

TECHNIKGLÄUBIGKEIT UND BIG-DATA

VOM MYTHOS DER KLIMASMARTEN LANDWIRTSCHAFT – ODER WARUM WENIGER VOM SCHLECHTEN NICHT GUT IST

ANITA IDEL, ANDREA BESTE

IM AUFTRAG VON MARTIN HÄUSLING, MDEP

Die Grünen | Europäische Freie Allianz
im Europäischen Parlament

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Martin Häusling, MdEP / Europabüro Hessen
Kaiser-Friedrich-Ring 77
65185 Wiesbaden

Tel. 0611 - 98920-30
Fax 0611 - 98920-33
info@martin-haeusling.de

GESTALTUNG

Dipl. Des. (FH) Annette Schultetus
www.design-kiosk.de

BEZUG DIESER PUBLIKATION

Ina Möllenhoff, Öffentlichkeitsarbeit
Tel. 0611 - 98920-30
Fax 0611 - 98920-33
info@martin-haeusling.de

AUTORINNEN

Dr. med. vet. Anita Idel
Dr. agr. Andrea Beste

DRUCK

flyerheaven.de

STAND

September 2018

TITELBILD

depositphotos.com, Tractor fertilizing in field © fotokostic / Satellite © mmaxer / Kuh © Michaela Braun

INHALT

VORWORT MARTIN HÄUSLING 05

EINLEITUNG 06

BEITRAG ANDREA BESTE

1. AUF DEM ACKER:
ANDERE SYSTEME STATT DIGITALE KOSMETIK! 08

2. CLIMATE SMART AGRICULTURE UND PRECISION FARMING
EIN BISSCHEN WENIGER VOM FALSCHEN MACHT ES NOCH NICHT GUT 09

3. DIE 4-PROMILLE-INITIATIVE ZUM HUMUSAUFBAU 18

4. KLIMASCHUTZ UND KLIMAANPASSUNG GEHÖREN ZUSAMMEN 21

5. STABILE ÖKOSYSTEME MIT HOHER PFLANZENDICHTE UND –VIELFALT:
KLIMASCHÜTZER UND FIT FÜR DEN KLIMAWANDEL 28

6. FÜR EINE KLIMASMARTE LAND-WIRTSCHAFT, DIE DIESEN NAMEN VERDIENT,
SIND SYSTEMISCHE LÖSUNGEN DEN TECHNISCHEN WEIT ÜBERLEGEN 33

BEITRAG ANITA IDEL

1. HINTERGRUND 34

2. MYTHEN ÜBER RINDER, DIE RESSOURCEN VERGEUDEN UND DAS KLIMA KILLEN... 38

MYTHOS 1
RINDER SIND SCHLECHTE FUTTERVERWERTER! 40

MYTHOS 2
RINDER SIND KLIMA-KILLER! 41

MYTHOS 3
JE HÖHER DIE (MILCH-)LEISTUNG PRO KUH, DESTO BESSER FÜRS KLIMA! 43

MYTHOS 4
ZUR RETTUNG DES KLIMAS: DIE ZAHL DER KÜHE HALBIEREN! 45

MYTHOS 5
HOCH- UND HÖCHSTLEISTUNG IST GUT FÜR DAS KLIMA! 46

MYTHOS 6
RINDER VERBRAUCHEN BESONDERS VIEL LAND – UND WASSER! 47

3. WEM IST SCHON BEWUSST, WIE WICHTIG GRASLAND IST... ...WARUM ALSO IST GRASLAND SO WICHTIG? 51

NICHT ACKERFÄHIGES LAND...
...HÄUFIG VERKANNT, IGNORIERT, NEGIERT 51

GRÄSER UND GRASLAND - DIE WICHTIGSTEN CHARAKTERISTIKA DIESER ALLESKÖNNER 52

WARUM BZW. WIE KÖNNEN BÖDEN WACHSEN? 57

WIE ENTSTAND BODENFRUCHTBARKEIT, BEVOR MENSCHEN SESSHAFT WURDEN? 58

DIE KOEVOLUTION VON WEIDELAND UND WEIDETIEREN 59

4. WAHRNEHMUNG DER POTENZIALE:
WÜRDIGUNG UND UMSETZUNG 60

POLITISCHE FORDERUNGEN
MARTIN HÄUSLING
DIE GRÜNEN/EFA 62

REFERENZEN/BILDNACHWEISE 64



VORWORT
MARTIN HÄUSLING

Im Paris-Abkommen von 2015 bekräftigte die Weltgemeinschaft ihr gemeinsames Ziel, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen. Klimaschutz, aber auch die Anpassung an den zunehmend wahrnehmbaren Klimawandel müssen daher als untrennbare, gleichberechtigte Ziele gemeinsam auf die Handlungsagenda.

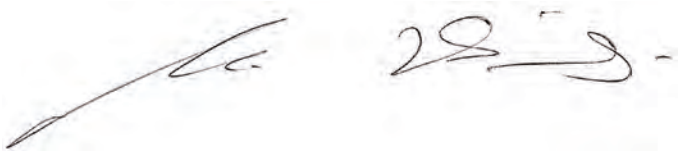
Die Landwirtschaft ist laut Weltagrarbericht sowohl Verursacherin als auch Betroffene des Klimawandels und hat darüber hinaus das Potenzial zu seiner Begrenzung. Für die praktische Landwirtschaft wird es besonders wichtig, ja existenziell sein, Anpassungssysteme zu entwickeln oder wieder zu entdecken, die eine Minimierung der Risiken durch den Klimawandel mit sich bringen. Die landwirtschaftlichen Systeme müssen vorrangig auf Widerstandsfähigkeit – Resilienz – statt auf Höchsterträge ausgerichtet werden. Das betrifft Starkregenfälle ebenso wie Dürren und steigenden Schädlingsdruck. So gut wie alle Maßnahmen, die die Widerstandsfähigkeit erhöhen, sind auch gleichzeitig langfristig klimaschonend, der Ökolandbau ist hier das beste Beispiel. Das Grasland bietet besonderes Potenzial für Klima-, Boden- und Hochwasserschutz sowie zur Förderung der Artenvielfalt – auch aufgrund seines erheblichen Anteils an der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Hinzu kommt die Bedeutung nachhaltiger Beweidung für eine artgerechte Tierhaltung und die Proteinversorgung des Menschen.

Es gilt, landwirtschaftliche Systeme zu optimieren. Eine Absage sollte die Landwirtschaft jeder Maximierung der CO_2-Speicherung für den Emissionshandel erteilen, der andere Branchen entlasten soll. Bodenfruchtbarkeit ist nicht gleichzusetzen mit einem unterirdischen CO_2-Sparbuch. Entscheidend ist, die Bilanz Boden abbauender zugunsten Boden aufbauender biologischer Prozesse zu verschieben.

Generell droht die Gefahr, durch einseitige Forschungsansätze und Scheuklappen-Klimaschutzmaßnahmen letztendlich negative Umweltwirkungen zu erzeugen. So wie das bei der Agroenergie der Fall ist. Das müssen wir vermeiden.

Neben den Klimaschutzzielen setzen die europäische Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie, die Richtlinie zur Luftreinhaltung sowie die Biodiversitätsstrategie Ziele, die einen systemischen Ansatz erfordern, um allen Umweltzielen gerecht zu werden und diese nicht gegeneinander auszuspielen.

Ich wünsche eine erbauliche Lektüre,



EINLEITUNG

LANDNUTZUNG UND KLIMAWANDEL – HERAUSFORDERUNGEN UND POTENZIALE

Anita Idel und Andrea Beste

DAS GANZE IM BLICK HABEN

Fest steht: Die Ausbeutung fossiler Kohlenstofflagerstätten in fester oder gasförmiger Form (Energie für Industrie, Verkehr, Wärme, Kühlung etc.) verursacht den Hauptanteil bei der Anreicherung von Klimagasen in der Atmosphäre.

Unabhängig davon spielt(e) die landwirtschaftliche Nutzung des Ackerlandes und des Graslandes eine nicht zu vernachlässigende Rolle beim Klimawandel: Laut Weltagrarbericht[1] ist die Landwirtschaft sowohl wesentlicher Treiber, als auch dramatisches Opfer des Klimawandels und verfügt gleichzeitig über entscheidende Potenziale zu dessen Begrenzung – je nach Ausrichtung. Der größte Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel entsteht durch die Herstellung und Ausbringung von synthetischem Stickstoffdünger[2]. Aber diese Emissionen werden in vielen Berechnungen und Modellen nicht der Landwirtschaft angerechnet.

Für Wald-, Grasland- und Weide- oder Ackernutzung gilt: Emissionen zu verringern bedeutet nicht (!) Kohlenstoff langfristig in den Böden zu speichern, sondern jeweils die Bilanz Kohlenstoff- abbauender und Kohlenstoff- aufbauender biologischer Prozesse in Richtung Kohlenstoffaufbau zu verschieben.

Die Autorinnen stellen klar: Die Aufgabe der Landwirtschaft liegt darin, auf Dauer ausreichend Lebensmittel auf dem Planeten Erde herstellen zu können. Dies geht nur, wenn die Basisressourcen – Böden, Gewässer, biologische Vielfalt – erhalten werden. Es ist nicht Aufgabe der Landwirtschaft, Treibhausgase, die durch industrielle Produktion verursacht werden, „einzufangen" bzw. zu kompensieren. Letzteres käme einem in jeder Hinsicht unverantwortbaren Klima-Ablasshandel gleich.

Böden können als Kohlenstoff-Quellen (CO_2-Emissionen) und/oder als Kohlenstoff-Senken (CO_2-Speicherung) wirken. Gegenwärtig speichern die Böden der Welt ca. 1.460 Milliarden Tonnen organischen Kohlenstoff und übertreffen damit die Kohlenstoff-Menge der Atmosphäre um mehr als das Doppelte[3]. Den größten Teil des in Böden gespeicherten Kohlenstoffs (25 Prozent) speichern die Permafrostgebiete mit einem Viertel der Landfläche (Arktis, Antarktis, Alpen)[4], – doch nur solange der Permafrost anhält.

Für Wald-, Grasland- und Weide- oder Ackernutzung gilt: Emissionen zu verringern bedeutet nicht (!), Kohlenstoff langfristig in den Böden zu speichern, sondern jeweils die Bilanz Kohlenstoff- abbauender und Kohlenstoff- aufbauender biologischer Prozesse durch kluges Management nachhaltig zugunsten der letzteren zu verschieben.

Ob jeweils die Emission oder die Speicherung von Kohlenstoff in den vom Menschen landwirtschaftlich genutzten Böden überwiegt, hängt wesentlich von der Art der Landnutzung ab, beziehungsweise davon, wie und mit welcher Dynamik Bedeckung und Bewuchs verändert werden.

Extrem klimarelevant wirken Landnutzungswechsel von eher CO_2-speichernden Nutzungssystemen zu eher CO_2-freisetzenden – insbesondere, wenn Mischwälder gerodet oder Grasländer umgebrochen werden. So, wie es derzeit insbesondere in Asien und Lateinamerika mit der Abholzung von Regen- und Trockenwäldern sowie Savannen (Grasland)

zugunsten von Plantagen (Palmöl) oder intensivem Ackerbau (Soja/Mais) in dramatischem Ausmaß geschieht[5].

Neben den Permafrostböden enthalten die Böden der Moore und der Grasländer bei weitem den Großteil des in Böden gespeicherten Kohlenstoffs. Wandelt man diese in Ackerflächen oder (Kurz-) Umtriebsplantagen um oder baut Torf ab, entweichen große Mengen an Treibhausgasen, Artenvielfalt wird zerstört und Bodenfruchtbarkeit und Wasserspeicherkapazität sinken erheblich[6]. Auch die Umwandlung von europäischem Mischwald und Grasland in Ackerflächen ist mit einer sehr hohen CO_2-Freisetzung verbunden.



Wald



Grasland



Moor

Die Überschussproduktion tierischer Produkte in der Europäischen Union basiert wesentlich auf Importfuttermitteln. Deshalb vollzieht sich der Wechsel der Landnutzung in der EU nicht so dramatisch und offensichtlich, wie beispielsweise in Brasiliens Cerrado. Dennoch betrug der Umbruch von Dauergrasland allein in den Gründungsländern der EU (Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg und Niederlande) zwischen 1967 und 2007 mit über 7 Millionen Hektar über 30 Prozent[7] und für die erweiterte EU 4 Millionen Hektar in den letzten 20 Jahren[8]. Dabei ist es für Europas landwirtschaftliche Klimabilanz ausschlaggebend, ob die Tierproduktion massiv gesenkt wird, um den Druck auf die Böden zu reduzieren. Das bedeutet eine Orientierung auf Tierarten und Nutzungsintensitäten, die statt auf Kraftfutter vorrangig auf Grasland basieren.

Darüber hinaus ist in Europa besonders relevant, wie Ackerbau- und Graslandsysteme in Zukunft gestaltet sein werden. Das entscheidet nicht nur darüber, ob sie in Zukunft CO_2-Quellen oder –Senken sein werden. Es entscheidet auch darüber, ob wir in Europa den Herausforderungen des Klimawandels begegnen und überhaupt weiter Ackerbau und Graslandnutzung produktiv betreiben können.

NICHT ÄPFEL MIT BIRNEN VERGLEICHEN

Hingegen legen einseitige Forschungsfragen und ein verengtes Studiendesign – wie die Frage nach der Stickstoffeffizienz oder die Berechnung von Methan/kg Milch statt der Gesamtklimarelevanz der Milchproduktion – Schlussfolgerungen nahe, die für den Ressourcen- und Klimaschutz sogar kontraproduktiv wirken. Die kurzfristige Konzentration politischer Maßnahmen auf High-Tech-Methoden und End-of-Pipe-Maßnahmen blendet dabei den Systemcharakter aus, den Lösungen bei Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel zwingend beinhalten müssen.

AUF DAS WIE KOMMT ES AN

Herausforderung und Potenzial für die künftige Versorgung mit Lebensmitteln auf unserem Planeten liegen somit darin, wie wir unsere Landnutzungssysteme im Verbund mit einer resilienten Pflanzen- und Tierzucht entwickeln bzw. an den Klimawandel anpassen.

Dabei ist es für Europas landwirtschaftliche Klimabilanz ausschlaggebend, dass die Tierproduktion massiv gesenkt wird. Wir brauchen eine Orientierung auf Tierarten und Nutzungsintensitäten, die statt auf Kraftfutter vorrangig auf Grasland basieren.





Die Herstellung von synthetischen Düngemitteln und Pestiziden führt zu Emissionen. Mit externen Emissionen sind also diejenigen gemeint, die nicht direkt auf dem Acker entstehen, aber dennoch zur Landwirtschaft hinzugerechnet werden müssen.

Wird die Erzeugung von chemisch-synthetisch hergestelltem Stickstoffdünger und Pestiziden mit eingerechnet, beträgt der Anteil der Lanwirtschaft an denTreibhausgas-Emissionen für das Jahr 2011 in Deutschland nicht 6,3 Prozent sondern 16 Prozent.

VOM MYTHOS DER KLIMASMARTEN LANDWIRTSCHAFT –
ODER WARUM WENIGER VOM SCHLECHTEN NICHT GUT IST

1. AUF DEM ACKER: ANDERE SYSTEME STATT DIGITALE KOSMETIK!

Beitrag Andrea Beste

ACKERBAU – AKTUELL WERDEN DIE WAHREN EMISSIONEN UNTERSCHLAGEN

Der Wechsel von verschiedenen Landnutzungssystemen zu anderen – beispielsweise von Wald zu Ackerbau – verursacht starke Veränderungen bei der Freisetzung von Treibhausgasen. Die Art und Weise der Ackerbaunutzung beinhaltet ebenfalls sehr unterschiedliche Klimaauswirkungen, allerdings in einer deutlich geringeren Größenordnung als beim Landnutzungwechsel generell. Diese Relationen sollte man in Betracht ziehen, wenn man über die Klimarelevanz unterschiedlicher Techniken innerhalb von Ackerbausystemen spricht. Im Vergleich zur Klimaschädigung durch den Umbruch von Grasland ist die Bandbreite der möglichen kurzfristigen Speicherung beziehungsweise Freisetzung von Treibhausgasen bei verschiedenen Ackerbaupraktiken in der Größenordnung um ein Vielfaches geringer. Aber nur, wenn man innerhalb des landwirtschaftlichen Kreislaufs bleibt – ohne externen Input[1].

Die Herstellung von synthetischen Düngemitteln und Pestiziden führt zu Emissionen. Mit externen Emissionen sind also diejenigen gemeint, die nicht direkt auf dem Acker oder bei der landwirtschaftlichen Arbeit entstehen, aber dennoch der Landwirtschaft hinzugerechnet werden müssen. Da die aktuellen Ackerbaupraktiken über die mineralische Düngung und den Einsatz synthetischer Pestizide einen großen Teil ihrer Produktivität nicht mehr aus dem landwirtschaftlichen Kreislauf sondern aus dem industriellen Bereich steuern, muss man die Freisetzung der Treibhausgase bei der Produktion dieser Betriebsmittel dazu rechnen. Die CO_2-Emissionen der Mineraldünger- und Pestizidherstellung werden aber aktuell nicht der Landwirtschaft angerechnet, sondern dem industriellen Sektor.

Ungefähr 1,2 Prozent des weltweiten Energiebedarfs benötigt die Haber-Bosch-Synthese für die Herstellung von Ammoniak aus dem Luftstickstoff[2]. Mehr als 90 Prozent des Energiebedarfs innerhalb der Düngemittelindustrie werden für die Produktion von mineralischem Stickstoff verbraucht[3]. Bei vielen Feldfrüchten sowie Obst- und Gemüsearten entfällt mehr als ein Drittel der in der Landwirtschaft verbrauchten Energie auf die Produktion von Agrochemikalien (Düngemittel und Pestizide)[4]. Wird die Erzeugung von chemisch-synthetisch hergestelltem Stickstoffdünger und Pestiziden mit eingerechnet, beträgt beispielsweise der Anteil der Landwirtschaft an den Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2011 in Deutschland nicht 6,3 Prozent sondern 16 Prozent.[5].

Durch diese energieintensiven externen Inputs ergeben sich völlig andere Größenordnungen der Freisetzung von Treibhausgasen für nicht geschlossene landwirtschaftliche Systeme. Daher muss man sehr stark zwischen diesen Ackerbaupraktiken und denen, die weitgehend innerhalb des landwirtschaftlichen Kreislaufs arbeiten, unterscheiden. Im

Vergleich spielt es so – vor allem langfristig - durchaus eine relevante Rolle, ob ein Ackerbausystem so konzipiert ist, dass es Kohlenstoff speichert oder so, dass es Kohlenstoff und andere Treibhausgase freisetzt. Oder anders ausgedrückt: Ob es Bodenfruchtbarkeit auf- oder abbaut.

Es gibt – gerade in den Tropen – auch „Ackerbau"-Systeme, die kaum externe Inputs benötigen und eher einer Waldnutzung gleichen (Agroforst, Permakultur, Agro-Silvo-Pastoral-Systeme). Diese sind nicht zwangsläufig „extensiv" oder weniger produktiv, im Gegenteil: häufig sind sie durchaus intensiv zu nennen und bringen, neben einer zum Teil deutlich höheren Produktivität im Vergleich zu in Europa weitgehend üblichen Ackerbausystemen, auch das Potenzial zu einer deutlich höheren CO_2-Speicherung mit sich.

Eine verengte Fokussierung auf Klimaschutzaspekte in der Landwirtschaft kann andererseits anderen Umweltmedien sogar schaden (s. Kapitel 3). Mindestens genauso wichtig sind Aspekte wie Bodenfruchtbarkeit, Artenvielfalt, Wasser- und Bodenschutz sowie Tierwohl. Eine Fokussierung auf Klimaaspekte darf die angemessene Berücksichtigung anderer Aspekte der Nachhaltigkeit nicht konterkarieren.

Das Thünen-Institut in Deutschland schrieb 2012 in diesem Sinne:
„Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft sollten zuerst in den Bereichen umgesetzt werden, in denen große Synergien mit anderen Umweltzielen gegeben sind und umweltpolitische Verpflichtungen bestehen[6]*."*
Insofern müssen wir uns mit den Auswirkungen ganzer Systeme beschäftigen und nicht mit dem jeweiligen Ändern kleiner Stellschrauben zugunsten irgendeines Umweltmediums, das gerade im Fokus steht.



Permakultur: Durchaus intensiv, aber mit CO_2-Speicherung!
Foto: Beste

Eine verengte Fokussierung auf Klimaschutzaspekte in der Landwirtschaft kann anderen Umweltmedien sogar schaden.

2. CLIMATE SMART AGRICULTURE UND PRECISION FARMING – EIN BISSCHEN WENIGER VOM FALSCHEN MACHT ES NOCH NICHT GUT

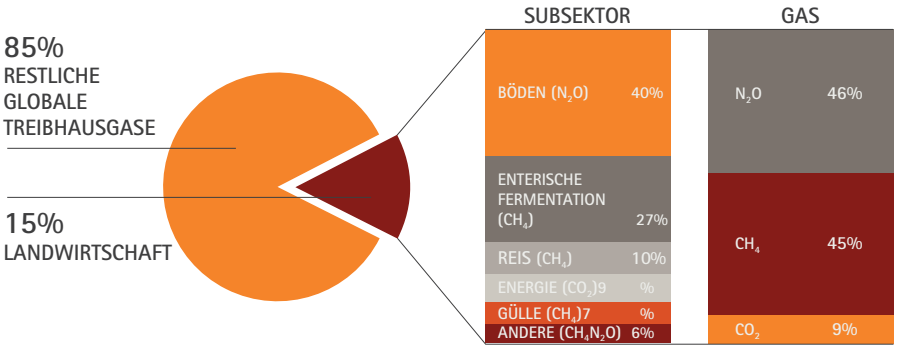
ZU VIEL STICKSTOFF UND VIEL ZU WENIG KOHLENSTOFF

Die Herstellung von Mineraldünger benötigt, wie oben beschrieben, viel Energie. Bei intensiven landwirtschaftlichen Systemen mit externem Düngerinput ist sie für bis zu 50 Prozent des Energieverbrauchs pro Hektar verantwortlich[7]. Der Energieverbrauch der Pestizidproduktion kommt noch hinzu. Doch die indirekten klimaschädlichen Wirkungen durch den Einsatz dieser externen Inputs sind noch viel ernster zu nehmen, da sie zusätzlich auch noch andere umweltschädigende Wirkungen haben. Böden unter konventioneller intensiver Produktion zeigen einen deutlich schnelleren Humusabbau und können Nährstoffe und Kohlenstoff weniger gut speichern[8]. Das ist mit hohen CO_2- und vor allem Lachgasemissionen (N_2O) verbunden, wobei Lachgas etwa 300 mal klimawirk-

Das World Ressource Institute und das Umweltprogramm der vereinten Nationen beziffern weltweit für Lachgasemissionen den höchsten Anteil bei den klimarelevanten Gasen im Bereich Landwirtschaft, nämlich 46 Prozent.

samer ist als CO_2. Es stellt außerdem den größten Anteil der klimawirksamen Emissionen im Ackerbaubereich, deutlich mehr als CO_2.

Das World Ressource Institute (WRI) und das Umweltprogramm der Vereinte Nationen (UNEP) beziffern weltweit für Lachgasemissionen den höchsten Anteil bei den klimarelevanten Gasen im Bereich Landwirtschaft, nämlich 46 Prozent (s. Abb)[9]. Für Europa werden 43 Prozent genannt[10]. Generell werden die Lachgasemissionen in den Berechnungen höher eingeschätzt als die Methanemissionen (CH_4), stehen aber kurioser Weise deutlich weniger zur Debatte (zur Bewertung der (Methan-) Emissionen aus der Tierhaltung siehe den Beitrag von Anita Idel).



Quelle: WRI, 2005

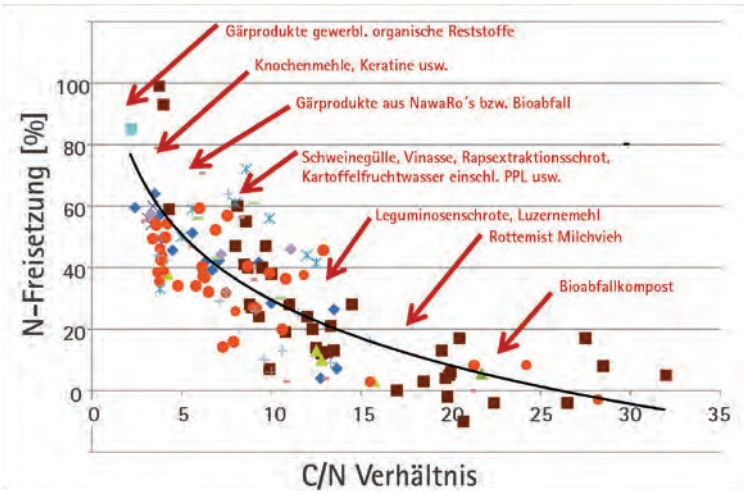


Zu wenig Kohlenstoff - auch in der Gülle.

Die Kohlenstoffgehalte ackerbaulich genutzter Böden gehen weltweit zurück[11]; das gilt auch für Europa[12]. Ergebnisse des Modell-Projektes CAPRESE und des deutschen Thünen-Institutes zeigen, dass frühere Schätzungen und Messungen den Gehalt an organischer Substanz in den Böden Europas um etwa 25 Prozent überschätzt haben[13].

Das SOILSERVICE-Projekt, an dem 11 europäische Forschungsinstitutionen beteiligt waren, hat die Auswirkungen intensiver landwirtschaftlicher Nutzung auf die Ökosystemleistungen des Bodens europaweit untersucht. Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass eine intensive Landwirtschaft vor allem zu einem Verlust der biologischen Vielfalt im Boden führt. Enge Fruchtfolgen, intensive mineralische und stickstofflastige organische Düngung und ein hoher Pflanzenschutzmitteleinsatz sowie das Fehlen von organischem Material als Lebensgrundlage für die Bodenorganismen, führen zum Rückgang der biologischen Vielfalt im Boden sowie zu Humusschwund und damit weniger C-Speicherung im Boden[14]. Erntereste werden oft einer anderen Verwertung zugeführt und fehlen daher für die Rückführung von Kohlenstoff in den Kreislauf. Enge Fruchtfolgen bringen nicht genug Vielfalt und Masse an Wurzelsubstanz in die Böden. Organische Dünger wie Gülle oder Gärreste helfen im Vergleich zu Festmist oder Kompost aufgrund ihres geringen Kohlenstoffgehaltes nur wenig oder gar nicht beim Humusaufbau[15]. Außerdem stammt ihr Stickstoffgehalt bei intensiver Produktion ebenfalls aus externen emissions-verursachenden Quellen (Futtermittelimporte).

Kohlenstoff (C)- / Stickstoff (N)- Verhältnis verschiedener organischer Dünger
Beziehung zwischen C/N-Gehalt org. Düngemittel und N-Freisetzung im Jahr der Anwendung in Feld-, Gefäß- und Inkubationsversuchen.

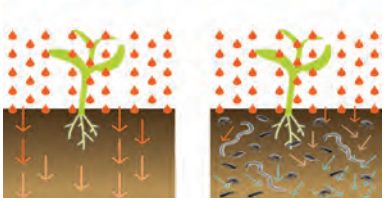


Quelle: KTBL-Fachgespräch, 2014

Aus konventioneller Herkunft beeinträchtigen organische Dünger aufgrund der Belastung mit Medikamenten zusätzlich die Bodenorganismen[16]. Gülle ist ein schnell wirksamer und daher auch schnell umsetzbarer Pflanzendünger und birgt durch das enge C/N-Verhältnis (Gehalt an Kohlenstoff im Verhältnis zu Stickstoff) die Gefahr der schnellen Auswaschung und Ausgasung (N_2O)[17].

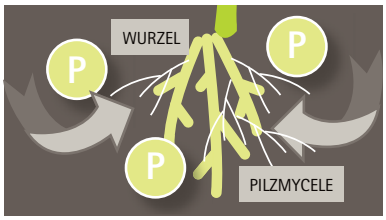
Verringert sich das Bodenleben, dann fällt auch der Beitrag dieser Bodenorganismen zur Aufrechterhaltung der Bodenfunktionen, wie Nährstoffaustausch, Wasserreinigung und -speicherung weg. Pilz-basierte Bodennahrungsnetze zeigen beispielsweise deutlich niedrigere Stickstoff-Verluste durch Auswaschung oder Lachgasemissionen als Pilzarme[18]. Darüber hinaus können sie mehr Kohlenstoff im Boden speichern[19]. Das zeigt, wie wichtig eine ausgeglichene Balance der Bodenorganismenvielfalt ist.

Mykorrhizapilze sind besonders wichtig für die Phosphorversorgung der Nutzpflanzen, weil sie Phosphor aus dem Ausgangsgestein lösen und den Pflanzen zur Verfügung stellen können. Sie werden durch mineralische Dünger aber stark beeinträchtigt[20]. Fällt diese Funktion weg – und das ist in den meisten intensiv bewirtschafteten Böden der Fall, muss die Phosphorversorgung der Pflanzen energieintensiv als Dünger aus dem Sack von außen kommen, was wiederum Emissionen verursacht. Während Mistdüngung im Kreislaufbetrieb zur balancierten Schädlingsregulation ganz besonders positiv beiträgt[21], stört der externe Input von chemisch-synthetischen „Pflanzenschutzmitteln" genau dieses Bodenleben, das die Schädlinge in Schach hält und damit außerdem den Humusaufbau[22]. Abgesehen davon werden Nützlinge getötet und damit das Ökosystem destabilisiert. Dies erfordert noch mehr externe „Pflanzenschutzmittel" deren Produktion und Einsatz mit weiteren Treibhausgas-Emissionen und Umweltschäden verbunden ist.



Verringert sich das Bodenleben, dann fällt auch der Beitrag dieser Bodenorganismen zur Aufrechterhaltung der Bodenfunktionen, wie Nährstoffaustausch, Wasserreinigung und -speicherung weg.

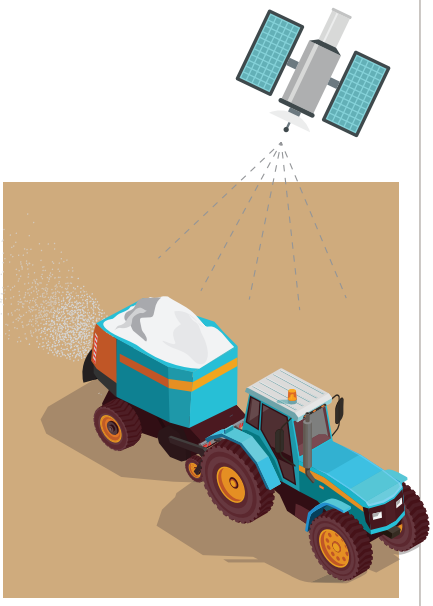
Mykorrhizapilz



Der Mykhorizzapilz steht mit der Pflanzenwurzel in engem Kontakt. Er hilft ihr, besser an Nährstoffe – vor allem Phosphor – heranzukommen. Durch Mineraldünger wird er geschädigt.

CLIMATE SMART AGRICULTURE UND PRECISION FARMING – PRÄZISE MANGELERNÄHRUNG, GENAU DOSIERT?

Insgesamt besteht also ein großes Überangebot an Stickstoff und eine Unterversorgung mit Kohlenstoff in den aktuell weit verbreiteten Ackerbausystemen. Dies führt nicht nur zu Humusabbau, sondern befördert geradezu die Lachgas (NO_2) -Bildung und Stickstoff-Auswaschung und damit neben dem Klimaeffekt auch eine generell ineffiziente Nährstoffnutzung. Der Humusabbau führt im weiteren Prozess über ein reduziertes Bodenleben zur Verdichtung der Böden, was Lachgas- und Methanemissionen nochmals verstärkt.[23] Dies ist zunächst völlig unabhängig davon, mit welcher Technik der Stickstoff ausgebracht wird.



Wenn man Humus und Phosphatgehalte nicht standardmäßig messen kann, was nützen dann „präzise" digital gesteuerte Ausbringungstechniken?

Die so genannte „Climate Smart Agriculture" (CSA[24]) setzt in erster Linie auf die sogenannte Präzisionslandwirtschaft (precision farming) und die Mulch- oder Direktsaat (auch konservierende Bodenbearbeitung, conservation agriculture oder no-tillage genannt, s.u.). Letztere ist in Sachen Klimaschutz sogar kontraproduktiv. Auch Gentechnik gehört in einigen Projekten unhinterfragt mit zur so genannten CSA. Agroforstwirtschaft kommt zwar auch vor, insgesamt wirkt der Ansatz aber beliebig. Eine richtige Definition ist, neben viel Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsrhetorik, nirgends zu finden. Auf der Internetseite sieht man viele Bilder von Kleinbauern auf der ganzen Welt, die sich allerdings Direktsaat- und Präzisionsverfahren in der Regel eher nicht leisten können.

