

# Warum Klimaneutralität und Wiederkäuerhaltung kein Widerspruch ist

## *Climate neutrality does not contradict ruminants*

Wilhelm Windisch<sup>1\*</sup>

### Zusammenfassung

Im Gegensatz zur weitverbreiteten öffentlichen Meinung sind Wiederkäuer ein unverzichtbares Instrument der Landwirtschaft zur klimaneutralen Erzeugung von Lebensmitteln. Voraussetzung für diese Funktion ist die Begrenzung der Futtergrundlage auf die unvermeidlich anfallende, nicht-essbare Biomasse aus absolutem Grasland, der Erzeugung von Ernteprodukten pflanzlicher Herkunft und ihrer anschließenden Verarbeitung zu Lebensmitteln bzw. Industriegütern (z.B. Biotreibstoffe). Über diesen Weg der Verwertung von Biomasse erzeugen Wiederkäuer hochwertige Lebensmittel in einem Umfang, der der Produktion an veganen Nahrungsmitteln nahekommt, und zwar ohne Nahrungskonkurrenz zum Menschen und ohne zusätzlichen Verbrauch an Ressourcen sowie ohne zusätzliche Emissionen. Die Methanbürde von Milch und Fleisch in Bezug auf das Klima wird dadurch bei weitem kompensiert. Die Optimierung der Futtereffizienz des gesamten Haltungssystems der Wiederkäuer trägt zur weiteren Drosselung der Emissionen aus der Nutztierhaltung bei und mildert den Rückgang der Produktionsmengen an Milch und Fleisch, die durch den Verzicht auf Nahrungskonkurrenz zum Menschen entsteht. Wiederkäuer fördern darüber hinaus die Rolle von absolutem Grünland und von Klee gras etc. im Zuge der Ackerfruchtfolge als klimaneutrale Biomassequellen bzw. als Kohlenstoffsenken.

Schlagwörter: Klima, Wiederkäuer, nicht-essbare Biomasse, Nutztiere

### Summary

In contrast to the widespread public believe, ruminants play an indispensable role to agricultural production of human food in a climate-neutral way. Precondition for this function is limitation of the feed basis to non-edible biomass emerging inevitably from absolute grassland, production of plant-based harvests, and their subsequent processing to vegan foods as well as to industry products (e.g., bio-fuels). Along this way of utilizing biomass, ruminants generate high-quality food at amounts comparable with the production of vegan food, completely without food competition to humans, without additional consumption of resources, and without additional emissions. This compensates by far the climate burden of milk and meat caused by ruminant methane production. Optimizing the feed efficiency of the entire ruminant production system further reduces emissions and mitigates the losses in milk and meat production quantities which arise from abdication of food competition to humans. In addition, ruminants support the role of grassland and of clover-grass etc. grown on arable land along with crop rotation systems in their role as climate-friendly sources of biomass, and of a carbon sink, respectively.

Keywords: Climate, ruminants, non-edible biomass, livestock

<sup>1</sup> Technische Universität München, Lehrstuhl für Tierernährung, Liesel-Beckmann-Straße 2, D-85354 Freising

\* Ansprechpartner: Prof. Dr. Wilhelm Windisch, email: wilhelm.windisch@tum.de

## Einleitung

In der öffentlichen Diskussion werden Nutztiere oftmals mit einem massiven Verbrauch an Ressourcen (Land, Wasser, Nahrung) und einer signifikanten Belastung von Umwelt und Klima durch hohe Emissionen (v.a. Stickstoff, Methan) in Verbindung gebracht. Dieser Vorwurf betrifft insbesondere die Wiederkäuer, die zur Erzeugung von Lebensmitteln im Vergleich zu Schweinen und Geflügel relativ große Futtermengen konsumieren, für deren Bereitstellung mehr Nutzfläche benötigt wird. Darüber hinaus setzen Wiederkäuer im Zuge der Verdauung ihres Futters das Treibhausgas Methan frei. In der Tat haben sich Nutztiere weltweit zu bedeutsamen Nahrungskonkurrenten des Menschen entwickelt. So werden etwa ein Drittel der globalen Ernte an Getreide und Mais und über drei Viertel der Produktion von Soja an Nutztiere verfüttert. Diese Umwidmung von essbaren Ernteprodukten des Ackerbaus gewinnt durch den anhaltenden Zuwachs der Weltbevölkerung und den gleichzeitig fortschreitenden Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche aufgrund von Siedlungstätigkeit, Erosion etc. noch weiter an Brisanz. Die zunehmende Limitierung der pro Erdenbürger verfügbaren Nutzfläche wird vielfach als eine der bedeutendsten Bedrohungen der Menschheit neben der Klimakrise angesehen. Vor diesem Hintergrund erscheint die Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft immer problematischer zu werden, insbesondere über Wiederkäuer. Im Folgenden soll dargelegt werden, dass genau das Gegenteil zutrifft: Nutztiere und allem voran die Wiederkäuer sind für eine klimaschonende Landwirtschaft unverzichtbar. Entscheidend ist hierbei der verantwortungsvolle Umgang mit der landwirtschaftlichen Biomasse im Sinne der Kreislaufwirtschaft in einer standortgerechten Landwirtschaft. Weitere Erläuterungen und ein ausführliches Literaturverzeichnis findet sich in WINDISCH und FLACHOWSKY (2020).

