

Zum Bericht «Kohlenstoffsequestrierung in Böden – Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 19.3639 Bourgeois vom 18. Juni 2019»

Eine Kritik

Niklaus Iten, dipl. Lebensmitteling. ETH, bio-familia AG, Präsident IG Bio
niten@bio-familia.com

15. Mai 2023

Ausgangslage

Der Bericht «[Kohlenstoffsequestrierung in Böden](#) – Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 19.3639 Bourgeois vom 18. Juni 2019» («Bericht») untersucht «das Potenzial der Schweizer Böden zur langfristigen Sequestrierung von organischem Kohlenstoff.»

Umso erstaunlicher ist, dass die nachhaltige Beweidung als eine wesentliche Lösung des Problems im Bericht mit keinem Wort erwähnt wird.¹

Das heisst: Wo bleibt das Tier bei all diesen Überlegungen?

Und zwar das Tier in Form v.a. von Wiederkäuern, die Wiesen nachhaltig beweiden.

Zwar werden in Abbildung 7 des Berichts Dauerwiesen als eine der Prioritäten genannt, aber seltsamerweise nicht in Zusammenhang mit «OBS-Gehalt erhalten oder erhöhen».

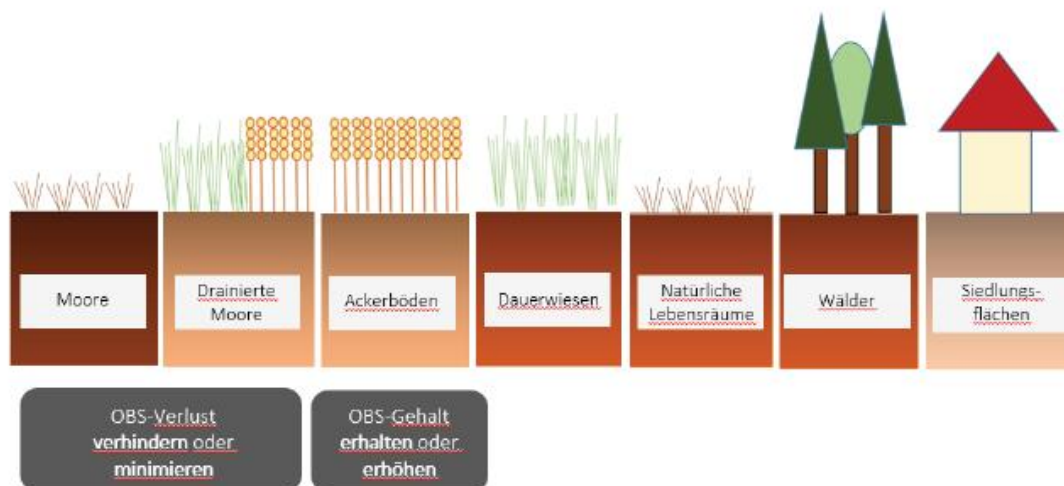


Abbildung 7: Prioritäten für die Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Böden.

Zwar werden in Abbildung 5 bei der Darstellung von Kohlenstoffvorräten pro Flächeneinheit auch Dauerwiesen gezeigt, aber erstens absteigend *nach* Wäldern und zweitens wird im Text das Potenzial von Dauerwiesen ignoriert. Im Gegenteil. Auf S. 11 heisst es sogar: «Das **Potenzial** zur CO₂-Sequestrierung in landwirtschaftlich genutzten mineralischen Böden, Ackerböden oder **Dauerwiesen** ist **nicht bekannt**.». Das ist falsch. Und auf S. 17 heisst es ebenfalls falsch: «Während die Böden von **Dauerwiesen** im Allgemeinen einen hohen Kohlenstoffgehalt und ein **geringes Potenzial zur CO₂-Sequestrierung** aufweisen (...)».

¹ «Beweidung» wird nur als Erhaltungsmassnahme in Zusammenhang mit landwirtschaftlich genutzten organischen Böden genannt, aber ohne Präzisierung (S. 20).

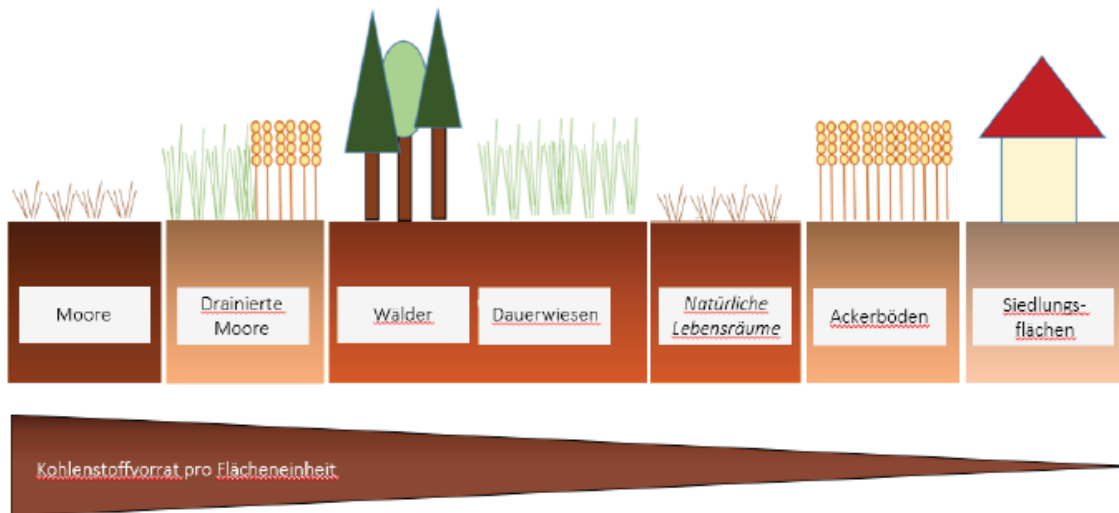


Abbildung 5: Relative SOC-Vorräte pro Flächeneinheit. Natürliche organische Böden zeichnen sich durch hohe SOC-Vorräte aus, die bei Entwässerung abnehmen; die Umwandlung von Wäldern und Dauerwiesen in Acker- und Siedlungsflächen führt zu einem SOC-Verlust (angepasst übernommen aus Amelung et al.²²).

Gleichzeitig werden als «Echte Massnahmen zur Kohlenstoffsequestrierung in der Schweiz» folgende aufgeführt: «Einführung einer dauerhaften Pflanzendecke (+0,3 t C pro ha und Jahr), Agroforstsysteme (+0,9 t C pro ha und Jahr), Tiefpflügen bestehender SOC-Vorräte (+0,9 t C pro ha und Jahr), Einbringung von Pflanzenkohle (siehe Kasten Pflanzenkohle) oder Änderung der Bodennutzung von Ackerböden zu Dauerwiese (+0,7 t C pro ha und Jahr).» (S. 11)

Auch hier: Keine Erwähnung der Beweidung.

Entsprechend beschränken sich in Abbildung 1 die vorgeschlagenen Ansätze zur biologischen Sequestrierung auf deren zwei: Massnahmen rund um Wald und Bodenmanagement, wobei bez. Bodenmanagement nur Einbringung von Ernterückständen und Pflanzenkohle erwähnt werden.