Präzisionslandwirtschaft setzt beispielsweise mittels Farblesetechnik über die Auswertung des Blattgrüns auf einen effizienteren Stickstoffdüngereinsatz, was Stickstoffdünger und damit Treibhausgas-Emissionen einsparen kann, aber kein Ersatz für eine ausgewogene Pflanzenernährung ist. Die Messung des Blattgrüns ergibt nur eine höchst indirekte und grobe Information darüber, ob die Pflanze ausreichend Nährstoffe bekommt, sie bezieht sich – und auch das nur indirekt - auf den Stickstoff. Um Robustheit oder Gesundheit der Pflanze zu messen, wären weitaus kompliziertere Messungen nötig. Darüber hinaus sind für so eine „Messung" einerseits sehr homogene Bestände nötig, wobei Artenvielfalt im System, beispielsweise mit Mischkulturen und Bäumen oder Hecken, störend wirkt. Andererseits beeinträchtigt auch weniger oder genauer ausgebrachter Stickstoffdünger die Böden, wenn nach wie vor kohlenstoffreiche Substanzen zur Ernährung des Bodenlebens und für den Humusaufbau fehlen. Wenn die Mischung an Nährstoffen nicht stimmt, leidet die Pflanzen- und Bodenökologie auch dann an Mangelernährung[25], wenn die falsche Mischung genauer dosiert wird. Es ist dann eine „präzise Mangelernährung". Die negative Wirkung im System bleibt gleich.

Ähnlich wie beim Humus, dessen Gehalt im Boden man bis heute nicht zufriedenstellend flächendeckend erheben kann – von der Qualität der Humussubstanzen ganz zu schweigen, liegen auch beim Phosphor keine validen Messmethoden vor, die einer „präzisen" Ausbringung als Datengrundlage dienen könnten: In Europa kommen beispielsweise bis zu 16 verschiedene Methoden der Messung des Phosphorgehalts in Böden zum Einsatz. Eine Bestimmung des gesamten pflanzenverfügbaren Phosphors im Boden ist bis heute mit keinem chemischen Verfahren möglich. Ökologisch bewirtschaftete Böden bekommen daher regelmäßig fälschlicherweise einen Phosphormangel attestiert, weil der organisch gebundene Phosphor nicht mit gängigen Methoden erfasst wird. Dieser kann aber 25 bis 65 Prozent des im Boden vorhandenen Phosphors betragen[26]. Stellt sich die Frage,

mit welchen Daten ein „präzises" satellitengesteuertes Düngesystem bei der Ermittlung des Humus- oder des Phosphorgehaltes arbeiten soll... ? Das Gleiche gilt nach wie vor für viele andere Bodenfaktoren. Und was macht der Landwirt mit dem Rest der Gülle, wenn davon, aufgrund präziser, bodenbedarfsorientierter Ausbringungstechnik, immer wieder zu viel übrig bleibt? Wenn zu viel Gülle da ist, muss sie ja dennoch irgendwo hin. Das sind nach wie vor wichtige offene Fragen, wenn es um „Smart-Farming" und „Big-Data" geht und dabei sind Fragen des Netzzugangs (Deutschland steht bei der Digitalisierung an 11. Stelle der 28 evaluierten Mitgliedstaaten[27]) und der Hoheit über die Betriebsdaten (wer hat die Rechte daran und wer bekommt sie letztendlich?) noch nicht einmal angesprochen. Wir täten also gut daran, bekannte klimafreundliche Ackerbautechniken (siehe Kapitel 4 und 5) erst einmal konsequent anzuwenden und weiter zu entwickeln, bevor wir mit „Präzisionstechnik", da wo es denn mal passen könnte, weiter machen. Leider wird genau das aber seit Jahren in Forschung und Praxis viel zu wenig gemacht.

Wir täten gut daran, bekannte klimafreundliche Ackerbautechniken erst einmal konsequent anzuwenden, bevor wir mit „Präzisionstechnik" weiter machen.

GLOBAL ALLIANCE FOR CLIMATE-SMART AGRICULTURE



Die "Global Alliance for Climate-Smart Agriculture", der mehr als 20 Regierungen, 30 Organisationen und Unternehmen wie McDonald's und Kellogg, aber auch der weltgrößte Düngemittelhersteller Yara und Syngenta angehören, setzt überwiegend weiter auf die klimaschädliche Mineraldüngung statt auf kohlenstoffspeichernde Methoden, wie Mist und Kompostanwendung, Artenvielfalt, Leguminosenanbau, Agroforstsysteme und Humusaufbau. Das ist nachvollziehbar, da die Mitglieder mit der Förderung agrarökologischer Methoden ihren eigenen Geschäftsinteressen (Dünger- und Pestizidabsatz bei Yara und Syngenta) schaden würden. Agrarsysteme mit Leguminosen sind für Düngemittelhersteller äußerst unattraktiv.

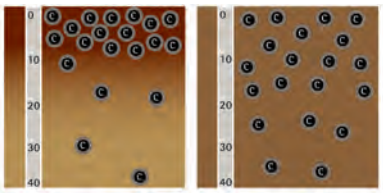
Nicht ohne Grund warnte Brot für die Welt, zusammen mit mehr als 300 weiteren Entwicklungs- und Kleinbauernorganisationen, in einer gemeinsamen Stellungnahme vor dem Klimagipfel in Paris 2015 ausdrücklich davor, "Climate Smart Agriculture" als Lösungsansatz im Kampf gegen den Klimawandel zu präsentieren. Die Ausrichtung des Labels zielt vor allem auf die agrarindustrielle Produktion und es gibt nirgends belegte Kriterien, welche landwirtschaftlichen Praktiken sich aus ökologischer Sicht als "klimaintelligent" qualifizieren – und vor allem, welche nicht [28].

Viele der beteiligten Institutionen und Regierungen praktizieren oder erzeugen mit ihrer Politik direkt Landgrabbing – also die Aneignung großer Landflächen durch globale, nicht lokal ansässige Kapitalgeber - und unterlaufen damit Entwicklungen für mehr regionale Ernährungssouveränität.

Pat Mooney von der ETC Group hat es so formuliert: *"Climate Smart Agriculture" ist der neue Slogan für Agrarforschungsunternehmen und Konzerne, sich als Lösung für die Nahrungsmittel- und Klimakrise zu positionieren. Für die Kleinbauern der Welt ist das nicht „smart". Es ist nur ein weiterer Weg, unternehmenskontrollierte Technologien auf ihre Felder loszulassen und sie ihres Landes zu berauben."*[29]

Dazu passt sehr schön die Einstellung des Präsidenten der „Agriculture and Turf-Division" von John Deere & Company (einem der großen Landtechnik-Player bei digitaler Präzisions-Farmtechnik, der aktuell in die Datensammlung- und verarbeitung einsteigt), der Landwirtschaft so sieht: „Eine Farm ist eine Fabrik auf dem Land ohne Dach". [30]

Fazit: Den Namensslogan „Global Alliance for Climate-Smart Agriculture" muss man als Etikettenschwindel bezeichnen.



Kohlenstoffverteilung im Profil bei ungepflügtem (links) und gepflügtem (rechts) Boden

NO-TILLAGE UND DER MYTHOS KLIMASCHUTZ – EINFACH MAL FALSCH GEMESSEN

Der Verzicht auf den Pflug allein (Mulchsaat, Direktsaat, no-tillage, konservierende Bodenbearbeitung, conservation agriculture) führt entgegen häufiger Behauptung nicht zu einem nennenswerten Humusaufbau. Das zeigt eine Auswertung von 69 weltweiten Vergleichen[31]. Auch das Thünen-Institut in Deutschland, ein Bericht der EU-Kommission zur Anpassung an den Klimawandel[32] und ein Versuch in Baden-Württemberg kommen in der Bewertung zur Klimawirksamkeit von Landnutzungstechniken zu diesem Schluss: *„Bezüglich der reduzierten Bodenbearbeitung wurde unter mitteleuropäischen Verhältnissen eine Verlagerung des Humus zwischen den Horizonten, aber keine Kohlenstoffanreicherung beobachtet."*[33]

Studien, die Kohlenstoffanreicherungen verzeichneten, hatten nur bis 15 cm Tiefe oder flacher gemessen, aber nicht darunter. Dennoch wird in vielen Empfehlungen zu Klimaschutzmaßnahmen der FAO, auf EU-Ebene und in einigen Agrarumweltprogrammen der Mitgliedstaaten (und in Deutschland einiger Bundesländer) immer noch fälschlicherweise von einer Kohlenstoffspeicherung ausgegangen. Das ist schlichtweg falsch. Der Kohlenstoff bleibt einfach oben und wird nicht nach unten verlagert. Der Pflugverzicht spart zwar Treibstoff, allerdings erhöht sich die Gefahr höherer Lachgasemissionen, weil die Böden ohne Pflügen auch dichter gelagert sind. Das begünstigt die Lachgasbildung[34]. Abgesehen davon fallen die Ernten häufig um 10 Prozent geringer aus und Unkraut- und Schädlingsdruck steigen[35].

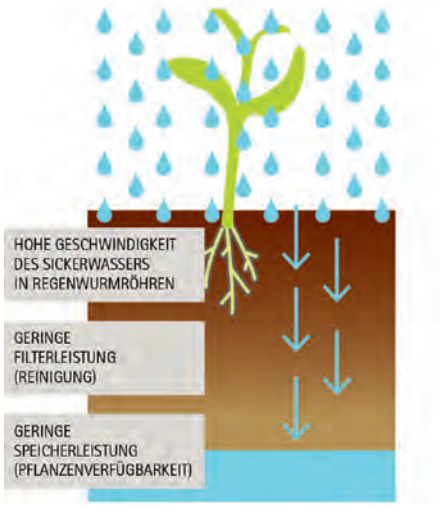
„Die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat kann aus unserer Sicht derzeit nicht als wissenschaftlich gesicherte, effiziente Klimaschutzmaßnahme in der Landwirtschaft empfohlen werden", so lautete das Fazit des Thünen-Instituts schon 2014.

Gleichzeitig erhöht sich bei pflugloser Bodenbearbeitung, aufgrund des dadurch starken Unkrautdrucks, der Einsatz des Breitbandherbizids Glyphosat, da ohne dieses in der konventionellen Landwirtschaft kein vollständiger Pflugverzicht (Direktsaat) möglich ist. Da sich Glyphosat (Round-Up) und seine Abbauprodukte negativ auf Regenwürmer und andere Bodenorganismen auswirken[36], ist die Behauptung, damit "Bodenschutz" zu betreiben als ein dreister Etikettenschwindel zu werten. Dennoch wird nach wie vor häufig behauptet, die Technik fördere den Bodenschutz, was bei genauerer Betrachtung nicht den Tatsachen entspricht.

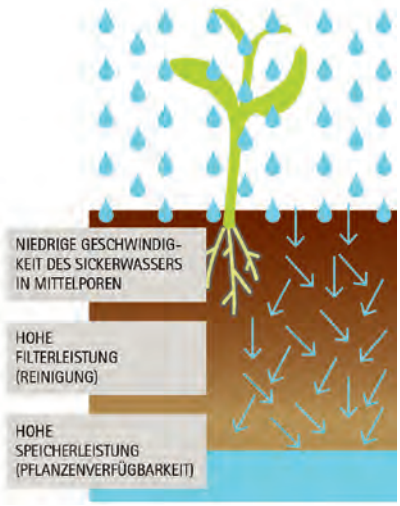
Wird der Boden nicht mehr gepflügt, dann werden Erntereste nicht mehr in den Boden eingearbeitet und an der Oberfläche bleibt Pflanzenmaterial liegen. Diese Oberflächenbedeckung schützt in der Tat bei Regen vor Erosion. Der gleiche Effekt lässt sich aber mit Zwischenfrüchten oder Untersaaten deutlich besser erreichen, denn gleichzeitig werden Bodenorganismen gefüttert und Humusaufbau findet statt. Die dabei entstehenden wasserstabilen Aggregate und die "Lebendverbauung" erzielen im ganzen Bodenprofil deutlich mehr Schutz vor Erosion als ein paar Erntereste an der Oberfläche.

Wird der Boden nicht mehr gepflügt, dann werden Erntereste nicht mehr in den Boden eingearbeitet und an der Oberfläche bleibt Pflanzenmaterial liegen. Diese Oberflächenbedeckung schützt bei Regen vor Erosion. Der gleiche Effekt lässt sich aber mit Zwischenfrüchten oder Untersaaten deutlich besser erreichen.

Bodenstruktur pfluglos



Gesunde Bodenstruktur



Pflugverzicht erzeugt bei engen Fruchtfolgen ein verdichtetes Bodengefüge. Dieses wird in nicht gepflügten Böden zwar wegen des hohen Regenwurmbesatzes durch viele Grobporen durchbrochen, die große Anzahl an vertikalen Grobporen birgt allerdings die Gefahr des schnellen Eindringens des ungereinigten Sickerwassers ins Grundwasser. Denn da das Sickerwasser nicht im Boden verweilen kann (dichter Boden; kaum Mittelporen), wird es auch nicht gereinigt. Und da es nicht ausreichend fest gehalten werden kann, steht es auch in späteren Dürreperioden nicht zur Verfügung, denn das funktioniert nur bei einem biogen durch Bodenmikroorganismen erzeugten „Schwammgefüge" mit Mittelporen. Im Hinblick auf den Klimawandel ist eine solche verdichtete Bodenstruktur eindeutig von Nachteil für die Widerstandsfähigkeit des Systems und die Erntesicherheit (siehe auch Kapitel Anpassung an den Klimawandel)[37].

Wasserspeicherung erfolgt nur bei einem biogen durch Bodenmikroorganismen erzeugten „Schwammgefüge". Dies entsteht nur mit Artenvielfalt auf dem Acker und kohlenstoffreichem Dünger.

PFLUGVERZICHT NUR IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU MACHBAR

Pflugverzicht macht, wenn überhaupt, nur in artenreichen Agrarökosystemen Sinn, - also zum Beispiel im Ökologischen Landbau - wenn vielfältige Wurzeln von Bestandsmischungen die Bodenlockerung übernehmen. Hier wird dann durchaus zusätzlich Kohlenstoff im Boden gebunden, allerding aufgrund der Vielfalt im Ökosystem und der organischen Düngung und nicht wegen des Pflugverzichts. Durch die vielfältige Durchwurzelung kommt es hier auch nicht zu Verdichtung und die Bildung von Lachgas ist deutlich geringer.



Mais pfluglos mit Kleeuntersaat

Foto: Beste



MYTHOS: WIR BRAUCHEN NEUE GENTECHNIK FÜR TROCKENRESISTENTE SORTEN

Aktuell werden die Rufe wieder lauter: Wir bräuchten die neue Gentechnik (CRISPR/CAS und Co), um endlich trockenresistente oder salzresistente Pflanzen züchten zu können. In der Regel geht es aber nicht um Trocken- oder Salzresistenz, die man nämlich auch *finden* statt *züchten* könnte. In der Regel geht es um das Schaffen neuer (Pflanzen-) Produkte, um Patentierung und Profit.

Die von der Gates-Stiftung und Monsanto geförderte Initiative „Wassereffizienter Mais für Afrika" (WEMA) gilt als Vorzeigeprojekt der Climate-Smart-Agriculture (s.o.). Sie soll Kleinbauern und Kleinbäuerinnen dabei helfen, sich mittels dürretoleranter Saatgutsorten an den Klimawandel anzupassen. Gefördert werden allerdings vorwiegend Hybridmais und gentechnisch manipulierte Sorten. Dieses Saatgut kann nicht nachgezüchtet werden und muss von den Bauern jedes Jahr teuer neu eingekauft werden. Darüber hinaus benötigt es als Hochleistungssaatgut viel Agrarchemie. Wäre es anders, würde es sich für die Anbieter auch nicht lohnen. Eine Analyse des „African Centre for Biodiversity" verweist auf den geringen Nutzen der neuen Sorten und warnt vor existenzgefährdenden Abhängigkeiten für die Kleinbauern und Kleinbäuerinnen, wie Verschuldung, dem Verlust ihrer traditionellen Sortenvielfalt sowie vor dem zunehmenden Einfluss von multinationalen Agrarkonzernen im afrikanischen Saatgutmarkt[37a].

Die Welthungerhilfe kam schon 2010 zu dem Schluss: *„Eine nachhaltige Einkommenssteigerung zugunsten der Kleinbauern in Entwicklungsländern durch die grüne Gentechnik konnte bis heute nicht nachgewiesen werden, ebenso wenig ein Beitrag zur Hungerbekämpfung."*[37b]

Manche meinen, das sei nun mit der „neuen Gentechnik" ganz anders, doch der Denkfehler ist der Gleiche: Einzelne Gene in der DNA von Pflanzen zu manipulieren, verankert neue Eigenschaften bei Pflanzen deutlich weniger stabil als herkömmliche Züchtung, wo die Pflanze selbst entscheidet, wie ihr Erbmaterial auf die neue Kombination reagiert und die neuen Eigenschaften genetisch breiter verankert sind. Saatgut heterogener, samenfester Sorten ist genetisch noch deutlich breiter aufgestellt als die aktuell genutzten Hochleistungssorten und die einzelnen Pflanzen auf dem Acker variieren stärker. Dies bietet ein hohes Potenzial, um auf sich verändernde Umweltbedingungen und Umweltstress wie Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und Wetterextreme reagieren zu können. Das Finden alter Sorten kann darüber hinaus auch schon ohne Züchtung zum Erfolg führen: So bescherte dem Netzwerk MASIPAK beispielsweise das Sammeln von über 2000 verschiedenen Reissorten zwölf Sorten, die überleben, wenn sie für einige Tage überflutet werden; 18 Sorten, die gut mit Dürre zurechtkommen; 20 Sorten, die eine Toleranz gegenüber Salzwasser zeigen und 24, die resistent gegen bestimmte lokale Schädlinge sind [37c].



Effizienter wäre es demnach, erst einmal nach den schon vorhandenen dürre- oder salztoleranten Sorten zu suchen, die es schon gibt, als neue Konstrukte mit dem (vom Europäischen Gerichtshof (EUGH) völlig zu Recht)[37d] dafür als notwendig erachteten aufwändigen Risikomonitoring in die Welt zu entlassen.



"Eine nachhaltige Einkommenssteigerung zugunsten der Kleinbauern in Entwicklungsländern durch die Grüne Gentechnik konnte bis heute nicht nachgewiesen werden, ebenso wenig ein Beitrag zur Hungerbekämpfung."

Welthungerhilfe, 2010

3. DIE 4-PROMILLE-INITIATIVE ZUM HUMUSAUFBAU

Im Zuge der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 wurde, initiiert von Frankreich, ein globales Programm zum Humusaufbau gestartet, die 4-Promille-Initiative, die eine jährliche Erhöhung der globalen Bodenkohlenstoff-Vorräte um 4 Promille vorsieht. Dadurch sollen anthropogene CO_2-Emissionen nahezu ausgeglichen werden können. Niemand kann etwas dagegen haben, Humusaufbau in den Böden der Welt zu betreiben, denn dieser – richtig gemacht – wirkt sich mit wenigen Ausnahmen immer positiv auf Bodenstruktur- und Stoffaustausch aus. Es ist jedoch höchst fraglich, die Notwendigkeit für mehr Humus im Boden damit zu verknüpfen, dass man anderen Industriebereichen ihre Hausaufgaben abnimmt, CO_2-Emissionen zu reduzieren. Eine derartige Argumentation reduziert den Humusaufbau auf ein Tool der CO_2-Zertifikate-Logik und das ist- zumindest für die Landwirtschaft - in keiner Weise zielführend.



Das wird der enormen Relevanz des Humusaufbaus für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Sicherstellung der Welternährung auch nicht gerecht. Bei einer solchen Verengung des Fokus' ist zu befürchten, dass auch für den Boden nachteilige oder wenig förderliche Formen der Kohlenstoff-Verklappung praktiziert werden, wenn sich das finanziell lohnt.

Bei der Verengung des Fokus' auf CO_2-Speicherung ist zu befürchten, dass auch für den Boden nachteilige Formen der Kohlenstoff-Verklappung praktiziert werden, wenn sich das finanziell lohnt.

Die positive Wirkung von Kohlenstoff im Boden ist hochgradig davon abhängig, in welcher Form der Kohlenstoff in den Boden gebracht wird. Nicht jeder organische Dünger hat eine vorteilhafte Zusammensetzung für das Bodenleben (beispielsweise sind Gülle oder auch große Mengen an Frischmasse nicht förderlich für das Bodenleben) und nicht jeder Kohlenstoff-„Dünger" wurde energetisch sinnvoll und frei von Schadstoffen hergestellt. Techniken, die darauf abzielen, Kohlenstoff möglichst dauerhaft im Boden zu speichern und gegen den Abbau zu stabilisieren - siehe Biokohle - negieren die Tatsache, dass es – zumindest in den gemäßigten Klimazonen - vor allem das Bodenleben ist, das gute Bodeneigenschaften und eine gesunde Pflanzenernährung sowie Bioporen für die Wasserspeicherung und –reinigung erzeugt. Von daher ist der Ab- und Umbau des Kohlenstoffs durch das Bodenleben Teil des Systems und muss in das Fließgleichgewicht positiv und nicht negativ mit eingerechnet werden. Sogenannte Biokohle enthält keine Nährstoffe für Bodenorganismen und sollte nicht in größeren Mengen in den Boden eingebracht werden. Auch chemische Stabilisatoren, die den Abbau von Kohlenstoff im Boden – und damit den Stoffwechsel im Boden – verhindern oder verlangsamen sind hier nicht zielführend. Sie stellen einen tiefen Eingriff in die Bodenökologie dar, der eindeutig abzulehnen ist. Das Gleiche gilt für künstliche Hemmstoffe bei der Stickstoffdüngung,

die man gar nicht erst braucht, wenn der Stickstoff in einem guten organisch gebundenen C/N-Verhältnis vorliegt.

PFLANZENKOHLE – ALS DAUERINPUT WEDER FÜR DEN KLIMASCHUTZ NOCH FÜR DEN HUMUSAUFBAU GEEIGNET

Die Boden verbessernde Eigenschaft von Pflanzenkohle oder Biochar ist bisher nicht richtig geklärt. Sie wird oft darauf zurückgeführt, dass die Kohlepartikel eine sehr große Oberfläche aufweisen und so Humus und Nährstoffe besonders gut binden können. Das ist sicher richtig, und deswegen ist der ertragssteigernde Effekt der Pyrolysekohle in sandigen Böden, die ansonsten nur über ein geringes Wasser- und Nährstoffaustauschvermögen verfügen, besonders gut erkennbar[38].

Die Vorzüglichkeit des Erzeugens und Einbringens von Biokohle in den Boden in Sachen Humusaufbau im Vergleich mit den in der Landwirtschaft seit Hunderten von Jahren bekannten und im Ökolandbau optimierten Techniken einer ausgeglichenen Fruchtfolge mit vielfältiger tiefer Durchwurzelung, Permakultur, Agroforst, der Rückführung von organischer Substanz in Form von Festmist, Ernteresten sowie Kompost[39], ist aber – auch bezüglich der Energieeffizienz - ungeklärt. Die Wirkung von Biokohle hält das Thünen-Institut daher für noch nicht abschätzbar. Der Klimaeffekt wird aufgrund der aufwändigen Herstellung und der geringen möglichen Einbringungsmengen als fraglich angesehen[40].

Letztendlich kann es auch nicht darum gehen, so viel toten Kohlenstoff wie möglich in die Böden zu bringen und sie zu Kohlenstofflagerstätten zu machen. Humusaufbau muss in erster Linie dem Aufbau des Bodenlebens und dem langfristig nachhaltig zu erwirtschaftenden Ertrag gelten, innerhalb von insgesamt gesunden Ökosystemen. Dabei kann Pflanzenkohle – vorausgesetzt sie ist schadstofffrei produziert – ähnlich wie verschiedene andere Bodenhilfsstoffe (beispielsweise effektive Mikroorganismen oder Komposttee) in einigen Fällen sicher eine gute Regenerations- oder Starthilfe sein. Ein dauerhaftes Einbringen nennenswerter Mengen an Pflanzenkohle in die Böden aus Klimaschutzgründen scheint jedoch weder möglich, da die Rohstoffe extrem begrenzt sind, noch sinnvoll für das Bodenleben, da Pflanzenkohle diesem keine Nahrung bietet[41].

Pflanzenkohle kann – vorausgesetzt sie ist schadstofffrei produziert – eine gute Regenerations- oder Starthilfe sein. Mehr nicht.



BIOENERGIE HILFT NICHT BEIM KLIMASCHUTZ

Der starke Anstieg des Anbaus von sogenannten marktgängigen „Flexcrops", Pflanzen, aus denen man Nahrungs- und Futtermittel aber auch Treibstoff machen kann (Mais, Soja, Palmöl, Zuckerrohr), hat in den letzten 20 Jahren zu enormen Landnutzungsänderungen geführt. Wälder in Asien und der Cerrado in Südamerika wurden in Palmöl- oder Eukalyptusplantagen, Soja- oder Zuckerrohrfelder verwandelt[42], mit enormen Treibhausgas-Emissionen.

In Europa und besonders in Deutschland wurden viele Graslandflächen umgebrochen, um Mais für Biogas oder Raps für Agrosprit anzubauen[43]. In der EU27 wurden in den letzten 20 Jahren insgesamt 4 Millionen ha Grasland umgebrochen. In Deutschland ist

so die Graslandfläche von 1990 bis 2009 um 875.000 ha verringert worden. Das ist ein Verlust der in etwa der Hälfte der Fläche des Bundeslands Thüringen entspricht[44]. In Deutschland wurden im Jahr 2000 auf 2,5 Prozent der Fläche Energiepflanzen angebaut, 2017 waren es schon 20 Prozent, das entspricht der Fläche des gesamten Nahrungsmittelanbaus (Futtermittel: 60 Prozent).

Zu nennenswerten Treibhausgas-Einsparungen je Energieeinheit kann allerdings einzig der Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Reststoffen in Agrogasanlagen - bei gleichzeitiger Nutzung der Abwärme (!) - führen, der Biomassenanbau für Agrogas oder Agrosprit jedoch nicht[45].

„Biosprit als klimaneutral zu behandeln wird ganz klar nicht von der Wissenschaft unterstützt“,

schreiben 168 internationale Wissenschaftler.

Der Deutsche Bauernverband spricht sich in seiner aktuellen Klimastrategie 2.0 nach wie vor unbekümmert für die Nutzung von „Bioenergie“ und auch „Biosprit“ aus, weil man darin eine Klimaschutzwirkung erkennen will. Demgegenüber haben 168 internationale Wissenschaftler schon 2011 in einem gemeinsamen Schreiben an die EU vor dem sogenannten „Biosprit“ gewarnt.

„Biosprit als klimaneutral zu behandeln, wird ganz klar nicht von der Wissenschaft unterstützt“, so die Forscher[46]. Für Agrarenergie würden die Regenwälder gerodet und durch steigende Lebensmittelpreise der Hunger auf der Welt verschärft. Dem schlossen sich 2011 auch die Vereinten Nationen (UN) an. Zehn internationale Organisationen empfehlen seitdem den Regierungen der G-20-Länder, die Förderung von „Biosprit“ zu beenden.



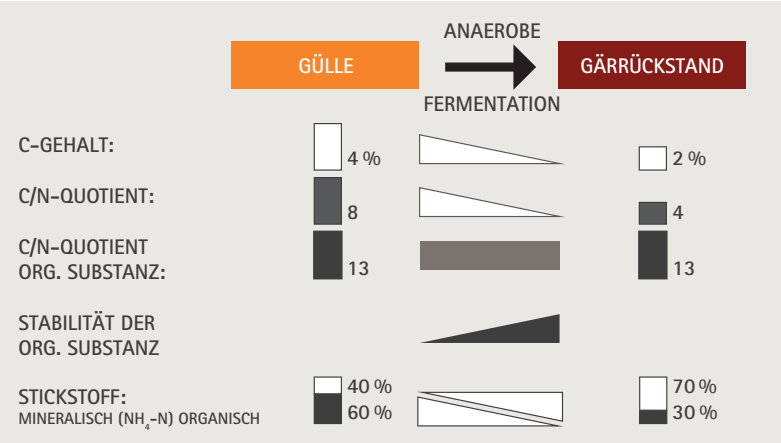
Für Agrosprit werden die Regenwälder gerodet.

Die Regierungen der G20-Länder sollten *„in ihren nationalen Richtlinien die Bestimmungen streichen, die die Produktion und den Verbrauch von Biosprit subventionieren oder vorschreiben“*, so schreiben die Autoren wörtlich. Zu diesen gehören das Welternährungsprogramm (WFP) und die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) der Vereinten Nationen, die Weltbank, die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung in Europa (OECD) sowie sechs weitere internationale Institutionen[47].

Die deutsche nationale Akademie der Wissenschaften – Leopoldina - sprach sich 2013 auch generell gegen die Nutzung von „Bioenergie“ aus und zwar u.a. aufgrund der zu energieintensiven Produktionsbedingungen[48]. Eine Studie von 2014 attestiert der Bioenergienutzung auf Pflanzenbasis, insbesondere Mais, darüber hinaus die höchsten CO_2-Vermeidungskosten[49].

Worüber leider kaum jemand redet: Die Verengung der Fruchtfolgen und der Ersatz von Zwischenfrüchten mit hohem Humusreproduktionspotenzial durch humuszehrende Energiepflanzen führen seit Jahren an sich schon zu einem für die Böden absolut kontraproduktiven Humusabbau[50]. Daran ändern auch jahrzehntelange teure Forschungsprojekte für mehr Vielfalt im Energiepflanzenanbau nichts, weil die Gasausbeute von Mais pro Hektar bisher nach wie vor unschlagbar ist. Doch bei der Erzeugung von Agrogas wird noch zusätzlich Kohlenstoff aus dem Kreislauf entnommen („Biogas“ = CH4), der dann über die C-reduzierten Gärreste nicht wieder zurückkommt, was noch weitere Humusverluste bedingt[51].

Gehalte von N und C bei Gülle und Gärrückständen



Quelle: Gutser/Ebertseder, 2006

Der Einsatz von Agrosprit oder die Vergärung von Anbaubiomasse wird in der Gesamtbilanz heute daher sogar als eher klimaschädlich eingeschätzt[52]. Insgesamt ist jegliche Nutzung von Pflanzen zu Energiegewinnungszwecken der Nutzung von Solarzellen in der Effizienz um Längen unterlegen: Solarzellen sind bei der Nutzung der Sonnenenergie bis zu zehnmal effizienter als Pflanzen[53].

Demgegenüber kann eine Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung bestehen, wenn auf brachgefallenem Ackerland oder auf Graslandflächen dauerhaft Gehölzaufwuchs betrieben wird. Doch auch hier gilt, wie beim Ackerbau: Auf die Dauer kommt es an. Bei dauerhaft angelegten Waldflächen mag das stimmen. Kurzumtriebsplantagen und Energieholz haben demgegenüber nur vorübergehende Senken- aber keinerlei Speicherfunktion. Sie sind weder zur CO_2-Speicherung noch für eine langfristige Humusanreicherung geeignet und bringen auch nichts für die Artenvielfalt. Denn die allermeisten Kurzumtriebsplantagen sind anfällige Monokulturen mit einem hohen Pestizideinsatz in den ersten Jahren. Anders verhält es sich in kombinierten Agroforstsystemen, siehe Kapitel 5.

Insgesamt ist jegliche Nutzung von Pflanzen zu Energiegewinnungszwecken der Nutzung von Solarzellen in der Effizienz um Längen unterlegen: Solarzellen sind bei der Nutzung der Sonnenenergie bis zu zehnmal effizienter als Pflanzen.



4. KLIMASCHUTZ UND KLIMAANPASSUNG GEHÖREN ZUSAMMEN

Die Landwirtschaft musste sich seit jeher an Witterung und Klima anpassen. Landwirtschaftliche Praxis war daher von jeher „Risikomanagement". Die aktuellen Herausforderungen durch den Klimawandel sind insofern nichts grundsätzlich Neues. Doch die Dimension und Geschwindigkeit der Änderungen wird größer und unberechenbarer sein, als in der Vergangenheit, das haben die letzten Jahre - und ganz besonders der Sommer 2018 - schon gezeigt. Um diesen Herausforderungen angemessen begegnen zu können, müssen angewandte Ackerbaupraktiken unsere Agrarökosysteme zu allererst in den Zustand einer möglichst großen „Resilienz[54]" – also Belastbarkeit – versetzen. Von Grund auf. Erst dann kann man an feineren Schräubchen drehen.

RESILIENZ ist das Potenzial eines Systems, trotz Schocks seine Funktionalität zu wahren. Es bedingt die Fähigkeit des Systems, sich nach einer störungsbedingten Veränderung zu reorganisieren.

Quelle: Walker et al., 2004



Mais 2018

Foto: Beste

Die Einführung von Versicherungssystemen negiert, dass die bestehenden Agrarsysteme selbst zu einem großen Anteil zum Entstehen der widrigen Umstände und der Anfälligkeit beigetragen haben.

ANFÄLLIGE SYSTEME WERDEN NICHT SICHERER, NUR WEIL MAN SIE VERSICHERT

Landwirte sehen sich im Zuge des Klimawandels zunehmend Risiken aufgrund extremer Wetterereignisse ausgesetzt, diese ziehen häufig auch noch Pflanzengesundheitskrisen nach sich. Die aktuelle Antwort der herrschenden Politik darauf sind sogenannte Risiko-Management-Systeme. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der finanziellen Absicherung über Versicherungsmechanismen, statt auf der Anpassung landwirtschaftlicher Systeme über agrarökologische Maßnahmen, die die Risiken minimieren könnten. Die Einführung von Versicherungssystemen, Entschädigungen und Hilfsfonds negiert dabei allerdings, dass die bestehenden Agrarsysteme selbst über ihre Klimawirkung und Beeinträchtigung von Bodenfunktionen zu einem großen Anteil zum Entstehen der widrigen Umstände und der Anfälligkeit des Systems beigetragen haben. Diese Ursachen müssten doch wohl zuerst behoben werden, um mehr Sicherheit zu schaffen.