## Die Landwirtschaft generiert überwiegend nicht-essbare Biomasse

Ein erheblicher Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche besteht aus absolutem Grasland, welches aufgrund klimatischer und topographischer Gegebenheiten (z.B. Hangneigung) für die Ackernutzung ausgeschlossen ist. Weltweit sind es drei Viertel der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, in Mitteleuropa etwa ein Drittel. Unter unseren lokalen Bedingungen (relativ hohe Niederschläge) kommt Grasland in der Produktivität an Biomasse durchaus in die Nähe von Ackerland. Aber auch Ackerflächen generieren erhebliche Mengen an nicht-essbarer Biomasse. „Essbare“ Pflanzenkulturen (z.B. Weizen) liefern nicht nur das eigentliche Ernteprodukt (z.B. Weizenkörner), sondern in ähnlichem Umfang auch nicht-essbare Koppelprodukte (z.B. Stroh). Darüber hinaus enthält die Fruchtfolge der Ackernutzung häufig nicht-essbare Zwischenkulturen wie etwa Klee gras und Luzerne. Solche Zwischenkulturen dürften künftig stark an Bedeutung gewinnen, denn sie erhalten die Bodenfruchtbarkeit, stellen für die Landwirtschaft bedeutsame Kohlenstoffsenken dar und helfen darüber hinaus bei der Einsparung von mineralischem Stickstoffdünger, dessen Herstellung mit einem enormen Aufwand an (fossiler) Energie und demzufolge mit negativen Klimawirkungen assoziiert ist. Diese nicht-essbaren Zwischenkulturen erzeugen Biomasse in einem Umfang, der mit „essbaren“ Ackerkulturen durchaus vergleichbar ist. Darüber hinaus sind auch die pflanzlichen Ernteprodukte selbst (z.B. Getreide, Mais, Ölsaaten, Zuckerrüben) bedeutsame Quellen von nicht-essbarer Biomasse, die bei der Weiterverarbeitung zu den eigentlichen Lebensmitteln bzw. Industriegütern anfällt (z.B. Kleie, Schlempe/Treber, Extraktionsschrot, Trockenschnitzel). Das Verhältnis zwischen essbarer und nicht-essbarer Biomasse variiert zwischen 3:1 (z.B. Mehl zu Kleie) bis 1:2 (z.B. Rapsöl zu Rapsextraktionsschrot). Diese sogenannten Nebenprodukte haben oftmals einen hervorragenden Futterwert und stellen insbesondere in der Fütterung von Wiederkäuern die Hauptbestandteile des „Kraftfutters“ dar. Der agrarische Stoffkreislauf ist somit keinesfalls auf den landwirtschaftlichen Betrieb begrenzt, sondern umspannt ein

komplexes Netzwerk mit (über)regionalen Ausmaßen. Insgesamt stehen hinter jedem Kilogramm Lebensmittel pflanzlicher Herkunft, das im Handel angeboten wird, mindestens 4 kg nicht-essbare Biomasse, die im Zuge der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und der industriellen Weiterverarbeitung der Ernteprodukte anfallen.