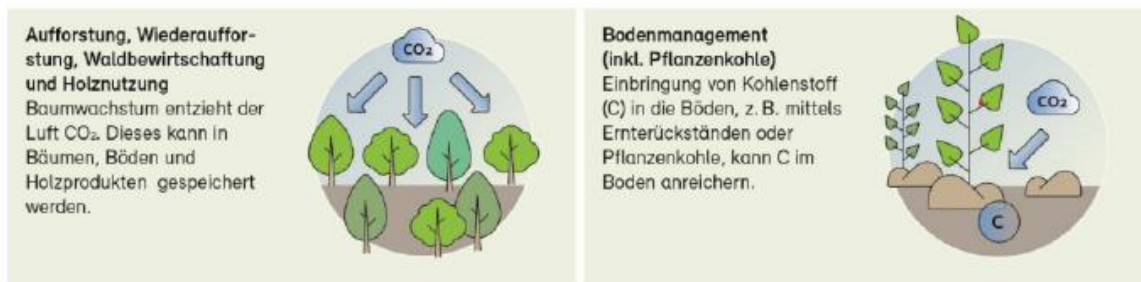


Abbildung 1: Zwei Ansätze zur biologischen Sequestrierung, mit denen negative Emissionen erzeugt werden können. Quelle: Bericht «Langfristige Klimastrategie der Schweiz» (BAFU-Darstellung gestützt auf Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change [MCC]).⁷

Das kann nur so interpretiert werden, als dass das Tier in den ganzen Überlegungen nicht mitgedacht wurde. Das aber wäre nicht systemisch gedacht.

Ziele

Kohlenstoffsequestrierung (oder auch eine nur vorübergehende Kohlenstoffspeicherung) ist nur eines von mehreren Zielen in Zusammenhang mit einer nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen. Diese Ziele scheinen – bezogen auf die Landwirtschaft bzw. das Ernährungssystem als Ganzes – klar und unbestritten:

Wir müssen u.a.

- die Bodengesundheit erhalten,
- den Humusabbau reduzieren bzw. Humusaufbau fördern,
- die Biodiversität erhalten,
- der Klimakrise begegnen (durch Erhöhung der Klimaresilienz der Landwirtschaft, durch drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen und durch vermehrte CO₂-Sequestrierung),
- Lebensmittelverluste minimieren (Muller et al. 2017).

Was der Bericht offenbar komplett ignoriert, ist, dass

- Dauerwiesen ihr CO₂-Sequestrierungspotenzial nur dann voll ausschöpfen können, wenn darauf Tiere weiden. Denn Dauergräser und Wiederkäuer bilden *ein* System, das während zehntausenden von Jahren, ja während Jahrmillionen, in einer Co-Evolution entstanden ist (Teague et al. 2016; Beste, Idel 2018; Teague, Kreuter 2020; Idel 2021; Idel 2022);
- Dauerwiesen, wenn richtig beweidet, sogar klimapositiv sein können (wohlbemerkt unter Berücksichtigung der Methanemissionen!) (Rowntree et al. 2020);
- Dauerwiesen erstens klimaresilienter sind als Wälder (Stichwort Waldbrände in Europa 2022 und aktuell im Frühjahr 2023 in Kanada) und zweitens mehr CO₂ speichern können als Wälder (Stichwort Humusaufbau) (Beste, Idel 2018; Idel 2021).

Mit anderen Worten: Der Bericht ignoriert die (nachhaltige!) Beweidung von Dauerwiesen als wichtige Massnahme auch (und eben nicht nur) zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung.² Siehe unten.

Im Vergleich zu Mooren³, drainierten Mooren, Wald, natürlichen Lebensräumen und Ackerböden (Bericht Abbildung 5) scheint eine nachhaltige Beweidung von Dauerwiesen sogar der Bereich mit dem grössten Potenzial zu sein (Idel 2021).

Des Weiteren kann das Potenzial noch vergrössert werden, wenn Ackerbau im Wechsel mit Beweidung betrieben wird (Teague et al. 2016). Dies, weil dann gleichzeitig auch die Bodengesundheit, die Biodiversität, die Tiergesundheit, die Resilienz des Bodens resp. der Ackerkulturen gegenüber Schädlingen oder die Klimaresilienz gefördert werden und gleichzeitig Bodenerosion (und damit auch Kohlenstoffverlust!) reduziert wird (Teague et al. 2016; Barbour et al. 2022; Beste, Idel 2018; Grandin 2022).

Reinen Ackerbau zu betreiben, das heisst eine «Crop rotation» ohne Tiere auf die Fläche zu bringen, ist sowieso nicht zielführend, insbesondere auch in Bezug auf das Ziel nicht, Pestizid- und Herbizideinsatz sowie den Einsatz von Mineral- und Kunstdünger (Importe und hoher Energieeinsatz!) – und damit auch Stickstoff- und Phosphorverluste – zu reduzieren (Beste, Idel 2018).⁴

Das ignorierte Potenzial

Eine bemerkenswerte Studie von 2022 des britischen Sustainable Food Trust hat untersucht, ob es möglich ist, die britische Bevölkerung gleichzeitig gesund und genügend und unter der Bedingung einer 100 % nachhaltigen Landwirtschaft zu ernähren, das heisst u.a. ohne zusätzliche Lebensmittelimporte, ohne zusätzlichen Einsatz von Pestiziden und ohne zusätzlichen Düngereinsatz (Barbour et al. 2022).

Die erstaunliche Schlussfolgerung ist weniger, dass dies möglich ist, sondern dass dies nur möglich ist, wenn in etwa gleich viel Rind- und Schaffleisch produziert und konsumiert wird (und nicht weniger, wie u.a. von EAT-Lancet auf der Basis schwacher Evidenz gefordert wird (Willett et al. 2019))! Dies, weil in Zukunft

² Auch die EMPA ignoriert diese Zusammenhänge leider in ihrer neuen Studie über «[Fünf Technologien auf dem Weg zu Netto-Null](#)», die den Einsatz von Negativemissionstechnologien untersucht. Zwar nennt sie als eine der fünf Technologien die «Speicherung in Form von **Humus** im Boden und den Einsatz von Pflanzenkohle», dies aber ebenfalls nicht in Zusammenhang mit Beweidung. Die Technologieanstalt EMPA ignoriert, dass «Weide» (Wiese+Wiederkäuer) ebenfalls eine Technologie ist, bewährt seit Jahrtausenden. Beweidung ist die natürliche, kostengünstige und energetisch hocheffiziente Form von «Carbon Capture and Storage».

³ Bei Mooren geht es hauptsächlich darum, Kohlenstoff nicht zu verlieren, und weniger darum, noch mehr Kohlenstoff zu speichern. Das Potenzial der zusätzlichen Speicherung scheint begrenzt, nicht zuletzt aufgrund von Zielkonflikten (Erhalt der landwirtschaftlichen Nutzfläche). Bei der Wiedervernässung von trockengelegten Mooren ist ausserdem die – zumindest kurzfristige – Zunahme der Methanemissionen zu beachten (Couwenberg, Jurasinski 2022).

⁴ Leguminosen und andere pflanzliche Proteinquellen (Stichwort plant-based) allein werden es nicht richten. U.a. gibt es hier einen Zielkonflikt mit der Sicherung einer gesunden Ernährung, die u.a. eine genügend hohe Zufuhr von essenziellen Aminosäuren und Fettsäuren bedingt. Diesen Bedarf hauptsächlich mit pflanzlichen Proteinquellen zu decken, funktioniert in Bezug auf die gesamte Bevölkerung nicht aufgrund des Proteingehaltes per se, aber auch bez. Proteinqualität und Bioverfügbarkeit (Phillips et al. 2016; Drewnowski 2021, McAuliffe et al. 2022, Notabene Nutrition 2022, Leroy et al. 2023). Der Fettbedarf und der Bedarf an Mikronährstoffen sind dann noch gar nicht adressiert (Mayer Labba et al. 2022, van Vliet et al. 2021).

auch auf vielen zusätzlichen Flächen Wiederkäuer – im Wechsel mit Ackerbau – gehalten werden müssen, wo heute nur reiner Ackerbau betrieben wird.⁵

“Due to the importance of grazing livestock in sustainable farming systems, around the same amount of beef and lamb would be produced, while milk production would fall by about 25%, as a consequence of the move to pasture-based systems.” (Barbour et al. 2022, S. 8)

Das bedeutet auch, dass auf den Flächen, wo heute nur Futtermittel angebaut werden (und diese Flächen müssen fraglos reduziert werden (Muller et al. 2017)), diese Flächen nicht zu 100 % in Ackerflächen für die menschliche Ernährung umgewandelt, sondern eben im Wechsel mit Weidehaltung betrieben werden.