Deutlich naheliegender, ökonomisch effizienter und langfristig erfolgreicher wäre es, bekannte risikominimierende Landnutzungspraktiken einzuführen. Sich gegen Risiken zu versichern ist erst ab dem Punkt sinnvoll, ab dem man keinen risikomindernden Einfluss mehr auf ein System hat. Damit zu beginnen, ohne risikominimierende Maßnahmen zu ergreifen bedeutet, Geld zum Fenster raus zu werfen. Von risikomindernden ackerbaulichen Maßnahmen ist aber erstaunlicherweise im Kapitel zu Risikomanagementinstrumenten des aktuellen Vorschlages der EU-Kommission zur EU-Agrarpolitik nichts zu lesen. Dabei wäre mehr als naheliegend, dass für die Absicherung der landwirtschaftlichen Existenzen gegen die extremen Auswirkungen des Klimawandels ein eigenes Programm „Risikominimierung und Anpassung an den Klimawandel" mit eigenem Budget direkt damit begänne, Training und Fortbildung zu bekannten ackerbaulichen Maßnahmen massiv zu unterstützen und mehr Forschung in Fragen zur Erhöhung der „Resilienz" zu finanzieren. Dazu aber enthält der Vorschlag nichts und Forderungen in dieser Richtung gibt es nur höchst vereinzelt.



Training und Fortbildung zur Klimaanpassung

Foto: Beste

LEGUMINOSEN UND DIE RICHTIGE DÜNGUNG: TREIBHAUSGASEINSPARUNG UND HUMUSAUFBAU

LEGUMINOSEN – EIWEISSPFLANZEN – HÜLSENFRÜCHTE

Die Leguminosen (Hülsenfrüchte mit sogenannten Schmetterlingsblüten) sind eine der artenreichsten Pflanzenfamilien (u.a. Erbsen, Ackerbohnen, Luzerne, Linsen, Kichererbsen, Klee, Lupinen, Wicken und Sojabohnen).

Leguminosen können im Gegensatz zu anderen Pflanzenarten aktiv den Luftstickstoff aufnehmen und in ernährungsphysiologisch wertvolle essenzielle Aminosäuren umwandeln. Das macht sie besonders wichtig für die menschliche und tierische Ernährung. Auch in der Fruchtfolge haben Körnerleguminosen wichtige Vorteile. Sie erhalten die Leistungsfähigkeit der Böden, verbessern die Stickstoffversorgung und erhöhen die Qualität der Folgefrucht. In der Landwirtschaft werden sie daher auch in Form von Zwischenfrüchten als Bodenverbesserungsmaßnahme genutzt. Das ist insbesondere im Ökolandbau der Fall.

Leguminosen haben als Haupt- oder Zwischenfrucht einige sehr günstige Wirkungen auf das landwirtschaftliche Ökosystem. Sie tragen zu einer günstigen Klimabilanz der Landwirtschaft bei und verringern darüber hinaus die Erzeugungskosten für die Landwirte aufgrund der Verringerung des Mineraldünger-, Energie- und Pflanzenschutzmittelbedarfs.


Klee


Lupinen


Ackerbohnen


Luzerne


Linsen

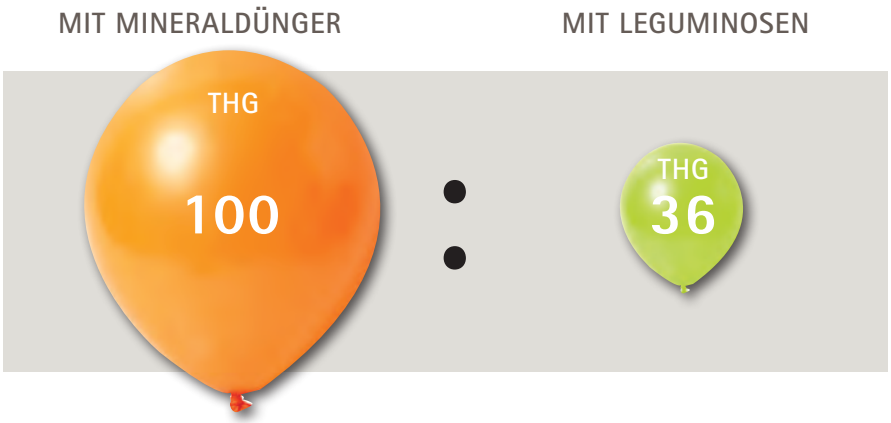

Kichererbsen


Wicken


Erbsen

Die Herstellung von Mineraldünger benötigt viel Energie. Bei intensiven landwirtschaftlichen Systemen ist sie für 50 Prozent des Energieverbrauchs pro Hektar verantwortlich. Wird der Einsatz von Mineraldünger vermindert, dann sinkt der Brutto-Energieverbrauch des landwirtschaftlichen Systems. Damit verbessert sich auch die CO_2-Bilanz. Ein Ackerbohnenertrag von 4 Tonnen pro Hektar liefert dem Boden über die Stickstofffixierung aus der Luft eine Stickstoffmenge entsprechend 180 kg mineralischem Stickstoff. Damit können umgerechnet die Energie von 180 l Benzin oder Diesel oder 480 kg CO_2 Emissionen eingespart werden, die zur Herstellung dieser Menge Mineraldünger nötig wären[55]. Darüber hinaus wird durch die positiven Wirkungen der Leguminosenwurzeln auf die Bodenstruktur (Unkrautunterdrückung und Wurzellockerung ermöglicht selteneres Pflügen) auch Kraftstoff für die Bodenbearbeitung eingespart; das spart nochmals Energie und CO_2-Emissionen. Auch die vornehmlich durch Mineraldüngung bewirkten Lachgasemissionen (s.o.) können so stark verringert werden.

Rechenbeispiel: Das gesamte Treibhauspotenzial (Kohlendioxid-, Lachgas- und Methan-Emissionen) einer leguminosenbasierten Fruchtfolge gegenüber einer mineraldüngerbasierten Fruchtfolge zeigt das Verhältnis 36 zu 100[56].



Organische, kohlenstoffreiche Düngung und vielfältige Fruchtfolgen bewirken Humusaufbau (Nähr- und Dauerhumus), was der Atmosphäre CO_2 entzieht und Lachgasemissionen verringert. Gülle und Gärreste eignen sich dafür nicht (s.o.), denn sie verfügen aufgrund ihres engen Kohlenstoff-Stickstoffverhältnisses (C/N) nur über geringe Nährstoff-Eigenschaften für das Bodenleben. Systeme mit kohlenstoffreichen Düngern brauchen auch keine Nitrifikationshemmer (die die N-Verfügbarkeit im Boden verlangsamen), weil der organisch besser gebundene Stickstoff ohnehin langsamer frei gesetzt wird.

CHANCE ZU MEHR KLIMAANPASSUNG IN DEUTSCHLAND VON MARKTIDEOLOGEN VERHINDERT

Die verstärkte Nutzung von Leguminosen in der Fruchtfolge verringert in erheblichem Maße die Notwendigkeit, Stickstoffdünger einzusetzen, was nicht nur zur Reduzierung des Treibhausgasausstoßes bei der Düngerherstellung und -anwendung, sondern auch zu geringeren Gesamterzeugungskosten der Landwirte beiträgt. Eine Fruchtfolge, bei der auch Leguminosen zum Einsatz kommen, verringert aufgrund der Durchwurzelung auch den Treibstoffverbrauch für die Bodenbearbeitung, da der Boden biologisch gelockert sowie der Humus- und Bodenfeuchtigkeitsgehalt besser erhalten wird. Daher muss der Boden weniger stark bearbeitet werden.

In einer Studie des französischen Generalkommissariats für nachhaltige Entwicklung von 2009, wurde die mögliche Ersparnis durch den Einsatz von Leguminosen beim Düngemitteleinsatz allein für Frankreich auf 215628 Tonnen Mineraldünger bzw. auf bis zu 100 Millionen Euro jährlich geschätzt[57]. In Frankreich wird der Leguminosenanbau seit vielen Jahren finanziell gefördert; besonders seit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) 2013, die dies ausdrücklich mit 2 Prozent des nationalen Agrarbudgets erlaubt[58].

Obwohl Deutschland 2012 eine Eiweißpflanzenstrategie (Eiweißpflanzen = Leguminosen) gestartet hat, mit der man einen Beitrag zum Abbau des Eiweißdefizits bei der Futtermittelerzeugung innerhalb der Europäischen Union leisten wollte, konnte man sich aus marktideologischen Gründen (angebliche Marktverzerrung durch gekoppelte Förderung) leider nicht dazu durchringen, diese von der EU ausdrücklich erlaubte gekoppelte Förderung von bis zu 2 Prozent des nationalen GAP-Budgets auch in Deutschland zu nutzen[59]. Damit hätte man sozusagen nebenbei auch intensiv zum Humusaufbau und zur Klimaanpassung der Landwirtschaft sowie zum Hochwasserschutz beitragen können. Das nämlich regelt nicht der Markt.

STARKREGENFÄLLE UND HOCHWASSER – DÜRREPERIODEN UND WASSERMANGEL

Ein ausreichender Bodenwasservorrat ist eine entscheidende Einflussgröße für die Pflanzenentwicklung. Bei landwirtschaftlichen Kulturen können sowohl Unter- als auch Übersättigung in kritischen Entwicklungsphasen die Erträge negativ beeinflussen. Sowohl auf leichten als auch auf schweren Böden haben in den letzten rund 40 Jahren die Bodenwasservorräte während der Vegetationsperiode mit signifikantem Trend abgenommen[60].

Eine Studie zu agrarrelevanten Extremwetterlagen, an der unter anderem das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft in Deutschland beteiligt war, belegt die Zunahme der Erosions- und Hochwassergefährdung in den nächsten Jahren. Die Schäden für Überflutungen werden dabei bei Ackerkulturen mit 200 Euro bis 1000 Euro je Hektar angegeben[61]. Die jährlichen Schäden durch Hochwasser liegen in den 27 EU-Staaten insgesamt gegenwärtig bei 6,4 Milliarden Euro. Jedes Jahr sind etwa 250 000 Menschen von Hochwasserereignissen betroffen[62]. Starkregenereignisse und Trockenperioden wie 2018 sind zukünftig aufgrund des Klimawandels deutlich häufiger zu erwarten. Ausgelaugte, verdichtete Böden können diese Extreme um ein Vielfaches weniger ausgleichen als Böden mit einem gesunden Bodengefüge. Und dazu braucht man gut mit Kohlenstoff und Humus versorgte Böden.

Ökologisch bewirtschaftete Böden können im Schnitt mehr als doppelt so viel Wasser aufnehmen und speichern wie konventionell bewirtschaftete. Zu dem Schluss kommen die Kommission Bodenschutz beim Bundesumweltamt und zahlreiche andere Untersuchungen[63].

Verglichen mit konventionellen Methoden führen agrarökologische Techniken zu signifikant höheren Kohlenstoffvorräten. Ein internationales Forscherteam maß durchschnittlich 3,5 Tonnen pro Hektar mehr Kohlenstoff in ökologischen als in konventionell bewirtschafteten Böden[64]. Ein lebendiger Boden mit guter Bodenstruktur kann bis zum Vierfachen seines Eigengewichtes an Wasser speichern. Um den Folgen des Klimawandels aktiv und vorsorgend zu begegnen, benötigen unsere Böden dringend ein angepasstes Management, um ihre Wasseraufnahme und Speicherfähigkeit zu erhöhen[65].

Im Rahmen der Umsetzung der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie[66] mussten bis Dezember 2015 Hochwasserrisikomanagementpläne festgelegt werden (in Deutschland sind die Länder zuständig). Abgesehen von anderen Hochwasserschutzmaßnahmen schlug die Richtlinie zwar vor, dass Betriebe in hochwassergefährdeten Gebieten künftig Bewirtschaftungsauflagen erfüllen sollen. Statt strenger die Erhaltung einer guten Bodenstruktur im Ackerbau zu fordern, wurde dabei allerdings bisher vor allem die Umwandlung von Acker- in Graslandflächen angedacht, was in bestimmten Situationen (Auen) sinnvoll sein kann (siehe Beitrag Anita Idel). In der „Cross-Compliance-" Regelung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU ist allerdings festgelegt, dass der Erhalt der Direktzahlungen generell an die „Erhaltung eines guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands der Betriebsflächen" gebunden ist[67]. Die Erhaltung eines solchen Zustands wird allerdings nicht nur kaum überprüft, die Auflagen sind auch im Hinblick auf Bodenschutzaspekte äußerst vage. Nicht einmal eine humusausgleichende Fruchtfolge ist verpflichtend einzuhalten. Sogar für das sogenannte „Greening" ist

Ökologisch bewirtschaftete Böden können im Schnitt mehr als doppelt so viel Wasser aufnehmen und speichern wie konventionell bewirtschaftete.



Ausgelaugte, verdichtete Böden können diese Niederschlagsextreme um ein Vielfaches weniger ausgleichen als Böden mit einem gesunden Bodengefüge. Dazu braucht man gut mit Kohlenstoff und Humus versorgte Böden.



Bodenstruktur mit reichem Bodenleben, ökologisch

Foto: Beste

Bodenverdichtung der Ackerböden als eine wesentliche Ursache für Hochwasserentstehung wird in allen relevanten Strategien zur Hochwasservermeidung bisher ignoriert.



Bodenstruktur mit verarmtem Bodenleben, konventionell. Beide: Tonböden, Finnland

Foto: Beste

keine humusausgleichende Fruchtfolge verpflichtend. Die vielfältigen ackerbaulichen Möglichkeiten des Bodenstrukturaufbaus werden bisher in allen relevanten Strategien zur Hochwasservermeidung nicht als Lösungsbeitrag diskutiert. Kritik dazu formulierte schon 2014 Thomas Straßburger von der Generaldirektion Umwelt, Landwirtschaft, Forst und Boden der EU-Kommission in deutlicher Form. Bodenschutz sei gleichzeitig Gewässerschutz, so sein Apell[68]. Ebenso wird der Zusammenhang zwischen Bodenverdichtung und Hochwasserentstehung in kaum einer Publikation zum Klimawandel auf nationaler oder europäischer Ebene ernsthaft thematisiert.

Dabei ist zwar auch, aber nicht in erster Linie, wie oft einseitig behauptet[69], das Befahren mit zu schweren Geräten zum falschen Zeitpunkt das maßgebliche Problem. In der Diskussion und Forschung zum landwirtschaftlichen Bodenschutz nahmen die Themen des landtechnischen Bereiches und deren Optimierungspotenzial (Begrenzung der Radlast, Verringerung des Kontaktflächendrucks mit Breitreifen, verschiedenste Vorschläge zur Bodenbearbeitung) in den letzten Jahrzehnten einen breiten Raum ein.

Je weiter die Forschung im Themenbereich Boden fortschreitet, desto mehr wird aber deutlich, dass die Versorgung mit organischem Material und die Biodiversität im Agrarökosystem – und damit auch im Boden – über die Steuerung der Fruchtfolge und Zwischenfrüchte ein deutlich höheres Potenzial für die Förderung einer gesunden Bodenstruktur beinhaltet. Systemischen Lösungen zeigen sich den rein technischen immer wieder deutlich überlegen[70]. Vor allem muss die durch intensive Mineraldüngung und Monokulturen begünstigte schleichende mikrostrukturelle Verdichtung vieler Böden (s.o.) behoben werden[71]. Diese schleichende Verdichtung wird regelmäßig übersehen, weil sie nur in den allerseltensten Fällen untersucht wird. Die Autorin hat in den letzten 18 Jahren selbst über 400 Standorte in Europa – vorwiegend in Deutschland – auf den Zustand der Bodenstruktur – Makro- und Mikrostruktur - untersucht. Das geschah im Auftrag von Lebensmittelfirmen, Universitäten und Landwirtschaftskammern oder im Rahmen von Fortbildungsseminaren zum Bodenschutz für Landwirte[72]. Der Grad der Bodenverdichtung ist bei den meisten konventionellen Flächen enorm (siehe Bild links).

Da solche Untersuchungen sehr aufwändig sind, gibt es keine europa- oder landesweiten Daten dazu. Schaut man sich allerdings die intensive Bewirtschaftung der weit überwiegenden Flächen an, kann man aufgrund der bekannten Wirkungen auf das Bodenleben und dessen Rückgang auch ohne direkte Strukturuntersuchungen von schleichender Verdichtung ausgehen (s.o.). Die Notwendigkeit und agrarökologischen Möglichkeiten eines aktiven Bodenstrukturaufbaus werden jedoch in allen relevanten Strategien zur Hochwasservermeidung bisher völlig ausgeblendet.

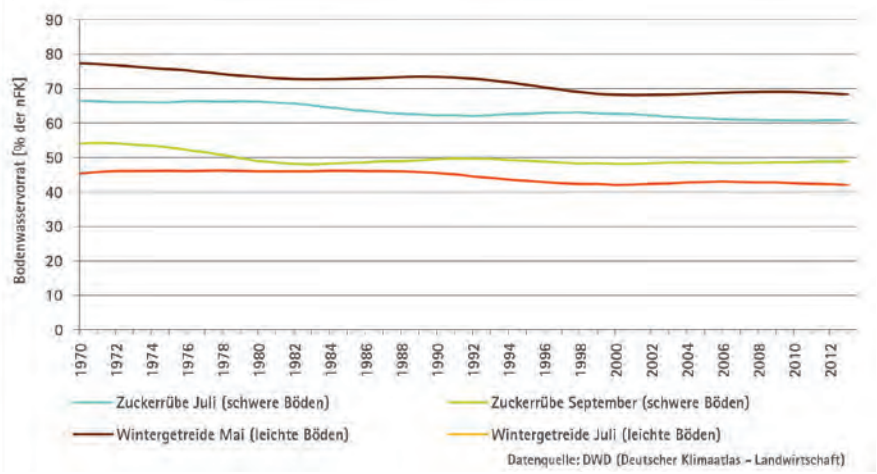
Dr. Luca Montanarella, der oberste Bodenschützer der EU-Kommission, fasste die Ergebnisse des europäischen Bodenbeobachtungssystems LUCAS auf einer Veranstaltung in Brüssel Anfang 2018 folgendermaßen zusammen: Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung zeigen zunehmend die Symptome Humusverlust, Erosion und Bodenverdichtung[73]. Prof. Brunotte vom deutschen Thünen-Institut für Agrartechnik hält allein in Deutschland mehr als zwei Drittel der Böden für hoch bis sehr hoch verdichtungsgefährdet[74].

Die Böden halten das Wasser nicht mehr in der Fläche. Die „Regenverdaulichkeit" sinkt. Dabei sind gleich drei wichtige Bodenfunktionen gestört: Die Aufnahmefähigkeit für Regen (Erosions- und Hochwasserschutz), die Speicherfähigkeit (Anpassung an den Klimawandel, Ernteicherung) und die Wasserreinigung und Grundwasserneubildung. Besonders im Frühjahr ist dies auf sehr ebenen Flächen zu beobachten: Auf immer mehr Ackerflächen steht immer länger das Wasser. Auf der anderen Seite verursachen Dürreperioden massive Ernteschäden, weil das Wasser zwar auf den Böden stand, aber nicht länger von ihnen gespeichert werden konnte.



Das Hoch „Michaela" brachte Europa im August 2003 eine der schwersten Naturkatastrophen der letzten 100 Jahre. Der Schaden durch Ernteausfälle belief sich 2013 auf 138 Millionen Euro; 2018 forderte der Bauernverband 1 Milliarde Euro Hilfen wegen anhaltender Dürre[75]. Für Deutschland zeigen regelmäßig gemessene Daten von 1970 bis 2012, dass der Bodenwasservorrat unter verschiedenen Feldfrüchten kontinuierlich zurückgeht.

Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden



Ein ausreichender Bodenwasservorrat ist eine entscheidende Einflussgröße für die Pflanzenentwicklung. Bei landwirtschaftlichen Kulturen können sowohl Unter- als auch Übersättigung in kritischen Entwicklungsphasen die Erträge negativ beeinflussen. Sowohl auf leichten als auch auf schweren Böden haben in den letzten rund 40 Jahren die Bodenwasservorräte während der Vegetationsperiode mit signifikanten Trend abgenommen. Quelle: Umweltbundesamt, 2015

Die „Regenverdaulichkeit" sinkt. Denn es sind gleich vier wichtige Bodenfunktionen gestört:
Die Aufnahmefähigkeit für Regen, die Speicherfähigkeit und die Wasserreinigung und Grundwasserneubildung.

Böden auf deren Oberfläche das Wasser abläuft oder in deren Grobporen das Wasser einfach ins Grundwasser sickert, weil sie keine biogenen Mittelporen haben, bilden keine Absicherung gegenüber Wetterextremen.

Auswertungen der Daten von 1961 bis 2013 des Deutschen Wetterdienstes sowie Daten aus 21 Klimamodellläufen, die bis zum Jahr 2100 gehen, zeigten unter anderem einen Anstieg extremer Hitzetage, die auch in Zukunft häufiger werden sollen. Ferner wurde in den letzten 20 Jahren eine Zunahme der Tage ohne Niederschlag im März und April sowie eine Zunahme extrem trockener Tage im Sommer beobachtet, wobei letztere zukünftig mehrfach auftreten sollen[76]. Zahlen aus Bayern zeigen, dass die nutzbare Feldkapazität, also die den Pflanzen zur Verfügung stehende Feuchtigkeit, 2015 bei 71 Prozent lag statt bei 80 Prozent, wie in der Referenzperiode (Vergleichsperiode für Klimadaten); an manchen Orten wurden sogar nur 63 Prozent gemessen[77]. Böden auf deren Oberfläche das Wasser abläuft oder in deren Grobporen das Wasser einfach ins Grundwasser sickert (s.o.), weil sie keine biogenen Mittelporen ausbilden konnten, bilden keine Absicherung gegenüber diesen Wetterextremen. Mit solchen Böden entwickeln sich Wetterextreme zur existenziellen Bedrohung für manche Landwirte. Man kann sich dagegen versichern. Man kann aber auch die Böden fitter und widerstandsfähiger machen, wobei Bodenfruchtbarkeit und das Ertragspotenzial sogar steigen können.

5. STABILE ÖKOSYSTEME MIT HOHER PFLANZENDICHTE UND –VIELFALT: KLIMASCHÜTZER UND FIT FÜR DEN KLIMAWANDEL



Zur Aufrechterhaltung des Humushaushaltes bedarf es einer ständigen Zufuhr geeigneter organischer Substanzen, die den Bodenorganismen sowohl als Nährstoff dienen als auch dauerhaftere Humuskolloide bilden.

Eine positive CO_2- und damit Klimabilanz zeigt Ackerbau über längere Zeiträume nur dann, wenn dauerhaft zusätzlich Humus (sogenannter Dauerhumus) aufgebaut wird. Dies schaffen in nennenswerten Größenordnungen nach heutigen Erkenntnissen nur der ökologische Landbau beziehungsweise – in größerem Ausmaß – Permakultur- und Agroforst- oder agrosilvopastorale Systeme, bei denen Bäume und/oder Grasland langfristig ins System integriert sind[78]. Sie vergrößern darüber hinaus die Nährstoffverfügbarkeit und die Wasserhaltekraft. Der Ökolandbau zeigt, neben dem Klimaschutz, auch ohne die Techniken Permakultur oder Agroforst, die in Mitteleuropa noch nicht sehr verbreitet sind, eine sehr gute Bilanz bezüglich der Wirkung auf Umweltmedien (siehe Abb.). Er sollte daher zum Grundprinzip klimaschonender Bewirtschaftung gehören[79].



Quelle: Schader et al., 2012

PERMAKULTUR

Die Anbaupraxis der Permakultur ist weit älter als der Begriff: Er wurde in den 1970er Jahren von dem Australier Bill Mollison geprägt und bedeutet: dauerhafte, nachhaltige Landwirtschaft:
„Permakultur ist das bewusste Design sowie die Unterhaltung von landwirtschaftlich produktiven Ökosystemen, die die Diversität, Stabilität und Widerstandsfähigkeit von natürlichen Ökosystemen besitzen", Mollison 1990.

Bill Mollison entwickelte das ursprüngliche Konzept der Permakultur zusammen mit David Holmgren in Australien. Er erhielt 1981 dafür den Alternativen Nobelpreis (Right Livelihood Award). Heute würde man in Bezug auf den Klimawandel oder andere störende Einflüsse sagen: Es ist ein System, das eine große Resilienz gegenüber wechselnden äußeren Einflüssen - insbesondere extremen Witterungsverhältnissen - fördert. Ein Wirtschaften nach dem Vorbild der Natur, basierend auf natürlichen Kreisläufen und Ökosystemen. Elemente dieser Praxis finden sich auf den Reisfeldern Asiens oder den Terrassen der Berber in Marokko - oder auch bei traditionellen Anbausystemen in Brasilien. Dort haben die Bauern seit Jahrtausenden nach solchen Methoden gearbeitet[80]. Dabei richtet sich die Aufmerksamkeit nicht nur auf die einzelnen Bestandteile des Agrarsystems, sondern insbesondere auch auf die Beziehungen zwischen diesen und ihre optimale Nutzung für den Aufbau hoch produktiver Systeme.
Beispiel Getreideanbau: Untersaaten aus Klee, Radieschen, Salat und Heilkräutern, gesät nach der Getreideblüte, sichern nach der Ernte des Korns eine zweite (Futter-)Ernte.
Beispiel Mischanbau: Eine Mischung aus Mais, Sonnenblumen und Hanf, die zusammen mit Erbsen oder Bohnen angebaut werden. Die hohen Pflanzen geben den Leguminosen Halt, und die revanchieren sich mit einer Stickstoffproduktion.

Den Output der Permakultur kann man nicht an den Erträgen der Einzelkomponenten messen, sondern nur anhand des Protein- und Kohlehydratoutputs beziehungsweise noch vollständiger: anhand der gesamten Biomasseproduktion pro Fläche. Darauf bezogen ist diese Bewirtschaftungsmethode, ähnlich wie der Stockwerkbau einer nachhaltigen Regenwaldnutzung, unseren aktuellen Anbaumethoden in Mitteleuropa weit überlegen[81]. Diese Anbautechnik bietet nicht nur Möglichkeiten des Klimaschutzes sondern auch der Klimaanpassung, basierend auf den Komponenten Humusaufbau, Regulierung des Wasserhaushalts und Förderung der Resilienz des ganzen Agrarökosystems[82].

Viele Institutionen und Hochschulen bieten inzwischen in Europa und Deutschland Aus- und Weiterbildung in Permakultur an, auch im Rahmen des Projektes zur Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP–Agri)[83].

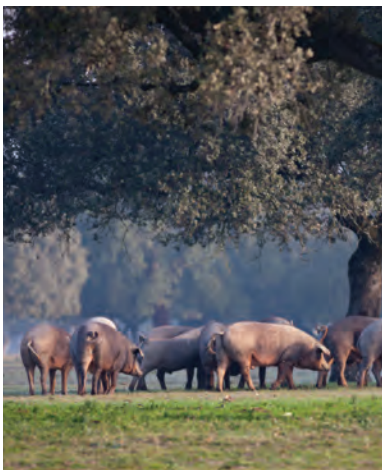
AGROFORSTSYSTEME

Bei einem Agroforstsystem werden Gehölze (Bäume oder Sträucher) gezielt mit Ackerbau und/oder Tierhaltung (agrosilvopastoral) kombiniert. So entstehen ökologische und ökonomische Wechselbeziehungen, von denen man profitieren will. Dies reicht von Obstgehölzen mit Beweidung über Baumalleen in Feldern bis zu Waldgärten mit verstreuten Bäumen und Sträuchern. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass Agroforstsysteme



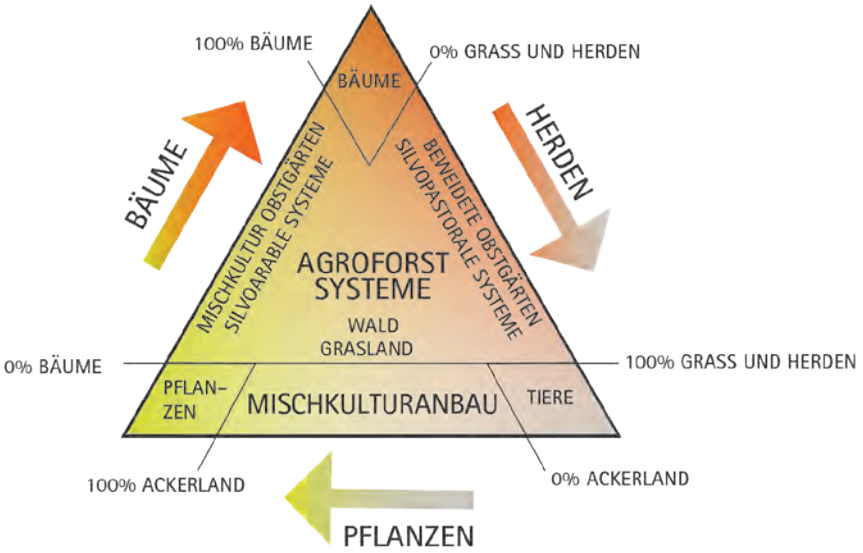
Permakultur Brasilien
Foto: Beste

Viele Institutionen und Hochschulen bieten inzwischen in Europa und Deutschland Aus- und Weiterbildung in Permakultur an, auch im Rahmen des Projektes zur Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP–Agri).



Die Eichelmast wird heute noch bei dem oft halbwild gehaltenen und in Korkeichen- und Steineichenhainen gemästeten Iberischen Schwein angewandt.

ökonomisch rentabel sein können und zu einer nachhaltigen Nahrungsmittel- und Rohstoffproduktion beitragen, so dass Vorteile für Landwirtschaft und Umwelt entstehen. Bis ins 19. Jahrundert war es auch in Deutschland üblich, Schweine im Wald weiden zu lassen. Praktischerweise hatte man zu der Waldnutzung so auch das reichhaltige Futterangebot von Eicheln, Bucheckern und Kastanien. Die Eichelmast wird heute noch bei dem oft halbwild gehaltenen und in Korkeichen- und Steineichenhainen gemästeten Iberischen Schwein angewandt, das den iberischen Eichelschinken (Jamón Ibérico de Bellota) liefert. Weitere Beispiele für existierende Formen der Waldweide in Europa mit Schweinen sind die Weide von Bindenschweinen in Mittelitalien und die Beweidung der Saveauen mit Wollschweinen in Kroatien[84].



Quelle: Aus Vortrag Burgess et al.

Durch die Einführung von chemischen Düngemitteln nahm man im 19. Jahrhundert an, Mineraldünger würde mehr Fruchtbarkeit in den meisten Teilen Europas bringen. Mehr Ertrag kann aber eben auch auf Kosten der Bodenfruchtbarkeit generiert werden.

DER RÜCKGANG VON TRADITIONELLEN AGROFORSTSYSTEMEN

Im Mittelalter, mit der Einführung von Fruchtfolgen, nahm die Abhängigkeit der Bodenfruchtbarkeit der Ackerflächen vom Nährstofftransfer aus Wäldern bzw. Gehölzkulturen - vordergründig gesehen - ab. Dieser Prozess wurde im 19. Jahrhundert durch die Einführung von chemischen Düngemitteln in den meisten Teilen Europas beschleunigt, indem man annahm, der Mineraldünger würde mehr Fruchtbarkeit bringen (mehr Ertrag kann aber eben auch auf Kosten der Bodenfruchtbarkeit generiert werden). Durch die systematische Trennung von Land- und Forstwirtschaft ab dem 19. Jahrhundert und vor dem Hintergrund der Agrarförderpolitik, verstärkt in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, haben Agroforstsysteme weiter an Bedeutung verloren[85].

Außerdem wurden Gehölze im Zuge der Intensivierung und Mechanisierung der Landwirtschaft und der Flurbereinigung zunehmend von landwirtschaftlichen Flächen entfernt[86]. Als Folge sind die traditionellen Agroforstsysteme aus Mittel- und Nordeuropa inzwischen weitgehend verschwunden oder stark zurückgegangen und auch in Südeuropa, wo sie sich wegen der Klimabedingungen und der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen länger halten konnten, sind sie stark zurückgegangen[87].