## Die Verwertung der nicht-essbaren Biomasse durch Nutztiere ist eine win-win-Situation

Die nicht-essbare Biomasse aus der Landwirtschaft enthält enorme Mengen an Pflanzennährstoffen (Stickstoff (N), Phosphor (P), etc.), die in den landwirtschaftlichen Kreislauf zurückgeführt werden müssen. Sehr bedeutsam sind in diesem Zusammenhang die Nebenprodukte der Weiterverarbeitung pflanzlicher Erntegüter zu Lebensmitteln bzw. Industrieprodukten. So gelangen etwa drei Viertel des P-Entzugs durch die Getreidernte in die Kleie. Bei der Herstellung von Speiseöl, Zucker, Stärke und Biotreibstoffen landet der Ernteentzug an N und P sogar vollständig in den Nebenprodukten. Auch hier wird offensichtlich, dass der agrarische Stoffkreislauf ein (über)regionales Netzwerk darstellt und sich weit über die Grenzen des einzelnen landwirtschaftlichen Betriebs hinaus erstreckt.

Die in der nicht-essbaren Biomasse fixierten Pflanzennährstoffe müssen rezykliert und den pflanzlichen Folgekulturen wieder zur Verfügung gestellt werden. Dies lässt sich auf drei Wegen realisieren:

1. Auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche verrotten lassen.
2. Vergärung in Biogasanlagen und Nutzung der Gärreste als Dünger.
3. Verfütterung an landwirtschaftliche Nutztiere und Nutzung der Wirtschaftsdünger.

Diese Szenarien waren Gegenstand einer neueren Untersuchung unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus über die gesamte Fruchtfolge hinweg (BRYZINSKI 2020). Daraus geht hervor, dass sich die Szenarien (2) und (3) aus dem Blickwinkel des Pflanzenbaus als gleichwertig erwiesen und dem Szenario (1) deutlich überlegen sind. Sie generieren jeweils einen lagerbaren organischen Dünger, der im Gegensatz zum bloßen Verrotten der Biomasse die Möglichkeit bietet, Pflanzennährstoffe synchron zum Bedarf der Kulturpflanzen gezielt auszubringen. Dies verbessert signifikant die N-Effizienz, reduziert die N-Emissionen und verdoppelt die Produktivität an Getreideeinheiten pro Hektar und Jahr im Vergleich zum Szenario (1). Dieses Beispiel zeigt eindrücklich die enorme Bedeutung der Verwertung der nicht-essbaren Biomasse in Rahmen eines effizienten Düngermanagements. Im Gegensatz zu Strategie (2) erzeugt die Verfütterung der nicht-essbaren Biomasse an Nutztiere jedoch nicht nur einen lagerbaren organischen Dünger, sondern ohne jegliche Nahrungskonkurrenz zum Menschen darüber hinaus auch noch höchstwertige Lebensmittel (win-win-Situation). In dieser synergistischen Kopplung von Pflanzenproduktion und Nutztierhaltung erreicht die Summe der pro Hektar und Jahr generierbaren Lebensmittel (vegan + tierisch) ein Maximum.

Der Zugewinn an menschlicher Nahrung über den Weg der Verfütterung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse an Nutztiere ist sehr bedeutsam. Unterstellt man eine Verwertung über Milchkühe, entsprechen die 4 kg nicht-essbare Biomasse je kg pflanzlichem Lebensmittel einem Produktionswert von etwa 6 bis 7 kg Milch. Davon muss allerdings der Futteraufwand zur Bestandserhaltung der Rinderherde abgezogen werden (Aufzucht von Jungtieren, Erhaltungsbedarf von Milchkühen, etc.). Für die Ernährung des Menschen verbleiben dann noch etwa 3 kg Milch. Die darin enthaltenen Nährstoffe – insbesondere das Eiweiß von höchster Qualität – ist dem mittleren Nährstoffgehalt des einen Kilogramms an veganem Lebensmittel durchaus vergleichbar. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Verwertung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse durch Nutztiere die Gesamtproduktion von Nahrung (vegan + tierisch) pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr im Vergleich zur pflanzlichen Basisproduktion

um mindestens die Hälfte steigern kann, und zwar völlig ohne Nahrungskonkurrenz zum Menschen. Umgekehrt impliziert der (hypothetische) Verzicht auf Nutztiere, dass eine ausschließlich „vegane“ Landwirtschaft die Produktivität an pflanzlicher Nahrung auf derselben Fläche um den gleichen Betrag erhöhen müsste.

