanken uns beim Land Hessen für die Förderung des Projektes AKHWA: Anpassung an den Klimawandel in Hessen - Erhöhung der Wasserretention des Bodens durch regenerative Anbaustrategien .

Fazit | Regenerative Landwirtschaft als Antwort auf den Klimawandel? Von Möglichkeiten und Grenzen

Regenerative Landwirtschaft steht im Mittelpunkt der Diskussion um Lösungen für den Klimawandel. Trotz ihres Potenzials zur Verbesserung zur Erhöhung des Kohlenstoffgehalts im Boden, zum Erosionsschutz und Wassermanagement sowie zur Förderung der Boden- und Pflanzengesundheit sind noch viele Fragen offen. Ein zentraler Punkt ist das Fehlen einer einheitlichen Definition von "Regenerativer Landwirtschaft" und einer klaren Abgrenzung zu verwandten Ansätzen wie z.B. der „Conservation Agriculture“. Die unklare Definition und die komplexen Maßnahmenkombinationen erschweren z.Zt. die Forschung zum Thema.

Forschungsbedarf besteht insbesondere im besseren Verständnis des Zusammenspiels der Maßnahmen und ihrer Kombinationen. Es müssen mehr Feldversuche

auf verschiedenen Bodentypen und in Bereichen außerhalb der konventionellen Landwirtschaft, einschließlich des Obst- und Gemüseanbaus, durchgeführt werden. Dabei ist es wichtig, die Forschung effizient auf innovative Ansätze der Regenerativen Landwirtschaft zu konzentrieren, anstatt bekannte Maßnahmen unter neuem Namen zu erforschen.

Die Grenzen der Regenerativen Landwirtschaft liegen insbesondere in der Komplexität des Systems und der Zuordnung von Nutzen und Kosten zu einzelnen Maßnahmen.

Trotz dieser Herausforderungen bietet die Regenerative Landwirtschaft große Chancen für die landwirtschaftliche Praxis. Die positive Kommunikation innerhalb der Branche und die Erkenntnis, dass Bodenschutz langfristig im Interesse der Landwirtinnen liegt ist für viele Betriebsleiterinnen motivierend. Durch den Ansatz des „Baukastensystems“ ist der Regenerative Landbau flexibel einsetzbar und kann so für viele Betriebe ein umsetzbares und positives Leitbild darstellen.

81 Lebensmitteleinzelhandel: Key-Player für den Klimaschutz?

Umweltbundesamt, Dr. Hyewon Seo

Die Ernährungssysteme in Deutschland stehen vor einem großen Transformationsprozess. Bei den Diskussionen darüber stehen aber bisher vor allem die Akteursgruppen der Primärproduktion, die Landwirt*innen, sowie die Verbraucher*innen im Fokus. Dem Lebensmitteleinzelhandel (LEH) kommt jedoch eine Schlüsselrolle bei der Umgestaltung der Ernährungssysteme zu. Denn sowohl durch seine Nähe zu Verbraucher*innen als auch durch den großen Einfluss - bedingt durch die hohe Marktkonzentration - auf die Erzeuger- und Verarbeitungsbetriebe hat der LEH letztlich einen sehr großen Einfluss darauf, was produziert, angeboten und konsumiert wird. Daraus erwächst sich naturgemäß auch die Verantwortung zum Klimaschutz durch den LEH.

In der UBA-Studie von 2022 „Wie nachhaltig sind die deutschen Supermärkte?“ wurden Anforderungen an den Lebensmitteleinzelhandel als zentralen Akteur des Ernährungssystems aus Sicht der ökologischen Nachhaltigkeit formuliert und die derzeitigen Bemühungen der acht umsatzstärksten Lebensmitteleinzelhandels-Unternehmen in Deutschland, nämlich ALDI Nord, ALDI Süd, EDEKA, Kaufland, LIDL, Netto Marken-Discount, PENNY und REWE bewertet. Dazu wurde ein wissenschaftlich basiertes Bewertungsinstrument aus 22 Handlungsfeldern, 43 Indikatoren und 112 Subindikatoren für den LEH entwickelt, das eine systematische Erfassung und Einordnung der Unternehmensbemühungen zur ökologischen Nachhaltigkeit in den Bereichen

Lieferkette, eigene Standorte und Verbraucherkommunikation erlaubt. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass der LEH bislang vorhandene Handlungsspielräume nicht ausnutzen.

