

A photograph of a brown cow and her calf grazing in a lush green field. The cow is on the right, looking down at the grass, and the calf is on the left, looking towards the camera. Both have yellow ear tags. The background is a bright, slightly hazy sky.

Das Potenzial einer grünlandbasierten Milchproduktion in Deutschland

Wie viele Kühe können wir noch halten, wenn die wirklich nur Gras fressen?

DAS POTENZIAL EINER GRÜNLANDBASIERTEN MILCHPRODUKTION IN DEUTSCHLAND

Wie viele Kühe können wir noch halten, wenn die wirklich nur Gras fressen?

Autoren und Autorinnen:

Kevin De Luca und Adrian Müller

Erstellt von:

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL

Ackerstraße 113,

5070 Frick, Schweiz

Tel. +41 62 865 7272

Frick, März 2024

Kein Geld von Industrie und Staat

Greenpeace ist eine internationale Umweltorganisation, die mit gewaltfreien Aktionen für den Schutz der Lebensgrundlagen kämpft. Unser Ziel ist es, Umweltzerstörung zu verhindern, Verhaltensweisen zu ändern und Lösungen durchzusetzen. Greenpeace ist überparteilich und völlig unabhängig von Politik und Wirtschaft. Mehr als 620.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt, der Völkerverständigung und des Friedens.

Impressum

Greenpeace e.V. Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, T 040 30618-0 **Pressestelle** T 040 30618-340, presse@greenpeace.de, greenpeace.de **Politische Vertretung Berlin** Marienstraße 19–20, 10117 Berlin, T 030 308899-0 **V.i.S.d.P.** Martin Hofstetter **Fotos** Maria Feck © Greenpeace; Lucas Wahl/Greenpeace

[greenpeace.de](https://www.greenpeace.de)

Vorwort

Kühe stehen im Sommer auf der Weide und fressen Gras, im Winter erhalten sie im Stall hauptsächlich Heu und Grassilage. Sie machen also aus einem Futtermittel, das für den menschlichen Verdauungsapparat nicht nutzbar ist, wertvolle Lebensmittel in Form von Milch und Fleisch.

So oder so ähnlich wird die Geschichte über das Rind gerne und häufig erzählt. Von der Werbung der Milchindustrie und von Bauernverbänden gegenüber Verbrauchern und Umweltgruppen.

Wer sich aber mit der Milchleistung unserer heutigen Milchkühe ein wenig auskennt, der ahnt, dass die heutigen Milchmengen von 10.000 Litern und mehr pro Kuh und Jahr unmöglich allein mit Gras erzeugt werden können. Sondern, dass dafür besonders energiereiche Futtermittel wie Silomais und Kraftfutter eine wichtige Rolle spielen müssen. Und tatsächlich findet sich in den üblichen Futterrationen und den Berechnungen der Fachberatungen Zahlen, die darauf hindeuten, dass Grasprodukte häufig immer weniger eine Hauptkomponente sind, sondern eher als strukturreiches Nebenprodukt eingesetzt werden, das der Pansenübersäuerung entgegenwirken soll.

Dabei scheint heute schon klar zu sein: in Zukunft wird die verfügbare Ackerfläche immer begehrt, für die Erzeugung von Lebensmitteln, aber auch für den Anbau pflanzlicher nachwachsender Rohstoffe als Ersatz von fossilen Produkten.

Und wegen der hohen physiologischen Beanspruchung unserer Hochleistungskühe und der zukünftig knapper werdenden Ressource Ackerland stellt sich die Frage, ob wir in Zukunft nicht wieder unsere Kühe stärker auf der Basis von Gras füttern sollten. Und damit auch die Akzeptanz verbessern könnten.

Immerhin sind in Deutschland rund ein Drittel der Landwirtschaftsfläche Grünländereien. Doch wie hoch ist eigentlich das

Produktionspotential des Grünlandes? Wieviel Milch könnte eine Kuh realistisch produzieren, wenn wir sie wieder hauptsächlich zu einem Grünland und Raufutterverwerter machen würden? Und welche Auswirkungen hätte das auf den gesamten Umfang an Rindern und die erzeugbaren Milch- und Rindfleischmengen? Und wie würde sich der Ackerflächenverbrauch verändern und der Umfang an Klimagasen, die aus der Rinderhaltung stammen?

Bis dato gibt es keine uns bekannte Untersuchung, die all diese Fragen für Deutschland beantwortet hat. Daher sind wir froh und glücklich, dass das FIBL in der Schweiz mit dieser Studie erstmals versucht, Licht ins Dunkle zu bringen und zu berechnen, welche Folgen es hat, wenn wir die Kuh wieder zu dem machen, was sie ursprünglich einmal war: zu einem exzellenten Verwerter von Grünland, der in keinerlei Nahrungsmittelkonkurrenz zum Menschen steht.