## **Ressourcenverbrauch und Emissionen von Nutztieren müssen im Zusammenhang mit Nahrungskonkurrenz betrachtet werden**

Zur Beurteilung von Ressourcenverbrauch (z.B. Land, Wasser) und Emissionen (z.B. CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Stickstoff) ist die geeignete Bezugsgröße von großer Bedeutung. Bei den von Nutztieren erzeugten Lebensmitteln (Milch, Fleisch, Eier) ist naturgemäß der Bezug zum essbaren Protein am sinnvollsten. Typische Footprints (FP) für den Verbrauch an Land bzw. Wasser sowie für CO<sub>2</sub>-Äquivalente und Stickstoff bezogen auf essbares Eiweiß sind in der neueren Literatur beschrieben (z.B. WINDISCH und FLACHOWSKY 2020). Sie zeigen, dass die FP mit steigendem Leistungsniveau asymptotisch sinken, hauptsächlich wegen der Verdünnung des Erhaltungsbedarfs am Gesamtumsatz an Nährstoffen. Der größte Unterschied ist jedoch zwischen einzelnen Tierspezies und Produktkategorien zu erkennen, wobei Rindfleisch durch besonders hohe FP und Hühnerfleisch durch besonders niedrige Werte auffällt. Die Milchproduktion liegt im Mittelfeld, was die hohe Effizienz der Nährstofftransformation der Milchbildung im Vergleich zur Rindermast widerspiegelt. Auch bei der Gewinnung von essbarem Eiweiß je kg Futtertrockenmasse nimmt Hühnerfleisch die Spitzenposition ein, gefolgt von Eiproduktion, Milchproduktion und Schweinefleisch. An letzter Stelle kommt Rindfleisch mit einem Unterschied in der Produktivität von etwa 1:10 gegenüber Hühnerfleisch. Diese Daten erwecken den Eindruck, als ob Wiederkäuer, allem voran Mastrinder, in eine klimaschonende Landwirtschaft nur noch eingeschränkt integriert werden können.

Die isolierte Betrachtung einzelner Footprints birgt jedoch erhebliche Gefahren einer Fehlinterpretation. Ein grundlegendes Problem liegt in der regionalen Selektivität der publizierten Daten, wie etwa die kraftfutterbetonte Rindermast der USA, die die sehr hohen FP von Rindfleisch in der FAO-Publikation „Livestock's long shadows“ erklärt (STEINFELD et al. 2006). Unter mitteleuropäischen Bedingungen produziertes Rindfleisch (weit höhere Anteile an Grobfutter) dürfte weitaus günstigere FP aufweisen. Grundvoraussetzung für die Beurteilung der Klimawirkungen der Erzeugung von Lebensmitteln ist demnach die Verwendung von Daten aus dem Ort der Produktion.

Ein weiteres Problem bei der selektiven Interpretation von Footprints liegt darin, dass die Nahrungskonkurrenz zum Menschen oftmals ignoriert wird. So erhalten gerade die mit niedrigen FP hervortretenden Nutztiere (z.B. Geflügel) besonders viel hochwertige Futtermittel, die auch vom Menschen essbar wären (z.B. Getreide, Mais und Soja). Die scheinbar hohe Effizienz und geringe Umweltwirkung der damit erzeugten Lebensmittel wird somit indirekt durch Nahrungskonkurrenz erkaufte, was aufgrund der schwindenden Verfügbarkeit an landwirtschaftlicher Nutzfläche zunehmend problematisch werden wird. Auf der anderen Seite werden Wiederkäuer vorrangig mit nicht-essbarer Biomasse gefüttert, deren Verdauung naturgemäß schwieriger ist und bilanztechnisch relativ verlustreich abläuft. Es ist demnach völlig trivial, dass Wiederkäuer zur Erzeugung der gleichen Menge an menschlicher Nahrung deutlich mehr Futter fressen müssen, mehr Ausscheidungen produzieren und auch mehr Quadratmeter an landwirtschaftlicher Nutzfläche „verbrauchen“ als Schweine und vor allem als Geflügel. Es handelt sich jedoch primär um nicht-essbare Biomasse und um landwirtschaftliche Nutzflächen, auf denen permanent oder temporär keine Lebensmittel pflanzlicher Herkunft anfallen (absolutes Grünland; Klee gras etc. als Bestandteil der Fruchtfolge auf Ackerflächen). Die hohen FP der Erzeugung von Milch und Fleisch durch Wiederkäuer spiegeln somit keineswegs eine ineffiziente und emissionsintensive Produktionsform von Lebensmitteln wider. Sofern die

Fütterung der Tiere ausschließlich mit nicht-essbarer Biomasse erfolgt und auf einen zusätzlichen Ackerfutterbau auf Kosten der Produktion veganer Lebensmittel verzichtet wird, sind Wiederkäuer der bestmögliche Weg der Erzeugung zusätzlicher Lebensmittel.