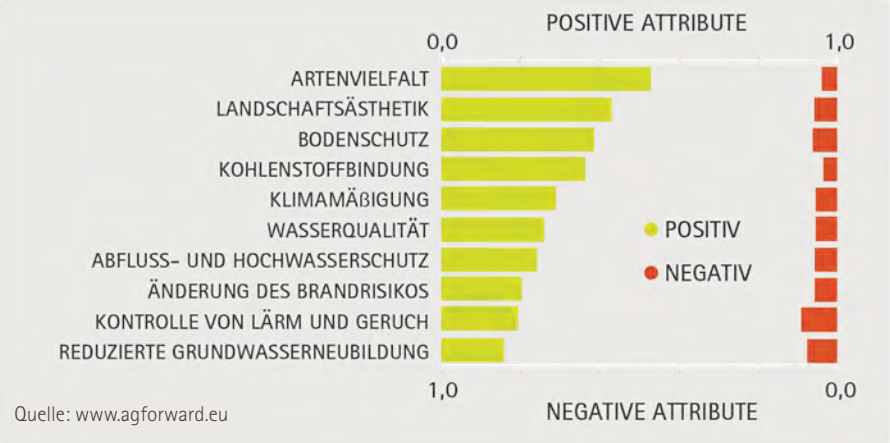
VORTEILE MODERNER AGROFORSTSYSTEME

Agroforstsysteme (AFS) erzeugen auf gleicher Fläche deutlich mehr Photosynthese und damit potentiell auch mehr Biomasse. Diese bezifferte das landwirtschaftliche Forschungsinstitut AGROSCOPE in der Schweiz für mitteleuropäische Verhältnisse mit 10-30 Prozent höher pro Fläche als in herkömmlichen Ackerbausystemen[88]. Der Anbau von Lebensmitteln und von proteinreichem Futterbau wird kombiniert. Bei Silvopastoralsystemen kommt noch Weidehaltung hinzu. Das entzerrt Arbeitsspitzen und beinhaltet durch die Diversifizierung der Produkte eine größere Erntesicherheit. Der Humusaufbau wird beschleunigt. Bereits nach sieben Jahren bewirkte das Agroforstsystem im Versuch von AGROSCOPE eine substanzielle Humusanreicherung von 18 Prozent, verglichen mit der kultivierten Fläche, und dies nicht nur im Oberboden, sondern bis in eine Tiefe von 60 cm[89]. Die Wasserhaltekapazität wurde damit entschieden erhöht. Auch die Verdunstung und Kühlung werden durch die integrierten Bäume oder Hecken verbessert. Das erhöht die Wasserhaltekraft und somit die Widerstandskraft des Systems gegenüber Wetterextremen. Die Artenvielfalt und das Nützlingsvorkommen steigen. Das erhöht die Widerstandskraft gegenüber Schädlingsdruck und Krankheiten. Moderne Agroforstsysteme sind an den heutigen Stand der Technik angepasst und können somit auch mit Großtechnik bewirtschaftet werden.

AGFORWARD (AGroFORestry that Will Advance Rural Development[90]) ist ein Forschungsprojekt, welches im siebenten Rahmenprogramm für Forschung und Technische Entwicklung (FP7) der Europäischen Union gefördert wurde. Mit einer Laufzeit von vier Jahren startete das Projekt im Januar 2014 und dauerte bis Dezember 2017. Beteiligt waren 100 Wissenschaftler von 27 Institutionen aus 14 europäischen Ländern.

Die Ergebnisse zeigen viele positive Wirkungen der Agroforstwirtschaft in vielen Bereichen, die direkt und indirekt mit dem Klimaschutz und der Klimaanpassung zusammenhängen. Darüber hinaus hat sie einen großen Einfluss auf die Stabilisierung der Agrarökosysteme.

Antworten von 344 Befragten aus 30 unterschiedlichen Fachbereichen zum Einfluss von Agroforstsystemen.



Quelle: www.agforward.eu

Auch wirtschaftlich rechnet sich die Integration von Bäumen in das System. In einer solchen Kombination können auch Kurzumtriebsplantagen insgesamt zur Artenvielfalt und Systemstabilität beitragen, allerdings nur, wenn sie Teil eines diversen Systems sind.

Agroforstsysteme erzeugen auf gleicher Fläche deutlich mehr Photsynthese und damit potentiell auch mehr Biomasse. Der Anbau von Lebensmitteln und von proteinreichem Futterbau wird kombiniert. Bei Silvopastoralsystemen kommt noch Weidehaltung hinzu. Das beinhaltet durch die Diversifizierung der Produkte eine größere Erntesicherheit.



Agroforstsysteme funktionieren auch in Europa.

Quelle: Mareike Jäger, AGRIDEA

System	Boden	Fläche	Ernte	Preis	Output
Monokulturen	Kurzumtriebs-plantage	100	8,33	60	500
	Ökoweizen	100	5,00	270	1350
Agroforestry	Kurzumtriebs-plantage	20	3,35	60	201
	Ökoweizen	80	5,13	270	1385
					1586

Quelle: http://www.agforward.eu

Im Agroforstsystem wurde auf der gleichen Fläche mit Ökoweizen und Bäumen kombiniert ein höheres Einkommen erzielt, als mit den jeweils getrennten Kulturen (nur Bäume oder nur Ökoweizen). Agroforstsysteme haben ungeahnte Potenziale für eine intensive und dennoch dauerhaft resiliente Produktion.

DAS SOLMACC-PROJEKT

Als Teil einer Nachhaltigkeitsagenda, die sich sowohl beim Klimaschutz als auch bei der Anpassung an den Klimawandel zum Ziel macht, größtmögliche „Synergien mit anderen Umweltzielen" zu erzielen, sollte man klimafreundliche Anbaumethoden dahingehend bewerten, ob sie die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) landwirtschaftlicher Ökosysteme und Betriebe langfristig stärken und dabei Ressourcen schonen oder sogar verbessern (Bodenfruchtbarkeit).

Ein gutes Beispiel dafür, Forschungsgelder unter diesem Gesichtspunkt sinnvoll auszugeben, ist das SOLMACC-Projekt (Strategies for Organic- and Low-inputfarming to Mitigate and Adapt to Climate Change). Das Projekt ist ein kofinanziertes Projekt von LIFE, das von 2013 bis 2018 durchgeführt wurde. Es fördert die großflächige Einführung innovativer Methoden, die dazu beitragen, EU-Klimaschutzziele im Nahrungs- und Landwirtschaftssektor einzuhalten und gleichzeitig andere Umweltmedien zu entlasten oder zu verbessern. Dabei werden auch die Kosten berücksichtigt. Für das Projekt wurden zwölf Demonstrationsbetriebe, je vier Biobetriebe in drei EU-Mitgliedstaaten, ausgewählt. Die Landwirte brachten Land, Ausrüstung und Arbeitskraft ein und teilten ihre Erfahrungen bei der Anwendung der neu erworbenen Kenntnisse. Zu den innovativen Methoden gehörten: Betriebliches Nährstoffmanagement, Fruchtfolge, optimierte Bodenbearbeitung und Agroforstwirtschaft.

http://solmacc.eu/de/

6. FAZIT:
FÜR EINE KLIMASMARTE LANDWIRTSCHAFT, DIE DIESEN NAMEN VERDIENT, SIND SYSTEMISCHE LÖSUNGEN DEN TECHNISCHEN WEIT ÜBERLEGEN

- Zentrale Bedeutung für Klimaschutz und Klimaanpassung haben Bodenfruchtbarkeit u. Diversifikation/Biodiversität von Landwirtschaftssystemen. Maßnahmen, die Agrarsysteme und Böden gegenüber heftigen Wetterereignissen stabilisieren, sind auch in den meisten Fällen zur Reduktion der Treibhausgas-emissionen geeignet (insbesondere Humusaufbau).

- Stabile Agrarökosysteme zu entwickeln und aufrecht zu erhalten, ist sehr wissensintensiv und erfordert eigenständige Beobachtung, Entscheidungsfähigkeit und Flexibilität. Das lässt sich nicht so einfach digitalisieren, auch wenn digitale Medien zur Wissens- und Erfahrungsvermittlung beitragen und die Beobachtung erleichtern können (wie beispielsweise eine App zur qualitativen Gefügeuntersuchung[91]).

- Ökologisch bewirtschaftete Böden zeigen höhere Kohlenstoffgehalte und –vorräte sowie eine signifikante Rückbindung von CO_2 aus der Atmosphäre.

- Ökologisch bewirtschaftete Böden emittieren weniger Lachgas (N_2O).

- Ökologisch bewirtschaftete Böden sind in der Lage, doppelt so viel Wasser aufzunehmen und zu speichern, wie konventionelle. Das macht Böden widerstandsfähiger gegen Starkregen UND Dürre und vermeidet Hochwasser.

- Dies alles gilt jetzt schon für den klassischen Ökolandbau in Europa.
  Mit Permakultur- und Agroforstsystemen lässt sich dies noch deutlich optimieren.



Agroforst/Permakultur mit Bäumen und Gemüse

Foto: Beste

ZUR AUTORIN



DR. ANDREA BESTE, Diplomgeografin und Agrarwissenschaftlerin, gründete 2001 das Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur. Das Büro bietet international Analyse und Beratung in Bodenschutz und nachhaltiger Landwirtschaft.

Büro für Bodenschutz & Ökologische Agrarkultur
www.gesunde-erde.net
gesunde-erde@posteo.de

VOM MYTHOS DER KLIMASMARTEN LANDWIRTSCHAFT –
ODER WARUM WENIGER VOM SCHLECHTEN NICHT GUT IST

DER WERT NACHHALTIGER BEWEIDUNG MIT RIND & CO FÜR BODENFRUCHTBARKEIT, KLIMA UND BIOLOGISCHE VIELFALT

Beitrag Anita Idel

1. HINTERGRUND

Als größtes Biom der Welt, neben dem Wald[1], bedecken Grasgesellschaften knapp 40 Prozent der bewachsenen Landoberfläche unseres Planeten Erde[2]. Bezogen auf die weltweit als Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) ausgewiesene Fläche sind ein Drittel Ackerland und zwei Drittel Grasland[3]. Letztere bieten für ein Zehntel der Weltbevölkerung die entscheidende Lebensgrundlage[4]. Die Welternährungsorganisation FAO schätzt, dass davon für 100 Millionen Menschen in Trockengebieten und wahrscheinlich weitere 100 Millionen in anderen Klimazonen Weidetiere die einzig mögliche Einkommensquelle bieten[5].

Der Umbruch von Grasland zählt neben der Abholzung von Regenwald zu den sogenannten Landnutzungsänderungen, die weltweit wesentlich zum Klimawandel beitragen[6]. In Europa (EU-27) liegt der Umfang des Graslandes an der LN durch Umbruch zu Ackerland und Flächenversiegelung unter 40 Prozent[7]. 875.000 Hektar betrug der Verlust von Grasland in Deutschland zwischen 1990 und 2009[8]. Zwischen 1850 und 2000 verursachten Landnutzungsänderungen in den Steppenböden der Prärien Nordamerikas erosionsbedingte Humusverluste von 25 bis 30 Prozent. Pro Hektar werden die Verluste auf circa 13 Tonnen pro Jahr geschätzt[9]. Für die fruchtbarsten Steppenböden Europas in der Ukraine veröffentlichten im Jahr 2014 Weltbank und FAO ähnlich drastische Ergebnisse: Bodenverluste in Höhe von 15 Tonnen pro Hektar und Jahr[10].

Der Umbruch von Grasland zählt neben der Abholzung von Regenwald zu den sogenannten Landnutzungsänderungen, die weltweit wesentlich zum Klimawandel beitragen.

Foto: Idel



Da viel weniger in als an der Landwirtschaft verdient wird, profitieren von der Umwandlung von Gras- in Ackerland wesentlich die industriellen Komplexe der Landwirtschaft. Diejenigen, die landwirtschaftliche Betriebe beliefern, und diejenigen, die deren Produkte weiterverarbeiten: Zu den Zulieferern zählen die Chemische Industrie mit Saatgut, Mineral- und synthetischem Stickstoffdünger, Pestiziden sowie mit Futtermitteln, Antibiotika, Antiparasitika, Hormonen etc. – hinzu kommen die Landmaschinenindustrie, die Stalleinrichtungsfirmen und die Tierzuchtunternehmen. Neben den Transportunternehmen dominieren als Abnehmer im tierischen Bereich Molkerei-, Schlacht- und Lebensmittelkonzerne. Entsprechend konzentriert sich das Interesse der Industrie auch bei der Herstellung tierischer Produkte auf den Ackerbau – wegen des Anbaus von Kraftfutter. Denn daran lässt sich für die Industrie viel mehr verdienen als am Grasland. Der (ökologische und) Klima-Fußabdruck der Tierproduktion nimmt mit der weltweiten Expansion der Milch- und Fleisch-Konzerne dramatisch zu[11].



Neben den Transportunternehmen dominieren als Abnehmer im tierischen Bereich Molkerei-, Schlacht- und Lebensmittelkonzerne.

Die Potenziale des Graslandes und der Beweidung werden in der Wissenschaft häufig unterschätzt[11a] und in der Politik weitgehend ignoriert. Hingegen stehen Wälder hinsichtlich der mit der Landnutzung verbundenen Speicherung von atmosphärischem Kohlenstoff seit langem im Zentrum der öffentlichen Wahrnehmung und der Forschung[12]. Zudem bekommen Rinder aufgrund stark reduzierter Rechenmodelle ein immer schlechteres Image – vor allem als „Klima-Killer". Denn beim Verdauen rülpst jedes Rind das Gas Methan (CH_4) aus, das das Treibhaus Erde 25-mal stärker aufheizt als Kohlendioxid (CO_2). Darauf werden Wiederkäuer häufig unwissenschaftlich beschränkt und in der Folge leichtfertig mit dem Klimaschädling Auto gleichgesetzt. So belaste ein Kilo Rindfleisch das Klima im gleichen Maße wie 250 Kilometer mit einem Kleinwagen[13]. Auch ranghohe Mitarbeiter der Welternährungsorganisation (FAO) vertreten die Meinung, intensive Hühner- und Schweineproduktion sei „effizienter" und deshalb "besser" als Rindfleisch[14].

Diese Sichtweise ist wissenschaftlich nicht seriös, weil sie nicht differenziert – zwischen energieaufwändigen und Ressourcen belastenden und klimaschädlichen Agrarsystemen einerseits und nachhaltigen und klimaschonenden andererseits – und führt deshalb hinsichtlich der Klimabelastung häufig zu kontraproduktiven Schlussfolgerungen.

Denn nicht Rinder als solche verursachen Klimaprobleme, sondern die energieaufwändige industrialisierte Landwirtschaft mit intensivem Kraftfutteranbau in Monokulturen – häufig gedüngt mit chemisch-synthetischen Stickstoffverbindungen. Vor allem letztere führen zu Lachgasemissionen (N_2O), die den größten Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel verursachen: Die Klimarelevanz von N_2O beträgt das 300-fache von CO_2 und das 12-fache von Methan[15]. Der Klima-Killer ist der Mensch. Denn er macht das Rind zu seinem Nahrungskonkurrenten, wenn es mit immer mehr Getreide, Mais und Soja gefüttert wird und immer weniger Gras frisst. Stattdessen müssten die Potenziale der Weidewirtschaft für die Welternährung in den Fokus von Agrarforschung und -politik rücken. Denn Feuchtwiesen, Almen, Steppen und Savannen zählen nicht nur zu den größten Kohlenstoffspeichern, sondern bieten die größte Nährstoffbasis zur Proteinbildung auf der Erde[16]. Neben der Bedeutung für die biologische Vielfalt[17] erfüllt nachhaltige Graslandnutzung eine weitere zentrale Funktion auch für den Wasserhaushalt der Böden und die Gefahr von Hochwasser: Die Vergrößerung der Wurzelmasse erhöht die Kapazität zur Wasseraufnahme und -speicherung und verringert Wassererosion exponentiell – eine Schlüsselfunktion angesichts des Klimawandels[18].

Nicht Rinder als solche verursachen Klimaprobleme, sondern die energieaufwändige industrialisierte Landwirtschaft mit intensivem Kraftfutteranbau in Monokulturen – häufig gedüngt mit synthetischen Stickstoffverbindungen.



Wurzeln der Graspflanzen



Quelle: Prairie-Wurzel-Projekt USA[19].

DER LEBENSZYKLUS DER GRÄSER

Flächendeckendes Grasland und „seine" Weidetiere haben eine über Jahrmillionen zurückreichende gemeinsame Entstehungsgeschichte. Diese Koevolution zwischen Pflanze & Tier hat dazu geführt, dass der Biss der Weidetiere zum Lebenszyklus der Graspflanzen gehört: Er löst beim Gras einen Wachstumsimpuls aus. **Gräser verfügen im Vergleich zu anderen Pflanzen und auch Bäumen generell über die spezielle Eigenschaft, mit (Fein-)Wurzeln mehr unterirdische als oberirdische Biomasse zu bilden.** Aus den Wurzeln von heute entsteht der Humus von morgen. Deshalb kann auf vielen Böden nichts schneller zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit beitragen als nachhaltige – mit Pausen verbundene – Beweidung.

Das Wurzel-Spross-Verhältnis „Root-Shoot-Ratio" liegt bei Gräsern zwischen 2:1 und 20:1 zugunsten der Wurzelmasse. **Deshalb stammt bei Grasland der meiste im Boden gespeicherte Kohlenstoff direkt aus den Graswurzeln.**

Wesentliche Potenziale des Graslandes – für die Bodenfruchtbarkeit, die biologische Vielfalt und das Klima – werden dramatisch unterschätzt und bleiben meistens ungenutzt.

Eine Tonne Humus enthält 0,548 Tonnen Kohlenstoff (C) und entzieht somit der Atmosphäre einschließlich der 1,252 Tonnen Sauerstoff (O_2) 1,8 Tonnen CO_2. Aber die Nutzung des Graslandes – ob durch Beweidung oder Mahd – erfolgt inzwischen häufig so intensiv, dass immer weniger Wurzelmasse gebildet bzw. Wurzelmasse rückgebildet wird und so das Potenzial zur Bodenbildung, Wasserspeicherung und Klimaentlastung abnimmt – und ebenso die biologische Vielfalt. Infolge des so insgesamt verschlechterten Status quo sinken auch die Erwartungen an das Grasland: Es wird als wenig bedeutend für Bodenfruchtbarkeit, Klima und Welternährung wahrgenommen. Und weiterhin konzentriert die Politik die Agrarforschung überwiegend auf das Ackerland.

Das ist fatal. Dennoch ist der schlechte Status quo weniger schlimm, als man üblicherweise erwarten müsste; denn schlecht bewirtschaftetes Grasland verliert seine Potenziale nicht zwangsläufig auf Dauer. Das liegt an seiner extremen Flexibilität. Das Wachstum von Gräsern folgt ganz anderen Dynamiken, als das Wachstum von Bäumen und Ackerpflanzen. Dennoch werden diese Potenziale – weiterhin und zunehmend – dramatisch unterschätzt und bleiben letztlich meistens ungenutzt. Das betrifft insbesondere die Bedeutung nachhaltiger Beweidung für die Bodenfruchtbarkeit, das Klima und die biologische Vielfalt[20].

Aber auch hier spielt nicht nur die Unterschätzung des Umweltpotenzials eine Rolle. Eine wesentliche Bremse liegt im ökonomischen Desinteresse der oben genannten vor- und nachgelagerten Agrarindustrien, die an fruchtbarem Grasland, welches gesunde Rinder ernährt, vergleichsweise wenig verdienen können. So gilt als Faustregel, dass Kühe allein von Weide und Wiese bei sehr guter Grundfutterqualität pro Jahr etwa das Zehnfache ihres Körpergewichtes an Milch bilden können[20a].

Blicke in die Vergangenheit geben entscheidende Hinweise auf die heutigen Potenziale der Beweidung mit Rindern[21] für die Welternährung im Kontext von Ressourcenschutz und Klimawandel. Fleischkonsum spielte in der (Prä-)Historie eine wichtige Rolle, bevor Menschen sich sesshaft machten und Gärten und Äcker kultivierten. Das kann und soll nicht als Rechtfertigung für heutige Exzesse beim Konsum tierischer Lebensmittel dienen, aber als

historischer Hinweis auf die direkte und indirekte Bedeutung von Grasland und Weidetieren für die Menschen: insbesondere die Entwicklung der Böden und ihrer Fruchtbarkeit.

Bei der Nutzung der Böden spielt Dünger eine wesentliche Rolle. Chemisch-synthetischer Stickstoffdünger[22] ist erst seit einem Jahrhundert verfügbar und wird erst seit rund 50 Jahren verstärkt eingesetzt. Die Intensivierung des Anbaus von Getreide, Mais und Soja zielt spätestens seit den 1970er Jahren auf eine Intensivierung der Tierhaltung: Inzwischen wird etwa die Hälfte der weltweiten Getreideernte für den Futtertrog produziert[23]. Der Futterbedarf der auf Hochleistung gezüchteten Tiere übersteigt die regional vorhandene Futtergrundlage vielerorts bei Weitem (sogenannte bodenunabhängige Tierproduktion). Da somit immer mehr Tiere gehalten werden, die zudem immer mehr Kraftfutter erhalten, stammen mehr als Zweidrittel der in der Europäischen Union (EU) verfütterten Proteine aus Importen[24].

In der Folge hat – neben dem Einsatz von chemisch-synthetischem Stickstoffdünger – auch der Eintrag von Gülle extrem zugenommen. Die desaströsen Folgen der Überdüngung werden bereits immer sichtbarer: für Brunnen, Gewässer, biologische Vielfalt und Bodenleben sowie das Klima (und letztlich die menschliche und tierische Gesundheit). (Zu den unterschiedlichen Auswirkungen verschiedener Düngerqualitäten auf Ackerböden siehe den Beitrag von Andrea Beste.)

Klimagase an sich stellen kein Problem dar, im Gegenteil, sie sind lebensnotwendig und CO_2 hat Leben auf unserem Planten erst möglich gemacht. Problematisch sind hingegen sowohl das Zuviel der Klimagase in der Atmosphäre[25] als auch die Geschwindigkeit ihrer Zunahme: die mit der Industrialisierung und dem Einsatz fossiler Energie und den Landnutzungsänderungen verbundene zunehmende Anreicherung in der Atmosphäre[26] . Derweil wird in Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit gemeinhin das Rind bei der Landnutzung für den Klima-Killer Nr. 1 gehalten und nur der Wald als Klima-Retter wahrgenommen. Aber es ist immer der Mensch, der über das Wie entscheidet – das jeweilige Agrarsystem: Ob die bodenverbrauchende und energieaufwändige Produktion von Kraftfutter für tierische Höchstleistungen das Klima belastet oder ob Rinder bei nachhaltiger Beweidung das Klima sogar entlasten können.



Feedlot

Foto: Häusling

Der Klima-Killer ist immer der Mensch. Denn er entscheidet über das Wie – das jeweilige Agrarsystem.



Foto: Idel

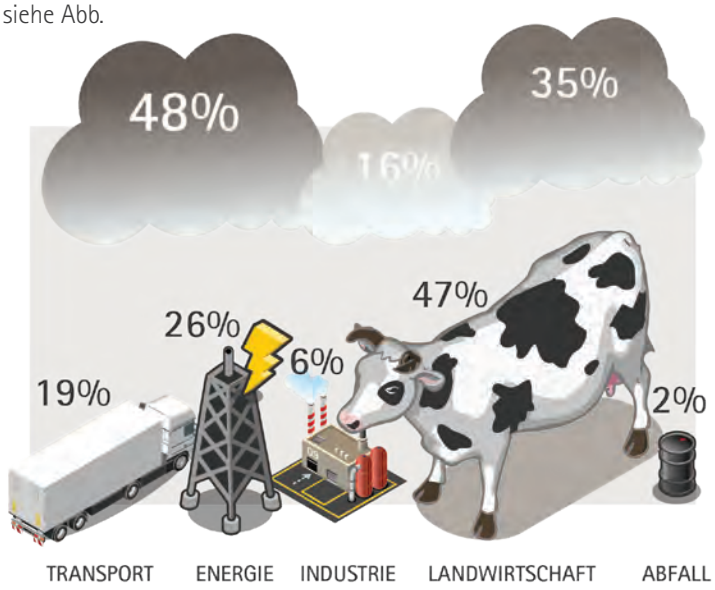
KOEVOLUTION VON WEIDELAND UND WEIDETIEREN

Anders als Bäume und Ackerpflanzen sind Gräser in besonderer Weise in Koevolution mit den Weidetieren entstanden[27]. Beweidung löst einen Wachstumsimpuls aus – oberirdisch für die grünen Grashalme und unterirdisch für die Graswurzeln. Griffig zusammengefasst gilt: „Die Wurzeln von heute sind der Humus von morgen"[28]. Dazwischen liegt die Arbeit der Regenwürmer und (Mikro-) Organismen, die die verrottete Wurzelmasse quasi verdauen[29].

Erforderlich ist somit ein Perspektivenwechsel: Denn nachhaltige Beweidung mit Rindern und ihren wiederkäuenden Verwandten regt Wurzelwachstum und Humusbildung an – und führt dadurch zur Speicherung von Kohlenstoff im Boden. Da Humus zu mehr als der Hälfte aus Kohlenstoff besteht – dem C aus dem CO_2 der Atmosphäre, entlastet jede zusätzliche Tonne Humus im Boden die Atmosphäre um 1,8 Tonnen CO_2.[29a] So können Kuh & Co – entgegen der gängigen Annahme – sogar zur Begrenzung des Klimawandels beitragen. Wenn man sie nur lässt ...

2. MYTHEN ÜBER RINDER, DIE RESSOURCEN VERGEUDEN UND DAS KLIMA KILLEN...

Bei der üblichen Darstellungsweise des klimatischen (und ökologischen) Fußabdrucks stehen jeweils Produkte von Rindern an der Spitze der die Umwelt belastenden tierischen Produkte. Die negative Sicht auf das Rind ist inzwischen so verbreitet, dass es sogar als Synonym für sämtliche Emissionen von Klimagasen aus der Landwirtschaft herhalten muss – siehe Abb.



Quelle: Illustration der südafrikanischen Zeitung The Green Times, 2017[30]

Ob Mercedes, Renault, Opel oder Škoda – die Automobil-Industrie warb mit dem Rind als Klima-Killer für ihre vermeintlich sauberen Autos. Aber die Agrarlobby ist stark: Das Rinder-Bashing ist aus der Auto-Werbung verschwunden. In den Feuilletons ist das böse Rind aber weiterhin ein beliebtes Sujet. In der Wissenschaft sind Vergleiche mit dem Klimaschädling Auto weiterhin verbreitet und lassen das Rind schlecht aussehen.



Quelle: Mercedes[33]

WARUM RÜLPSEN RINDER METHAN?

Rinder könnten Gras genauso wenig verdauen wie Menschen, hätten sie nicht einen Pansen: In diesem Vormagen bauen Billionen Mikroorganismen das Gras ab. Den Großteil der Energie daraus stellen sie den Rindern direkt zur Verfügung. Die verbleibende Energie nutzen sie zum Aufbau von Eiweißen, die dann ebenfalls den Rindern zugutekommen. Ein Teil der Mikroben atmet (statt CO_2 wie zum Beispiel Menschen) Methan (CH_4) aus, welches der Wiederkäuer Rind dann ausrülpst (sog. Ruktus).



Unter der Überschrift „Simply clever" warb Škoda für seinen Kleinwagen: „Klimafreundlicher als eine Kuh, als acht Schafe, als drei Pferde".

Quelle: Škoda[31]

In diesem Sinne erfolgt auch die einseitige Berechnung der Methanemissionen einer Milchkuh von Witzke und Noleppa (2007): „Eine Milchkuh emittiert im Durchschnitt 111,7 kg Methan im Jahr. Umgerechnet in CO2-Äquivalent entspricht das allein einer jährlichen Fahrleistung von 18.000 km eines von der Politik in der EU propagierten Personenkraftwagens mit einem durchschnittlichen CO2-Ausstoß von 130 g/km“[36].



Quelle: Foodwatch, 2012[35]

Dieses Ranking, bei dem Rinder bzw. Rindfleisch immer am schlechtesten abschneiden, resultiert aus zwei Hauptmängeln:

- Erstens wird nicht zwischen energieaufwändigen und Ressourcen belastenden Agrarsystemen einerseits und nachhaltigen andererseits differenziert.
- Zweitens werden relevante Kosten der industrialisierten tierischen Produktion externalisiert.

Weil der größte Teil der globalen Landfläche zur langfristigen Ackernutzung nicht geeignet ist, lässt er sich für die menschliche Ernährung **nachhaltig** nur als Weideland für Tiere nutzen. Mit dem vollständigen Verzicht auf tierische Produkte würde somit auch das Potenzial positiver Effekte auf Klimaschutz und biologische Vielfalt einer an die Ökosysteme angepassten Tierhaltung gefährdet.

Diese Forschungsergebnisse sind in der Regel nicht Folge von Rechenfehlern oder gar Fälschungen. Die Ursache für die meist nicht sachdienlichen und häufig sogar für Klima- und Ressourcenschutz kontraproduktiven Schlussfolgerungen liegt im Vorfeld der Untersuchungen: Meistens werden die Fragestellungen und entsprechend

Billig ist nur scheinbar billig: Die externalisierten Kosten der industrialisierten Tierproduktion müssen bei Berechnungen einbezogen werden. Das ist notwendig für eine seriöse Bewertung der Auswirkungen auf Tiere, Umwelt, Klima und Gesundheit.

Mythos Effizienz: „Runter von der Weide und mehr Kraftfutter füttern." So würde zwar der Methanausstoß pro Kilogramm Milch oder Fleisch reduziert, aber gerade dadurch der Klimawandel forciert.



Die Futtermittelimporte und die Herstellung von chemisch-synthetischem Stickstoffdünger müssen wegen der Klimaeinflüsse des industrialisierten Agrarsystems in die Berechnungen einfließen.

das Studiendesign dem eigentlich zu untersuchenden Problem – Landwirtschaft und Klimawandel sowie Landwirtschaft und Ressourcenschutz – nicht gerecht. Das beginnt mit der Erhebung und Zuordnung von Daten und beeinflusst die Ergebnisse aller Studien, die darauf basieren.

Transparenz hinsichtlich der Daten, die ***nicht*** erhoben bzw. verwendet worden sind, ist nicht üblich und erschwert die Bewertung der Ergebnisse. Davon hebt sich eine Studie des zum Bundeslandwirtschaftsministerium zählenden Heinrich von Thünen-Instituts (TI) dezidiert ab. Das TI veröffentlichte zur Situation der landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2012 die „Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor"[37].

Daraus geht explizit hervor, dass und welche Daten bei der Erhebung für den jeweiligen nationalen „Ist-Stand der Treibhausgas- und Ammoniakemissionen" routinemäßig nicht berücksichtigt bzw. nicht der Landwirtschaft zugerechnet werden:

Das betrifft konkret Emissionen durch

- Futtermittelimporte
- Bereitstellung von Mineraldünger
- Energieeinsatz in der Landwirtschaft
- Inputverwendungen aus dem Inland
  (Hierzu siehe auch den Beitrag von Andrea Beste)

Aufgrund dieser Auslassungen (Externalisierungen) besteht die Gefahr, dass die Forschungsergebnisse Schlussfolgerungen nahelegen, die sich auf den Klima- und Ressourcenschutz kontraproduktiv auswirken. Denn wenn Futtermittelimporte und die Bereitstellung von Mineraldünger nicht in die Berechnungen einfließen, fehlen essentielle Klimaeinflüsse: die mit der Produktion von Kraftfutter auf Ackerflächen verbundenen Emissionen. Umso mehr hinken in der Folge Vergleiche zwischen dem Wiederkäuer Rind und anderen Tierarten zulasten des ersteren.

Dieser Effekt wird noch verstärkt durch weitere Daten, die routinemäßig nicht in die Berechnungen zur Erhebung des nationalen Status quo einfließen. Dazu zählt die CO_2-Bindung durch Pflanzen – die Photosynthese[38].
Wem ist schon bewusst, wie wichtig Grasland ist? (siehe ab Seite 51)

MYTHOS 1:
RINDER SIND SCHLECHTE FUTTERVERWERTER!

Warum kommen so viele Studien zu dem Schluss, Rinder seien „schlechte Futterverwerter"? Seit den 1970er Jahren zielt die züchterische Selektion bei allen landwirtschaftlich genutzten Tierarten auf kurzfristige Hochleistung. Beim Rind bedeutet dies je nach Rasse: viel Milch **oder** viel Fleisch – und das in möglichst kurzer Zeit. Obwohl Rinder perfekte Grasverwerter sind, wurde schon damals an Universitäten gelehrt, Rinder seien „schlechte Futterverwerter". Das beruhte damals wie heute auf Studien, die aufgrund des Studiendesigns zwangsläufig zu dieser Schlussfolgerung führen. Denn die Rinder

werden dabei nicht in einem für Wiederkäuer artgerechten System und somit nicht an dem gemessen, was sie gut können: Gras verdauen.

Stattdessen wird ihre Ernährung intensiviert mit Kraftfutter aus ungleich energieintensiverem Ackerbau. So generiert die Intensivfütterung die absurde Schlussfolgerung, Rinder seien im Vergleich zu Huhn und Schwein „schlechte Futterverwerter"[39]. Dabei handelt es sich letztlich um eine unwissenschaftliche Schlussfolgerung. Denn dass die Verdauungstrakte von Menschen (Alles-Esser) sowie die von Schweinen und Hühnern (Alles-Fresser) kalorienreiche Lebensmittel bzw. konzentriertes Futter wesentlich besser verwerten können als die Verdauungssysteme von Wiederkäuern und anderen Grasfressern, ist doch bekannt, bevor die Studien beginnen.

Dass heute mit über 1,5 Milliarden Rindern und Büffeln[40] doppelt so viele dieser Tiere auf dem Planeten Erde leben wie noch zu Beginn der 1960er-Jahre, ist direkte Folge dieser nicht artgerechten Fütterung: Denn das vor Ort vorhandene Grasland wirkt nicht mehr als begrenzende Futterbasis bzw. wird von eiweiß- und energiereichem Kraftfutter zunehmend verdrängt.

MYTHOS 2:
RINDER SIND KLIMA-KILLER!