Bei der Lektüre wünsche ich Ihnen viel Vergnügen.

Martin Hofstetter

Greenpeace-Landwirtschaftsexperte



Zusammenfassung

Ohne den Einsatz, Import und intensiven Anbau von Kraftfuttermitteln wären die Leistungen der heutigen Milchproduktion kaum denkbar. Die Nutzung natürlicher und lokaler Ressourcen wie Wiesen und Weiden stellt einen wichtigen Schritt hin zu einer nachhaltigen und ressourceneffizienten Milcherzeugung dar. Dieser Bericht geht der Frage nach, wieviel Milch in Deutschland produziert werden könnte, wenn die Kühe anders als heute ausschließlich oder fast nur Gras fressen würden.

Um zu berechnen, wie viele Tiere grünlandbasiert gehalten werden könnten und wieviel Milch und Fleisch damit produziert werden könnte, wurde ausgehend von der verfügbaren Futtermittelgrundlage in drei Szenarien bestimmt, mit welcher Herdenstruktur welche Milch- und Fleischerträge im Vergleich zur heutigen Situation möglich wären.

Die Berechnungen wurden mit Hilfe des SOLm-Modells und eines spezifisch für diese Fragestellung angepassten Fütterungsmoduls sowie einer eng am Treibhausgasinventar von Deutschland angelehnten Berechnung modelliert.

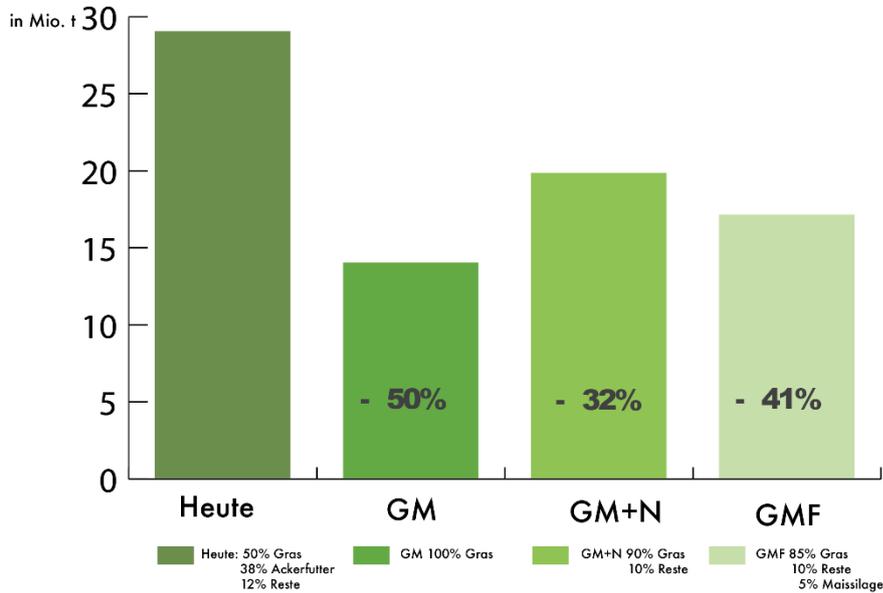
Im ersten Szenario GM wird das gesamte Grünland in Deutschland für die Milchproduktion genutzt. Im zweiten Szenario GM+N werden 90 Prozent des Energiebedarfs von Grünlandflächen gedeckt, während die verbleibenden zehn Prozent aus Nebenprodukten der Lebensmittelherstellung (z.B. Kleie, Biertreber, Melasse) stammen. Dieser Ansatz optimiert die Futtermischung und erhöht die Milchleistung pro Kuh. Im dritten Szenario GMF CH folgt die Milchproduktion dem bereits in der Schweiz implementierten System der «Graslandbasierten Milch- und Fleischproduktion GMF». Die Futtermischung besteht dann aus 85 Prozent grünlandbasiertem Futter, zehn Prozent Kraftfutter und fünf Prozent Silomais.

Neben der Milch produzieren diese Systeme auch immer Rind- und Kalbfleisch als Koppelprodukt, aber der Fokus der Szenarien liegt vornehmlich auf einer hohen Milchproduktion. Im GMF-Szenario werden zusätzlich zehn Prozent der Kühe als Mutterkühe gehalten, die ihre Kälber aufziehen und nicht zur Milchproduktion eingesetzt werden (in der Schweiz und in Deutschland sind es derzeit 15 Prozent).