Es gibt keinen Grund anzunehmen, weshalb die Schlussfolgerungen der Studie des Sustainable Food Trust nicht auch auf die Schweiz übertragbar sein sollten. Wie die Schweiz weisen auch die britischen Inseln unterschiedliche geologische und klimatische Strukturen auf, mit fruchtbaren Ebenen einerseits und steinig, hügeligen und kargen Gebieten, wo praktisch nur Tierhaltung möglich ist, andererseits.

Gleichzeitig müssten gemäss Barbour et al. der Konsum von Geflügel- und Schweinefleisch sowie von Eiern stark reduziert werden:

“Chicken and pork production would decline by 75% and egg production by around 50% as a result of the end of intensive, grain-fed systems, a move to higher welfare, freerange methods of production, and the elimination of imported protein feeds.” (Barbour et al. 2022, S. 8)⁶

Der springende Punkt ist, dass dies nur funktioniert, wenn die Wiederkäuer vollumfänglich oder zumindest den grössten Teil auf der Weide sind resp. Gras fressen und nicht im Stall stehen und mit getreidebasiertem Kraftfutter gefüttert werden.⁷

Genau dieser enorme Unterschied in der Tierhaltung bzw. die unterschiedlichen Konsequenzen u.a. in Bezug auf die Klimawirkung und Landnutzung wird von vielen komplett ignoriert, die deshalb pauschal eine Reduktion der Tierhaltung und des Fleischkonsums fordern, so auch in viel zitierten Studien von Agroscope (u.a. Poore, Nemecek 2019). Dabei sind die deutlichen Unterschiede zwischen einer graslandbasierten und einer konventionellen Tierhaltung, und zwar zugunsten der graslandbasierten Tierhaltung, gut belegt (Sanders, Heß 2019; Hülsbergen, Rahmann 2015; Frank et al. 2019).

Nicht zwischen konventioneller Tierhaltung und grasbasierter Tierhaltung zu unterscheiden, ist nicht nur deshalb falsch und unfair.⁸

Wenn aber die graslandbasierte Tierhaltung objektiv gewürdigt und nicht einseitig auf die Klimawirkung aufgrund der Methanemissionen fokussiert wird, treten eben die vielen Vorteile zutage, die da sind:

- Förderung der Bodengesundheit,
- Förderung der Biodiversität,
- Förderung der Resilienz des Bodens resp. der Ackerkulturen gegenüber Schädlingen,
- Förderung der Klimaresilienz,

⁵ Dies kontrastiert mit einer Agroscope-Studie von 2017 mit einer ähnlichen Fragestellung in Bezug auf die Schweiz, aber deutlichen anderen Schlussfolgerungen, was den Fleischkonsum betrifft (Zimmermann et al. 2017). Auch in dieser Studie scheinen aber die Vorteile einer graslandbasierten Tierhaltung (nicht nur bez. des voralpinen und alpinen Raums bzw. in Hanglagen!) stark unterschätzt und die Klimawirkung der Tierhaltung stark überschätzt zu werden.

⁶ Dass der Konsum von Geflügelfleisch massiv reduziert werden soll, kontrastiert dabei stark mit der Forderung von EAT-Lancet, dass – wenn überhaupt noch Fleisch konsumiert werden soll – am besten Geflügelfleisch gegessen werden soll. Begründet wird dies mit gesundheitlichen Aspekten (das gemäss EAT-Lancet a priori ungesunde rote Fleisch – wofür es wenig Evidenz gibt (u.a. Leroy, Coffnas 2020; Johnston et al. 2023) und mit Umweltaspekten (behauptete tiefere GHG-Emissionen und tieferer Landverbrauch bei Wiederkäuern). Dass aber, um auf dasselbe Schlachtgewicht wie bei einem Rind zu kommen, mindestens 200 Hühner getötet werden müssen, wird ignoriert. Hingegen stellt das wissenschaftliche Gremium Ernährungszukunft Schweiz, welches leider vollkommen auf EAT-Lancet als *die* Lösung für eine nachhaltige Ernährungswirtschaft abstellt, zu recht fest, dass Geflügel- und Schweinehaltung reduziert werden müssen und die Fütterung von Geflügel und Schweinen primär mit Nebenprodukten der Lebensmittelverarbeitung erfolgen muss (Fesenfeld et al. 2023).

⁷ Die hauptsächliche Fütterung mit getreidebasiertem Kraftfutter führt beim Tier letztlich zu nichts anderem als zu dem, was beim Menschen als metabolisches Syndrom bezeichnet wird (Robert Lustig: [Cariology and Cardiology Chronic Disease and the Toxic Food Environment](#)). Dieses ist die wesentliche Ursache für ernährungsbedingte Krankheiten wie kardiovaskuläre Krankheiten oder Diabetes Typ 2. Die Gesundheit des Menschen, der Tiere und des Planeten hängen untrennbar zusammen. Deshalb sagt Robert Lustig: «Du bist nicht, was Du isst. Du bist, was man mit dem Essen tut, das Du isst». Und was wir mit dem Tier tun, das wir essen.

⁸ «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.» (Anita Idel in: Beste, Idel 2018)

- Minderung des Bodenverlustes,
- Minderung des erosionsbedingten Humusverlustes,
- Minderung der Abhängigkeit von Kunstdünger.⁹

(Barbour et al. 2022; Sanders, Heß 2019; Hülsbergen, Rahmann 2015; Beste, Idel 2018; Idel 2021; Idel 2022; Teague, Kreuter 2020).

Die behaupteten Nachteile hingegen (z.B. «Rinder sind schlechte Futtermittelverwerter», «Rinder haben einen besonders grossen Flächen- und Wasserrucksack», «grasgefütterte Rinder haben pro Kuh eine geringere Milchleistung und sind deshalb schlechter für Klima») entpuppen sich bei näherer Betrachtung als unhaltbare Mythen (Hülsbergen, Rahmann 2015; Young 2018; Beste, Idel 2018; Idel 2021; Idel 2022; Grandin 2022; Rodgers, Wolf 2020; <https://www.sacredcow.info/helpful-resources>; Bondevett 2020; Buxton Jayne 2022).

Das gilt eben auch für die Klimawirkung. Weil der reine Methanausstoss von Wiederkäuern als *der* Pferdefuss einer tierbasierten Landwirtschaft betrachtet wird und nicht das ganze System, inklusive der historischen Dimension, werden Rind, Schaf und Co. vorschnell aus der Gleichung entfernt.

So hat gemäss Anita Idel seit Ende der 1960er Jahre die Tatsache, dass man mit dem Haber-Bosch-Verfahren synthetischen Dünger in riesiger Menge zur Verfügung hatte, dazu geführt, dass man sich mehr und mehr vom Boden als *Nährboden* gedanklich abstrahiert hat (Idel 2022). Der Boden diente nunmehr nur als Platz, auf dem man Ackerkulturen anbaut. Ausserdem hatte man nun auch Pestizide und Herbizide. Wozu sich also um die Gesundheit des Bodens kümmern?