## Ein Verzicht auf Wiederkäuer hätte keinen Vorteil für das Klima

Der zentrale Aspekt der synergistischen Einbindung von Nutztieren in die landwirtschaftliche Erzeugung von Lebensmitteln (vegan + tierisch) ist die Verwertung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse und die Rückführung der darin gebundenen Pflanzennährstoffe über die Wirtschaftsdünger. Für diese Aufgabe sind Wiederkäuer aufgrund ihrer Fähigkeit zur Verdauung faserhaltiger Biomasse besonders gut geeignet. Bei der Bewertung der damit assoziierten Umwelt- und Klimawirkungen ist zunächst festzuhalten, dass der Auslöser für die Entstehung der nicht-essbaren Biomasse die Erzeugung von veganen Lebensmitteln ist. Deshalb muss der Verbrauch an Ressourcen (Land, Wasser, Energie) auch diesen Lebensmitteln zugeschrieben werden. Gleiches gilt für die Emissionen an Kohlenstoff, Stickstoff etc., denn der Pfad der Rezyklierung der nicht-essbaren Biomasse (verrotten, Biogas, Nutztiere) hat keinen grundsätzlichen Einfluss auf die Massenbilanz. Eine gewisse Sonderrolle nimmt hierbei das absolute Grünland ein, denn es liefert kein veganes Lebensmittel, dem man den Ressourcenverbrauch und die Emissionen zuordnen könnte. Es besteht jedoch keine andere Möglichkeit der Biomasse-Nutzung dieser Flächen außer als Grünland oder als Wald. In beiden Fällen entsteht ausschließlich nicht-essbare Biomasse, die im Falle der Nutzung als Wald auch nicht verfütterbar wäre. Insgesamt erzeugt jegliche Form von Landnutzung große Mengen an nicht-essbarer Biomasse, die dem Stoffkreislauf unterworfen ist und unabhängig von der Art der (Nicht)Nutzung unvermeidlich zu Emissionen führt.

Für die Beurteilung der Umwelt- und Klimawirkungen des jeweiligen Pfads der Rezyklierung der nicht-essbaren Biomasse sind nicht die ohnehin anfallenden Emissionen entscheidend, sondern die Höhe des erzielten Nutzens. Im Falle des bloßen Verrottens der nicht-essbaren Biomasse auf dem Feld entsteht praktisch kein Zusatznutzen im Vergleich zur Düngerwirkung von Gärresten bzw. Wirtschaftsdüngern. Biogasanlagen generieren dagegen nutzbare Energieträger und die Verfütterung an Nutztiere erzeugt höchstwertige Lebensmittel ohne Nahrungskonkurrenz. Sofern man den primären Zweck der Landwirtschaft in der Sicherstellung der Ernährung des Menschen sieht, ist die Verwertung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse durch Wiederkäuer der bioökonomisch sinnvollste Verwertungspfad. Ein Verzicht auf die Verfütterung an Nutztiere hätte somit keine grundsätzliche Entlastung von Umwelt und Klima zur Folge. Die Landwirtschaft wäre vielmehr gezwungen, die entgangene Nahrung durch eine intensivere Produktion an Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft zu kompensieren. Wie oben bereits ausgeführt, entspricht dies einer Steigerung der Pflanzenproduktion um mindestens 50 %, was mit erheblichen Zunahmen des Ressourcenverbrauchs und der Emissionen verbunden wäre. Dieser Zusammenhang zeigt, dass das Minimum der Umwelt- und Klimaeffekte der Erzeugung von Lebensmitteln in einer bioökonomisch austarierten Kopplung von Pflanzenbau und Nutztierhaltung liegt. Wiederkäuer als die leistungsfähigsten Verwerter von nicht-essbarer Biomasse sind hierfür unverzichtbar.