Im rein grünlandbasierten Szenario sinkt die Anzahl der Milchkühe im Vergleich zu heute nur marginal um gut fünf Prozent. Durch die längere Lebensdauer der Kühe und der frühzeitigen Schlachtung der Mastkälber sinkt die Gesamtzahl der Rinder um 25 Prozent. Die jährliche durchschnittliche Milchleistung je Kuh ist in diesem System mit 5.000 Kilogramm viel geringer als im Vergleichssystem heute (8.400 Kilogramm). Dadurch sinkt die Gesamtproduktion an Milch, die nach Abzug der an die Kälber verfütterten Menge den Menschen zur Verfügung steht, auf knapp die Hälfte. Die Gesamtproduktion an Fleisch sinkt ebenfalls auf etwa die Hälfte. Dieselben Muster lassen sich in den anderen Szenarien in abgeschwächter Form beobachten. Im GMF-Szenario verschiebt sich die Produktion wegen der Mutterkuhhaltung jedoch noch

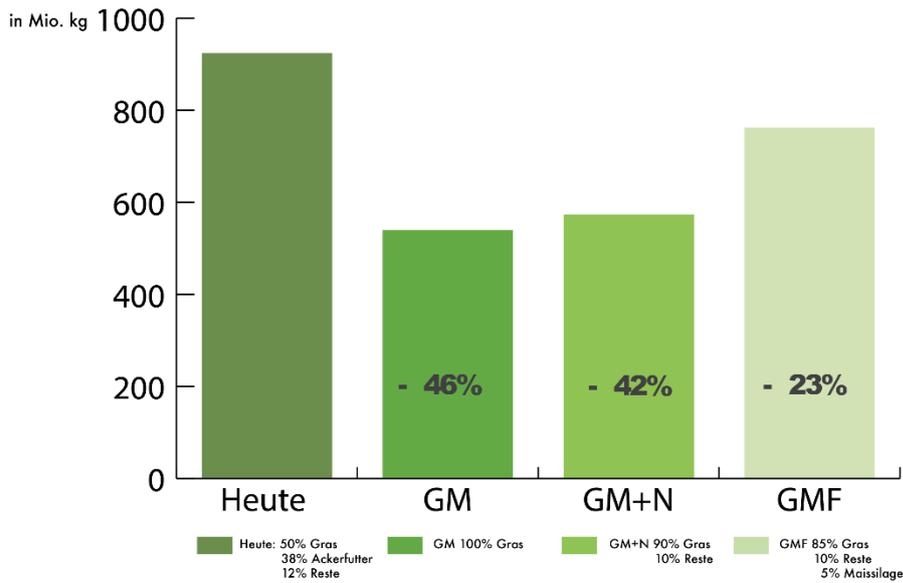
stärker zum Fleisch: Bei 40 Prozent weniger Milchproduktion nimmt die Fleischmenge dort um 25 Prozent ab.

Rückgang der Milcherzeugung



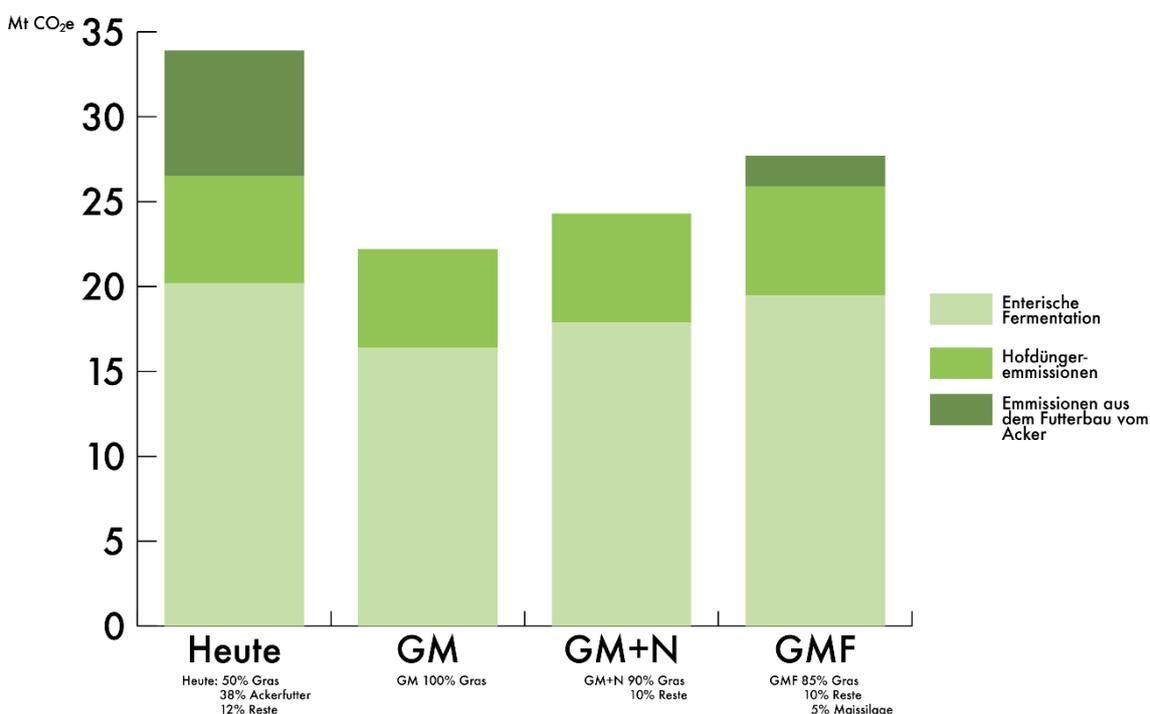
*Futterzusammensetzung heute: Schätzung auf Basis BLE Report: Bericht zur Markt- und Versorgungslage Futtermittel 2020 sowie DESTATIS 2022, Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Reihe 3.2.1: Feldfrüchte, Fachserie 3 - Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Statistisches Bundesamt (destatis.de)