Dass das, was man anbaut, aber

- auf meterdicken Humusschichten wächst und diese dicken Schichten¹⁰ das Ergebnis ist von Millionen und Abermillionen Tieren, die während Jahrtausenden über die weiten Graslandschaften gezogen sind und diese gedüngt, genährt und zum Wachstum angeregt haben (Hristov 2012; Douglas et al. 1998; Grandin 2022; Beste, Idel 2018; Idel 2021; Idel 2022),¹¹ und dass
- diese Humusschichten nichts anderes sind als gespeicherter Kohlenstoff, und
- diese Humusschichten und damit der darin gespeicherte Kohlenstoff durch die Ackerbau-dominierte Landwirtschaft mehr und mehr verloren gehen (Teague et al. 2016; Barbour et al. 2022; Beste, Idel 2018),¹²

wird so vollkommen ignoriert. Und damit wird auch «das Potenzial zum Humusaufbau und der damit verbundenen Kohlenstoffspeicherung, das bei nachhaltigem Weidemanagement am grössten ist.», ignoriert (Idel 2021).

Dabei entlastet «Jede zusätzliche Tonne organische Bodensubstanz (Humus) (...) die Atmosphäre um ca. 1,8 Tonnen Kohlendioxid.» (Idel, 2021)

Das Ziel ist deshalb, mit den heutigen Nutztieren die Wirkung der damaligen Wildtiere zu imitieren (Douglas et al. 1998; Teague et al. 2011; Grandin et al. 2022). Durch dieses «adaptive multi-paddock (AMP) grazing» (Stanley et al. 2018) wird der Weide genügend Zeit für die Regeneration gegeben. Kritiker wenden gemäss Stanley et al. 2018 dagegen ein, dass eine Intensivierung der Fütterung den gesamten Treibhausgas-Fussabdruck von Rindfleisch durch die höhere Produktivität (gegenüber AMP) reduziert. Das aber wäre wieder eindimensional und nicht systemisch gedacht, da mit dieser Argumentation wesentliche andere Parameter ausgeblendet würden (Beste, Idel 2018; Idel 2022).

⁹ Bei einer drastischen Reduktion des Fleischkonsums wie u.a. von EAT-Lancet oder Fesenfeld et al. 2023 gefordert, die nicht nur die Umnutzung von Futtermittelackerflächen zu Ackerflächen für die direkte menschliche Ernährung, sondern auch die Umwandlung vieler Grasflächen in Ackerflächen bedingt, geht Folgendes vergessen: «Ungefähr 1,2 Prozent des weltweiten Energiebedarfs benötigt die Haber-Bosch-Synthese für die Herstellung von Ammoniak aus dem Luftstickstoff. Mehr als 90 Prozent des Energiebedarfs innerhalb der Düngemittelindustrie werden für die Produktion von mineralischem Stickstoff verbraucht. 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).» (Beste, Idel 2018). Dieser Anteil würde zwingend zunehmen, und damit würde u.a. auch die Klimabelastung zunehmen.

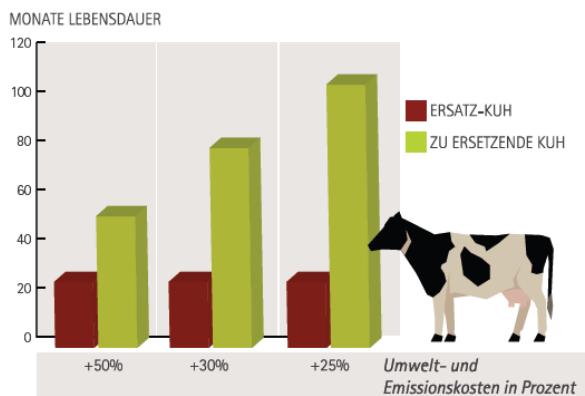
¹⁰ «Dazu zählen die Schwarzerdeböden (Tschernoseme) der Prärien in Nordamerika, der Ukraine, der Puszta in Ungarn, des Bărăgans in Rumänien, des Pannonischen Tief- und Hügellandes in Österreich, der Böden in den deutschen Tieflandsbuchten sowie Kasachstans, der Mongolei und Chinas (Mandschurei) und auch der subtropischen Pampas in Argentinien und Uruguay. Das gemeinsame Vielfache: Sie alle haben eine Genese als Steppenböden – und das bedeutet Beweidung.» (Idel 2021)

¹¹ Das gilt auch für die sog. «Kornkammern» z.B. in der Ukraine, die aktuell im Fokus stehen. Ohne Tiere keine Kornkammern. «Belebt wurden sie wie alle Böden von oben: Jahrtausende lange Beweidung förderte das ober- und unterirdische Pflanzenwachstum. Durch die Wurzelexsudate und die Verrottung der Wurzelbiomasse entstanden im Mittleren Westen sogar bis zu sechs und in der Ukraine bis zu drei Meter dicke Humusschichten.» (Idel 2021)

¹² «So haben die Böden Nordamerikas in den vergangenen 100 Jahren mehr als ein Viertel ihrer Fruchtbarkeit verloren.» (Idel 2022)

Zudem wird gemäss Anita Idel so ignoriert, dass Hochleistungsmilchkühe zwar mehr Milch geben, aber auch weniger lang leben: «Die allermeisten Fünf-Tausend-Liter-Kühe (...) 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. Je jünger die Kühe beim Verlassen des Betriebes sind, desto mehr junge Kühe müssen aufgezogen worden sein, um sie zu ersetzen (sog. hohe Remontierungsrate).» (Idel in: Beste, Idel 2018). Was nichts anderes bedeutet als dass sich die Lebenszeit der abgehenden Kuh deutlich mehr mit der Lebenszeit der Nachfolgerin überschneidet – und die Umwelt- und Emissionskosten damit **steigen**:

Langlebigkeit und niedrige Remontierungsraten schützen Klima und Umwelt

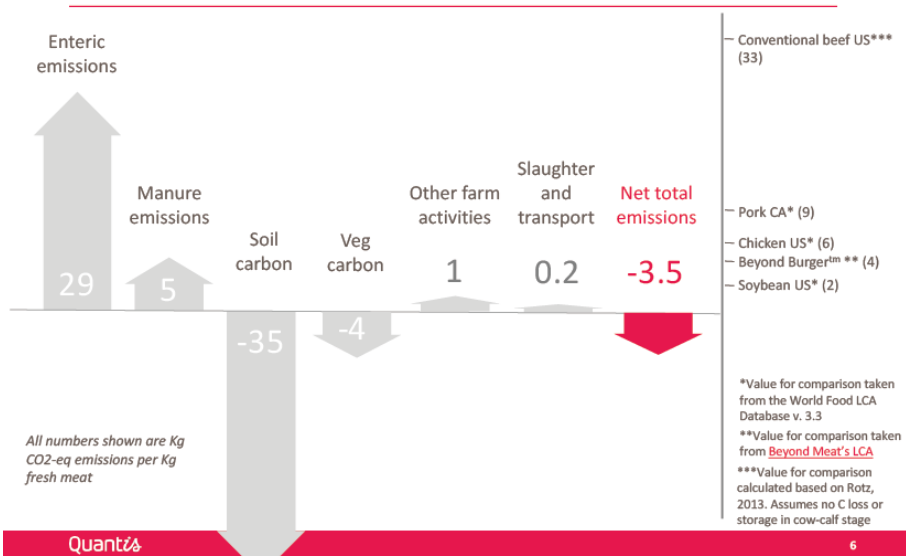


Quelle: Idel, 2013⁶⁴

(Quelle: Idel, in: Beste, Idel 2018)