Warum kommen so viele Studien zu dem Schluss, Rinder seien „Klima-Killer"?
Auch bei diesen Untersuchungen bedingt das Studiendesign fast zwangsläufig diese Schlussfolgerung[41].
Denn für die meisten dieser Studien gilt:

- Erstens sind sie auf die Messung von Emissionen des Klimagases Methan (CH_4) beschränkt und
- zweitens vergleichen sie den Wiederkäuer Rind mit den Allesfressern Schwein und Huhn (und manchmal auch mit Fischen und Menschen).

Das gilt auch für den überwiegenden Teil der von der FAO veröffentlichten Studien. In diesem Sinne veröffentlicht die FAO unter „Key facts and findings" ihr Resümee: „Rinder (gehalten für Fleisch und Milch ebenso wie für nicht essbare Leistungen wie Dung und Arbeitskraft) sind die Tierart, die für die meisten Emissionen verantwortlich ist. Sie stehen für 65 Prozent der Emissionen des Sektors Viehhaltung"[42]. Tatsächlich rülpsen Rinder das Gas Methan (CH_4) und dieses ist 25-mal so relevant für das Klima wie CO_2. Ebenso trifft zu, dass Hühner und Schweine nur vergleichbar geringe Mengen an Methan pupsen. Aber das ist bereits bekannt, **bevor** die Studien beginnen.

Die nach ansonsten korrekter Berechnung dieser offenkundigen Tatsachen quasi zwangsläufige Schlussfolgerung, Rinder seien „Klima-Killer", ist wissenschaftlich fragwürdig. Wiederum wäre es notwendig, nicht auf Methan beschränkt und zwischen verschiedenen Tierarten zu vergleichen, sondern innerhalb der betreffenden Tierart und bezüglich der gesamten Klimarelevanz zwischen unterschiedlichen Agrarsystemen[43].

Wiederkäuer werden häufig nicht an dem gemessen, was sie gut können: Gras verdauen.



Mythos: Rinder sind „schlechte Futterverwerter"!
Foto: Idel

Seit Jahrzehnten werden Rinder auf Hochleistung – Milch oder Fleisch – gezüchtet und nicht artgerecht gefüttert. Sie müssen – in Nahrungskonkurrenz zum Menschen – Futtermittel verdauen, für die sie nicht gemacht sind. Das ist alles andere als effizient.

Mythos „Rinder sind Klima-Killer": Statt auf Methan beschränkt zu forschen, gehört jeweils die gesamte Klimarelevanz unterschiedlicher Agrarsysteme auf den Prüfstand.



Globale Schätzungen der FAO bestätigen: Die Böden unter dem Grasland speichern fast 50 Prozent mehr Kohlenstoff als Waldböden.

Foto: Idel

Wird hingegen wiederholt zu kurz gemäht oder abgeweidet, müssen die Gräser Wurzelmasse rückbilden, die dann nicht zur Bodenbildung zur Verfügung steht.

Einzelne Studien mit nicht (zu) eng gesetzten Systemgrenzen belegen seit vielen Jahren immer wieder diese Zusammenhänge. Aber sie gehen im verbreiteten Rinder- und Rindfleisch-Bashing weitgehend unter. So schreiben Koneswaran und Nierenberg (2008) mit Bezug auf mehrere vorangegangene Studien: *„Rinderhaltung für die ökologische Fleischproduktion auf Grasland kann im Gegensatz zur Mast stationär mit Kraftfutter gehaltener Rinder 40 Prozent weniger Treibhausgase emittieren und 85 Prozent weniger Energie verbrauchen, als konventionell erzeugtes Rindfleisch benötigt"* [44].

Weitere Veröffentlichungen mit Systemansatz liegen vor. Für die Great Plains in den USA führte ein Forschungsteam 2013 ein "Life cycle assessment" für die Rindfleischproduktion durch. Wie zwingend zu erwarten, führt es zu einem desaströs anmutenden Ergebnis, wenn nur die Emissionen allein berücksichtigt werden: Danach lagen die Treibhausgas-Emissionen der mit Raufutter (Gras) ernährten im Vergleich zu allen anderen Rindern "37 Prozent höher – infolge der längeren Mastdauer und des geringeren Mastendgewichtes". Aber wissenschaftlich korrekt ordnen die Autoren die Emissionsdaten anschließend in das gesamte System ein und kommen für die Grasfütterung zu dem Schluss: *„Dennoch wurden Reduktionen der Treibhausgas-Emissionen (15-24 Prozent) erreicht, wenn der Zuwachs an organischem Bodenkohlenstoff berücksichtigt wurde"* [45].

Während die meisten von der FAO veröffentlichten Studien und Berichte auf (Methan-) Emissionen beschränkt sind und in der Folge von der Rinderhaltung zugunsten der Intensivhaltung von Schweinen und Hühnern[46] abraten, gibt es auch einige Studien – mit Systemansatz, die die Nutzung von Rindern propagieren. So hebt Richard T. Conant von der Colorado State University 2010 in einer Studie für die FAO die hohe Bodenfruchtbarkeit von Steppengrasland hervor: Nach globalen Schätzungen der FAO speichern die Böden unter dem Grasland fast 50 Prozent mehr Kohlenstoff als Waldböden[47]. Conant verweist sowohl auf die Notwendigkeit seiner nachhaltigen, als auch auf die Gefahren nicht angemessener Nutzung – bis hin zu tendenzieller Versteppung: *„Gutes Graslandmanagement kann potenziell die historischen Verluste von Bodenkohlenstoff rückgängig machen und erhebliche Mengen von Kohlenstoff in den Böden speichern"* [48].

Wird hingegen wiederholt zu kurz gemäht oder abgeweidet, müssen die Gräser Wurzelmasse rückbilden, die dann nicht zur Bodenbildung zur Verfügung steht. Angesichts der Sommerdürre in Mitteleuropa im Jahr 2018 kommt nachhaltigem Beweidungsmanagement über die Erhöhung des Kohlenstoffgehalts in den Graslandböden hinaus besonders große Bedeutung für den Wasserhaushalt zu: *„In den Fällen, in denen nachhaltiges Beweidungsmanagement den Gehalt an Bodenkohlenstoff erhöht, nimmt auch das Wasserbindungsvermögen des Bodens zu. Beide Aspekte, die den Wasserhaushalt verbessern, werden die Resilienz gegenüber Dürre erhöhen"* [49].

linkes Foto Furchenschwingel
rechtes Foto Schafschwingel

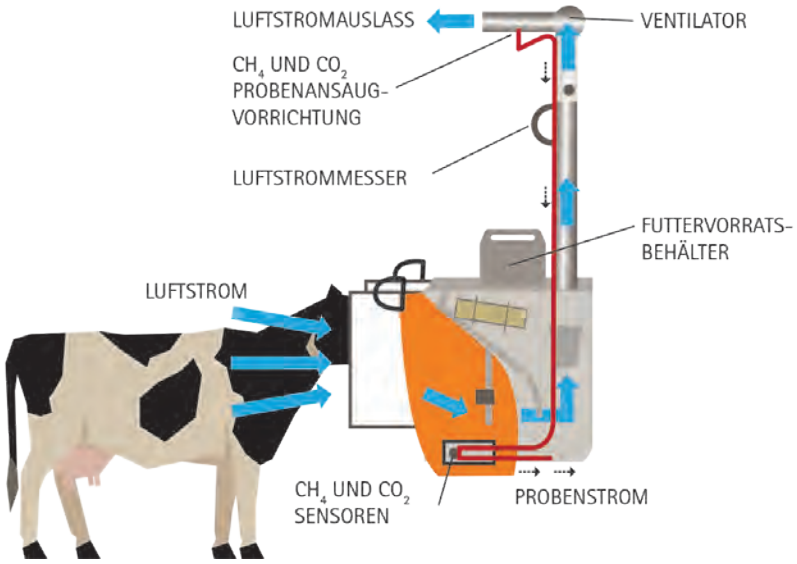


Fotos: Lichtenegger

MYTHOS 3:
JE HÖHER DIE (MILCH-)LEISTUNG PRO KUH, DESTO BESSER FÜRS KLIMA

Seit mehr als zwei Jahrzehnten erhalten Forschungsinstitute für Respirationsversuche weltweit öffentliche Fördermittel in Millionenhöhe zum Bau sogenannter Klimakammern. Diese sind vollständig isoliert mit kontrollierter Lüftung, um pro Kuh so genau wie möglich zu ermitteln, wieviel Nährstoffe/Energie sie aufnimmt und was der Stoffwechsel damit macht.

Klimakammer (Schema)



Quelle: cattlebusinessweekly, 2013[51]

Bei sehr vielen dieser Studien ist das Studiendesign somit auf eine extrem begrenzte Fragestellung ausgerichtet: Gemessen wird, wieviel Methan pro Kilogramm Milch emittiert wird. Dann schneidet die Kuh, die 10.000 Liter pro Jahr leistet, besser ab als zwei Kühe mit je 5.000 Litern und die 12.000 Liter Kuh besser als die 10.000 Liter Kuh.

Methan-Emissionen pro Kilogramm Milch bei steigenden Jahresmilchmengen einer Kuh

Jahresleistung (kg Milch/Kuh und Jahr)	Erforderliche Tierzahl (Kühe/Betrieb)	CH_4-Anfall aus Milchkuhhaltung/Betrieb (Tonne/Jahr)
4000	200	18,7
6000	133,3	14,9
8000	100,0	12,3
10000	80,0	10,8
12000	66,7	9,8

Quelle: Flachowsky und Brade, 2007

„Obwohl die wahren Verursacher des Klimawandels nicht im Stall zu finden sind, wird mit Respirationskammern nach Klimaschutzpotenzialen gesucht."

Christian Fasching 2015[52]



Mais bzw. Kraftfutter statt Gras verringern Methan-Emissionen. Die Annahme, das sei gut fürs Klima, zählt ebenfalls zu den verbreiteten Mythen.

Treibhausgase in der Atmosphäre

THG	Jahre Verbleib	CO_2 Äquivalenz
Kohlen-dioxid (Co_2)	110 - 120	1
Methan (CH_4)	9 - 15	25
Lachgas (N_2O)	110 - 120	300

Lachgas bedingt den größten Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel, nicht Methan[54].

Anteil der Treibhausgase (THG) durch die Landwirtschaft an den Gesamtemissionen der EU

THG	Prozent
Lachgas (N_2O)	70
Ammoniak (NH_4)	95
Methan (CH_4)	50
Kohlendioxid (CO_2)	8

Quelle: carbo europe und icp.giss.nasa, 2009[55a]

Die Berechnungen von Flachowsky und Brade sind nicht falsch. Und dennoch ist auch hier die quasi zwangsläufige Schlussfolgerung, der „Klima-Killer" Rind solle züchterisch weiter auf Hochleistung selektiert werden, wissenschaftlich nicht tragfähig[53]. Denn es geht um viel mehr, als um die in Medien gerne mit „Abgasuntersuchung" titulierten Methantests.

Denn die Eindämmung des Klimawandels und die Ernährung der Weltbevölkerung erfordern über die Methan-Emissionen hinaus, die mit der jeweiligen Produktion von Milch insgesamt verbundenen Effekte auf das Klima sowie die Ressourcen Bodenfruchtbarkeit und biologische Vielfalt systemisch wissenschaftlich zu beleuchten.

Dass nur sehr hohe Kraftfutteranteile Methan-Emissionen der Rinder stark senken, war bereits in den 1960er Jahren bekannt. Dennoch zählt die Schlussfolgerung, Mais bzw. Kraftfutter statt Gras seien gut fürs Klima, ebenfalls zu den verbreiteten Mythen.

Denn bezüglich der Klimarelevanz ergibt sich das Gegenteil, wenn die Systemgrenzen nicht unangemessen eng auf das Methan beschränkt werden. **Somit ist es wissenschaftlich insbesondere erforderlich, die Klimarelevanz des für die Milchleistung jeweils notwendigen Futters zu berücksichtigen:** Höher leistende Kühe sind in Nahrungskonkurrenz zum Menschen zwingend auf Ackerfutter angewiesen. Hingegen genügt im Falle der 5.000 Liter Kuh Gras.[54a] Deshalb werden Forschungsprojekte, die auf die Reduzierung von Methan-Emissionen beschränkt sind und Schlussfolgerungen, wonach Hochleistungskühe „besser" sind, der Beurteilung der Klimawirkungen nicht gerecht.

FORSCHUNG ZUR REDUZIERUNG DES METHAN-RÜLPSENS

Häufig basieren Versuche mit dem Ziel, das den Wiederkäuern immanente Rülpsen (Ruktus) von Methan (CH4) zu verringern, auf Laborversuchen bzw. theoretischen Optionen und generieren Erwartungen, die die Praxis aber nicht erfüllen kann. Methan-Reduktionen wurden unter Praxisbedingungen, wenn überhaupt, dann meist nur für kurze Zeit erreicht. Flachowsky und Brade resümierten im Jahr 2007 die Ergebnisse von Studien zur „Beeinflussung der Pansenprozesse mit dem Ziel einer nachhaltigen Reduzierung der CH4-Bildung". Das sei schwierig, „da die Komplexität und die Wechselwirkung vieler Umsetzungen noch nicht voll verstanden sind"[55].

Eine dauerhafte Änderung der Zusammensetzung der Pansen-Mikroorganismen – zum Nachteil der Hauptmethanbildner (Archaeen), erfordert die permanente Zufuhr von Zusatzstoffen. Damit sind aber häufig negative Wirkungen verbunden – insbesondere auf die Tiergesundheit. Inzwischen wächst die Annahme, dass nicht die Menge, sondern vielmehr die Zusammensetzung der verschiedenen Archaeen im Pansen die Höhe der Methan-Emissionen bedingt[56].

MYTHOS 4:
ZUR RETTUNG DES KLIMAS: DIE ZAHL DER KÜHE HALBIEREN!

Wie ist die scheinbar so naheliegende Forderung nach einer Halbierung der Anzahl der Kühe zu bewerten? Dass auch sie nicht Teil der Lösung, sondern des Problems ist, veranschaulicht drastisch das Beispiel des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen (NRW)[57]. In NRW war zwischen 1993 und 2013 der Bestand an Milch-Kühen mehr als halbiert worden. Anschließend bildeten die verbliebenen Kühe mehr Milch, als 20 Jahre zuvor in NRW gemolken worden war. **Denn es waren diejenigen Tiere abgeschafft worden, die darauf gezüchtet waren, ihre Leistung wesentlich vom Gras und von der Weide zu erbringen.** Somit basiert die Fütterung und damit die hohe Milchleistung der in NRW verbliebenen Kühe – pro Jahr durchschnittlich über 8.500 Liter mit Höchstleistungen von 12.000 Litern – wesentlich in Nahrungskonkurrenz zum Menschen auf nicht Wiederkäuer gerechtem (Import-) Kraftfutter vom Acker.

Wie sehr die weltweit größten Milch- und Fleisch-Konzerne zum Klima-Wandel beitragen, hebt aktuell eine gemeinsame Studie der Organisationen für faire und nachhaltige Landwirtschaft Grain und das „Institute für Agriculture and Trade Policy" (IATP) hervor[58]. Demnach könnten sie die Energie-Konzerne ExxonMobil, Shell und BP als weltgrößte Verursacher des Klima-Wandels innerhalb der kommenden Jahrzehnte überholen. Zusammen sind die Top Five im Milch- und Fleischbusiness bereits heute verantwortlich für mehr jährliche Treibhausgasemissionen als ExxonMobil, Shell oder BP. Ob das eintritt oder nicht: Entscheidend ist, dass die Milch- (z.B. Nestle) und Fleisch-Konzerne (z.B. Tönnies) weiter ungebremst auf Wachstumskurs sind. Entsprechend aufgestellt sind die Saat bzw. Kraftfutter sowie Dünger und Pestizide liefernden Agrar-Chemie-Konzerne, deren Geschäftsmodell die weitere Zunahme tierischer Produkte und deren sogenannte Veredelung voraussetzt.

Ob Nestlé oder Tönnies: Die Milch- und Fleisch-Konzerne konkurrieren ungebremst um immer noch größere Weltmarktanteile und heizen damit Massenproduktion und Treibhausgasemissionen weiter an.



REALITÄT STATT MYTHOS: TATSÄCHLICH WIRKT DIE WEITERE STEIGERUNG DER MILCHLEISTUNG AUF KOSTEN VON KÜHEN, RESSOURCEN UND KLIMA



Mehr Milch, mehr Fleisch, mehr Eier – vom einzelnen Tier in immer kürzerer Zeit, so lautet seit einigen Jahrzehnten die Devise für die Zuchtziele sowie die Fütterungs- und Haltungsbedingungen. Seitdem besteht für die Verwendung von Kraftfutter ein gigantischer Transfer von Nährstoffen, der mit der Industrialisierung der Tierhaltung in der EU dramatisch zunimmt:

- nicht nur wegen der steigenden Anzahl Tiere in der Geflügel- und Schweinehaltung,
- sondern auch wegen der Hochleistungszucht bei Rindern, Schweinen und Geflügel.

So werden den Böden (insbesondere) Südamerikas Nährstoffe entzogen, während die Exkremente der damit gefütterten Tiere Böden, Gewässer, Klima und Biodiversität in Europa belasten.

Das heißt, der Abbau der Zahl der Milch-Kühe führt wie z.B. in NRW in der Summe nicht zu einer Reduktion klimaschädlicher Emissionen. Im Gegenteil: Das zur Hochleistung erforderliche Kraftfutter treibt den Klimawandel weiter an: So zählt Graslandumbruch neben der Abholzung von Regenwald zu den sogenannten Landnutzungsänderungen, welche weltweit erheblich zum Klimawandel beitragen[59]. Hinzu kommen die mit dem Ackerfutter verbundenen direkten externen Klimaeffekte der Produktion von Kraftfutter: Erstens der Energieverbrauch für die Herstellung von Saatgut, Pestiziden und synthetischem Stickstoffdünger, zweitens die mit Anbau, Bodenbearbeitung und Ernte verbundenen CO_2-Emissionen und drittens **die Bildung von Lachgas (N_2O) bei der Ausbringung des Düngers auf dem Acker[60]. Lachgas bedingt den größten Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel**[61]. (siehe Beitrag Andrea Beste)



Mythos: "Hochleistungsmilchkühe sind besser für Umwelt und Klima."

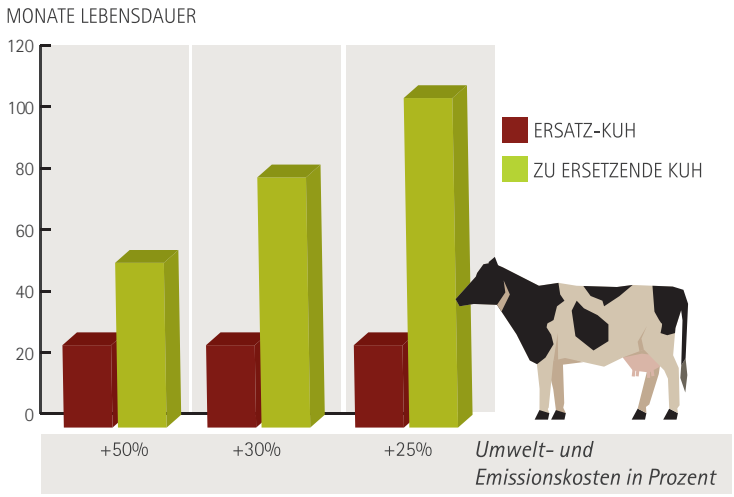
MYTHOS 5
HOCH- UND HÖCHSTLEISTUNG IST GUT FÜR DAS KLIMA!

Warum kommen so viele Studien zu dem Schluss, einseitige Leistungssteigerung sei gut für die Umwelt und das Klima? Es wird propagiert, mit jeder weiteren Generation sei ein züchterischer Fortschritt im Sinne weiterer Leistungssteigerung pro Zeit zu erwarten[62]. Generell liegt diesem Ansatz ein fragwürdiger Produktivitätsbegriff zugrunde. Und auch bei diesen Studien führt ein wissenschaftlich nicht angemessenes Studiendesign zu der fast zwangsläufigen Schlussfolgerung, Hochleistungsmilchkühe seien besser für Umwelt und Klima, als Kühe mit einer geringeren Milchleistung: Wiederum wird der Fokus viel zu eng gesetzt.

Die allermeisten Fünf-Tausend-Liter-Kühe (gemeint ist die Jahresmilchleistung) leben länger als der Durchschnitt, während die meisten Zehn-Tausend-Liter-Kühe kürzer leben als der Durchschnitt. Denn je höher die Produktionsleistung eines Tieres pro Tag bzw. pro Jahr ist, desto höher ist das Risiko für Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Burnout[63]. Je jünger die Kühe beim Verlassen des Betriebes sind, desto mehr junge Kühe müssen aufgezogen worden sein, um sie zu ersetzen (sog. hohe Remontierungsrate). (Siehe Abb. S. 47).

Nicht berücksichtigt wird, dass im Rahmen der züchterischen Selektion auf Hoch- und Höchstleistung das Lebensalter und damit verbunden die Nutzungsdauer von Milchkühen immer weiter abgenommen haben. Bereits seit über zehn Jahren liegt das Durchschnittsalter, mit dem eine Kuh zum Beispiel in Deutschland geschlachtet wird, bei circa 5 Jahren; das bedeutet, sie hat bis dahin nur zwei bis drei Kälber geboren und ist entsprechend nur während zwei bis drei Laktationen gemolken worden[63a]. **Für sie musste entsprechend bereits zu einem frühen Zeitpunkt ein Kalb aufgezogen werden, um nun als junge Kuh für ihren Ersatz bereit zu stehen.**

Langlebigkeit und niedrige Remontierungsraten schützen Klima und Umwelt



Quelle: Idel, 2013[64]

Je jünger die einzelne abgehende Kuh ist, desto mehr überschneidet sich ihre Lebenszeit mit der ihrer Nachfolgerin. Hohe Remontierungsraten korrekt zu beurteilen erfordert, die mit dieser Schattenwirtschaft verbundenen Effekte auf Umwelt und Klima zu berücksichtigen. Zudem klafft unvermeidlich eine Schere zwischen Milchhöchstleistung und Fleischansatzvermögen, so dass männliche Kälber an Wert verlieren und häufig vernachlässigt werden[65]. Zu den weiteren klimarelevanten Folgen der intensiven Milchproduktion zählt, dass wegen des züchtungsbedingt verringerten Vermögens der männlichen und weiblichen Tiere von Milchrassen, Fleisch anzusetzen, zusätzlich mehr Rinder von Fleischrassen gehalten werden.

Je höher die Produktionsleistung eines Tieres pro Jahr ist, desto mehr steigt das Risiko für Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Burn-out.

MYTHOS 6
RINDER VERBRAUCHEN BESONDERS VIEL LAND – UND WASSER!

Warum kommen so viele Studien zu dem Schluss, dass Rinder besonders viel Land „verbrauchen"?

Die Tierhaltung ist weltweit der mit Abstand größte Landnutzer. Ob sich das *gut* oder *schlecht* – oder *neutral* – auswirkt, hängt vom Wie der Landnutzung ab. Diese wird zunehmend industrialisiert und bedroht deshalb Ressourcen. Insbesondere für die Rinderhaltung gilt: Wie energieaufwändig und klimarelevant einerseits oder nachhaltig und artgerecht andererseits Rinder gehalten werden, hängt entscheidend von ihrer Fütterung ab.



Wie Rinder gehalten werden - energieaufwändig und klimarelevant einerseits oder nachhaltig und artgerecht andererseits, hängt entscheidend von ihrer Fütterung ab.

Foto: Idel

ÖKOLOGISCHER FUSSABDRUCK

Unter dem ökologischen Fußabdruck (Ecological Footprint) wird die Fläche auf der Erde verstanden, die notwendig ist, um den Lebensstil und Lebensstandard eines Menschen (unter den heutigen Produktionsbedingungen) dauerhaft zu ermöglichen. Er wird als Nachhaltigkeitsindikator bezeichnet[66].

ÖKOLOGISCHER RUCKSACK

Der ökologische Rucksack ist die sinnbildliche Darstellung der Menge an Ressourcen, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes oder einer Dienstleistung verbraucht werden. Sie soll im Rahmen der Ökobilanz einen Vergleichsmaßstab bieten, mit dem verdeutlicht wird, welche ökologischen Folgen die Bereitstellung bestimmter Güter verursacht[67].

Aber wiederum liegt den meisten Studien ein im wissenschaftlichen Sinne nicht fachgerechter Ansatz zugrunde. Wie bei der Einschätzung, Rinder seien „schlechte Futterverwerter", wird ihnen auch die Berechnung des Landrucksacks nicht gerecht. Zum Vergleich stehen nicht unterschiedliche Agrarsysteme, sondern der Wiederkäuer Rind und die Allesfresser Schwein und Huhn. Entsprechend wird nicht berücksichtigt, dass für den Anbau von Kraftfutter Ackerflächen genutzt werden, so dass sich die intensive Fütterung der Tiere direkt zu Lasten der direkten Versorgung der Menschen mit Lebensmitteln auswirkt (Nahrungskonkurrenz).

Der ökologische Fußabdruck bzw. der ökologische Rucksack sind Konzepte, denen der industrielle Verbrauch von Ressourcen zugrunde liegt. Dieser soll erhoben werden, um Industrien bezüglich ihrer Umwelt- und Klimaeffekte vergleichbar zu machen. Der ökologische Fußabdruck bzw. der ökologische Rucksack sind somit folgerichtig immer ein Ausdruck allein negativer Effekte:

- Beim Klima sind Wahrnehmung und Berechnung auf Emissionen beschränkt.
- Bei der Landnutzung wird *Nutzung* mit *Verbrauch* **gleichgesetzt**.

Fatal wirkt sich somit aus, dass dieser für die Industrie entwickelte Ansatz im Rahmen der Umwelt- und Klima-Politik auch auf die Landwirtschaft übertragen wurde.

1. Klima:

Landwirtschaft verursacht nicht nur Emissionen, sondern hat bei nachhaltiger Bodenbewirtschaftung auch das Potenzial, als CO_2-Senke bzw. -Speicher zu wirken. Das betrifft insbesondere das Grasland.

2. Landnutzung:

Wenn Nutzung mit Verbrauch gleichgesetzt wird und bezüglich der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) bei den Berechnungen nicht differenziert wird zwischen Dauergrasland und Ackerland, schneiden

- Tierarten, die mehr Futter vom Ackerland erhalten, als der Wiederkäuer Rind, vergleichsweise besser ab.
- Fütterungssysteme für den Wiederkäuer Rind umso besser ab, je mehr Futter er vom Ackerland erhält.
- Systeme umso schlechter ab, je nachhaltiger mit Grasland gewirtschaftet wird.

(siehe: Wem ist schon bewusst, wie wichtig Grasland ist? S. 51)

Rinder und andere Weidetiere haben bei nachhaltigem Beweidungsmanagement das Potenzial, Wurzelwachstum zu fördern und damit zum Humusaufbau und zur Kohlenstoffspeicherung beizutragen – und damit untrennbar verbunden signifikant zur Entlastung des Klimas.

Auch die Studien, die dem Bericht „Fleisch frisst Land" des WWF von 2011[69] zugrunde liegen, folgen bezüglich verschiedener Tierarten und Nutzungsformen dem Ansatz, die Größe der genutzten Landflächen zu vergleichen. Wenn Effizienz auf den Output/die oberirdische Biomasse beschränkt wird und Kosten der Ressourcennutzung externalisiert werden, können die Folgen durch Erosion – bis hin zur Unmöglichkeit der weiteren ackerbaulichen Nutzung – nicht abgebildet werden (vgl. Beitrag von Andrea Beste).

Die Antwort auf die Frage „Wieviel Fläche steckt im Fleisch?" führt zwangsläufig das Rind ganz oben an und impliziert somit, Rinder seien weniger „effizient" bei der Flächennutzung.

Kalkulatorischer Flächenbedarf zur Erzeugung einer Einheit tierischen Produkts in Deutschland/der EU und außerhalb der EU (in m^2/kg).

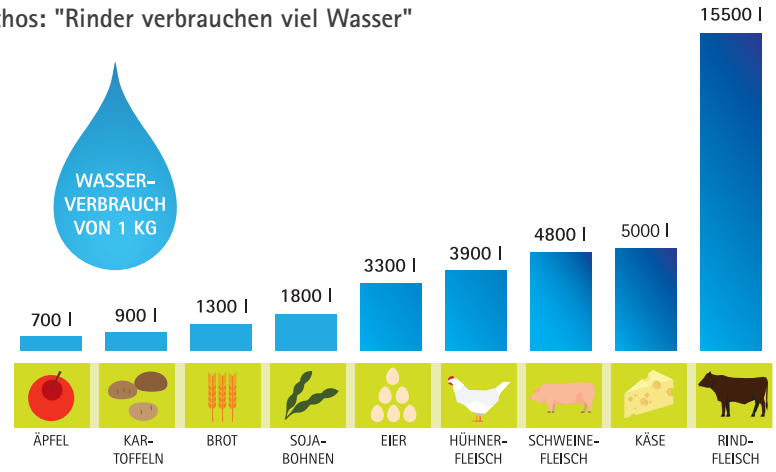
Tierprodukt	Deutschland/EU	außerhalb der EU
Rind-/Schaffleisch	27,0	49,0
Schweinefleisch	8,9	12,1
Geflügelfleisch	8,1	9,9
Milch	1,1	2,0
Eier	4,5	6,2

Quelle: Witzke, Noleppa und Zhirkova, 2011

Dieser Ansatz wirkt sich nicht nur auf den Vergleich der Klima- und Umweltrelevanz von Wiederkäuern mit nicht wiederkäuenden Allesfressern äußerst problematisch aus. Auch der Vergleich von Wiederkäuern innerhalb und außerhalb der EU führt zu falschen Schlussfolgerungen. Denn das Ranking weist den Flächenbedarf für Rind- und Schaffleisch innerhalb der EU um mehr als 40 Prozent geringer und damit als vermeintlich besser aus, als außerhalb der EU. Der Grund: Innerhalb der EU stammt ein größerer Teil des Futters vom Acker, während außerhalb noch mehr Weidehaltung betrieben wird.

Ein weiteres Beispiel für den kontraproduktiven Ansatz der „Flächeneffizienz" bietet eine Studie über die USA aus dem Jahr 2014. Auch hier fassen die Autoren zwangsläufig zusammen: „Die Produktion von Rindfleisch erfordert 28-mal so viel Land (...) wie der Durchschnitt der anderen Nutztierkategorien." (...) „Diese Studie erhellt die mannigfaltigen Umweltvorzüge möglicher leicht einzuführender Ernährungsveränderungen und hebt die besonderen Ressourcenansprüche von Rindfleisch hervor." (...) „Die vorläufige Analyse von drei pflanzlichen Grundnahrungsmitteln zeigt, dass nicht von Rindern stammende tierische Kalorien jeweils zwei- bis sechsfach niedrigere Anforderungen an Land und weitere Ressourcen sowie geringere Treibhausgasemissionen haben"[70].

Mythos: "Rinder verbrauchen viel Wasser"



Quelle: www.waterfootprint.org[71]

Mythos "Flächeneffizienz": Die Produktion von Rindfleisch erfordert „28-mal so viel Land (...) wie der Durchschnitt der anderen Nutztierkategorien".

Eshela et al. 2014

Wird nicht differenziert zwischen Gras- und Ackerland, schneiden Tierhaltungssysteme umso schlechter ab, je nachhaltiger mit Grasland gewirtschaftet wird.



Foto: Idel

Die nachhaltige Nutzung von Dauergrasland mit Rindern konkurriert auch beim Wasserverbrauch nicht mit der sonstigen menschlichen Ernährung.

Neben dem Landrucksack stehen Rinder auch wegen ihres Wasserrucksacks am Pranger – entsprechend dem Mythos: „Kühe verbrauchen zu viel Wasser". Die Wahrnehmung des Rindes als „größtem Wasserverbraucher" unter den landwirtschaftlich genutzten Tieren folgt einer ähnlichen Logik wie die, wonach Rinder die „größten Landverbraucher" sind. Für die Erzeugung eines Kilogramms Rindfleisch werden Zahlen bis 100.000 Liter Wasser gehandelt[72]. Solchen Berechnungen liegt vor allem der Regen zugrunde, der auf das Land fällt, von dem das Futter stammt. Deshalb schneidet wiederum zwangsläufig die industrialisierte Produktion, da sie ja einen vermeintlich geringeren Flächenbedarf hat, besser ab und auf Grasland basierende Fütterungssysteme entsprechend schlechter.

Dass die nachhaltige Nutzung von Dauergrasland mit Rindern auch beim Wasser mit keiner anderen Nutzung konkurriert und somit gerade nichts auf Kosten der menschlichen Ernährung verbraucht wird, gerät dabei völlig aus dem Blick[73]. Das gilt auch für die unverzichtbare Bedeutung des Graslandes für die Regeneration des Grundwassers: quantitativ auf Grund seines großen Anteils an der pflanzlichen Bedeckung der Böden weltweit und quantitativ auf Grund geringerer Belastung mit Mineraldüngern, Pestiziden, Antibiotika und Medikamenten gegen innere und äußerte Parasiten.