Rückgang der Fleischerzeugung



Die Szenarien führen durchwegs zu niedrigeren Treibhausgasemissionen, im Szenario GM sinken sie um einen Drittel, bzw. zwölf Megatonnen CO₂-Äquivalente, wobei der Großteil dadurch eingespart wird, dass weniger Ackerflächen für die Futterproduktion benötigt werden. Diese Flächen umfassen grob geschätzt 2,3 Millionen Hektaren Ackerland, auf denen 2,4- bis 3,2-mal mehr pflanzliches Protein produziert werden könnte als die Menge an tierischem Protein, die durch die Reduktion der Milch- und Fleischproduktion weniger erzeugt würde.

Treibhausgasemissionen der Rinderhaltung in den vier Szenarien



Soweit es das Nahrungsangebot betrifft, zeichnen sich die Szenarien durch einen schonenderen Umgang mit den natürlichen Ressourcen aus als die heutige Milchviehhaltung. In Relation zur erzeugten Menge tierischer Proteine steigen die Emissionen im GM-Szenario zwar um etwa ein Drittel, bzw. neun Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Kilogramm Protein. Bezieht man die Emissionen aber auf die Gesamtproduktion von tierischen und pflanzlichen Proteinen, also inklusive der zusätzlichen Produktion aus den freiwerdenden Futterflächen, dann sinken die Emissionen in Bezug zu dieser Gesamtproduktion um mehr als 50 Prozent (nämlich um 16 Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Kilogramm Protein).

Diese Berechnungen sind alle als grobe Richtwerte zu verstehen, da viele Annahmen mit teils großen Unsicherheiten einfließen. Ein zentraler Parameter für die Resultate ist die Annahme zur Grünlandqualität und der Verdaulichkeit des dort wachsenden Futters

für die Tiere. Wird dort ein leicht höherer Wert als im Hauptszenario angenommen (70 Prozent statt 60-65 Prozent) dann erhöht sich die Produktion von Milch und Fleisch um 14 Prozent. Weitere wichtige Annahmen betreffen die Grünlandflächen: Im Hauptszenario wird die gesamte Fläche für die Milchproduktion genutzt, während heute etwa 15 Prozent der Grünlandflächen in Deutschland für Pferde, Schafe und Ziegen genutzt werden. Würde man dies so in den Szenarien belassen, dann würden Produktionsmengen und andere Ergebnisse entsprechend sinken. Ähnlich wirkt sich aus, wie mit Grünland auf drainierten Moorböden verfahren wird. Dabei handelt es sich um 0,95 Millionen Hektar, also fast 20 Prozent der Grünlandflächen. Werden diese aus Klimaschutzgründen aus der Produktion genommen, sinkt auch die Produktionsmenge entsprechend.