In dieser Session werden die Ergebnisse der Analysen über die Rolle des Lebensmitteleinzelhandels beim Klimaschutz des Ernährungssystems vorgestellt. Anschließend wird mit allen Akteur*innen des Ernährungssystems diskutiert, welche Rahmenbedingungen notwendig sind, um bestehende Potenziale auszuschöpfen.

Ablauf

- Begrüßung und Einführung in das Thema
- Vorträge
 - Die Bedeutung des Lebensmitteleinzelhandels für das Ernährungssystem | Dr. Hyewon Seo
 - Lebensmitteleinzelhandel: Key-Player für den Klimaschutz? | Dr. Christian Schader
- Gemeinsame Diskussion mit den Vertreter*innen aus der Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie, des -einzelhandels, der Gastronomie, von Umwelt- und Verbraucherverbänden sowie der Politik

Leitfrage: Welche Rolle spielt der Lebensmitteleinzelhandel beim Klimaschutz im Ernährungsbereich?
- Fazit und Abschluss

Die Bedeutung des Lebensmitteleinzelhandels für das Ernährungssystem

Seo, Hyewon¹ ✉; Schader, Christian²; Harrer, Felix²

¹Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, ²FiBL, Frick, Schweiz

✉ hyewon.seo@uba.de

Der Lebensmitteleinzelhandel (LEH) in Deutschland versorgt mit einem dichten Netz aus Geschäften mehr als 82 Millionen Menschen mit Lebensmitteln. Das Angebot des LEH reicht von durchschnittlich 2.300 Artikeln in einem Discounter bis zu 60.000 Artikeln und mehr in einem Selbstbedienungswarenhaus¹. Täglich gehen 48 Millionen Menschen in einem dieser Supermärkte einkaufen und geben durchschnittlich ca. 20 Euro pro Einkauf aus².

Der LEH ist auch für Lebensmittelhersteller und -erzeugerbetriebe ein wichtiger Partner: Je nach Produkt liegt der Anteil des LEH am Gesamtumsatz der Hersteller bei 65 bis 90 Prozent³. Hinzu kommt, dass der LEH nicht nur mit den Waren aus der Landwirtschaft und der Ernährungsindustrie handelt, sondern mit Eigenmarkenprodukten auch als Hersteller agiert und in Konkurrenz zu seinen Lieferanten tritt. Der Eigenmarkenanteil der Discounter liegt bei 75 - 91 %, bei Vollsortimentern bei etwa 25 %.

Die Rolle des LEH innerhalb des Ernährungssystems hat aber auch durch Marktkonzentration infolge von Unternehmensübernahmen wie beispielsweise bei Kaiser's Tengelmann oder real in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Der Anteil der vier Konzernen, Aldi Group (Aldi Nord und Aldi Süd), Edeka Group (Edeka und Netto Markendiscout), Schwarz Group (Lidl und Kaufland) und Rewe Group (Rewe und Penny) am Gesamtumsatz des LEH beträgt aktuell 75 Prozent.

Darüber hinaus kann aus der Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten der Fraktion Die Linke, abgeleitet werden, dass der LEH 2021 mit 45,5 %, den größten Anteil der Bruttowertschöpfung innerhalb der Lebensmittelkette erwirtschaftet hat und damit zumindest ökonomisch eine zentrale Rolle innerhalb des Ernährungssystems spielt⁴. Aber auch aus ökologischer Sicht nimmt der LEH mit seiner Sortimentsgestaltung, Beschaffungspolitik und den produktbezogenen Anforderungen essentiellen Einfluss auf die Lieferanten⁵.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der LEH eine zentrale Stellung innerhalb des Ernährungssystems mit erheblicher Marktmacht hat, sowohl in den Lieferketten als auch gegenüber den Konsumentenden. Zudem ist der LEH durch eine marktbeherrschende Stellung von vier Konzernen charakterisiert.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage a) welche konkreten Handlungsmöglichkeiten diese LEH-Unternehmen haben, um die Transformation des Ernährungssystems voranzutreiben und b) inwieweit sie diese Handlungsmöglichkeiten nutzen. Dazu hat das Umweltbundesamt zwei Untersuchungen lanciert, deren Ergebnisse in dieser Session präsentiert werden. Danach findet eine Podiumsdiskussion darüber statt, ob sich Unternehmensbewertungen dafür eignen, Transformation anzustoßen und zu verstetigen sowie welche politischen Rahmenbedingungen flankierend notwendig sind.