Mythos "Rinder haben einen großen Wasserrucksack"

1 Kilogramm Weizen	715 - 750 Liter
1 Kilogramm Soja	540 - 630 Liter
1 Kilogramm Mais	1.650 - 2.200 Liter
1 Kilogramm Rindfleisch	50.000 - 100.000 Liter
1 Kilogramm Wolle	ca. - 170.000 Liter

Quelle: Meier, Wayne 2004[73a]

Foto: Idel



3. WEM IST SCHON BEWUSST, WIE WICHTIG GRASLAND IST...
... WARUM ALSO IST GRASLAND SO WICHTIG?

Als erstes lautet die so simple wie naheliegende Antwort: „Schon allein, weil es weltweit so viel davon gibt." Unter der Überschrift „Grasland" schreibt National Geographic: *„Savannen, Steppen, Prärien oder Pampas: Sie alle sind Grasland – der am meisten für die Landwirtschaft geeignete Lebensraum auf dem Globus"*[74]. Und die Welternährungsorganisation FAO definiert Dauergrasland als „Land, das seit mindestens fünf Jahren permanent für Grünfutter genutzt wird – entweder angesätes oder wild gewachsenes Weideland"[75].

Warum also ist Grasland so wichtig? Schon allein, weil es weltweit so viel davon gibt!

Grasland bedeckt den größten Teil der globalen Landfläche. Es gibt nicht nur viele Gräser, es gibt auch sehr unterschiedliches Grasland[76]. Als größtes Biom der Welt neben dem Wald wachsen Grasgesellschaften auf knapp 40 Prozent der Landoberfläche des Planeten Erde[77]. Bezogen auf das weltweit als Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) ausgewiesene Land sind ein Drittel Ackerland und zwei Drittel Grasland[78].

In Europa (EU-27) beträgt der Anteil des Graslandes an der LN nur noch knapp 40 Prozent[79]. Trotz seiner enormen Verbreitung und Vielfalt besteht ein erheblicher Mangel an Daten[80]. Das wurde auch 2014 in einem Bericht für die FAO festgestellt[81]. Und trotz ihres wichtigen Beitrages zur Bodenfruchtbarkeit und zum Humusaufbau fanden die Grasländer auf Veranstaltungen des für das Jahr 2015 proklamierten UN-Jahres der Böden kaum Beachtung. Der Fokus lag auf dem Ackerboden. Das gilt auch für die vom Global Soil Forum seit 2012 bereits viermal veranstaltete Global Soil Week[82].

Angesichts der begrenzten landwirtschaftlich nutzbaren Flächen und der zunehmenden Flächenversiegelung verbleibt bei wachsender Weltbevölkerung immer weniger landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) für jeden einzelnen Menschen: 2017 entfielen bei 7 Milliarden Menschen von 1,45 Milliarden Hektar Ackerland circa 2.000 qm (0,20 ha) und von 3,55 Milliarden Hektar Gras-/Weideland circa 5.700 qm (0,57 ha) auf jeden Erdbewohner[83].

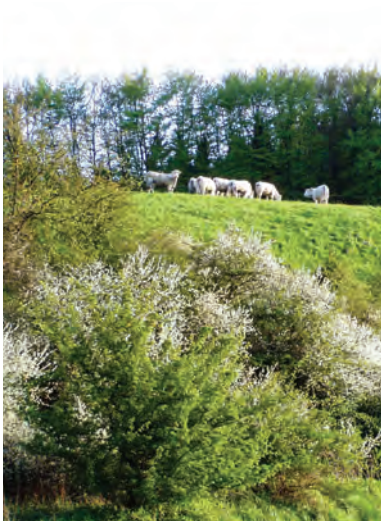
NICHT ACKERFÄHIGES LAND...
...HÄUFIG VERKANNT, IGNORIERT, NEGIERT

Weil der überwiegende Teil des beweideten Landes nicht für den Ackerbau geeignet ist, wird er oft als „marginal" bezeichnet. Aber die Gesundheit dieser „marginalen" Gebiete ist von entscheidender Bedeutung – für das Überleben ihrer Bewohner vor Ort. Denn weltweit sind ungefähr 800 Millionen[84] bis 1 Milliarde[85] Menschen – und somit etwa ein Zehntel der Weltbevölkerung – für ihre Ernährung und generell für ihre Lebensgrundlage davon abhängig, dass ihre Tiere Weideland nutzen können[86].

Einen weiteren Hinweis auf die Nicht-Wahrnehmung bzw. Unterschätzung der Potenziale des Graslandes gibt ein auch im wissenschaftlichen Kontext verwendeter Begriff, der häufig als Synonym für Grasland genutzt wird. Es lautet: *Nicht ackerfähiges Land*. Ein



Foto: Idel



Sehr steil, aber gutes Weideland.
Foto: Idel

Es gibt viele Regionen, die zu steil, zu steinig, zu nass oder zu trocken sind, so dass Ackerbau dort nicht möglich ist. Somit liegt das besondere Charakteristikum darin, dass dieses Land als Weideland besonders taugt.

Grasland ist weltweit das größte terrestrische Biom: Demnach gibt es auf der globalen Landfläche keinen Bewuchs, der so verbreitet ist wie Grasgesellschaften.

Synonym, mit dem Grasland dadurch charakterisiert wird, was es ***nicht*** kann... Tatsächlich gibt es viele Regionen, die zu steil, zu steinig, zu nass oder zu trocken sind, so dass Ackerbau dort nicht möglich ist oder erhebliche Schäden verursachen würde. Somit liegt das besondere Charakteristikum darin, dass dieses Land als Weideland taugt, während sich der Pflug für dieses Land nicht eignet und es oft auch nicht oder nur unter erheblichem finanziellen Aufwand mechanisch gemäht werden kann.

Mit seiner Wissenschaftskritik benannte der Neuseeländer Richard W. McDowell 2008 das grundsätzliche Problem mangelnder Inter- bzw. Transdisziplinarität und bezog es konkret auf die auf Grasland basierende Landwirtschaft. Gerade weil es für Wissenschaftler und Politiker üblich sei, ein Spezialgebiet zu haben, sei es erforderlich, Spezialwissen in einen breiten Zusammenhang zu stellen[87]. Statt dessen orientieren Wissenschaft und Politik mit beschränktem Fokus überwiegend auf (Methan-) Emissionen. Entsprechend propagieren die Autoren dominierender Veröffentlichungen der FAO die weitere Intensivierung der tierischen Produktion mit den nicht wiederkäuenden Allesfressern Schwein und Huhn[88].

Der „Grasslands Carbon Working Group" der FAO obliegt es, vereinzelt Studien mit einem breiteren Ansatz zu veröffentlichen. Sie erarbeitete hinsichtlich des Klimawandels 2009 ein Papier unter dem Titel *„Graslandsysteme haben ein großes Minderungspotenzial"*[89]. Dazu veröffentlichte die FAO 2010 einen Bericht zum Stand des Wissens. *Darin wird hervorgehoben, dass Maßnahmen, die zur Kohlenstoffspeicherung in Graslandböden führen, auch die Tendenz haben, die Resilienz gegenüber dem Klimawandel zu erhöhen*[90].

GRÄSER UND GRASLAND – DIE WICHTIGSTEN CHARAKTERISTIKA DIESER ALLESKÖNNER

DIE DREI SUPERLATIVE ZUERST

Grasland ist weltweit das größte terrestrische Biom: Demnach gibt es auf der globalen Landfläche keine Pflanzengesellschaft, die so verbreitet ist wie Grasland. Denn die Regionen, in denen Grasgesellschaften überleben können, gehen weit über die für Baumgesellschaften möglichen Lebensräume hinaus, vor allem, weil letztere mehr Feuchtigkeit benötigen. Als größtes terrestrisches Biom ist Grasland auch die größte Permakultur: Dauergrasland bedeckt als Pflanzengesellschaft mit mehrjährigem Bewuchs weit mehr Landfläche als alle ackerbaulichen und gärtnerischen Dauerkulturen zusammen. Und es ist als Pflanzengesellschaft immer auch eine – die weltweit größte – Mischkultur.

Die Lebensräume des Graslandes erstrecken sich von extrem trocken bis extrem nass, von extrem heiß bis extrem kalt[91]. So finden wir in den Bergen auch oberhalb der so genannten Baumgrenze verbreitet Grasland, das beweidet werden kann. So konnten und können Menschen mit Almwirtschaft bzw. Transhumanz Regionen nutzen, die anders nicht zur Ernährung beitragen könnten.

Zudem halten die Grasgesellschaften sogar kurzfristige Wechsel zwischen diesen Extremen aus. Ihr Geheimnis liegt in ihrer Flexibilität begründet: Die Vielfalt dieser verschiedenen regional und lokal durch natürliche Selektion angepassten Gräser findet sich ja auch als Samen im Boden. So können einzelne Gräser dieser Mischkulturen in kürzester Zeit keimen und wachsen – und so auf die jeweiligen Umweltbedingungen reagieren. Solche Systeme bezeichnet man heute als in hohem Maße „resilient".

Eine Vegetationsperiode umfasst den Zeitraum, während dessen Pflanzen im Jahresverlauf wachsen können. Dazu benötigen sie Chlorophyll, das Blattgrün, um mit der Energie der Sonne Kohlendioxid (CO_2) aus der Atmosphäre aufnehmen zu können (Photosynthese). Im gemäßigten Klima Europas zählt die Vegetationsperiode von Gras insbesondere im Vergleich zu Bäumen zu den längsten: Bereits oberhalb von fünf Grad Celsius in der oberen Bodenkrume ist Graswachstum möglich. Im Vergleich zu Gräsern kann die Vegetationsperiode bei Laubbäumen[92] erst mit dem Wachsen der Blätter im Frühjahr beginnen. Dann erst ermöglicht das Blattgrün die Photosynthese – und damit den Zuwachs des Baumes. Aber schon ab dem Hochsommer sinkt das Aktivitätspotenzial mit der Verfärbung der Blätter bis zu ihrem Fall und es kann keine weitere Biomasse hinzugebildet werden.

Grasland hingegen kann je nach Temperatur, Sonnenexposition und Niederschlag in jeder Jahreszeit wachsen. Auf der Nordhalbkugel wirkt vorrangig Kälte, auf der Südhalbkugel vorrangig Trockenheit als begrenzender Faktor für das Graswachstum. An beide Extreme haben sich bestimmte Gräser angepasst.

Im Rahmen des Klimawandels liegen nun bezüglich der Auswirkungen von zusätzlicher Trockenheit Herausforderung und Chance für unsere Ökosysteme darin, dem Grasland endlich die Aufmerksamkeit zukommen zu lassen, die seinem Potenzial angemessen ist. Das gilt für die Bedeutung der tierischen, pflanzlichen und mikrobiologischen Biodiversität[93] ebenso wie für die Wasserspeicherkapazität und die Vermeidung von Wassererosion durch zunehmende Starkregenereignisse und Überflutungen. Vegetation kontrolliert das Ausmaß von Bodenerosion signifikant: Exponentiell verringert sich Wassererosion infolge von Bedeckung durch Vegetation.

Die Gefahr, dass Böden in Hanglagen ins Rutschen geraten, ist bei kahlen Äckern entsprechend am größten. Die große Bedeutung von Gras für den Wasserhaushalt der Böden erklärt sich aus der Bedeutung der Lebenddurchwurzelung: *"Die Erhöhung der Wurzelmasse verringert Wassererosion ebenfalls exponentiell"*[94]. Einen weiteren wichtigen Beitrag zur Resilienz leistet die biologische Vielfalt: Sie ist positiv korreliert mit der Bodenstabilisierung und der Wurzelbiomasse[95]. Auch deshalb bietet Dauergrasland in gefährdeten Gebieten die sicherste Nutzung. Voraussetzungen und Kriterien hinsichtlich der Beweidung von Auenland aktualisiert der Arbeitskreis Auenprogramm in Schleswig-Holstein[96].

Ob Auenland oder Hanglage: Die sicherste landwirtschaftliche Nutzungsform gegen Wassererosion bietet Dauergrasland mit temporärer Beweidung.



Elbauen zwischen Dömitz und Lenzen
Foto: Luick



Foto: Idel

GRASLAND BRAUCHT DEN BISS

„Warum mähen wir unseren Rasen?" „Weil er wächst", lautet die naheliegende Antwort, die aber nur einen Teil der Frage beantwortet. Denn korrekt müsste die Antwort lauten: „Weil er wächst und damit er wächst." Denn dass der Rasen meist nach dem Mähen einen Wachstumsschub erfährt, ist uns bestens bekannt, insbesondere bei sonniger, warmer und feuchter Witterung: Er reagiert auf unser Mähen – mit Wachstum.

Das ist Folge der langen Koevolution von Grasland und Weidetieren: Gräser erhalten durch den Biss der Weidetiere einen Wachstumsimpuls. Hingegen wird der Biss bei anderen Pflanzen Verbiss genannt, weil er sie beeinträchtigt und sie sich deshalb dagegen wehren: Soweit sie nicht bereits als Schössling abgebissen worden sind und verkümmern, bilden sie zum Beispiel Bitterstoffe oder Toxine sowie Stacheln oder Dornen. Sie treiben einen energetischen Aufwand zur Abwehr, um nicht abgefressen zu werden[99].

Ilex: je stärker der Verbiss, desto mehr Stacheln bildet der Baum.



Fotos: Kämmer



AUEROCHSE, WISENT UND CO.: GLOBALE LANDSCHAFTSGÄRTNER

Vor allem Auerochse und Wisent, aber auch andere Weidetiere prägten die nacheiszeitlichen Landschaften Europas. Aber im westlichen Mitteleuropa waren sie durch den Bevölkerungsdruck bereits zur Römerzeit erheblich dezimiert bzw. gen Osten verdrängt worden. Die letztliche Ausrottung der Auerochsen hat ihre Existenz in Vergessenheit geraten lassen. So werden sie nicht als globale Landschaftsgärtner, die fruchtbarste 100-Punkte-Böden, wie die Magdeburger- und Hildesheimer Börde hinterlassen haben, wahrgenommen. Hingegen weideten Millionen Bisons und andere Graser noch bis zu ihrer fast völligen Ausrottung im 19. Jahrhundert auf den Prärien Nordamerikas. Deshalb ist die Entstehungsgeschichte dieser fruchtbaren Regionen durch Beweidung heute Gedächtnis ihrer menschlichen Bewohner und Nutzer verankert. In den riesigen Ebenen der südamerikanischen Pampas weideten bei der Ankunft der spanischen Eroberer im 16. Jahrhundert über 40 Millionen Guanacos (Wildform der domestizierten Lamas). Während der folgenden 100 Jahre wurden sie weitgehend abgeschlachtet und teilweise in die Berge verdrängt[100]. Ihre Bedeutung für die außerordentliche Bodenfruchtbarkeit der Pampas ist nur wenigen Wissenschaftlern bekannt, die sich aber zunehmend mehr dafür interessieren[101].

GRÄSER SIND ANDERS

Für die heutige Beurteilung der Böden und ihres Fruchtbarkeitspotenzials ist die Zeit seit dem Ende der letzten Kaltzeit (Glazial) vor 12.500 bis 10.000 Jahren entscheidend. Während des in Europa Weichsel-Würm-Kaltzeit genannten Glazials hatte sich die Vegetation auf der Erde entsprechend der Klimaentwicklung verändert: Soweit Landoberfläche nicht von Eis bedeckt war, verblieben bzw. entstanden vor allem Grasland einschließlich der Steppen und Tundren – sowie (Kälte-)Wüsten. Waldgebiete – einschließlich tropischer Regenwälder – gingen infolge der kältebedingten Trockenheit zurück, denn Wasser war überwiegend in Gletschern gebunden[102].

National Geographic erläutert: „Grasland wächst, wo es nicht genug Regen gibt, der das Wachstum von Wald ermöglicht, und mehr Regen als in den Wüsten“[103].
Ergänzt werden muss dieser Dreiklang – Wald, Grasland und Wüste – durch den Hinweis, dass sich Gras natürlicherweise überall dort entwickeln konnte und sich auch heute überall dort entwickelt, wo Tiere durch Beweidung Land offengehalten haben bzw. offenhalten. Während sie das Graswachstum fördern, indem sie das Gras beweiden, bremsen sie das Baumwachstum, indem sie die Baumschösslinge abweiden.

Die Gründe für diese völlig entgegengesetzten Effekte der Beweidung liegen im fundamentalen Unterschied zwischen Gräsern und Bäumen. Dieser Unterschied war lange völlig übersehen worden. Da es sich nicht nur bei Bäumen, sondern auch bei Gräsern um Dauerkulturen handelt, waren Gräser quasi für kleine Bäume gehalten und in der Wissenschaft erheblich vernachlässigt worden. Häufig ging man davon aus, dass die Erkenntnisse aus der Waldforschung auf Grasland übertragen werden könnten[105].

Es ist die Art zu wachsen, in der sich Gräser einerseits und Bäume andererseits fundamental unterscheiden:
Gräser wachsen von unten: Durch die Beweidung erfahren sie einen Wachstumsimpuls zur Bildung neuer Grashalme und Wurzeln.
Bäume wachsen oben aus der Spitze des Sprosses bzw. der Sprosse heraus: Der Verbiss zerstört die Wachstumsspitze(n).
Vor allem dabei zeigt sich: Gräser sind keine kleinen Bäume, sondern etwas ganz Eigenes: Gräser sind anders.

Zu den wichtigsten Unterschieden gehört ein quasi unsichtbarer: Grasland verfügt über besonders viel Wurzelmasse im Verhältnis zum oberirdischen Bewuchs[105a]. Das Wurzel-Spross-Verhältnis „Root-Shoot-Ratio“ liegt bei Gräsern zwischen 2:1 und 20:1 zugunsten der Wurzelmasse[106]. Deshalb stammt bei Grasland der meiste im Boden gespeicherte Kohlenstoff direkt aus den Graswurzeln: Er ist überwiegend „root-derived“ und weniger aus oberirdisch verrotteter Pflanzenbiomasse entstanden[107]. Hingegen wächst in der Regel bei Bäumen mehr oberirdisch – mit einem Verhältnis von 1:2[108].

Auch dieser gravierende Unterschied zwischen Gräsern und anderen Pflanzen wird häufig ignoriert. Das wirkt sich zu Ungunsten der Wahrnehmung der Potenziale des Graslandes – zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und damit verbunden zur Entlastung der Atmosphäre – aus. Denn Pflanzen mit einem höheren Wurzelanteil können sowohl effektiver Nährstoffe im Boden aufnehmen, als auch erheblich mehr Kohlenstoff im



Während nachhaltige Beweidung das Graswachstum fördert, bremst jegliche Beweidung der Baumschösslinge das Baumwachstum.
Foto: Idel

Es ist die Art zu wachsen, in der sich Gräser einerseits und Bäume andererseits fundamental unterscheiden:

- Gräser wachsen von unten.
- Bäume wachsen oben aus der Spitze des Sprosses heraus.



Alpenrispengras
Foto: Lichtenegger

Boden speichern[109]. Ein weiterer wichtiger Unterschied liegt in der hohen Wasserspeicherkapazität und dem Potenzial, Wassererosion zu verringern[110]. Zudem können Gräser im Vergleich zu Bäumen ihre Biomasse effizienter – das heißt mit weniger Energie – bilden. Die Annahme, dass Pflanzen mit einem höheren Sprossanteil mehr Lichtenergie für die Photosynthese aufnehmen können, kann – aber muss nicht – zutreffen. So beschatten sich Blätter im Frühjahr mit zunehmender Begrünung der Bäume vermehrt gegenseitig.

Die erhebliche Unterschätzung der Potenziale des Graslandes für Bodenbildung und Klimaentlastung im Vergleich zu Wäldern hat aber noch eine ganz andere Dimension: Üblicherweise wird der Faktor Zeit nicht berücksichtigt. Bäume akkumulieren einen Großteil ihrer pflanzlichen Biomasse über Jahrzehnte und teilweise über Jahrhunderte im Holz. Dieser **Zeitraum** – und nicht der **Ist-Zustand** – muss bei Vergleichen zugrunde gelegt werden: Zusätzlich zum gesamten im Boden gespeicherten Kohlenstoff muss die gesamte in dieser Zeit gewachsene Grasbiomasse visualisiert bzw. gewogen werden – und natürlich auch die Blätter, die die Bäume in dieser Zeit produziert haben.

DAUERGRASLAND

- **ist das größte Biom – das großräumigste Ökosystem;**
- **ist die größte Permakultur – die Pflanzengesellschaft mit mehrjährigem Bewuchs mit der größten Ausdehnung;**
- **ist die größte Mischkultur – die verbreitetste Pflanzengesellschaft;**
- **ist in Koevolution mit Weidetieren entstanden;**
- **ist in Folge der Koevolution von der Beweidung / ggf. Mahd abhängig: „Grasland braucht den Biss";**
- **hat aufgrund seiner Wurzelmasse mit Feinwurzeln das größte Potenzial zum Humusaufbau**
- **und damit verbunden, die größte Wasserspeicherkapazität und das größte Potenzial, Wassererosion zu verringern.**

GRÄSER

- **haben im Vergleich mit anderen Pflanzen eine besonders lange Vegetationsperiode;**
- **bilden im Vergleich zu anderen Pflanzen mehr Wurzelmasse im Verhältnis zum oberirdischen Spross;**
- **verfügen über einen hohen Feinwurzelgehalt pro Einheit Bodenvolumen – und sind deshalb effizienter in der Wasser- und Nährstoffaufnahme als Bäume, die über ein so genanntes extensives Wurzelsystem verfügen[111];**
- **bewachsen den Boden natürlicher Weise flächendeckend – und hemmen dadurch Erosion[112];**
- **wachsen von unten und nicht aus der Sprossspitze[113];**
- **können überall dort leben, wo Bäume leben können – und auch darüber hinaus;**
- **sind extrem flexibel und können deshalb extrem schnell auf Veränderungen reagieren;**
- **bzw. Grashalme beschatten sich im Vergleich zu Baumblättern weniger gegenseitig und beeinträchtigen dadurch weniger die Photosynthese;**
- **erfahren einen Wachstumsimpuls durch Nutzung (Beweidung/Mahd).**

WARUM BZW. WIE KÖNNEN BÖDEN WACHSEN?

Über Jahrzehnte lernten Schülerinnen und Schüler aus Erdkundebüchern im Kapitel Boden: „Bodenwachstum ist Folge von Gesteinsverwitterung." Zwar ist immer wieder Gesteinsverwitterung erforderlich, damit Mineralstoffe auf Dauer für die Pflanzen verfügbar bleiben. Aber diese machen hinsichtlich der Gesamtmasse – ob bei bereits länger vorhandener oder erst jüngst gebildeter Bodenbiomasse – nur einen Bruchteil aus.

Woher kommt somit der Hauptteil neuer – und letztlich der Hauptteil aller – Bodenbiomasse? Lange – bis weit ins 19. Jahrhundert – hielt sich die Theorie von Aristoteles, wonach Pflanzen den Kohlenstoff aus dem Boden aufnehmen. Aber dann könnten Böden nicht wachsen...

Denn die Bodenbiomasse besteht überwiegend aus Kohlenstoff der Atmosphäre – dem C aus dem CO_2, den die Pflanzen im Rahmen der Photosynthese mit der Energie der Sonne aufnehmen können. Aber im 20. Jahrhundert geriet das Kreislaufdenken, wonach Boden über die Photosynthese der Pflanzen mit Kohlenstoff aus der Atmosphäre versorgt wird und Humusaufbau Voraussetzung für Bodenfruchtbarkeit ist, schon binnen weniger Jahrzehnte weitgehend aus dem Fokus. Denn mit der zunehmend billigen Verfügbarkeit von Mineraldünger und seit den 1950er Jahren auch von chemisch-synthetischem Stickstoffdünger sank das Interesse an Bodenfruchtbarkeit und wich dem Glauben, der gekaufte Dünger sei ein Ersatz dafür (siehe Beitrag Andrea Beste).

Der Kohlenstoff stammt aus der Luft und gelangt durch die Pflanzen in den Boden. So entnimmt eine zusätzliche Tonne Humus im Boden der Atmosphäre 1,8 Tonnen CO_2. Davon sind circa 0,55 Tonnen – und somit mehr als die Hälfte – Kohlenstoff (C) und 1,25 Tonnen sind Sauerstoff (O_2). Gräser bewirken besonders effizientes Bodenwachstum durch Verrottung ihrer Wurzeln. Beim oberirdischen Verrotten von Blättern und Kompost entweicht ein Teil der Biomasse als CO_2 in die Atmosphäre.

Die Bodenbiomasse besteht überwiegend aus Kohlenstoff – dem C aus dem CO_2 der Atmosphäre, den die Pflanzen im Rahmen der Photosynthese mit der Energie der Sonne aufnehmen können. Eine zusätzliche Tonne Humus im Boden entnimmt der Atmosphäre 1,8 Tonnen CO_2:

0,55 Tonnen Kohlenstoff (C)
1,25 Tonnen Sauerstoff (O_2)
1,80 Tonnen CO_2

(NICHT-)WAHRNEHMUNG – VON SYMBIOSEN

Wie Menschen und Tiere leben auch Pflanzen vergesellschaftet mit Bakterien. Dieses pflanzliche Mikrobiom ist entweder an Blättern, Stängeln und Wurzeln direkt – wie beim Menschen – mit den Pflanzen assoziiert oder lebt in unmittelbarer Nähe ihrer Wurzeln. Der höchst lebendige Wurzelraum, in dem Pflanzen und Mikroorganismen gegenseitig zu ihrer Gesundheit und Ernährung beitragen, wird Rhizosphäre genannt.

Diese Erkenntnis und Definition ist 100 Jahre alt. „Rhizosphäre – auf ein Neues", so verheißungsvoll wie Peter Bakker und sein Team 2012 ihre Studie betitelten, so euphorisch beleuchten sie auch ihre Ergebnisse und resümieren: *„Neuere Studien zeigen, dass die Vielfalt der mit dem Wurzelsystem verbundenen Mikroorganismen enorm ist. Das Mikrobiom der Rhizosphäre weitet das Funktionsrepertoire der Pflanze über die Vorstellungskraft hinaus aus"* [114]. Dieses Funktionsrepertoire betrifft wesentlich den Kohlenstofftransfer zwischen den Pflanzen(-wurzeln) und den sie umgebenden Mikroorganismen und ist zentral für die Bodenbildung. So stellten die Autoren eine Begrenzung des Kohlenstoffs nur in Böden ohne Durchwurzelung fest.



Rohrschwingel - Teilansicht der bis in eine Tiefe von 273 cm reichenden Wurzeln

Foto: Lichtenegger

Der höchst lebendige Wurzelraum, in dem Pflanzen und Mikroorganismen gegenseitig zu ihrer Gesundheit und Ernährung beitragen, wird Rhizosphäre genannt.

Die Rhizosphäre bedeckt den größten Teil der globalen Landfläche – und doch ist eine andere Symbiose viel bekannter in der Öffentlichkeit: die von Kühen und Mikroorganismen. Nachdem die Kühe das Gras durch Wiederkauen zerkleinert haben, übernehmen im Pansen, dem größten ihrer Vormägen, 100 Milliarden Mikroorganismen pro Milliliter (!) Pansenfüllung die weitere Verdauung. Sie nutzen die Vormägen als Gärkammern und profitieren dort für ihre eigene Ernährung und Vermehrung (Zellteilung) von günstigen Lebensbedingungen: permanente Nahrungszufuhr, während die Kuh frisst oder wiederkäut – und mit 38 bis 40 Grad Celsius optimale Wärme. Bei der Aufnahme durch die Kuh von 50 Kilogramm pro Tag entstehen in ihrem Pansen circa 100 Billionen Bakterien – eine Zahl mit 15 Nullen[116]...

Aber während die Wissenschaft mehr und mehr unsere menschlichen und andere dieser mit dem Auge nicht sichtbaren Symbionten erforscht, bleiben unserer Wahrnehmung andere Symbiosen, die eigentlich gut sichtbar sind, weitgehend verborgen: Wir sehen sie, erkennen sie bzw. ihre Bedeutung aber nicht. Das gilt insbesondere für die riesigen Grasebenen unseres Planeten.

WIE ENTSTAND BODENFRUCHTBARKEIT, BEVOR MENSCHEN SESSHAFT WURDEN?

GLOBALE LANDSCHAFTSGÄRTNER – ODER: WO LIEGEN HEUTE DIE WELTWEIT FRUCHTBARSTEN EBENEN?

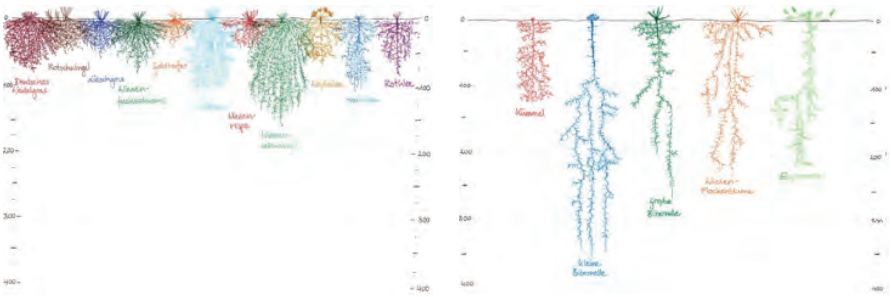
Bodenfruchtbarkeit wird heute meistens als von Menschen gemacht wahrgenommen: entstanden auf Äckern und in Gärten infolge der Sesshaftigkeit. Tatsächlich aber begünstigt diese Bodenbewirtschaftung das Gegenteil: den Verlust von fruchtbarem Boden durch Wind- und Wassererosion.

Als sich die Gletscher zum Ende der letzten Kaltzeit vor über zwölftausend Jahren zurückzogen, erreichten wieder energetisierende Sonnenstrahlen den zuvor von Eis bedeckten Boden und ermöglichten es den Gras- und Baumsamen zu keimen. Baumschösslinge konnten aber erst wieder zu Bäumen heranwachsen, als sich die Erdoberfläche mehr und mehr erwärmt hatte, so dass noch mehr Gletschereis schmolz und das zuvor darin gebundene Wasser als Niederschlag verfügbar wurde.



Foto: Idel

Gräserwurzelzeichnungen **Kräuterwurzelzeichnungen**



Quelle: Kutschera und Lichtenegger - modifiziert durch Braun[119]

DIE KOEVOLUTION VON WEIDELAND UND WEIDETIEREN

Ob Auerochsen, Bisons, Wisente, Lamas oder Antilopenartige – im Rahmen der Koevolution zwischen Weidetier und Weideland durchstreiften insbesondere Wiederkäuer die damals Zaun-freie Welt[117]. Durch die tägliche Aufnahme von mit Mikroorganismen besetzter Pflanzennahrung und die ebenfalls tägliche Ausscheidung einer reichlich mit Bakterien angereicherten Hinterlassenschaft in Form der Kuhfladen hat sich eine Interaktion zwischen der ober- und unterirdischen Lebenssphäre der Bakterien entwickelt. Das ist unter anderem ein Grund, warum gerade Rinderexkremente besonders gute Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit haben[118].



Kuhdung - Dünger und temporärer Lebensraum für zahlreiche Insekten

Foto: Idel

FRUCHTBARSTE STEPPENBÖDEN – AUCH IN MITTELEUROPA

Durch Jahrtausende lange Beweidung entstanden die fruchtbarsten Großebenen der Welt[120], heute jeweils als Kornkammer oder Brotkorb (breadbasket) bekannt. Denn dort werden seit Jahrzehnten beim Anbau von Getreide, Mais und Soja in Monokulturen – und häufig intensiver Bewässerung – hohe Erträge erzielt, während der Kohlenstoffgehalt dieser Böden in den meisten Fällen dramatisch schrumpft. Die Schwarzerdeböden (Tschernoseme) der Prärien in Nordamerika, der Ukraine, der Puszta in Ungarn, des Baragans in Rumänien, der deutschen Tieflandbuchten[121] sowie Kasachstans, der Mongolei und Chinas (Mandschurei) und auch der subtropischen Pampas in Argentinien und Uruguay haben nicht nur die Fruchtbarkeit gemeinsam, sondern auch ihren Ursprung: Sie sind Steppenböden. Zwar boten hohe mineralische Lössanteile in diesen Böden eine gute Voraussetzung für die Entstehung von Bodenfruchtbarkeit, aber belebt wurden sie erst durch den pflanzlichen Bewuchs – und somit von oben. Schwarzerdeböden entstanden in Mitteleuropa vor circa 10 bis 14 Tausend Jahren und wurden 2005 zum ersten Boden des Jahres gekürt[122]. Ihr Bodenleben (ent-)stand in direktem Zusammenhang mit den Weidetieren – insbesondere durch die Förderung des Wurzelwachstums und damit der Rhizosphäre[123].

Die extrem fruchtbaren Grasebenen unseres Planeten – wie die Prärien, Pampas und auch eurasische Schwarzerdeböden – sind Steppen, die alle in Koevolution zwischen den Gräsern und den Weidetieren entstanden sind.

Doch extreme Bodenfruchtbarkeit macht blind: Monokulturen bedrohen die Kornkammern. Die Bodenfruchtbarkeit schrumpft dramatisch: Wenn die Bodendegradation nicht gebremst wird, könnte weltweit der gesamte Oberboden innerhalb von 60 Jahren verschwinden, erklärte Maria Helena Sameda, Expertin für Ressourcenschutz der FAO, anlässlich des Weltbodentages 2014[124]. Aber im Fokus von Forschung und Politik stehen ebenso wenig die riesige Vernichtung der Humusgehalte in der Intensivlandwirtschaft, wie die immensen Potenziale, die nachhaltiges Beweidungsmanagement bietet, – sondern das Rülpsen der Rinder.