Hingegen wird bei grasgefütterten Kühen – optimales Beweidungsmanagement vorausgesetzt – eine substantielle Kohlenstoffsequestrierung erreicht (Teague et al. 2016), und zwar derart, dass im besten Fall sogar eine klimapositive Wirkung erzielt wird, wie der langjährige Versuch auf White Oak Pastures in Georgia/USA gezeigt hat (Rowntree et al. 2020; Thorbecke, Dettling 2019):

Carbon footprint breakdown per kg of White Oak Pastures' beef



(aus: Thorbecke, Dettling 2019)

Dieser Versuch bestätigt die theoretischen Ergebnisse einer Übersichtsarbeit von Teague et al. von 2016. In dieser wurde für Nordamerika der GHG-Fussabdruck von grasgefütterten Wiederkäuern im Vergleich zu

Wiederkäuern untersucht, die getreidebasiert gefüttert werden. Dabei haben Teague et al. zwei Sets à fünf Szenarien durchgerechnet:

“Our first set of five scenarios compares current cropping and grazing practice GHG impacts with 50% reduction in ruminants, and different percentages of grazing land managed with conservation (adaptive multipaddock [AMP]) grazing.” (Teague et al. 2016, Hervorhebung N. Iten):

- “(1) current agriculture (und damit keine Reduktion der Anzahl Wiederkäuer);
- (2) current agriculture with 50% current ruminants;
- (3) current cropping and 25% regenerative adaptive multipaddock (AMP) conservation grazing with current numbers of ruminants;
- (4) current cropping and 50% AMP grazing with current numbers of ruminants; and
- (5) current cropping and 100% AMP grazing with current numbers of ruminants.” (Teague et al. 2016, Hervorhebung N. Iten)

“The second set of five scenarios compares current cropping and grazing practice GHG impacts with 50% reduction in ruminants and different percentages of both conservation cropping and conservation grazing management.” (Teague et al. 2016, Hervorhebung N. Iten):

- “(1) current agriculture (und damit keine Reduktion der Anzahl Wiederkäuer);
- (2) current agriculture with 50% current ruminants;
- (3) 25% conservation cropping and adaptive multipaddock (AMP) grazing with current numbers of ruminants;
- (4) 50% conservation cropping and AMP grazing with current numbers of ruminants; and
- (5) 100% conservation cropping and AMP grazing with current numbers of ruminants.” (Teague et al. 2016, Hervorhebung N. Iten)

Mit «conservation cropping» ist dabei u.a. pflugloser Ackerbau und Crop rotation mit minimalem Einsatz von anorganischem Dünger gemeint.

(N.b.: Szenarien 1 und 2 sind bei beiden Szenariensets dieselben).

Was EAT-Lancet und andere fordern, dürfte in etwa einer Mischung von Szenario 2 aus Set 1 und Szenario 4 aus Set 2 entsprechen, also eine Halbierung des Tierbestands und 50 % conservation cropping.

Figure 1 zeigt die Resultate von Set 1 und Figure 2 die Resultate von Set 2 (aus Teague et al. 2016):

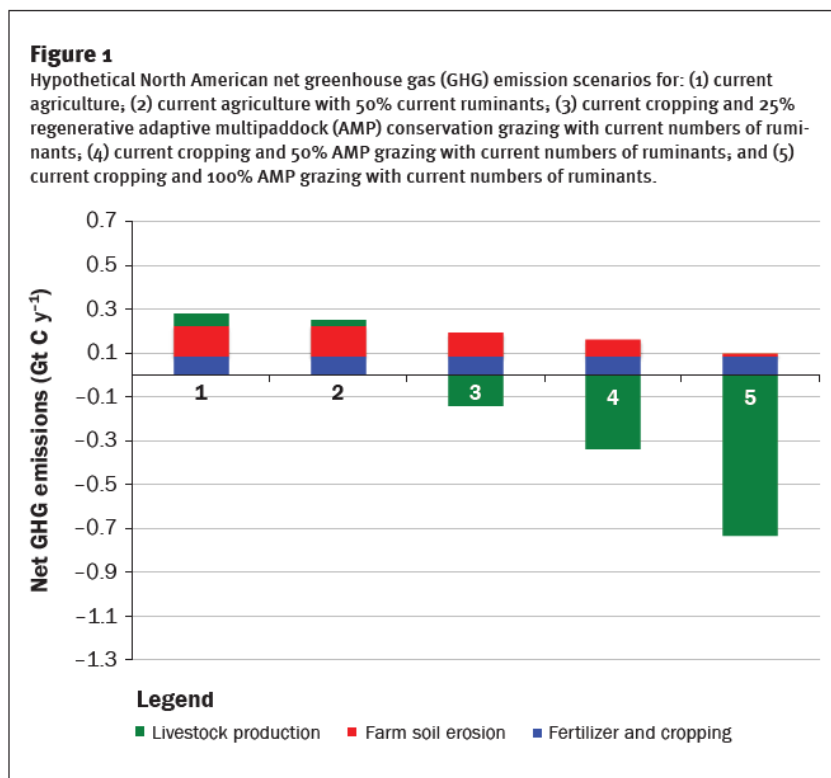
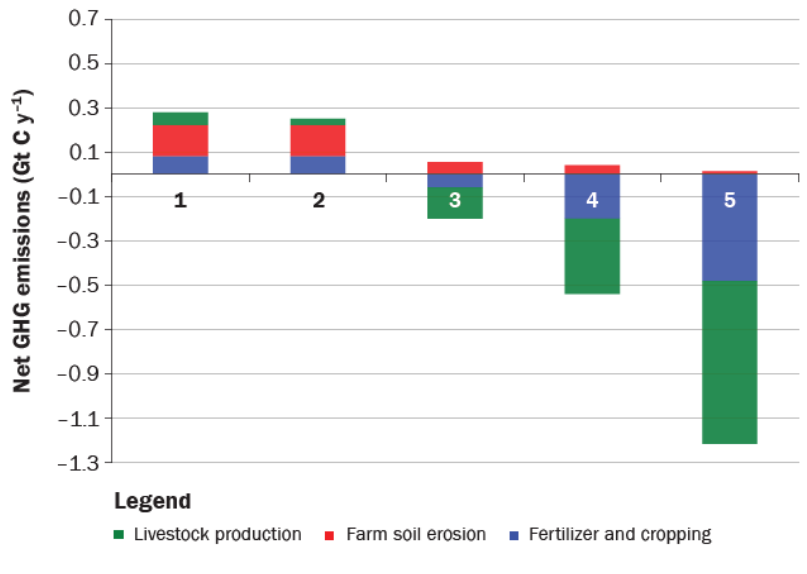


Figure 2

Hypothetical North American net greenhouse gas (GHG) emission scenarios for: (1) current agriculture, (2) current agriculture with 50% current ruminants, (3) 25% conservation cropping and adaptive multipaddock (AMP) grazing with current numbers of ruminants, (4) 50% conservation cropping and AMP grazing with current numbers of ruminants, and (5) 100% conservation cropping and AMP grazing with current numbers of ruminants.



Die erstaunlichen Erkenntnisse:

- Eine Halbierung des Tierbestandes (Szenario 2) führt zu keinem nennenswerten Rückgang der Treibhausgasemissionen;
- Selbst 25 % AMP (Szenarien 3) führt trotz gleich bleibender Tierzahl (!) zu einer stärkeren Reduktion der Treibhausgasemissionen als eine Halbierung der Tierzahl¹³;
- Bereits ab je 25 % conservation cropping und AMP resultiert eine klimapositive Wirkung (Szenario 3 Set 2);
- 50 % AMP (Szenario 4 Set 1) führt zu einer höheren klimapositiven Wirkung als 25 % AMP und 25 % conservation cropping (Szenario 3 Set 2), und dies n.b. bei gleich hoch bleibender Tierzahl.