¹ EHI 2017

² IFH Köln 2018 und Nielson Consumers 2019

³ BKart 2014

⁴ Drucksache 20/8328

⁵ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/standards-des-lebensmitteleinzelhandels-belasten>

Lebensmitteleinzelhandel: Key-Player für den Klimaschutz?

Schader, Christian¹ ; Harrer, Felix¹; Seo, Hyewon²

¹FiBL, Frick, Schweiz; ²Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau,

 christian.schader@fibl.org

Der Lebensmitteleinzelhandel (LEH) spielt eine Schlüsselrolle in unserem Ernährungssystem, da er großen Einfluss sowohl auf die Produktion als auch auf den Konsum ausübt. Entsprechend kommt ihm auch beim Umweltschutz eine entscheidende Bedeutung zu. In der 2022 veröffentlichten UBA-Studie „Wie nachhaltig sind die deutschen Supermärkte?“ wurde ein wissenschaftlich abgeleiteter Maßstab zur Bewertung der Nachhaltigkeitsaktivitäten des LEH entwickelt und unter anderem die Klimaschutzbemühungen der acht umsatzstärksten LEH-Unternehmen im Jahr 2020 systematisch erfasst und vergleichend bewertet.

Ziel des Projektes war es herauszufinden, inwieweit diese Unternehmen ihren Handlungsspielraum nutzen, um das Ernährungssystem umweltfreundlicher zu gestalten.

Das Bewertungsinstrument wurde auf Grundlage der existierenden nationalen und internationalen Nachhaltigkeitsframeworks wie zum Beispiel SDG, Planetary Boundaries, Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung entwickelt. Die Daten zu den Nachhaltigkeitsaktivitäten der Unternehmen wurden zunächst anhand der öffentlich zugänglichen Informationen gesammelt. Danach wurden diese in einer strukturierten, mehrstufigen Befragung von den Unternehmen verifiziert und ergänzt. Die so zusammengetragenen Daten wurden mittels zuvor entwickelten Instruments analysiert und bewertet.

Die Ergebnisse des Projektes haben gezeigt, dass das Thema Klimaschutz von allen acht Unternehmen im Vergleich zu anderen Umweltthemen prioritär bearbeitet wird. Der Großteil der Unternehmen versucht die Klimaziele wissen-

schaftsbasiert zu definieren und betrachtet dabei nicht nur die eigenen Standorte, sondern bezieht auch die Lieferketten ein und stellt dies auch in der Kommunikation gegenüber Konsumierenden in den Fokus. Allerdings sind die Ziele oft nicht mess- und verifizierbar, da Parameter wie Zeitrahmen oder die Bezugsgrößen teilweise nicht eindeutig definiert werden. Maßnahmenbezogen befinden sich zum Teil „Lieferantenplattformen“ im Aufbau, zur Unterstützung der Eigenmarkenlieferanten beim Thema THG-Reduktion. Bezogen aufs Sortiment kann festgestellt werden, dass klimabezogene Fokusthemen wie Entwaldung oder Soja als Futtermittel untersucht und zu bearbeiten versucht werden. Andere Klima-Hebel wie der Anteil von tierischen Produkten im Sortiment, der Anteil von pflanzlichen (Ersatz-)Produkten oder die graslandbasierte Fütterung bei Wiederkäuern werden einzeln bearbeitet.