Bei der Verwertung der nicht-essbaren Biomasse durch Wiederkäuer entsteht allerdings auch Methan ( $\text{CH}_4$ ). Dieses hochwirksame Treibhausgas wird im Zuge der mikrobiellen Fermentation in den Vormägen gebildet. Es schützt den Wiederkäuer vor Entgleisungen der Fermentation, allem voran vor der Bildung von Alkohol. Die  $\text{CH}_4$ -Bildung ist somit ein biologisch unverzichtbarer Vorgang, dessen Drosselung, etwa durch Futtermittelzusatzstoffe, eine Verlangsamung des Stoffabbaus in den Vormägen und damit eine unerwünschte Reduzierung des Futtermittels zur Folge haben kann. Damit steht fest, dass die Produktion von Milch und Fleisch über Wiederkäuer stets mit einer gewissen

CH<sub>4</sub>-Klimabürde gekoppelt ist. Das Ausmaß dieser Bürde hängt allerdings maßgeblich vom Umfang des Futtermittelsverzehrs ab, der zur Erzeugung dieser Lebensmittel erforderlich ist (HRISTOV et al. 2018). Damit wird die Optimierung der Futtereffizienz des gesamten Haltungssystems inklusive Futtermittelverbrauch für Nachzucht, Trockenstehtzeit der Milchkühe, usw. zu einem Instrument, mit dem man auf einfache und zugleich hocheffiziente Weise die CH<sub>4</sub>-Klimabürde von Milch und Fleisch signifikant minimieren kann.

Die Klimawirkungen der CH<sub>4</sub>-Emissionen von Wiederkäuern werden in der Öffentlichkeit intensiv diskutiert und dabei oftmals überschätzt. Tatsächlich verursacht die landwirtschaftliche Tierhaltung unter unseren Bedingungen in Summe etwa 4 % der jährlichen Gesamtemissionen an Treibhausgasen (z.B. UBA 2022). Dieser Beitrag ist zwar absolut gesehen relativ begrenzt, aber dennoch groß genug, um eine konsequente Minimierung der CH<sub>4</sub>-Bürde von Milch und Fleisch einzufordern. Atmosphärisches CH<sub>4</sub> hat jedoch eine relativ kurze Lebensdauer und zerfällt mit einer Halbwertszeit von etwa 8 Jahren zu CO<sub>2</sub>. Dieses CO<sub>2</sub> ist klimaneutral, denn es stammt aus pflanzlicher Biomasse und ist damit Bestandteil des natürlichen Kohlenstoff-Kreislaufs zwischen Vegetation und Atmosphäre. Die „Klimaschuld“ einer CH<sub>4</sub>-Emission von Wiederkäuern dauert demnach nur so lange, wie sich nennenswerte Mengen an CH<sub>4</sub> noch in der Atmosphäre befinden, also etwa 20 Jahre. Gezielte Maßnahmen zur Eindämmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen von Wiederkäuern haben somit nicht nur einen raschen Wirkungsbeginn, sondern gleichzeitig auch eine relativ kurze Wirkungsdauer.

Im Gegensatz zu CH<sub>4</sub> verursacht die fortlaufende Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen sowie durch Landnutzungsänderung (Rodung von Wald, Trockenlegung von Mooren, etc.) eine fortschreitende Akkumulation in der Atmosphäre, da CO<sub>2</sub> praktisch nicht noch weiter zerfallen kann. Der extreme Unterschied zwischen der Lebensdauer von atmosphärischem CO<sub>2</sub> und von CH<sub>4</sub> hat zur Folge, dass der relative Beitrag des CO<sub>2</sub> zur Klimakrise von Jahr zu Jahr wächst und der des Methans dementsprechend sinkt. Dieser Umstand führt zur Kritik an der isolierten Betrachtung der jährlichen Emissionen, denn sie ignoriert den kumulativen Effekt der CO<sub>2</sub>-Emissionen seit Beginn der Industrialisierung. Gemäß dieser Sichtweise wird der tatsächliche Klimabeitrag von CO<sub>2</sub> bis zum heutigen Zeitpunkt etwa um den Faktor 3 bis 4 unterschätzt und der des CH<sub>4</sub> entsprechend überschätzt (sogenanntes Oxford-Modell) z.B. ALLEN et al. 2018. Im Verhältnis zur der bis heute aufgelaufenen atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Akkumulation wäre demnach der Klimaeffekt von Einsparungen der CH<sub>4</sub>-Emission aus der Landwirtschaft wesentlich kleiner als bislang diskutiert. Dies entbindet allerdings nicht von der Verpflichtung zur Minimierung der CH<sub>4</sub>-Bürde von Milch und Fleisch.