Damit wird die Bedeutung eines nachhaltigen Weidemanagements eindrücklich demonstriert – und gleichzeitig das Argument ad absurdum geführt, dass nur eine drastische Reduktion des Wiederkäuerbestands (wie u.a. von EAT-Lancet oder vom wissenschaftlichen Gremium Ernährungszukunft Schweiz (Fesenfeld et al. 2023) gefordert) zu einer nachhaltigen Landwirtschaft führen kann.

Deshalb ist die Behauptung des Berichts zu hinterfragen, wonach «das Potenzial zur CO₂-Sequestrierung in landwirtschaftlich genutzten mineralischen Böden, Ackerböden oder Dauerwiesen (...) nicht bekannt» sei.

“Not all methane is created equal”¹⁴

Die Ignorierung dieser Tatsachen scheint vor allem mit einem falschen Verständnis der Wirkung des Methanausstosses von Wiederkäuern zusammenzuhängen und auch hier wieder auf der Missachtung des Unterschieds zwischen graslandbasierter und kraftfutterbasierter Tierhaltung.

Paradoxerweise wird bei Wiederkäuern das Methan als Problem angesehen, bei Mooren, die riesige Mengen Methan freisetzen, aber nicht. Bei Mooren wird richtig erkannt, dass deren Methanfreisetzung aufgrund des hohen Alters der Moore nicht (mehr) zur Erwärmung beiträgt (Couwenberg, Jurasinski 2022); das System ist längst im Gleichgewicht. Nur: Für weidende Wiederkäuer gilt – unter der Annahme einer stabilen

¹³ “It is important to note that anthropogenic sources of GHG emissions from intensive crop production are independent from ruminants and would be produced even if ruminant numbers were reduced because food from nonruminant sources would be needed to compensate for the diminished ruminant product supplies.” (Teague et al. 2016)

¹⁴ CLEAR Center UC Davis

Herdgrösse – genau das Gleiche. Die geschätzt 30 bis 75 Millionen Bisons, die bis ins 19. Jahrhundert hinein die Prärien Nordamerikas bis zum Horizont schwarz färbten, trugen nicht zur Klimaerwärmung bei, denn das System war längst im Gleichgewicht (Hristov 2012). Wieso? Weil das von diesen Wiederkäuern emittierte Methan – anders als bei freigesetztem fossilem Methan – Teil eines geschlossenen Kohlenstoffkreislaufs ist, dessen Zyklus ungefähr 12-15 Jahren entspricht (entsprechend der Lebensdauer von Methan in der Atmosphäre, bevor es zu CO₂ umgewandelt wird).¹⁵ (Werth 2020).

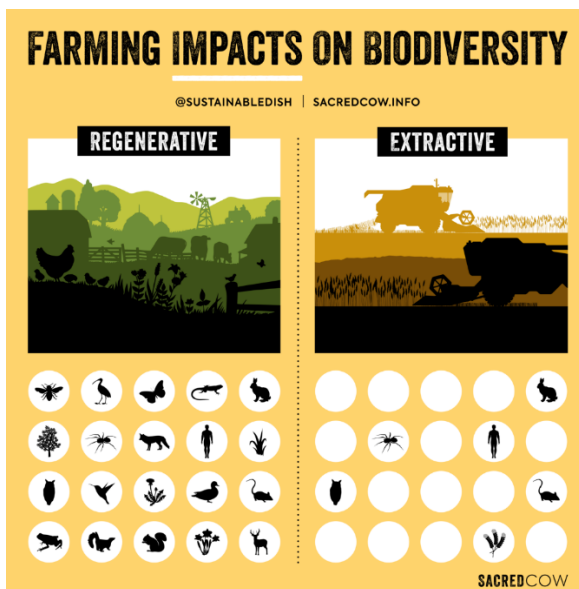
Das Methan von Wiederkäuern, ein «Flow gas», darf deshalb nicht mit fossilem Methan oder CO₂ («Stock gas») gleichgesetzt werden (CLEAR Center 2020; Fairlie 2019). Die Rolle des Methans von Wiederkäuern wird deshalb – auch wegen der Ignorierung der historischen Zusammenhänge (Smith et al. 2016) – massiv überschätzt, mit allen negativen Konsequenzen. Nicht das Methan der Wiederkäuer ist das Problem, sondern freigesetztes fossiles Methan (Rodgers 2021). Dieses ist der ignorierte «elephant in the room». Kommt hinzu, dass die Methan-Emissionen von fossilen Energiequellen drastisch unterschätzt und diejenige u.a. von Wiederkäuern stark überschätzt werden, wie eine Studie von 2016 zeigt (Schwietzke et al. 2016).

Wegen all dieser Missverständnisse und Fehlinterpretationen wird missachtet, dass selbst die theoretische Reduktion der Tierbestände auf Null nur zu einem sehr bescheidenen Rückgang der gesamten GHG-Emissionen führen würde. Für die USA wurde eine Gesamtreduktion von gerade einmal 2.6 % errechnet (White, Hall 2017).

Deshalb sagt Anita Idel zu recht: «Nicht Rinder als solche verursachen Klimaprobleme, sondern die energieaufwändige industrialisierte Landwirtschaft mit intensivem Kraftfutteranbau in Monokulturen – häufig genügt mit synthetischen Stickstoffverbindungen.» (in: Beste, Idel 2018).

Und daher der Titel des lesenswerten Buchs von Anita Idel: «Die Kuh ist kein Klima-Killer» (Idel, Anita 2022).

Damit widerlegt Anita Idel fundiert die einseitige, reduktionistische Betrachtungsweise der EAT-Lancet-Kommission (Willett et al. 2019), welche die Lösung allein in einer signifikanten Reduktion des Konsums tierischer Lebensmittel sieht anstatt eine gesamtheitliche Betrachtung der diversen Landwirtschaftssysteme vorzunehmen. Dann würde erkennbar, dass nicht das Tier in der Landwirtschaft per se resp. der – behauptet zu hohe – Konsum tierischer Lebensmittel das Problem ist, sondern die industrielle Landwirtschaft. Die Infografik des Sacred-Cow-Teams stellt dies wunderbar dar:



Quelle: <https://www.sacredcow.info/>

¹⁵ U.a. deshalb ist die noch heute gängige Umrechnung von Methan in CO₂-Äquivalente basierend auf der GWP100-Methode fragwürdig (Frame et al. 2018; Cain et al. 2019; CLEAR Center at UC Davis 2023).

Schlussfolgerung und Forderungen

Der Bericht «Kohlenstoffsequestrierung in Böden» ignoriert zu Unrecht das Potenzial nachhaltiger Beweidung, Kohlenstoff langfristig zu sequestrieren. Es ist eine grosse Schwäche des Berichts, dass dieses Potenzial nicht einmal untersucht wird. Wie oben gezeigt, ist dieses Potenzial aber als substanziell anzusehen, sowohl absolut als auch im Vergleich zum Potenzial der Wälder und Moore.

Gleichzeitig betont der Bericht, dass «etwa 7 Mt CO₂-eq an schwer vermeidbaren Emissionen (vor allem aus der Tierhaltung und aus industriellen Prozessen) jährlich durch NET auszugleichen [sind], um das angestrebte Netto-Null-Emissionsziel zu erreichen.» (S. 26). Erneut wird das Tier als reiner Verursacher und nicht als Teil der Lösung angesehen.