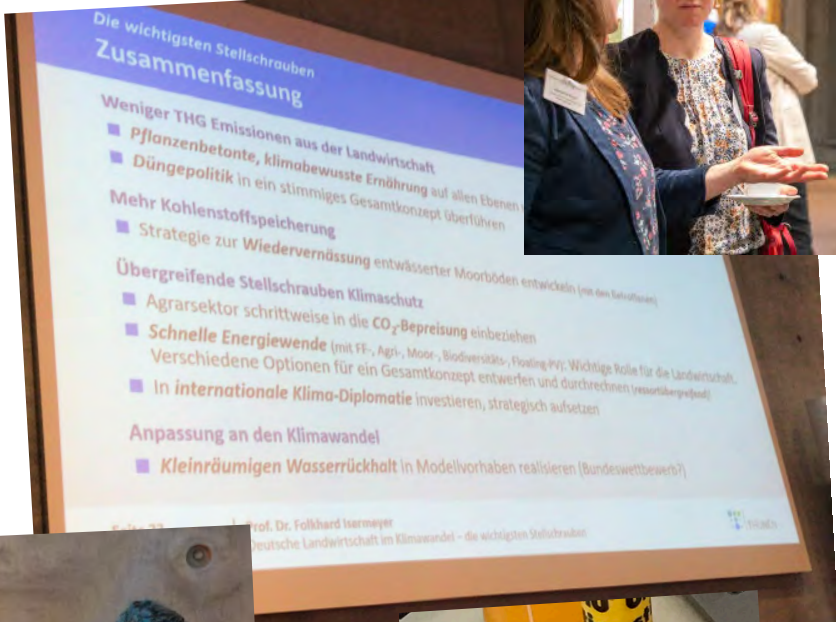
Insgesamt nutzt der Handel seinen grossen Einfluss zum Klimaschutz auf Landwirtschaft, Verarbeitung und Konsum noch viel zu wenig. Effektive Massnahmen, wie die Reduktion der Werbung für tierische Produkte konnten wir nicht feststellen.

Angesichts der angespannten Wettbewerbslage ist ein politisches Massnahmenpaket notwendig, welches den Unternehmen ermöglicht effektive Klimaschutzmassnahmen mit betriebswirtschaftlichen Interessen stärker in Einklang bringen zu können. Dies sollte sowohl finanzielle als auch regulatorische Komponenten beinhalten.

Fazit | **Lebensmitteleinzelhandel: Key-Player für den Klimaschutz?**

In der Session wurden die Forschungsergebnisse des Projektes „Wie nachhaltig sind die deutschen Supermärkte?“ vorgestellt und im Anschluss darüber diskutiert, welche Rolle der Lebensmitteleinzelhandel (LEH) bei der notwendigen Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme spielt bzw. spielen kann. Einig waren sich die Diskutierenden sowohl auf dem Podium als auch im Publikum, dass dem LEH eine entscheidende und zunehmende Bedeutung zukommt.

Es wurde jedoch die Befürchtung geäußert, dass sich dadurch das Ungleichgewicht von Macht zwischen den Erzeuger*innen bzw. Lieferant*innen und dem LEH vergrößern könnte und die Ersteren die Hauptlast der Transformation tragen müssen. Darüber hinaus wurde die Frage aufgeworfen, ob der LEH in der Lage ist, effektivere Transformationsmaßnahmen entlang der Wertschöpfungskette schneller umzusetzen als die Politik. In der Diskussion wurde mehrfach betont, dass ein „runder Tisch“ der Akteur*innen der Wertschöpfungskette notwendig ist, der ein „Miteinanderreden auf Augenhöhe“ ermöglicht, um so eine sowohl ökologische als auch sozioökonomische Transformation der Ernährungssysteme voranzubringen.



Beteiligte

Programmkomitee

– Steuerungsgruppe der Plattform *Landwirtschaft im Klimawandel* –

Prof. Dr. Claas Nendel (Sprecher),

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) u. Universität Potsdam

Dr. Claudia Heidecke (Stellvertretende Sprecherin), Thünen-Institut

Prof. Dr. Ralf Bloch, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Dr. Annette Freibauer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Dr. Cathleen Frühauf, Deutscher Wetterdienst

Prof. Dr. Eva Gallmann, Universität Hohenheim

Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
und Humboldt-Universität zu Berlin

– Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft –

Kay Schwappe

Dr. Wolfgang Zornbach



Sichtung und Begutachtung der Abstracts

Herzlichen Dank an

Amanda Birkmann

Alisa Spiegel

Amelie Hünnebeck-Wells

Amir Hajjarpoor

Annette Freibauer

Björn Kuhla

Bärbel Tiemeyer

Christian Böhm

Cathleen Frühauf

Christiane Weiler

Claas Nendel

Claudia Bethwell

Claudia Heidecke

Claudia Hunecke

Davit Stepanyan

Elena Frenken

Eva Gallmann

Franziska Tanneberger

Hermann Lotze-Campen

Insa Kühling

Jens Jetzkowitz

José Martinez

Juliane El Zohbi

Jörg Rieger

Klaus Wimmers

Lennart Gosch

Leonie Steinherr

Lorenz Kottmann

Lukas Beule

Lukas Fehr

Marlene Palka

Mareike Söder

Maria Jaeger

Marie von Meyer-Höfer

Martin Erbs

Martin Köchy

Martin Wiesmeier

Natalya Stupak

Nina Graßnick

Ralf Bloch

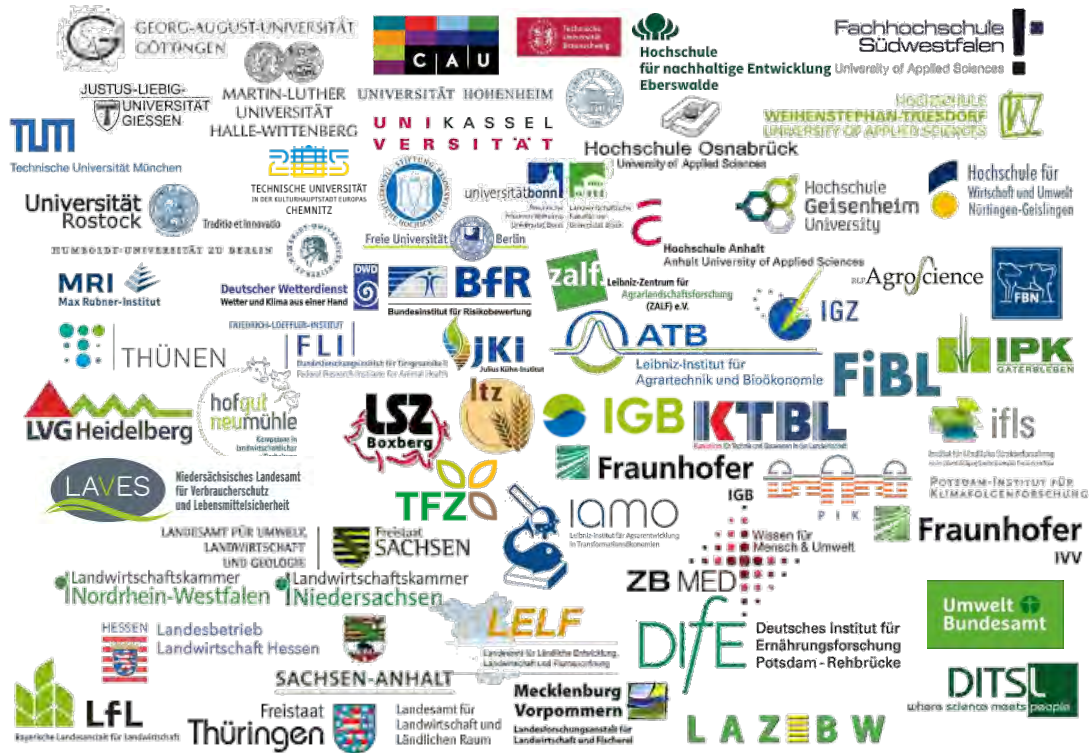
Thomas Gaiser

Til Feike

Ute Vogler

Die Deutsche Agrarforschungsallianz

Die DAFA ist eine Gemeinschaftsinitiative der deutschen Agrarforschung. Ihr gehören über 60 deutsche Universitäten, Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Bundes- und Landesforschungsinstitute an. Das Netzwerk bündelt die Kompetenzen der deutschen Agrarforschung und adressiert landwirtschaftlich und gesellschaftlich relevante Fragestellungen. Wir verfolgen das Ziel, die Leistungsfähigkeit sowie die internationale Sichtbarkeit der deutschen Agrarforschung zu verbessern.





Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA)

% Thünen-Institut

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Telefon: +49 (0) 531 596-1017/1019

E-Mail: info@dafa.de

Web: www.dafa.de