VERSTEPPUNG... ...IST FOLGE SCHLECHTEN UMGANGS MIT STEPPENBÖDEN

Die Bedeutung von Grasland und Weidetieren für die natürliche Bodenbildung wird heute immer noch weitgehend nicht wahrgenommen bzw. unterschätzt. Interessant ist im Zusammenhang mit diesem ungenutzten Potenzial der negativ belegte Begriff

Monokulturen bedrohen die Kornkammern: Ohne dass die Bodendegradation gebremst würde, könnte weltweit der gesamte Oberboden innerhalb von 60 Jahren verschwinden.

Maria Helena Sameda, Expertin für Ressourcenschutz der FAO, anlässlich des Weltbodentages 2014.

Versteppung. Er steht für Bodendegradation durch Erosion – und ist somit das Sinnbild für die Folgen nicht nachhaltiger Nutzung der besonders fruchtbaren Steppenböden. Damit ist es ein völlig ungeeigneter – das Gegenteil implizierender – Begriff.

Für US-amerikanische Ackerböden, Steppenböden, die ursprünglich überwiegend Weideland waren, wird der Bodenverlust mit circa 30 Prozent in hundert Jahren und weiterhin durchschnittlich 13 Tonnen pro Hektar und Jahr beziffert[126]. Nach einer Studie von Weltbank und FAO aus dem Jahr 2014 liegen die Folgen der Erosion in der Ukraine teilweise bei 50 Prozent und durchschnittlich bei 15 Tonnen pro Hektar und Jahr Bodenverlust[127]. Versteppung ist somit, griffig formuliert das, was passiert, wenn mit Steppenböden unangemessen umgegangen wird. Quasi dem Vorbild der Permakultur Dauergrasland folgt zur Vermeidung von Erosion im Ackerbau das „Modell Immergrün"; aber seine breite Umsetzung steht weiterhin aus[128].

4. WAHRNEHMUNG DER POTENZIALE: WÜRDIGUNG UND UMSETZUNG

Noch werden die gigantischen Potenziale nachhaltiger Nutzung des Graslandes – für Bodenbildung und -fruchtbarkeit und damit untrennbar verbunden die Klimaentlastung – zu wenig wahrgenommen und kaum genutzt. Die Nicht-Wahrnehmung gilt besonders für die Beweidung. Da zu intensive Nutzung zu Überbeweidung führt und den Status quo verschlechtert, sinken die Erwartungen an die Beweidung und nehmen die Vorbehalte gegen Weidetiere zu. Es ist aber gerade keine Lösung, das Rind mit dem Bade auszuschütten…

Ob verlängerte Trockenperioden oder vermehrte Starkregenereignisse: Die Potenziale des Graslandes müssen endlich in Forschung und Praxis gefördert werden.

Im Rahmen des Klimawandels liegen Herausforderung und Chance darin, dem Grasland und seinen Potenzialen endlich die notwendige Aufmerksamkeit zukommen zu lassen. Das betrifft vorrangig sein Bodenbildungspotenzial und die damit verbundene Entlastung des Klimas. Hinzu kommen die Effekte auf den Boden- und Gewässerschutz bei verlängerten Trockenperioden ebenso wie bei vermehrten Starkregenereignissen.

Die Permakultur Grasland unterliegt anderen Dynamiken, als die Permakultur Wald. Zum einen bilden Gräser pro Hektar weniger pflanzliche Biomasse als Bäume, zum anderen ist weltweit in Böden unter dem Grasland viel mehr Kohlenstoff gespeichert als in Waldböden. Die Herausforderung liegt darin, zu erkennen, dass dies nur scheinbar einen Widerspruch darstellt. Somit liegt im Grasland- und Beweidungsmanagement und auch in dessen Einfluss auf die biologische Vielfalt ein zentraler Schlüssel[129] für den Aufbau fruchtbarer Böden.

Die Lösung liegt nicht darin, einseitig Emissionen zu verringern – weder durch weniger Methan pro Produkteinheit, noch durch Maximierung langfristiger Speicherung von Kohlenstoff in den Böden.
Die Lösung liegt darin, statt Konkurrenz Kooperationen zu fördern und so die Bilanz biologischer Prozesse, die Kohlenstoff in den Böden ab- oder aufbauen, durch kluges Management nachhaltig zugunsten der letzteren zu verschieben.

ZUR AUTORIN



DR. MED. VET. ANITA IDEL,
Tierärztin und Mediatorin, Leadautorin im UN-Weltagrarbericht (IAASTD), Hauptpreisträgerin Salus-Medienpreis 2013 für „Die Kuh ist kein Klima-Killer! Wie die Agrarindustrie die Erde verwüstet und was wir dagegen tun können" Devise: „Denken und Handeln in fruchtbaren Landschaften."

Mediation & Projektmanagement
Agrobiodiversität und Tiergesundheit
info@anita-idel.de • www.anita-idel.de

Foto: Idel





FORDERUNGEN

MARTIN HÄUSLING

Die Nässe im Frühjahr 2017 und die Trockenheit im Sommer 2018 haben es nur allzu deutlich gezeigt: Landwirte sind im Zuge des Klimawandels zunehmend Risiken aufgrund extremer Wetterereignisse ausgesetzt. Die aktuelle Antwort der Politik im Sommer 2018? Entschädigungszahlungen in Millionenhöhe.

Die weiterführende Antwort bisher: Präzisionslandwirtschaft und Versicherungen. Dass dies nicht reichen wird, sondern dass ein systemisches Umdenken nötig ist, haben Dr. Andrea Beste und Dr. Anita Idel anschaulich dargelegt.

Daher fordere ich:

01 **Der Ökolandbau muss ganz oben auf alle Agenden zu Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft.**
Der Ökolandbau ist sowohl aufgrund seiner Klimaschutzwirkung als auch aufgrund seiner stabilitätsfördernden Eigenschaften beim Humusaufbau, bei der Wasseraufnahme- und speicherfähigkeit sowie bei der Nützlingsförderung im und über dem Boden die nach heutigem Wissen beste sowie gut kontrollierbare systemische Klimaanpassungs- und -schutzmaßnahme.

02 **Die Forschungsmittel im Programm „Horizont 2020" und folgenden Programmen müssen mindestens 20 Prozent der landwirtschaftlichen Forschungsmittel für den Ökolandbau reservieren.**
Forschung zur Weiterentwicklung des Ökolandbaus ist die beste Investition in zukunftsfähige Ackerbau- und Graslandsysteme.

03 **Die landwirtschaftliche Beratung muss zu bekannten Klimaanpassungstechniken wie Fruchtfolgegestaltung und Humusaufbau geschult und ausgebaut werden.**

04 **Forschung, Fortbildung und Beratung zu Permakultur- und Agroforstsystemen muss massiv gefördert und intensiviert werden.**

05 **Die Agroenergieförderung muss auf null zurückgefahren werden.**
Bioenergie ist nur aus Abfallstoffen sinnvoll (Kaskadennutzung).

06 **Pfluglose Bewirtschaftung außerhalb des Ökolandbaus darf in Programmen zu Klima und Umweltschutz nicht mehr empfohlen oder gefördert werden.**
Herbizidabhängige pfluglose Systeme dienen weder dem Klima- noch dem Bodenschutz.

07 **Die Tierhaltung muss an die vorhandene Futterfläche gebunden werden, mit höchstens 2 GV/ Hektar.**
Bodenunabhängige, industrialisierte Tierhaltung ist einer der größten treibenden landwirtschaftlichen Faktoren für den Klimawandel.

08 **Der hofeigene Anbau von Futter- und Eiweißpflanzen muss in Europa weiter gefördert werden. Intensiver monokultureller Sojaanbau verdient dagegen keine Förderung.**

09 **Eine an die speziellen Dynamiken des Graslandes angepasste Forschung und Vermittlung der Erkenntnisse in die Praxis muss gefördert werden.**
Die speziellen Potenziale des Graslandes für die Förderung der Bodenfruchtbarkeit, den Hochwasserschutz, ausgeglichene Landschaftswasserhaushalte, die Klimaentlastung und die Förderung der biologischen Vielfalt müssen besser genutzt werden.

10 **Weidehaltung muss – auch gekoppelt – gefördert werden.**
Nachhaltige Weidehaltung ist aktiver Grasland- und Klimaschutz.

REFERENZEN:

REFERENZEN EINLEITUNG

1 International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (2009): Agriculture at a Crossroads. Washington.

2 Sutton, M., Howard, C. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge University Press.

3 Scharlemann, J.P.W., et al. (2014): Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. Carbon Management, 5(1).

4 Horwath, J. (2005). Warming could free far more carbon from high arctic soil than earlier thought. University of Washington.

5 Canadell (2002): Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks. In: Science in China, Vol. 45.

6 Gyssels, G.; Poesen, J. et al. (2005): Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra (letzter Abruf 07.08.2018).

7 Huyghe, Christian; De Vliegher, Alex; Gils, Bert van and Allain Peters (2014): Grasslands and herbivore production in Europe and effects of common policies. https://www.multisward.eu/content/download/3181/.../1/.../9782759221578QUAE.pdf.

8 Eurostat (2017): Agri-environmental indicator - cropping patterns.

REFERENZEN BEITRAG ANDREA BESTE

1 Canadell J. G. (2002): Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks. In: Science in China, Vol. 45.

2 Kongshaug, G. (1998): Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Fertilizer Production. IFA Technical Conference, Marrakesch, Marokko, 28. September bis 1. Oktober 1998.

3 Bernstein, L., et al. (2007): Industry. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

4 Clausing, P. (2014): Energieschleuder Agrarindustrie. In: Ökologise & Landbau 172.

5 UBA (2011) Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2009.

6 Flessa et al. (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor.

7 Köpke, U.; Nemecek, Th. (2010): Ecological services of faba bean. In: Field Crops Research 115.

8 SOILSERVICE (2012): Conflicting demands of land use, soil biodiversity and the sustainable delivery of ecosystem goods and services in Europe.

9 WRI. (2005). Navigating the numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy. World Resources Institute.

UNEP Webseite, Zugriff 25.01.2018: https://na.unep.net/geas/getUNEPPageWithArticleIDScript.php?article_id=92

Danila et al. (2016): Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2014 and inventory report 2016: Submission to the UNFCCC Secretariat. EEA Report No 15/2016. European Commission, DG Climate Action, European Environment Agency, Brussels.

10 Danila et al. (2016)

11 Lal, R. (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304

12 SOILSERVICE (2012)

Das Projekt SOILSERVICE hat Naturwissenschaftler und Ökonomen in einem inter- und transdisziplinären Ansatz zusammen gebracht, um zu verstehen, wie der Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Formen der Bewirtschaftung sich auf den Boden auswirkt. Biodiversität und die nachhaltige Bereitstellung von Ökosystemgütern (Bioenergie, Nahrung und Holz, Natur) und Dienstleistungen (sauberes Wasser, Kontrolle von Treibhausgasen, Kontrolle von Schädlingen und Unkräutern). Im Projekt wurden Ökosystemleistungen und Biodiversität in den landwirtschaftlichen Böden Europas untersucht und getestet, welche Strategien für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Bodenressourcen gefördert werden sollten, um den Bodenverlust unter dem Druck der intensiven Landnutzung zu stoppen sowie den Klimawandel und den Flächenverbrauch einzudämmen.

Beteiligte Institutionen:

- Lund University, SE
- Swedish University of Agricultural Sciences, SE
- Netherlands institute of Ecology of the Royal Dutch Academy of Arts and Sciences, NL
- Justus-Liebig-University of Giessen, DE
- University of Wageningen Research Centre, NL
- University of Helsinki, FI
- University of Copenhagen, DK
- University of Lancaster, UK
- University of Reading, UK
- Aristotle University of Thessaloniki, GR
- Biology Centre ASCR v.v.i. CZ

Seibt, P. (2007): Anwendung einer neuen standortabhängigen Methode zur Humusbilanzierung an sächsischen Dauertestflächen und Vergleich mit anderen üblichen Methoden zur Feststellung des Versorgungsgrades mit organischer Substanz im Hinblick auf Sicherung der Nachhaltigkeit der Betriebe im konventionellen und ökologischen Landbau. Diplomarbeit, TU Dresden.

13 Freibauer A. et al (2004): Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. Geoderma 122.

SOER (2015): http://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/soil

Poeplau, C. (2017): Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content. In SOIL, 3/17.

14 SOILSERVICE (2012)

15 VHE (Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft) (Hg.) (2004):

Wieviel Humus braucht der Acker. In: Humus Nr. 11
Beste, A. (2005): Landwirtschaftlicher Bodenschutz in der Praxis. Grundlagen, Analyse, Management. Erhaltung der Bodenfunktionen für gesunde Erträge - Humusaufbau, Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung für den Aufbau der Bodenfruchtbarkeit, Gewässerschutz und Hochwasservermeidung. Verlag D. Köster, Berlin.
Freyer, B. (2003): Fruchtfolgen.
Freyer, B. (2016) Hrsg.: Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen.
16 Stevens, H.(2009) Untersuchungen zum Verhalten von Veterinärpharmaka im Boden. Dissertation Universität Paderborn.
17 UBA (Umweltbundesamt) (2008): Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) Nr. 7 BBodSchG.
Sauerbeck, D. (1992): Funktionen und Bedeutung der organischen Substanzen für die Bodenfruchtbarkeit – ein Überblick. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit 4, Humushaushalt. BMELF (Hg.), Hamburg, Berlin.
Gutser, R.; Ebertseder, Th. (2006): Die Nährstoffe in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern – ein unterschätztes Potential im Stoffkreislauf landwirtschaftlicher Betriebe. In KTBL (Hg.): Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft. Nutzen und Risiken. = KTBL 444
18 De Vries/Van Groenigen et al. (2011): Nitrogen losses from two grassland soils with different fungal biomass. Soil Biology & Biochemistry 43 (5)
19 Six/Frey et al. (2006): Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. Soil Science Society of America Journal 70 (2)
Wilson GW et al. (2009): Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from longterm field experiments.
20 SOILSERVICE (2012)
21 Manure boosts beneficial predators in agriculture. https://scilog.fwf.ac.at/en/biology-and-medicine/7764/manure-boosts-beneficial-predators-agriculture; Zugriff 12.06.2018
22 Mertens, M. (2010): Kollateralschäden im Boden. Roundup und sein Wirkstoff Glyphosat – Wirkungen auf Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. In: Der kritische Agrarbericht, S. 249–253.
Gaupp-Berghausen, M. et al. (2015): Glyphosate-based herbicides re duce the activity and reprduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. In: Scientific Reports 5, article number 12886 (http://www.nature.com/articles/srep12886). – Siehe auch top agrar online: Glyphosathaltige Pflanzenschutzmittel beeinträchtigen Bodenleben, August 2015 (www.topagrar.com/news/Acker-Agrarwetter-Ackernews-Glyphosathaltige-Pflanzenschutzmittel-beeintraechtigen-Bodenleben-2417256.html).
T. Philpott (2011): USDA scientist: Monsanto's roundup herbicide damages soil, (www.motherjones.com/tom-philpott/2011/08/monsantos-roundup-herbicide-soil-damage).
Sailaja, K.K.; Satyaprasad, K. (2006): Degradation of glyphosate in soil and its effect on fungal population. In: Journal of Environmental Science and Engineering 48, (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17915782).
Beste, A. (2017): Vergiftet. Pestizide in Boden und Wasser – das Beispiel Glyphosat In: Der Kritische Agrarbericht 2017.
23 Beste, A.(2015): Down to Earth – Der Boden von dem wir leben. Studie zum Zustand der Böden in Europas Landwirtschaft.
24 Nicht zu verwechseln mit der „Community Supported Agriculture", die auch CSA abgekürzt wird.
25 Intensiv mit Stickstoff gedüngte Pflanzen sind anfällig gegenüber Krankheiten und Schadinsekten. Das steht in jedem landwirtschaftlichen Lehrbuch; stellvertretend: Diercks, R.; Heitefuss, R. (1994): Integrierter Landbau.
26 Böcker, H. (2018): Phosphat verfügbar machen. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt 21/18.
27 https://ec.europa.eu/germany/news/digitalisierung-europa-kommt-voran-deutschland-beim-digitalisierungsindex-auf-platz-11_de, Zugriff 12.07.2018
28 http://www.climatesmartagconcerns.info/cop21-statement.html, Zugriff 10.07.2018
29 Die ETC Group ist eine internationale Organisation, die sich "der Erhaltung und nachhaltigen Förderung der kulturellen und ökologischen Vielfalt und der Menschenrechte" widmet. Der vollständige rechtliche Name lautet „Action Group on Erosion, Technology and Concentration". Sie überwacht die Auswirkungen neuer Technologien und Unternehmensstrategien auf Biodiversität, Landwirtschaft und Menschenrechte.
30 Zitiert in: Nürnberger, M. (2018): Landtechnik (fast) ganz neu entdeckt. In: unabhängige bauerstimme 4/18.
31 Luo et al. (2010): Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. Elsevier 139
32 Frelih-Larsen, A. (2014): Mainstreaming climate change into rural development policy post 2013. Final report. Ecologic Institute, Berlin. Im Auftrag der EU-Kommission.
33 Thünen-Institut (2014): Informationen über LULUCF-Aktionen.
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) (2017): Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat „Systemvergleich Bodenbearbeitung" Abschlussbericht 2017.
34 Gensior et al. (2012): Landwirtschaftliche Bodennutzung. Eine Bestandsaufnahme aus Sicht der Klimaberichterstattung. In: Bodenschutz 3/12.
Frelih-Larsen (2014)
Catch-C (2014): Compatibility of Agricultural Management Practices and Types of Farming in the EU to enhance Climate Change Mitigation and Soil Health. Das Catch-C-Projekt startete 2013. Zwölf Forschergruppen aus acht Ländern werteten in den letzten 3 Jahren 300 Langzeitversuche aus.
Beste, A. (2009): Gefügeuntersuchungen im Bodenbearbeitungsvergleich FILL im Auftrag der Landwirtschaftskammer Luxemburg. http://www.gesunde-erde.net/literatur.htm#luxemburg
Holland, J. M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment 10.

ohnepflug.de: http://www.ohnepflug.de/index.php/forschung-und-versuche/auswirkungenauf-umweltaspekte/emission-von-klimagasen

35 LTZ (2017), Frelih-Larsen (2014)

36 Soil association (2016): The impact of glyphosate on soil health.

BESTE, A. (2017): Vergiftet. Pestizide in Boden und Wasser – das Beispiel Glyphosat In: Der Kritische Agrarbericht 2017

Zaller, J.G. (2014): Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a modelacosystem. Scientific reports 4.

37 Beste (2008): Pfluglose Bodenbearbeitung – sinnvoll oder nicht? In: Bodenschutz 4/2008

Beste, A. (2016): Zum Zustand der Böden in Europas Landwirtschaft. Ein Diskussionsbeitrag zur Nachhaltigkeit! In: Bodenschutz 2/2016

Beste, A. (2008): Ansprüche an die Bodenqualität bei zu erwartenden Klimaänderungen. Vortrag Tagung „Klimawandel - Auswirkungen auf Landwirtschaft und Bodennutzung", Osnabrück 2008 – Tagungsreader.

37a African Centre for Biodiversity (2015): Profiting from the Climate Crisis, Undermining Resilience in Africa: Gates and Monsanto's Water Efficient Maize for Africa (WEMA) Project

37b Deutsche Welthungerhilfe (2010): „Gensaat ist keine Lösung". In: Welternährung, 2. Quartal

37c https://blog.misereor.de/2017/06/07/erfolgsstory-masipag-wie-kleinbauern-auf-den-philippinen-die-kontrolle-ueber-ihr-saatgut-zurueckerlangen/ , Zugriff: 08.08.2018

37d EUGH (2018): Urteil zu Neuen Verfahren/Methoden der Mutagenese, https://kurzlink.de/Wa6eKaldt

38 Kammann, C. et al. (2012): Biochar and Hydrochar Effects on Greenhouse Gas (Carbon Dioxide, Nitrous Oxide, and Methane) Fluxes from Soils, J. Environm. Quality.

39 Montemurro, F. (2010): Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. Agron Sustain Dev 3

Ingham, E. (2006): How the soil food web and compost increase soil organic matter content.in Org.-Solut. Clim. Change 13.

40 Teichmann, I. (2014): Klimaschutz durch Biokohle in der deutschen Landwirtschaft: Potentiale und Kosten. DIW Wochenbericht Nr. 1+2

41 Terra Preta / Pyrolysekohle – BUND-Einschätzung ihrer Umweltrelevanz.

42 Börneke, St.; Beste, A. (2012): Die Ernte der Heuschrecken? Das Weltweite Landgrabbing und die Verantwortung Europas.

43 Eurostat: Agri-environmental indicator - cropping patterns.

44 Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014): Graslandreport.

45 Alvarez, P. et al. (2010): Fundamentals of a Sustainable U.S. Biofuels Policy; Houston, TX: James A. Baker III Institute for Public Policy, Rice University.

Beste, A. (2006): Nachhaltiger Anbau nachwachsender Rohstoffe. Vortrag Fachtagung BodenMärkte - Bodennutzung der Zukunft. Umweltministerium Baden-Württemberg (Hg.) Stuttgart.

46 International Scientists and Economists Statement on Biofuels and Land Use. A letter to the European Commission.
https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/global_warming/International-Scientists-and-Economists-Statement-on-Biofuels-and-Land-Use.pdf

47 http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Volatility/Interagency_Report_to_the_G20_on_Food_Price_Volatility.pdf

48 Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2013): Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen.

49 Scholz, L. et al. (2014): Analyse komparativer Kostenvorteile von Bioenergielinien in der Strom- und Wärmeproduktion. Treibhausgasvermeidung und Vermeidungskosten in Brandenburg. In: Die Zukunft der Bioenergie; Schriftenreihe der Rentenbank, B. 30

50 Beste, A. (2007 a): Klimaschutz auf Kosten des Bodenschutzes. In "local land and soil news", the bulletin of the European Land and Soil Alliance (ELSA) e.V., 22/23

51 Guteser, R.; Ebertseder, TH. (2006): Die Nährstoffe in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern – ein unterschätztes Potential im Stoffkreislauf landwirtschaftlicher Betriebe. In KTBL (Hg.): Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft, Nutzen und Risiken. = KTBL 444

Beste, A. (2007 b): Bodenschutz so notwendig wie Klimaschutz. In. Ländlicher Raum, Jan/Feb 2007

Beste, A. (2007 a)

52 Flessa et al. (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor.

Searchinger T. et al. (2009): Fixing a Critical Climate Accounting Error. In: Science 23 Oct 2009: Vol. 326, Issue 5952

UNEP (2009): Towards sustainable production and use of resources. Assessing biofuels.

53 Blankenship, R. et al. (2011): Comparing Photosynthetic and Photovoltaic Efficiencies and Recognizing the Potential for Improvement.

54 Walker, B.et al. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social -ecological systems. In: Ecology and society, 9 (2), Art. 5

55 Köpke, U.; Nemecek, Th. (2010): Ecological services of faba bean. In: Field Crops Research 115.

56 eigene Berechnung nach Robertson et al. 2000 in Köpke/Nemecek 2010

57 Commissariat General au Developpement Durable (CGDD) (2009): La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine quels bénéfices environnementaux? La Défense cedex, France.

58 European Commission (2015): Voluntary coupled support – Sectors mostly supported. Brussels.

59 Die deutschen Bundesregierungen der letzten Jahre lehnen gekoppelte Zahlungen ab, weil sie angeblich Marktverzerrungen mit sich bringen. Damit werden WTO-konforme Fördermöglichkeiten nachhaltiger Landnutzungsysteme verhindert.

60 Umweltbundesamt (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung.

61 Thünen-Institut für Betriebwirtschaft (2015): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und

Landwirtschaft (BMEL).
62 Feyen, L. et al. (2011): Fluvial flood risk in Europe in present and future climates, Climatic Change.
63 Kommission Bodenschutz beim UBA (2016): Böden als Wasserspeicher.
Lilienthal, H. und E. Schnug (2008): Hochwasserschutz durch ökologische Bodenbewirtschaftung. Klimawandel und Ökolandbau. - Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf. - KTBL Schrift 472.
Schnug, E. und Haneklaus, S. (2002): Landwirtschaftliche Produktionstechnik und Infiltration von Böden: Beitrag des ökologischen Landbaus zum vorbeugenden Hochwasserschutz. In: Landbauforschung Völkenrode 52
64 Gattinger, A. et al. (2012): Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. In: PNAS, 15.
Leifeld, J. et al. (2009): Consequences of conventional versus organic farming on soil carbon: Results from a 27-year field experiment. Agron J 101.
65 FAO (2016): The state of food and agriculture
Beste, A. (2008)
66 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:de:PDF
67 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1306&from=DE
68 Straßburger, T. (2014): Die Zukunft für Europa's Bodenpolitik. In: local land & soil news 50/14
69 Plattgemacht. Artikel Süddeutsche Zeitung vom 21.02.2018, Rubrik „Wissen", S. 14
70 Beste (2005)
71 Beste, A. (2002): Das Problem mit dem Wasser ist ein Bodenproblem. In: Ökologie & Landbau.
Levin, K. (2017): Erosions- und Hochwasserschutz: Chancen durch Ökolandbau. In: LFL: Landwirtschaft im Klimawandel- Lösungen, die Geld sparen.
72 Ein Beispiel: BESTE, A: (2009): Gefügeuntersuchungen 2009, Bodenbearbeitungsvergleich FILL-Mulchsaatprojekt im Auftrag der Landwirtschaftskammer Luxembourg. http://www.gesunde-erde.net/literatur.htm#luxemburg
73 Vortrag 31.01.2018 im Europäischen Parlament.
74 Ist in Deutschland die Bodenfruchtbarkeit in Gefahr? In: Landwirtschaftliches Wochenblatt 34/15.
75 BMEL (2017): Extremwetterlagen in der Land- und Forstwirtschaft.
76 Thünen Report 30 (2015)
77 Freibauer, A. (2017): Von Bonn nach Bayern: Klimawandel in der bayerischen Landwirtschaft. In: LFL: Landwirtschaft im Klimawandel- Lösungen, die Geld sparen.
78 Hülsbergen/Rahmann Hg. (2015): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme. Forschungsergebnisse 2013-2014.
Rodale Institute: The Farming System Trial, 30 Years.
Worms, P. (2013): Agroforestry: an essential climate resilience tool.
FAO (2016): The state of food and agriculture.
79 Schader, C. et al. (2012): Environmental performance of organic farming. In: Boye, J. und Arcand, Y. (Eds.) Green Technologies in Food Production and Processing. Springer Science+Business Media.
80 Mollison, B. C. (1990): Permaculture: A Practical Guide for a Sustainable Future.
Holzer, S. (2004): Sepp Holzers Permakultur.
Holzer, S. (2002): Der Agrar-Rebell.
81 Mitschein Th. et al. (1994): Amazônia. Alianças em Defesa da Vida. Série Poema.
FAO (2002): Organic Agriculture, environment and food security.
Hülsebusch, C. et al. (2007): Organic Agriculture in the Tropics and Subtropics – Current Status and Perspectives. In: Journal of Agriculture and Rural development in the Tropics and Subtropics.
82 Henfrey, T.; Penha-Lopes, G. (2016): Permaculture and Climate Change Adaptation. Chelsea Green Publishing.
83 https://permakultur.de/neuigkeiten/neuigkeiten-detail/news/permakultur-wird-hochschulstoff/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tcHash=7cfebfd77d156dcf9a650efc8cb841ec
https://www.permaculture.org.uk/education/course-listings
https://ec.europa.eu/ploteus/en/content/permaculture
Zugriff: Juni 2018
Die „Europäische Innovationspartnerschaft im Bereich der Landwirtschaft" (EIP-AGRI) fördert die Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit der Land- und Forstwirtschaft, damit diese mit weniger Ressourcen mehr erwirtschaften kann: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/tags/permaculture
84 Huss, H.-H.(2006): Schweinemast unter Eichen: Die besten Schinken wachsen unter Eichen. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hg.): Waldforschung aktuell. 13. Jg., Nr. 55
85 Konold, W.; Reeg, T. (2009): Historische Agroforstsysteme in Deutschland. In: Reeg, T. et al.: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Wiley-VCH, Weinheim.
86 Nerlich, K. (2013): Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. In: Agroforestry Systems, Volume 87.
87 Zehlius-Eckert (2010): Agroforstwirtschaft in der europäischen Forschung - mit einem Schwerpunkt auf der ökologischen Nachhaltigkeit. In: Berlin Symposium Agrarholz 2010. 18.05.2010–19.05.2010 in Berlin.
88 https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/biodiversitaet-landschaft/agrarlandschaft/agroforstwirtschaft.html; Zugriff 15.06.2018
89 Seitz, B. et al. (2017): Erhöhte Humusvorräte in einem siebenjährigen Agroforstsystem in der Zentralschweiz. In: Agrarforschung Schweiz 8/17.
90 www.agforward.eu , Zugriff 16.6.2018
91 http://www.capsella.eu/soil-health/

REFERENZEN BEITRAG ANITA IDEL

1 Für die von Wald bedeckte Landfläche lässt sich nur dann ein ähnlicher Umfang wie für die Graslandgesellschaften errechnen, wenn auch die großen Monokulturen wie Palmöl- und Eukalyptus-Plantagen oder Fichtenforste einbezogen werden. Hingegen handelt es sich bei Dauergrasland immer um Pflanzengesellschaften.

2 Hewins, Daniel B.; Lyseng, Marc P. et al. (2018): Grazing and climate effects on soil organic carbon concentration and particle-size association in northern grasslands. Scientific Reports 8:1336. DOI:10.1038/s41598-018-19785-1.

White, R.P., Murray, S. and M. Rohweder (2000): Pilot Analysis of Global Ecosystems: Grassland Ecosystems. World Resources Institute, Washington, DC.

Wang, W. and J. Fang (2009): Soil respiration and human effects on global grasslands. Global and Planetary Change, 67, 20–28.

Pfadenhauer, Jörg und Frank Klötzli (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Springer Spektrum.

3 Sousanna J. F. and A. Luscher (2007): Temperate grassland and global atmospheric change: a review. Grass Forage Sci. 62:127–134.

Roser, Max and Hannah Ritchie (2018): Yields and Land Use in Agriculture. https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture (letzter Abruf 19.05.2018). Percentage of total land area, 1961-2014.

Conant, Richard T. (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Plant Production and Protection Division. FAO.

4 Peyraud J. L., van den Pol-van Dasselaar A., Collins R. P., Huguenin-Elie O., Dillon P. and A. Peter (2014): Multi-species swards and multi scale strategies for multifunctional grassland-base ruminant production systems: an overview of the FP7-MultiSward project. Grassland Sci. Europe 19:695–715.

Roser, Max and Hannah Ritchie (2018): Yields and Land Use in Agriculture. https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture (letzter Abruf 19.05.2018).

Jering, A.; Klatt, Anne; Seven, Jan; Ehlers, Knut; Günther, Jens; Ostermeier, Jan und Lars Mönch (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Hrsg. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_biomasse_bf_klein.pdf, S. 12 (letzter Abruf 19.05.2018).

5 http://www.fao.org/docrep/x5304e/x5304e03.htm (letzter Abruf 19.05.2018).

6 Grünlandumbruch – https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/12-schritte-auf-dem-weg-schutz-fruchtbarer-boeden (letzter Abruf 08. August 2018).

Poeplau, Ch. et al.: Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. Global Change Biology 17 (2011), pp. 2415–2427.

7 Huyghe C., De Vliegher A. and P. Golinski (2014): European grasslands overview: temperate region. Grassland Sci. Europe 19:29–40.

8 Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014): Grünlandreport. Alles im Grünen Bereich? https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/presse/2014/PK_Gruenlandpapier_30.06.2014_final_layout_barrierefrei.pdf (letzter Abruf 08. August 2018).

9 P Pimentel, D. J. et al. (1997): Water resources: Agriculture, the environment, and society. BioSci. 47: 97-106.

10 Fileccia, Turi; Guadagni, Maurizio and Vasyl Hovhera (2014): Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture FAO and WB (Hrsg.) Rom.

11 GRAIN and Institute for Agriculture and Trade Policy (IATP) (2018): Emissions impossible: How big meat and dairy are heating up the planet. Joint publication. Madrid and Minneapolis.

11a Van der Ploeg, Jan Douwe; Verschuren, Piet; Verhoven, Frank and Jose Pepels (2006): Dealing with Novelties: a Grassland Experiment – Reconsidered. Journal of Environmental Policy & Planning Vol. 8, No. 3, September 2006, S. 199-218.

Teague, W.R.; Apfelbaum, S.; Lal, R.; Kreuter, U.P.; Rowntree, J.; Davies, C.A.; Conser, R.; Rasmussen, M.; Hatfield, J.; Wang, T.; Wang, F. and P. Byck (2016): The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America. JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION 2016—VOL. 71, NO. 2. pp156-164. doi:10.2489/jswc.71.2.156.

12 Vgl.: Sutton, M.A.; Howard, C.M.; Erisman, J.W. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.

Tennigkeit, T. and A. Wilkes (2008): An assessment of the potential for carbon finance in rangelands. Working paper No. 68, Kunming.