Insgesamt erscheint das CH<sub>4</sub> aus dem Verdauungstrakt von Wiederkäuern die Klimawirksamkeit der Nutztierhaltung nur begrenzt zu beeinflussen. Die CH<sub>4</sub>-Klimabürde von Milch und Fleisch, die mit der Verfütterung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse assoziiert ist, wird durch den Zugewinn an höchstwertigen Lebensmitteln bei weitem kompensiert, denn dieser entsteht ohne Nahrungskonkurrenz zum Menschen und ohne zusätzlichen Ressourcenverbrauch bzw. zusätzliche Emissionen an Kohlenstoff und Stickstoff. Umgekehrt lässt die Ersatzbeschaffung dieses Zugewinns an Nahrung über den Weg einer massiv intensivierten Pflanzenproduktion einen weit bedeutsameren Zuwachs an Emissionen erwarten. Das Minimum an Klimawirksamkeit der Erzeugung von menschlicher Nahrung (vegan + tierisch) aus einer gegebenen Fläche lässt sich somit nur unter Einbeziehung von Wiederkäuern erzielen. Darüber hinaus können Wiederkäuer absolutes Grünland und Biomasse aus Gründüngung (z.B. Klee) hervorragend verwerten. Beide Quellen an Biomasse schneiden in der Kohlenstoff-Bilanz der Landwirtschaft besonders günstig ab und stellen im Falle der Gründüngung sogar Kohlenstoffsenken dar. Wiederkäuer können somit das Ziel einer CO<sub>2</sub>-neutralen Landwirtschaft maßgeblich unterstützen.

Die großen Vorteile der Einbindung von Wiederkäuern in ein klimaschonendes Gesamtsystem der Landwirtschaft haben allerdings auch ihre Grenzen. Sobald über die unvermeidlich anfallende, nicht-essbare Biomasse hinaus zusätzliche Futtermittel produziert

werden, entsteht unweigerlich eine Konkurrenz zwischen Futter und menschlicher Nahrung um die Ackerfläche. Futtermittel, die unter diesen Bedingungen erzeugt werden, müssen dann auch den jeweiligen Verbrauch an Ressourcen und die entsprechenden Emissionen verantworten, und zwar auch dann, wenn die geerntete Biomasse nicht essbar ist. Noch deutlicher wird dieser Zusammenhang bei der intensiven Schweine- und Geflügelhaltung, denn das Futter besteht hier zu einem erheblichen Anteil oder sogar nahezu vollständig (Geflügel) aus essbarer Biomasse (z.B. Getreide, Mais, Soja). Ein zusätzlicher Kritikpunkt aus der öffentlichen Diskussion zielt darauf ab, dass die globale Erzeugung dieser potenziell essbaren Futtermittel häufig mit Landnutzungsänderungen verbunden sei (z.B. Sojaproduktion auf gerodetem Urwald). In der Tat verursachen solche Landnutzungsänderungen massive Emissionen. Diese dürfen der Nutztierhaltung jedoch nicht einseitig angelastet werden, denn der Schaden an Umwelt und Klima durch solche Landnutzungsänderung ist genauso groß, wenn man die darauf erzeugte Biomasse primär in die menschliche Ernährung leiten würde. Insgesamt nimmt die Klimaverträglichkeit der Nutztierhaltung immer mehr ab und kehrt sich zunehmend in einen Belastungsfaktor des Klimas um, je stärker Nutztiere zu indirekten oder direkten Nahrungskonkurrenten des Menschen werden (indirekt: Futterbau auf Ackerflächen; direkt: Verfütterung essbarer Biomasse).

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Angesichts der globalen Verknappung der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird es immer wichtiger, mit möglichst geringem Input an klima- und umweltbelastenden Faktoren aus einer begrenzten Fläche ein Maximum an Nahrung für den Menschen zu gewinnen. Entscheidend ist somit die Effizienz des Gesamtsystems. Ohne Zweifel liegt hier die Priorität auf der Produktion von veganen Lebensmitteln, also auf der direkten Nutzung von essbarer Biomasse pflanzlicher Herkunft als menschliche Nahrung. Oberstes Ziel ist hierbei die Optimierung der Ausbeute an essbarer Biomasse entlang der gesamten Strecke von der landwirtschaftlichen Primärproduktion über die Weiterverarbeitung der Ernteprodukte bis zum verkaufsfähigen Lebensmittel. Die zweite Säule eines effizienten Gesamtsystems besteht in der Einschleusung der nicht-essbaren Biomasse in einen sekundären Verwertungskreislauf auf der Basis von Nutztieren, allem voran von Wiederkäuern. Auch hier muss die Effizienz der Transformation optimiert werden. Dazu zählt die Pflanzenzüchtung auf einen hohen Futterwert der nicht-essbaren Biomasse, die Minimierung der Verluste an Biomasse bei Ernte und Konservierung, die konsequente Nutzung der Nebenprodukte aus der Verarbeitung pflanzlicher Erntegüter, eine präzise Nutztierfütterung einschließlich der Supplementierung limitierender Nährstoffe, sowie die Förderung der Verdauungskapazität. Einen wesentlichen Beitrag liefert auch die Minimierung des „unproduktiven“ Futterverzehr im Gesamtsystem der Nutztierhaltung, etwa durch Reduzierung der Remonte und Förderung von Langlebigkeit und Tiergesundheit. All diese Maßnahmen tragen dazu bei, den Gewinn an hochwertigen Lebensmitteln aus derselben, limitiert verfügbaren, nicht-essbaren Biomasse zu steigern. Im Gegenzug sinken die Emissionen und insbesondere auch die CH<sub>4</sub>-Klimabürde der Erzeugung von Milch und Fleisch durch Wiederkäuer.