Diese ausschliessende und einseitige – weil monothematische – Sichtweise ist aber sehr problematisch. Die Fragestellung definiert die Antwort. Die relevante Frage ist – in Bezug auf die Landwirtschaft und biologische Systeme im Allgemeinen – nicht, wie viel Kohlenstoff mit welcher Methode im Boden gespeichert werden kann. Die relevante Frage sollte – in Bezug auf das Ernährungssystem Schweiz – sein:

Welche Art von Landwirtschaft kann die Menschen in der Schweiz unter Einhaltung folgender Bedingungen nachhaltig ernähren?

- Genügende Nährstoffzufuhr, insb. bez. Protein und Fett und insb. unter Berücksichtigung der älter werdenden Bevölkerung¹⁶;
- Bodengesundheit und –fruchtbarkeit müssen erhalten bzw. verbessert werden;
- die Biodiversität muss erhalten bzw. verbessert werden;
- die Wasserqualität muss erhalten bzw. verbessert werden;
- keine zusätzlichen Importe, die den ökologischen Fussabdruck vergrössern (bezogen auf u.a. Lebensmittel, Dünger, Pestizide etc.);
- die Treibhausgasemissionen müssen netto auf Null sinken (nicht bezogen auf die Landwirtschaft, sondern generell) bzw. wird im besten Fall eine klimapositive Wirkung erzielt;
- Tiere müssen artgerecht gehalten und gefüttert werden.

Das wäre eine Fragestellung, wie sie der vorerwähnte Sustainable Food Trust aufgestellt hat und die berücksichtigt, dass man aufgrund der komplexen Interdependenzen immer das Gesamtsystem betrachten muss (und nicht z.B. pauschal à la EAT-Lancet den Fleischkonsum an den Pranger stellen¹⁷). Siehe Richard Young vom Sustainable Food Trust: [Claims against meat fail to consider bigger picture](#); Young 2018).

Die Faktenlage scheint dann mehr als klar. Wer

- die Bodengesundheit erhalten,
- den Humusabbau reduzieren bzw. Humusaufbau (und damit Kohlenstoff im Boden speichern) fördern,
- die Biodiversität erhalten und
- der Klimakrise begegnen

will und dabei das Tier aus der Gleichung herausnimmt, wird grandios scheitern. Denn es ist gerade die Symbiose von Tier und Gras (und eben nicht Dauerwiese allein), welches gleichzeitig für Bodengesundheit, Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität sorgt (Teague et al. 2016). Oder wie es Zoë Harcombe ausdrückt: «The only foods that give back to the planet are ruminants. All others take nutrients from the land.» (Harcombe 2022)

Es ist Zeit, die eindimensionale Sichtweise von der tierbasierten Landwirtschaft als Wurzel allen Übels zu korrigieren und Landwirtschaft als Gesamtsystem zu betrachten, in welchem die einzelnen Systemparameter nahtlos ineinandergreifen und einander bedingen¹⁸ und die «Trennung von Ackerbau und Tierhaltung überwunden» wird¹⁹. Oder wie es Urs Niggli, ehemaliger FiBL-Direktor, in Bezug auf eine nachhaltige Landwirtschaft ausdrückt: «Da steht die Kuh immer mit einer ihrer vier Klauen im Ackerbau.» (zitiert in: Idel, 2022).

¹⁶ Dabei ist zu berücksichtigen, dass die offiziellen Empfehlungen für den Proteinbedarf insb. der älteren Bevölkerungsgruppen, aber nicht nur, nach wie vor zu tief sind (Phillips et al. 2016). Reduziert man den Tierbestand zu stark, wird ein «Protein-Gap» resultieren, der durch pflanzenbasierte Proteine kaum zu schliessen ist, ohne dass dadurch zusätzliche negative Effekte entstehen (Leroy et al. 2023; Beal et al. 2023).

¹⁷ Dass EAT-Lancet ignoriert, dass ihre Ernährungsempfehlungen paradoxerweise stark nährstoffdefizitär sind, ist wohl eben genau Resultat dieser einseitigen Sichtweise (siehe u.a. Beal et al. 2023).

¹⁸ «Nur nachhaltige Kreislaufwirtschaft kann Netto-CO₂-Speicherüberschüsse generieren. Aber (Agrar-)Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit konzentrieren sich auf *Emissionen* und ignorieren den Kohlenstoff*kreislauf* weitgehend.» (Idel, 2022)

¹⁹ Karl Schweisfurth, Herrmannsdorfer Landwerkstätten, in: Idel, 2022

Dann wird die Erkenntnis reifen: Nicht die Kuh ist der Klima-Killer, sondern die industrielle Landwirtschaft.

Aber wir brauchen die Wiederkäuer auf der Weide und nicht im Stall, vollgestopft mit Kraftfutter. Dann wird die Kuh mit einem schönen Bild von Anita Idel zum «globalen Landschaftsgärtner» (Idel, 2022) – und zur Klima-Retterin.



Weidende Kühe: Carbon Capture and Storage

(Quelle: <https://www.oekolandbau.nrw.de>. Foto: Anne Verhoeven, LWK NRW)

Deklaration der Interessenskonflikte:

Keine

Quellen

- Barbour, Holden, Fredenburgh. Feeding Britain from the Ground Up. Sustainable Food Trust. 2022
- Beal, Ty & Gardner, Christopher & Herrero, Mario & Iannotti, Lora & Merbold, Lutz & Nordhagen, Stella & Mottet, Anne. (2023). Friend or Foe? The Role of Animal-Source Foods in Healthy and Environmentally Sustainable Diets. *The Journal of Nutrition*. 10.1016/j.tjnut.2022.10.016.
- Beal T, Ortenzi F, Fanzo J. Estimated micronutrient shortfalls of the EAT-Lancet planetary health diet. *Lancet Planet Health*. 2023 Mar;7(3):e233-e237. doi: 10.1016/S2542-5196(23)00006-2. PMID: 36889864.
- Beste, Andrea; Idel, Anita. Vom Mythos der klimasmarten Landwirtschaft – oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist. 2018
- Bondevett. [What is the real carbon footprint of foods?](#) 2020 (Letzter Zugriff 12.5.23)
- Buxton Jayne: *The Great Plant-Based Con: Why eating a plants-only diet won't improve your health or save the planet*. Little, Brown and Company/Piatkus. 2022
- Cain, M., Lynch, J., Allen, M.R. et al. Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *npj Clim Atmos Sci* 2, 29 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4>
- CLEAR Center at UC Davis: [Greenhouse gas emissions: What is the difference between stock and flow gases?](#) 2020 (Letzter Zugriff 12.5.23)
- CLEAR Center at UC Davis: [GWP* More Useful in Measuring Warming Cause by Livestock Methane Emissions](#). 2023 (Letzter Zugriff 12.5.23)
- Couwenberg John, Jurasinski Gerald. [Faktenpapier: Die Rolle von Methan bei Moor-Wiedervernässung](#). 2022. <https://greifswald-moor.de> (letzter Zugriff: 12.5.2022)
- Drewnowski A. Adjusting for protein quality by food source may affect nutrient density metrics. *Nutr Rev*. 2021 Sep 7;79(10):1134-1144. doi: 10.1093/nutrit/nuaa117. PMID: 33331638.
- Douglas A. Frank, Samuel J. McNaughton, Benjamin F. Tracy, *The Ecology of the Earth's Grazing Ecosystems: Profound functional similarities exist between the Serengeti and Yellowstone*, *BioScience*, Volume 48, Issue 7, July 1998, Pages 513–521, <https://doi.org/10.2307/1313313>
- Fairlie, Simon: [A Convenient Untruth](#). Resilience. 2019 (Letzter Zugriff 12.5.23)
- Fesenfeld et al. 2023. Wege in die Ernährungszukunft der Schweiz: Leitfaden zu den grössten Hebeln und politischen Pfaden für ein nachhaltiges Ernährungssystem. SDSN Schweiz – <https://doi.org/10.5281/zenodo.7543576>
- Frame, D., Macey, A.H., & Allen, M. (2018). [Why methane should be treated differently compared to long-lived greenhouse gases](#). *The Conversation* (Letzter Zugriff 12.5.23)
- Frank, Helmut/Schmid, Harald/Hülsbergen, Kurt-Jürgen (2019): Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. In: *Landbauforschung: Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems* 69, S. 37–46.
- Grandin T. Grazing Cattle, Sheep, and Goats Are Important Parts of a Sustainable Agricultural Future. *Animals (Basel)*. 2022 Aug 16;12(16):2092. doi: 10.3390/ani12162092. PMID: 36009682; PMCID: PMC9404863.
- Harcombe Zoë. [Estimating the environmental impacts of 57,000 'foods'](#). 17.10.22 (Letzter Zugriff 15.5.23)
- Hülsbergen H-J, Rahmann G (eds) (2015) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, *Thünen Rep* 29, doi:10.3220/REP_29_2015
- Hristov AN. Historic, pre-European settlement, and present-day contribution of wild ruminants to enteric methane emissions in the United States. *J Anim Sci*. 2012 Apr;90(4):1371-5. doi: 10.2527/jas.2011-4539. Epub 2011 Dec 16. PMID: 22178852.
- Idel, Anita. (2021). *Agrarökologische Aspekte – zum Wert nachhaltiger Beweidung*. 10.5771/9783748907084-293.
- Idel, Anita (2022): *Die Kuh ist kein Klima-Killer! Wie die Agrarindustrie die Erde verwüstet und was wir dagegen tun können*. Verlag Metropolis. ISBN 978-3-7316-1513-2.
- Johnston, Bradley; Stefaan De Smet, Frédéric Leroy, Andrew Mente, Alice Stanton, Non-communicable disease risk associated with red and processed meat consumption—magnitude, certainty, and contextuality of risk?, *Animal Frontiers*, Volume 13, Issue 2, April 2023, Pages 19–27, <https://doi.org/10.1093/af/vfac095>
- Leroy Frédéric & Cofnas Nathan (2020) Should dietary guidelines recommend low red meat intake?, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60:16, 2763-2772, DOI: 10.1080/10408398.2019.1657063
- Leroy Frédéric, Nick W Smith, Adegbola T Adesogan, Ty Beal, Lora Iannotti, Paul J Moughan, Neil Mann, The role of meat in the human diet: evolutionary aspects and nutritional value, *Animal Frontiers*, Volume 13, Issue 2, April 2023, Pages 11–18, <https://doi.org/10.1093/af/vfac093>
- Mayer Labba IC, Steinhausen H, Almius L, Bach Knudsen KE, Sandberg AS. Nutritional Composition and Estimated Iron and Zinc Bioavailability of Meat Substitutes Available on the Swedish Market. *Nutrients*. 2022 Sep 21;14(19):3903. doi: 10.3390/nu14193903. PMID: 36235566; PMCID: PMC9571894

McAuliffe, G.A., Takahashi, T., Beal, T. et al. Protein quality as a complementary functional unit in life cycle assessment (LCA). *Int J Life Cycle Assess* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02123-z>

Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N. et al. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat Commun* 8, 1290 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>

Notabene Nutrition: [Pflanzliche Proteine: Sind sie gleichwertig?](#) 3.5.22

Phillips SM, Chevalier S, Leidy HJ. Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016 May;41(5):565-72. doi: 10.1139/apnm-2015-0550. Epub 2016 Feb 9. Erratum in: *Appl Physiol Nutr Metab*. 2022 May;47(5):615. PMID: 26960445.

Poore J, Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 2018 Jun 1;360(6392):987-992. doi: 10.1126/science.aag0216. Erratum in: *Science*. 2019 Feb 22;363(6429): PMID: 29853680.

Rodgers, Diana: [Are Cow Farts Destroying the Planet?](#) 2021

Rodgers Diana, Wolf Robb: *Sacred Cow: The Case for (Better) Meat: Why Well-Raised Meat Is Good for You and Good for the Planet*. BenBella Books.2020

Rowntree JE, Stanley PL, Maciel ICF, Thorbecke M, Rosenzweig ST, Hancock DW, Guzman A and Raven MR (2020) Ecosystem Impacts and Productive Capacity of a Multi-Species Pastured Livestock System. *Front. Sustain. Food Syst*. 4:544984. doi: 10.3389/fsufs.2020.544984

Sanders J, Heß J (eds) (2019) *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft*. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1576488624000

Schwietzke, S., Sherwood, O., Bruhwiler, L. et al. Upward revision of global fossil fuel methane emissions based on isotope database. *Nature* 538, 88–91 (2016). <https://doi.org/10.1038/nature19797>.

Smith FA, Hammond JI, Balk MA, Elliott SM, Lyons SK, Pardi MI, Tomé CP, Wagner PJ, Westover ML. Exploring the influence of ancient and historic megaherbivore extirpations on the global methane budget. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 Jan 26;113(4):874-9. doi: 10.1073/pnas.1502547112. Epub 2015 Oct 26. PMID: 26504225; PMCID: PMC4743800.

Stanley, Paige & Rowntree, Jason. (2018). Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agricultural Systems*. 162. 10.1016/j.agsy.2018.02.003.

Teague, R.; Kreuter, U. Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Front. Sustain. Food Sci*. 2020, 157.

Teague, W.R., S.L. Dowhower, S.A. Baker, N. Haile, P.B. DeLaune, and D.M. Conover. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture Ecosystems and Environment* 141:310-22

Teague W.R., S. Apfelbaum, R. Lal, U.P. Kreuter, J. Rowntree, C.A. Davies, R. Conser, M. Rasmussen, J. Hatfield, T. Wang, F. Wang, P. Byck. The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America. *Journal of Soil and Water Conservation* Mar 2016, 71 (2) 156-164; DOI: 10.2489/jswc.71.2.156

Thorbecke Mariko, Dettling Jon: [Carbon footprint evaluation of regenerative grazing at White Oak Pastures](#).2019

van Vliet, S., Bain, J.R., Muehlbauer, M.J. et al. A metabolomics comparison of plant-based meat and grass-fed meat indicates large nutritional differences despite comparable Nutrition Facts panels. *Sci Rep* 11, 13828 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93100-3>

Werth Samantha: [The Biogenic Carbon Cycle and Cattle](#). CLEAR Center UC Davis.2020 (Letzter Zugriff 12.5.23)

White, R and Hall, MB. Nutritional and greenhouse gas impacts of removing animals from US agriculture. *PNAS* Nov 28, 2017 114(48) E10301-E10308. <https://www.pnas.org/content/114/48/E10301>

Willett W, Rockström J, et. al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*. 2019 Feb 2;393(10170):447-492. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4. Epub 2019 Jan 16. Erratum in: *Lancet*. 2019 Feb 9;393(10171):530. Erratum in: *Lancet*. 2019 Jun 29;393(10191):2590. Erratum in: *Lancet*. 2020 Feb 1;395(10221):338. Erratum in: *Lancet*. 2020 Oct 3;396(10256):e56. PMID: 30660336.

Young Richard: [Claims against meat fail to consider bigger picture](#). 2018 (Letzter Zugriff 15.5.23)

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