13 Ogino, Akifumi; Orito, Hideki; Shimada, Kazuhiro and Hiroyuki Hirooka (2007): Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow–calf system by the life cycle assessment method. Animal science journal, https://www.welt.de/wissenschaft/article1036038/Ein-Kilo-Fleisch-schaedlich-wie-250-km-Autofahrt.html (letzter Abruf 07. August 2018).

14 MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. and H. Steinfeld (2013): Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

15 Sutton, M.A.; Howard, C.M.; Erisman, J.W. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.

16 Frank, Douglas A.; McNaughton, Samuel, J. and Benjamin F. Tracy (1978): The Ecology oft he Earth's Grazing Ecosystems. Nachdruck in: BioScience Vol48 Nr.7.

17 Nickel, Herbert; Reisinger, Edgar; Sollmann, Rene und Christoph Unger (2016): Außergewöhnliche Erfolge des zoologischen Artenschutzes durch extensive Ganzjahresbeweidung mit Rindern und Pferden. In: Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen 53 (1) 2016: 5–20.

18 Gyssels, G.; Poesen, J. et al. (2005): Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra.

19 https://tallgrassprairiecenter.org/prairie-roots-project (letzter Abruf 20.07.2018).

20 Bunzel-Drüke, M.; Böhm, C.; Finck, P. et al. (2015): Naturnahe Beweidung und NATURA 2000. Heinz Sielmann Stiftung.

20a Metz, Christoph (2017): Unabhängigkeit in der Rinderzucht – Wie ist das umsetzbar? Lebendige Erde 3-2017, S. 34-35.
Vgl. auch https://www.arche-region-elbe.de/wp-content/uploads/Deutsches_Schwarzbuntes_Niederungsrind.pdf (letzter Abruf 31. August 2018).

21 Die Potenziale insbesondere der Wanderschäferei werden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

22 http://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-mehr/100-jahre-haber-bosch-verfahren-brot-und-kriege-aus-der-luft-1713668.html?printPagedArticle=true#pageIndex_0 (letzter Abruf 20.07.2018).

23 FAO (2009): Food Outlook, December 2009. Rom.ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak341e/ak341e00.pdf.
Witzke, Harald von, Noleppa, Steffen und Inga Zhirkova (2011): Fleisch frisst Land. 4. unveränderte Ausgabe 2014. Hrsg. WWF Deutschland, Berlin.
Erb, Karl-Heinz; Mayer, Andreas; Kastner, Thomas; Sallet, Kristine-Elena and Helmut Haberl (2012): The Impact of Industrial Grain Fed Livestock Production on Food Security: an extended literature review. Commissioned by Compassion in World Farming, The Tubney Charitable Trust and World Society for the Protection of Animals, UK. Vienna, Austria.

24 https://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2018/KAB_2018_45_51_Haeusling.pdf (letzter Abruf 20.07.2018).

25 Poppinga, Onno (2010): Die Kuh, das Klima und die Vorurteile von Wissenschaftlern. Vortrag für die Sächsische Interessengemeinschaft Ökologischer Landbau (SIGÖL), Bad Düben 04.03.2010.

26 Canadell, Josep G; Le Quérec, Corinne; Raupacha, Michael R. et al. (Eds) (2007): Contributions to accelerating atmospheric CO_2 growth from economic activity, carbon intensity and efficiency of natural sinks. Harvard University, Cambridge, MA. http://www.pnas.org/content/pnas/104/47/18866.full.pdf (letzter Abruf 19.05.2018).
Ch. Poeplau et al. (2011): Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. Global Change Biology 17 (2011), pp. 2415–2427.

27 Pfadenhauer, Jörg und Frank Klötzli (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Springer Spektrum. S. 13 und 155ff.

28 Idel, Anita (2010): Die Kuh ist kein Klima-Killer! Metropolis-Verlag. (6. Auflage 2016).

29 Bakker, Peter A.H. M.; Berendsen, Roeland L.; Doormbos, Rogier F.; Wintermans, Paul C. A. and Corné M. J. Pieterse (2013): The rhizosphere revisited: root microbiomics. In: Front. Plant Sci.| https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00165/full (letzter Abruf 18.07.2018).
Idel, Anita (2016): Gras ist nicht gleich Gras. Die unterschätzten Potenziale der Beweidung. In: Lebendige Erde 1-2016, S. 20-23.

29a Eine Tonne Humus enthält 0,548 Tonnen Kohlenstoff (C) und entzieht somit der Atmosphäre einschließlich der 1,252 Tonnen Sauerstoff (O_2) 1,8 Tonnen Kohlendioxid (CO_2)**.**Das Volumen von 1,8 to CO2 beträgt circa 900 Kubikmeter oder circa 1.100, www.carbon-connect.ch.

30 http://thegreentimes.co.za/livestock-methane-emissions-underestimated-according-to-new-study (letzter Abruf 05. September 2018).

31 http://andimiller.de/work/skoda-fabia-greenline (letzter Abruf 15. Juli 2018).

32 https://www.cobocards.com/pool/en/cardset/?id=3730189&tag=Lachgas (letzter Abruf 15. Juli 2018).
Autor: Akasche: https://www.cobocards.com/pool/en/user/7565053/akasche (letzter Abruf 15. Juli 2018).

33 topagrar (2012): Der Daimler und die Kühe. 2-2012, S. 14. https://www.topagrar.com/archiv/Auto-Werbung-I-Der-Daimler-und-die-Kuehe-701218.html (letzter Abruf 07.08. 2018).
Topagrar (2012): Jetzt noch die Franzosen. 5/2012, S. 12 https://www.topagrar.com/archiv/Auto-Werbung-Jetzt-noch-die-Franzosen-826447.html (letzter Abruf 15. Juli 2018).

34 http://img.over-blog-kiwi.com/0/93/23/39/20161007/ob_b08239_cover.jpg. (letzter Abruf 15. Juli 2018).

35 https://www.foodwatch.org/fileadmin/_processed_/csm_grafik-treibhauseffekt-gros_01_716494d380.jpg (letzter Abruf 15. Juli 2018).

36 Witzke, Harald von und Steffen Noleppa (2007): Methan und Lachgas - Die vergessenen Klimagase. Herausgeber: WWF Deutschland, Frankfurt am Main, 1. Auflage S. 8.

37 Flessa, Heinz; Müller, Daniela; Plassmann, Katharina und Bernhard Osterburg (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Von Thünen-Institut Sonderheft 361.

38 Flessa, Heinz; Müller, Daniela; Plassmann, Katharina und Bernhard Osterburg (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Von Thünen-Institut Sonderheft 361.

39 MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. and H. Steinfeld (2013): Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

40 https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28931/umfrage/welt-weiter-rinderbestand-seit-1990/.

41 Idel, Anita (2014): Klimaschützer auf der Weide. AbL und German Watch (Hrsg). https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/8126.pdf (letzter Abruf 10.09.2018).
Idel, Anita (2010): Die Kuh ist kein Klima-Killer! Metropolis-Verlag. (6. Auflage 2016).

42 FAO (o.J.): Key, facts and findings. http://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/ (letzter Abruf 21.07.2018).

43 Idel, A. and T. Reichert (2013): Livestock production and food security in a context of climate-change and environmental and health challenges. In: Wake up before it is too late. Transforming Agriculture to cope with

climate change and assure food security. UNCTAD Trade and Environment Review 2013, Hoffmann, U. (Ed.) Geneva. http://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=666 (letzter Abruf 08. August 2018).

44 Koneswaran G. and D. Nierenberg (2008): Global farm animal production and global warming: impacting and mitigating climate change. Environ Health Perspect 116:578–582.

45 Lupo, Christopher D.; Clay, David E.; Benning, Jennifer L. and James J. Stone (2013): Life Cycle Assessment of the Beef Cattle Production System for the Northern Great Plains, USA. J. Environ. Qual. 42:1386-1394.

46 MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. and H. Steinfeld (2013): Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

47 Conant, Richard T. (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Plant Production and Protection Division. FAO, S.22 (Übersetzung: Anita Idel).

48 Conant, Richard T. (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Plant Production and Protection Division. FAO, S. 6 (Übersetzung: Anita Idel).

49 Conant, Richard T. (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Plant Production and Protection Division. FAO, S.19 (Übersetzung: Anita Idel).

50 Conant, Richard T. (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Plant Production and Protection Division. FAO (Übersetzung: Anita Idel).

51 https://cattlebusinessweekly.com/Content/Headlines/Headlines/Article/South-Dakota-company-helping-monitor-greenhouse-emissions/1/1/5532 (letzter Abruf 21.07.2018).

52 Fasching, Christian (2015): Klimafreundliche Kühe. Der Landwirt 9, S. 26-27.

53 Flachowsky, G. und W. Brade (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde, 79, (6) S. 417 – 465, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

54 Sutton, M.A.; Howard, C.M.; Erisman, J.W. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.

54a Jürgens, K., Poppinga, O. und U. Sperling (2016): Wirtschaftlichkeit einer Milchviehfütterung ohne bzw. mit wenig Kraftfutter. Forschungsbericht zur Studie im Auftrag der Internationalen Forschungsgemeinschaft für Umweltschutz und Umwelteinflüsse auf Mensch, Tier, Pflanze und Erde e.V. In: Arbeitsergebnisse 08/2016. Kasseler Institut für ländliche Entwicklung.

55 Flachowsky, G. und W. Brade (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde, 79, (6) S. 417–465, 2007, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

55a carbo europe und http://icp.giss.nasa.gov/education/methane/intro/cycle.html

Schulze, E. D. (2010): Ausschussdrucksache 17(10)101-D. Ausschuss für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Fragenkatalog für die Öffentliche Anhörung „Landwirtschaft und Klimaschutz", 22. Februar 2010 in Berlin.

Schulze, E. D.; Luyssaert, S.; Ciais, P.; Freibauer, A.; Janssens I. et al. (2009): Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. Nature Geoscience, pp 842-850.

56 Flessa, Heinz; Müller, Daniela; Plassmann, Katharina und Bernhard Osterburg (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Von Thünen-Institut Sonderheft 361, S. 142-143.

Tapio, Ilma; Snelling, Timothy, J.; Strozzi, Francesco and R. John Wallace (2017): The ruminal microbiome associated with methane emissions from ruminant livestock. J Anim Sci Biotechnol. 2017; 8: 7. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5244708/ (letzter Abruf 19.07.2018).

57 Wilstacke, Ludger (2011): Tierhaltung im Spannungsfeld verschiedener Interessen. Landwirtschaftstagung Ev. Akad. Villigst, LWK NRW, FH Südwestfalen, Natur- und Umweltschutz-Akademie, Zentrum für ländliche Entwicklung, 30.11. – 01.12.2011 in Schwerte.

58 Grain and IATP (2018): Emissions Impossible. How big meat and milk are heating up the planet. https://www.grain.org/article/entries/5976-emissions-impossible-how-big-meat-and-dairy-are-heating-up-the-planet (letzter Abruf 29.07.2018).

59 Grünlandumbruch – https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/12-schritte-auf-dem-weg-schutz-fruchtbarer-boeden. Ch. Poeplau et al. (2011): Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. Global Change Biology 17 (2011), pp. 2415–2427.

60 Sutton, M.A.; Howard, C.M.; Erisman, J.W. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.

61 Sutton, M.A.; Howard, C.M.; Erisman, J.W. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.

62 Das bedeutet in der Theorie: Die Anfang 2010 geborene Kuh A könnte 2012 ihr erstes Kalb (Kuh B) und 2016 ihr fünftes Kalb bekommen. Da könnte Kuh B bereits ihr drittes und das erste Kalb (Kuh C) von Kuh B bereits sein erstes Kalb (Kuh D) zur Welt bringen. Im Sinne der Zuchtdoktrin würde zwischen dem ersten und dem fünften Kalb von Kuh A kein züchterischer Fortschritt generiert, während Kuh D vier Generationen Zuchtfortschritt verkörpern würde.

63 Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from European Commission on welfare of dairy cows. The EFSA Journal (2009) 1143, 1-38.

Vgl. auch: http://www.eurogroupforanimals.org/wp-content/uploads/Report-on-welfare-of-EU-dairy-cows-2015-final-1.pdf (letzter Abruf 07. August 2018).

63a Martens, Holger (2012): Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-

Gumpenstein, Fachtagung 2012, Tagungsband S. 35 – 42.

64 Idel, Anita (2014): Klimaschützer auf der Weide. AbL und German Watch (Hrsg). https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/8126.pdf (letzter Abruf 20.07.2018).

65 Busse, Tanja (2015): Die Wegwerfkuh. Blessing.

66 https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Fu%C3%9Fabdruck (letzter Abruf 18.07.2018).

67 https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Rucksack (letzter Abruf 18.07.2018).

68 Witzke, Harald von, Noleppa, Steffen und Inga Zhirkova (2011): Fleisch frisst Land. 4. unveränderte Ausgabe 2014. Hrsg. WWF Deutschland, Berlin.

69 Witzke, Harald von, Noleppa, Steffen und Inga Zhirkova (2011): Fleisch frisst Land. 4. unveränderte Ausgabe 2014. Hrsg. WWF Deutschland, Berlin, S. 54.

70 Eshela, Gidon; Sheponb, Alon; Makovc, Tamar and Ron Milob (2014): Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. PNAS vol. 111 no. 33 pp 11996–12001. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1402183111 (Letzter Abruf 25.07.2018).

71 http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/ (letzter Abruf 01.09.2018).

72 Pimentel, D. J. et al. (1997): Water resources: Agriculture, the environment, and society. BioSci. 47: 97-106.

73 Vgl. D. Pimentel and M. Pimentel (2003): World population, food, natural resources, and survival. World Futures 59 (2003), pp. 145-167.

73a www.waterforfood-thecontinuingdebate.pdf (letzter Abruf 20. August 2018).

Nierenberg, Danielle (2005): Happier Meals – rethinking the Global Meat Industry. World Watch Paper 171.

74 https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/grasslands/. (letzter Abruf 19.05.2018).

75 Roser, Max and Hannah Ritchie (2018): Yields and Land Use in Agriculture". https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture (letzter Abruf 19.05.2018).

76 Idel, Anita (2016): Gras ist nicht gleich Gras. Die unterschätzten Potenziale der Beweidung. In: Lebendige Erde 1-2016, S. 20-23.

77 White, R.P., Murray, S. & M. Rohweder, (2000): Pilot Analysis of Global Ecosystems: Grassland Ecosystems. World Resources Institute, Washington, DC.

Wang, W. and J. Fang (2009): Soil respiration and human effects on global grasslands. Global and Planetary Change, 67, 20–28.

78 Sousanna J. F. and A. Luscher (2007): Temperate grassland and global atmospheric change: a review. Grass Forage Sci. 62:127–134.

Roser, Max and Hannah Ritchie (2018): Yields and Land Use in Agriculture. https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture (letzter Abruf 19.05.2018).

79 Huyghe, C., De Vliegher A. and P. Golinski (2014): European grasslands overview: temperate region. Grassland Sci. Europe 19:29–40.

80 Rumpel, C.; Creme, A.; Ngo, P.T. et al. (2015): The impact of grassland management on biogeochemical cycles involving carbon, nitrogen and phosphorus. J. Soil Sci. Plant Nutr. 2015, 15, 2, pp.353-371. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000034.

Vgl. auch http://www.the-jena-experiment.de/.

81 Velthof, G.L., J.P. Lesschen, R.L.M. Schils, A. Smit, B.S. Elbersen, G.W. Hazeu, C.A. Mucher, and O. Oenema (2014): Grassland areas, production and use. Wageningen. http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/8259002/Grassland_2014_Final+report.pdf/58aca1dd-de6f-4880-a48e-1331cafae297 (letzter Abruf 23. Mai 2018).

82 https://gsf.globalsoilweek.org/global-soil-forum (letzter Abruf 19.05.2018).

83 https://www.2000m2.eu (letzter Abruf 19.05.2018).

Roser, Max and Hannah Ritchie (2018): Yields and Land Use in Agriculture". https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture (letzter Abruf 19.05.2018).

84 Published by the Institute on the Environment, University of Minnesota. http://www.environmentreports.com/livestock-climate-variability (letzter Abruf 19.05.2018).

85 Peyraud J. L., van den Pol-van Dasselaar A., Collins R. P., Huguenin-Elie O., Dillon P. and A. Peter (2014): Multi-species swards and multi scale strategies for multifunctional grassland-base ruminant production systems: an overview of the FP7-MultiSward project. Grassland Sci. Europe 19:695–715.

86 Peyraud J. L., van den Pol-van Dasselaar A., Collins R. P., Huguenin-Elie O., Dillon P., and A. Peter (2014): Multi-species swards and multi scale strategies for multifunctional grassland-base ruminant production systems: an overview of the FP7-MultiSward project. Grassland Sci. Europe 19:695–715.

Roser, Max and Hannah Ritchie (2018): Yields and Land Use in Agriculture". https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture (letzter Abruf 19.05.2018).

87 McDowell, Richard W. (2008): Environmental impacts of pasture-based farming. AgResearch Invermay Agricultural Centre Mosgiel (Ed.), New Zealand.

88 MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. and H. Steinfeld (2013): Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Würger, Takis (2010): Das Rülpsen der Rinder. Der Spiegel 18.10.2010.

89 FAO (2009): Graslands – Enabeling their potential to contribute to Greenhouse gas mitigation. Grasslands Carbon Working Group. Rom.

90 FAO (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Autor: Conant, Richard T. Colorado State University. FAO Rome, 2010, Vol. 9–2010.

91 Das schließt nicht aus, dass unter extremen Bedingungen auch einzelne Bäume existieren können, wenn sie Kontakt zu Wasseradern haben.

92 Auch Nadelbäume machen in der frostigen Jahreszeit eine Art Winterruhe.

93 Mueller, Kevin E.; Tilman, David; Fornara, Dario and Sarah E. Hobbie (2013): Root depth distribution and the diversity–productivity relationship in a long-term grassland experiment. Ecology, 94(4), 2013, pp. 787–793 by the Ecological Society of America.
Weisser, W.W. et al. (2017): Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. Basic and Applied Ecology 23 (2017) 1–73.
94 Gyssels, G.; Poesen, J. et al. (2005): Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra.
95 Ford, Hilary; Garbutt, Angus et al. (2016): Soil stabilization linked to plant diversity and environmental context in coastal wetlands. Journal of vegetation science Volume27, Issue2, Pages 259-268. https://doi.org/10.1111/jvs.12367.
Gould, Iain J.; Quinton, John N.; Weigelt, Alexandra; De Deyn, Gerlinde B. and Richard D. Bardgett (2016): Plant diversity and root traits benefit physical properties key to soil function in grasslands. Ecology Letters, (2016) 19: 1140–1149. https://doi.org/10.1111/ele.12652.
96 Arbeitskreis Auenprogramm (2017): Beweidung von Auen Entscheidungskriterien für oder gegen die Offenhaltung von Auen durch Beweidung. Hrsg: Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel. https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/W/wasserrahmenrichtlinie/Downloads/leitfadenBeweidung.pdf?__blob=publicationFile&tv=2 (letzter Abruf 20.05.2018).
97 Bakker, Peter A.H. M.; Berendsen, Roeland L.; Doormbos, Rogier F.; Wintermans, Paul C. A. and Corné M. J. Pieterse (2013): The rhizosphere revisited: root microbiomics. In: Front. Plant Sci.| https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00165/full (letzter Abruf 18.07.2018).
98 Gyssels, G.; Poesen, J. et al. (2005): Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra.
99 Aber wenn die Gräser zu kurz gemäht oder beweidet werden, wehren auch sie sich. https://www.emiko.de/pferde-endophyten-im-weidegras/ (letzter Abruf 08. August 2018).
100 http://library.sandiegozoo.org/factsheets/guanaco/guanaco.htm Raedeke 1979, zitiert nach Baldi, R.B., Acebes, P., Cuéllar, E., Funes, M., Hoces, D., Puig, S. and W.L. Franklin (2016): Lama guanicoe. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T11186A18540211.en.
101 Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H.F., Baldi, R., Wheeler, J.C., Rosadio, R. and M. W. Bruford (2001): Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. In: Proceedings. Biological sciences / The Royal Society. Bd 268, Nr 1485, S. 2575–2584. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1088918/pdf/PB012575.pdf (Letzter Abruf 19.05.2018).
Guanakos sind wie alle Kamele Pflanzenfresser und ernähren sich vorwiegend von Gräsern. Sie kauen wieder, zählen aber nicht zu den Wiederkäuern (Ruminantia). Denn das Verdauungssystem der Kamele hat sich unabhängig von der zoologisch als Wiederkäuer bezeichneten Tiergruppe entwickelt.
102 Pfadenhauer, Jörg, Klötzli, Frank (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Springer Spektrum S. 348.
103 https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/grasslands (letzter Abruf 19.05.2018).
104 https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/grasslands (letzter Abruf 19.05.2018).
105 S Sutton, M.A.; Howard, C.M.; Erisman, J.W. et al. (Eds.) (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.
105a Marshall, Athole H.; Collins, Rosemary P.; Humphreys, Mike W. and John Scullion (2016): A new emphasis on root traits for perennial grass and legume varieties with environmental and ecological benefits. Food Energy Secur. 2016 Feb; 5(1): 26–39. doi: 10.1002/fes3.78.
106 Pfadenhauer, Jörg, Klötzli, Frank (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Springer Spektrum. S. 156 und 426.
107 Poeplau, Christopher (2016): Estimating root: shoot ratio and soil carbon inputs in temperate grasslands with the RothC model. In: Plant and Soil, Vol 407, p 293. https://doi.org/10.1007/s11104-016-3017-8
108 Pfadenhauer, Jörg und Frank Klötzli (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Springer Spektrum. S. 156 und 426.
109 https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/root-shoot-ratio (letzter Abruf 19.05.2018).
110 Gyssels, G.; Poesen, J. et al. (2005): Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1191/0309133305pp443ra.
Gould, Iain J.; Quinton, John N.; Weigelt, Alexandra; De Deyn, Gerlinde B. and Richard D. Bardgett (2016): Plant diversity and root traits benefit physical properties key to soil function in grasslands. Ecology Letters, (2016) 19: 1140–1149. https://doi.org/10.1111/ele.12652.
111 Pfadenhauer, Jörg und Frank Klötzli (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Springer Spektrum. S. 156.
112 Conant, Richard T. (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Plant Production and Protection Division. FAO.
113 http://www.blueplanetbiomes.org/grasslands.htm (letzter Abruf 19.05.2018).
114 Bakker, Peter A.H. M.; Berendsen, Roeland L.; Doormbos, Rogier F.; Wintermans, Paul C. A. and Corné M. J. Pieterse (2013): The rhizosphere revisited: root microbiomics. In: Front. Plant Sci.| https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00165/full (letzter Abruf 18.07.2018).
115 Bakker, Peter A.H. M.; Berendsen, Roeland L.; Doormbos, Rogier F.; Wintermans, Paul C. A. and Corné M. J. Pieterse (2013): The rhizosphere revisited: root microbiomics. In: Front. Plant Sci.| https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00165/full (letzter Abruf 18.07.2018).
116 https://www.purinamills.com/cattle-feed/education/detail/rumen-microbes-in-cows-101 (letzter Abruf 18.07.2018).
117 Bunzel-Drüke, M., C. Böhm, P. Finck, G. Kämmer, R. Luick, E. Reisinger, U. Riecken, J. Riedl, M. Scharf & O. Zimball (2008): Praxisleitfaden

für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung - „Wilde Weiden". - Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V., Bad Sassendorf-Lohne. http://www.abu-naturschutz.de/images/wildeweiden/WildeWeiden.pdf (letzter Abruf 09. August 2018).

118 Redelberger, H. (1998): Organischer Dünger – Festmist. In: Springer Loseblatt System Ökologische Landwirtschaft. Pflanzenbau, Tierhaltung, Management 1, Lünzer, I.; Vogtmann, H. (Hg.), Heidelberg, New York.
Schinner, F.; Sonnleitner, R. (1996): Bodenökologie 2: Bodenbewirtschaftung, Düngung und Rekultivierung. Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Berlin.
Während die Bakterien im Kot angereichert sind, werden mit dem Urin Stickstoff (N) und Phosphor (P) ausgeschieden.

119 Kutschera, L. und E. Lichtenegger (1997): Bewurzelung von Pflanzen in verschiedenen Lebensräumen. Stapfia 49, Land Oberösterreich, Guttenberg, Linz (modifiziert durch Michaela Braun).
Kutschera L. & E. Lichtenegger 1982 und 1992: Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Gustav Fischer Verlag.

120 National Forage & Grasslands Curriculum Oregon State University http://forages.oregonstate.edu/nfgc/eo/onlineforagecurriculum/instructormaterials/availabletopics/management/growth (letzter Abruf 19.07.2018).
http://www.ucmp.berkeley.edu/glossary/gloss5/biome/grassland.html (letzter Abruf 19.07.2018).

121 Kopp, Erwin (1965): Über Vorkommen „degradierter Steppenböden" in den Lößgebieten des Niederrheins und Westfalens und ihre Bedeutung für die Paläobodenkunde und Bodengenese. In: Eiszeitalter und Gegenwart Bd 16, S. 97-112; Öhringen/Württ.

122 Fink, Margit (2005): Schwarzerde – Das Meisterstück der Bodentiere ist der Boden des Jahres 2005. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). https://idw-online.de/de/news103166 (letzter Abruf 20.07.2018).

123 Vgl. Bakker, Peter A.H. M.; Berendsen, Roeland L.; Doormbos, Rogier F.; Wintermans, Paul C. A. and Corné M. J. Pieterse (2013): The rhizosphere revisited: root microbiomics. In: Front. Plant Sci.| https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00165/full (letzter Abruf 18.07.2018).
Mauk, Urs (2012): Pflanzenernährung durch Bodenfruchtbarkeit. Bachelorarbeit im Studiengang Ökologische Landwirtschaft der Universität Kassel. Witzenhausen. http://www.flexinfo.ch/Koch/PflanzenernaehrungDurchBodenfruchtbarkeit_BA_UrsMauk_2012.pdf (Letzter Abruf 08. August 2018).

124 Arsenault, Chris (2014): Only 60 years of farming left if soil degradation continues. Reuters, 05. Dezember 2014. https://www.reuters.com/article/us-food-soil-farming/only-60-years-of-farming-left-if-soil-degradation-continues-idUSKCN0JJ1R920141205 (letzter Abruf 08. August 2018).

125 Arsenault, Chris (2014): Only 60 years of farming left if soil degradation continues. Reuters, 05. Dezember 2014. https://www.reuters.com/article/us-food-soil-farming/only-60-years-of-farming-left-if-soil-degradation-continues-idUSKCN0JJ1R920141205 (letzter Abruf 08. August 2018).

126 Pimentel, D. J. et al. (1997): Water resources: Agriculture, the environment, and society. BioSci. 47: 97-106.

127 Fileccia, Turi; Guadagni, Maurizio and Vasyl Hovhera (2014): Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture FAO and WB (Hrsg.) Rom.

127 Würger, Takis (2010): Das Rülpsen der Rinder. Der Spiegel-42 18.10.2010.

128 Vgl. http://www.bioland-ennstal.at/fileadmin/user_upload/Bio_Austria_OEPUL_Fachinfo_Maerz_2015.pdf (Letzter Abruf 09. August 2018).

129 Bakker, Peter A.H. M.; Berendsen, Roeland L.; Doormbos, Rogier F.; Wintermans, Paul C. A. and Corné M. J. Pieterse (2013): The rhizosphere revisited: root microbiomics. In: Front. Plant Sci.| https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00165/full (letzter Abruf 18.07.2018).
Weisser, W.W. et al. (2017): Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. Basic and Applied Ecology 23 (2017) 1–73. http://www.the-jena-experiment.de/.

BILDNACHWEISE:

Titel: depositphotos.com: Tractor fertilizing in field, fotokostic, // Satellite, mmaxer // Kuh: Michaela Braun
S. 7 Wald, Andrea Beste // Grasland, Anita Idel // Moor, Skitterphoto, pixabay.com
S. 8 Fertiliser, egilshay, stock.adobe.com // fieldwork, pixabay.com
S. 9 Permakultur, Andrea Beste
S. 10 Injecting of liquid manure with two tractors, tofotografie, depositphoto.com
S. 15 Mais mit Kleeuntersaat, Andrea Beste
S. 16 Reis, pixabay.com // S. 17 Maisfeld, pixabay.com
S. 19 terra preta, dima_pics, fotolia.com
S. 20 Abholzung - Brandrodung Regenwald, Amazonien Brasilien, guentermanaus, fotolia.com
S. 21 Solarzellen, pixabay.com
S. 22 Mais, Andrea Beste // Fortbildung, Andrea Beste
S. 23 fotolia.com: Erbsen, Leonid Nyshko // Ackerbohnen, Claudio Ticiano // Luzerne, Axel Gutjahr // Linsen, Andrea Wilhelm // Kichererbsen, Eva Gruendemann // Klee, Silvia Neumann // Lupinen, Kalle Kolodziej // Wicken, Pflanzen-Tipps
S. 25 Hochwasser, T. Linack, fotolia.com
S. 26 Bodenstrukturen, Andrea Beste
S. 27 Regenverdaulichkeit, Andrea Beste
S. 28 Soil-handful, showcake, fotolia.com
S. 29 Permakultur Brasilien, Andrea Beste
S. 30 Iberische Schweine, Gelpi, depositphoto.com
S. 32 Agroforestry, Marco Schmidt, wikipedia
S. 33 Permakultur/Gemüse, Andrea Beste
S. 34 Hecken- und Weidelandschaft, Anita Idel
S. 35 Fonterra Co-operative Group Limited, lucidwaters, depositphoto.com // Maisfeld, pixabay.com
S. 36 Wurzelbild, Prairie-Wurzel-Projekt, USA
S. 37 Feedlot, Martin Häusling // Kuhweide im Vogelsberg, Anita Idel
S. 40 Kuhstall, pixabay.com
S. 41 Galloway-Rinder auf der Weide, Anita Idel
S. 42 Ungarische Steppenrinder Puszta, Anita Idel // Furchenschwingel, Lichtenegger // Schafschwingel, Lichtenegger aus Kutschera und Lichtenegger 1997
S. 43 Mais, pixabay.com
S. 45 Injecting of liquid manure with two tractors, tofotografie, stock.adobe.com
S. 46 agrarfoto.de: Schweinemast, Rinderzucht // Chicken Farm, branex, deposit photos.com // Milchkuh, pixabay.com
S. 47 Nachhaltige Mischbeweidung mit Hirten in Rumänien, Anita Idel
S. 50 Milchvieh Vogelsberg // Selgenhof Vogelsberg, Anita Idel
S. 51 Weidehaltung im Schwarzwald, Anita Idel
S. 52 Charolais-Rinder, Anita Idel
S. 53 Beweidung in den Elbauen, Rainer Luick
S. 54 Herrmannsdorfer Landwerkstätten, Anita Idel // Ilex, Kämmer // Auerochse & Wisent, Anita Idel // Guanaco, pixabay.com
S. 55 Herrmannsdorfer Landwerkstätten, Anita Idel
S. 56 Alpenrispengras, Lichtenegger
S. 57 Rohrschwingel, Lichtenegger aus Kutschera und Lichtenegger, 1997
S. 58 Wisent Neandertal, Anita Idel
S. 59 Kuhdung, Anita Idel
S. 61 Anita Idel, Andreas Schoelzel // Rumänien Fortini, Anita Idel



TECHNIKGLÄUBIGKEIT UND BIG-DATA

VOM MYTHOS DER KLIMASMARTEN LANDWIRTSCHAFT – ODER WARUM WENIGER VOM SCHLECHTEN NICHT GUT IST

In Zeiten, wo Niederschläge ausbleiben und Ernteerträge einbrechen, ist nicht nur die Frage nach einer klimaverträglichen Landwirtschaft, sondern auch die nach einer Klimaanpassung der Agrarsysteme aktueller denn je.

Die Studie "Vom Mythos der klimasmarten Landwirtschaft - oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist" stellt Fragen. Insbesondere, ob die Auswirkungen der Landwirtschaft auf den Klimawandel bisher richtig dargestellt werden. Denn Methan-rülpsende Kühe stehen am Pranger, Lachgasemissionen aufgrund des massiven Stickstoffeinsatzes aber kaum. Welche Rolle müssen Flächenbindung des Tierbesatzes, Bodenfruchtbarkeit und Weidehaltung bei einer klimaschonenden und klimaangepassten Landwirtschaft spielen? Welche Potenziale haben Digitalisierung und Präzisionslandwirtschaft im Vergleich mit agrarökologischen Methoden und Ökolandbau für Klimaschutz und die Klimaanpassung?

In der Studie wird anhand vieler Fakten aufgezeigt, warum das System der sogenannten „modernem" Intensivlandwirtschaft eher klimaschädlich als klimasmart ist. Korrekturen mittels Big Data, Präzisionslandwirtschaft und Leistungssteigerung per Hektar oder Kuh können daran nach Ansicht der Autorinnen nicht grundlegend etwas ändern.

Wie Ackerbau und Tierhaltung wirklich nachhaltig klimaschonend und klimaangepasst gestaltet werden können, warum man dafür Rinder nicht verteufeln darf und wie man landwirtschaftliche Systeme „resilient" – also widerstandsfähig und flexibel macht, damit sie Extremwetterlagen möglichst lange ausgleichen können, das zeigen Dr. Andrea Beste und Dr. Anita Idel ebenfalls in dieser Studie.

DEPOSITPHOTOS.COM:
TRAKTOR, FOTOKOSTIC & SATELLITE, MMAXER
KUH, MICHAELA BRAUN