Insgesamt muss die Intensität der Nutztierhaltung an die lokalen Produktionspotenziale der Landwirtschaft angepasst werden. Entscheidend sind hierbei die Menge und Qualität der in der Region unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomassen einschließlich ihrer industriellen Nebenprodukte. Eine dergestalt auf Kreislaufwirtschaft ausgerichtete, standortgerechte Landwirtschaft erreicht ihr Minimum an Ressourcenverbrauch, Emissionen und Klimawirksamkeit. Damit geht allerdings auch eine deutliche Drosselung der insgesamt produzierten Gesamtmenge an Lebensmittel tierischer Herkunft einher, insbesondere an Schweinefleisch und Geflügelprodukten (BAUR und FLÜCKINGER 2018). Die in der öffentlichen Diskussion häufig geforderte Senkung des „Fleischkonsums“ zugunsten des Klimas wäre dann nicht etwa eine klimaschonende Maßnahme, sondern viel-

mehr das Resultat einer standortgerechten Landwirtschaft, in der die Relation zwischen Pflanzenbau und Tierhaltung in ein bioökonomisches Gleichgewicht gebracht wurde.

## Literatur

ALLEN, M.R., K.P. SHINE, J.S. FUGLESTVEDT, R.J. MILLAR, M. CAIN, D.J. FRAME und A.H. MACEY, 2018: A solution to the misrepresentations of CO<sub>2</sub>-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *npj Clim Atmos Sci* 1, 16. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>

BAUR, P. und S. FLÜCKINGER, 2018: Nahrungsmittel aus ökologischer und tiergerechter Produktion. Eine Studie im Auftrag von Greenpeace Schweiz. Wädenswil: ZHAW Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen. doi:10.21256/zhaw-1411

BRYZINSKI, T., 2020: Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzbausysteme: Methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation an der Technischen Universität München, Germany. ISBN: 979-8574395912/; <https://hypel.ink/bryzinski>

HRISTOV, A.N., E. KEBREAB, M. NIU, J. OH, A. BANNINK, A.R. BAYAT, T.M. BOLAND, A.F. BRITO, D.P. CASPER, L.A. CROMPTON, J. DIJKSTRA, M. EUGÈNE, P.C. GARNSWORTHY, N. HAQUE, A.L.F. HELLWING, P. HUHTANEN, M. KREUZER, B. KUHLA, P. LUND, J. MADSEN, C. MARTIN, P.J. MOATE, S. MUETZEL, C. MUÑOZ, N. PEIREN, J.M. POWELL, C.K. REYNOLDS, A. SCHWARM, K.J. SHINGFIELD, T.M. STORLIEN, M.R. WEISBJERG, D.R. YÁÑEZ-RUIZ und Z. YU, 2018: Symposium review: Uncertainties in enteric methane inventories, measurement techniques, and prediction models. *J. Dairy Sci.* 101, 6655-6674.

STEINFELD, P., T. GERBER, T. WASSENAAR, M. CASTEL, M. ROSALES und C.D. HAAN, 2006: *Livestock's long shadow: Environmental Issues and Options*. FAO, Rome, 390 p.

UBA (Umweltbundesamt), 2022: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>. [11.03.2022].

WINDISCH, W. und G. FLACHOWSKY, 2020: Tierbasierte Bioökonomie. In: Thrän, D., Moesenfechtel, U. (Hrsg.): *Das System Bioökonomie*. Springer Nature, Berlin 2020. ISBN 978-3-662-60730-5. 70-86.