Zusammenfassend zeigt sich, dass eine rein grünlandbasierte Milchproduktion großes Potenzial für den Klimaschutz hat und gleichzeitig über die freiwerdenden Futterflächen erlaubt, die Nahrungsmittelproduktion massiv zu erhöhen. Dies geht mit großen Veränderungen im Angebot von tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln einher. Eine Umstellung auf solche Systeme würde große Veränderungen auf Betriebsebene bedingen und wäre nur mit längeren Übergangsperioden und guter Unterstützung möglich. Deshalb ist auch das GMF-Szenario aufschlussreich, da es näher an der heutigen Situation ist und aufzeigt, wie Schritte in Richtung der rein grünlandbasierten Produktion gemacht werden könnten, ohne diese gleich vollständig umsetzen zu müssen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Danksagung	10
Impressum	10
1. Einleitung	11
1.1. Wie ging die Weide verloren?	11
1.2. Was wäre eine nachhaltige Rindviehhaltung?	15
1.3. Wieviel Milch und Fleisch könnten rein grünlandbasiert produziert werden?	16
2. Szenarien und Vorgehen	17
3. Resultate	23
3.1. Herdengröße, Milch- und Fleischproduktion	23
3.2. Reduktion des Bedarfs an Ackerflächen für die Futterproduktion	27
3.3. Treibhausgasemissionen	28
3.4. Sensitivitätsanalysen	31
3.4.1. Wiedervernässung drainierter Moorböden	31
3.4.2. Höhere Verdaubarkeit vom Gras	32
3.4.3. Gleichbleibender Anteil Grünlandnutzung durch Pferde, Schafe und Ziegen	32
3.4.4. Kürzere Nutzungsdauer	33
3.4.5. Einfluss der Mastdauer	34
4. Diskussion	35
4.1. Weniger Milch und Fleisch, weniger THG-Emissionen, keine Nahrungsmittelkonkurrenz	35
4.2. Zweinutzungsrassen in der Weidehaltung	36
4.3. Nutzungsdauer	37
4.4. Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion	38
Anhang I: Regionale Resultate	40
Anhang II: Daten und Methoden	46
A. Das Modell	46
B. Herdenstruktur	46
C. Energiebedarf	50
D. Energieangebot und Futtergrundlage	52
E. Berechnung der Treibhausgasemissionen	53

Danksagung

Wir danken Matthias Lambrecht, Martin Hofstetter, Lasse van Aken und Nina Klöckner von Greenpeace Deutschland für die sehr fruchtbare und inspirierende Zusammenarbeit und die vielen zentralen fachlichen Inputs, sowie Florian Leiber, Axel Wirz und Bettina Tonn für deren inhaltlichen Beiträge und kritischen Kommentare. Allfällige Fehler und Unklarheiten sind die alleinige Verantwortung der Autoren.

Impressum

Zitiervorschlag: Kevin De Luca und Adrian Müller (2024): Das Potenzial einer grünlandbasierten Milchproduktion in Deutschland, Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL und Greenpeace Deutschland e.V.

I. Einleitung

Glückliche Milchkühe grasen mit ihren Kälbern auf einer saftig grünen Weide. Dieses Bild dominiert noch immer die Vorstellung vieler Verbraucher:innen. Dies kommt nicht von ungefähr, hat die Milchindustrie doch lange an idyllischen und naturnahen Darstellungen bei der Vermarktung festgehalten, auch als die tatsächlichen Produktionsbedingungen diesem Bild schon lange nicht mehr entsprachen. Erst auf Druck vom Verbraucherschutz wurde auf diese Täuschung verzichtet, doch in den Köpfen vieler Verbraucher:innen hält sie sich standhaft.

Die Vorteile der Kühe, die nur Gras fressen, werden von der Milchindustrie gerne als Argumente vorgebracht, um die Forderung nach einer Reduktion der Tierzahlen und des Fleisch- und Milchkonsums abzuwehren: keine Konkurrenz um Ackerflächen zur Nahrungsmittelproduktion, Klimaschutz durch Kohlenstoffbindung im Grünland, Lebensraum für Insekten und Vögel, etc. Dabei darf nicht vergessen werden, dass etwa die Hälfte der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen Deutschlands aus der Verdauung der Wiederkäuer, also vornehmlich der Rinder stammen.¹

In Wahrheit steht die durchschnittliche Hochleistungskuh zumeist im Stall und wird vorwiegend mit Gras- und Maissilage sowie Kraftfutter gefüttert. 2020 hatten nur 30 Prozent der Milchkühe in Deutschland Weidezugang, und dies lediglich für knapp sechs Monate im Jahr. Dieser geringe Anteil an Weidehaltung sank über die letzten Jahre immer weiter.² Fast zehn Prozent der Kühe sind immer noch in Ställen mit Anbindehaltung untergebracht.³ Unter ganzjähriger Anbindung kann sich eine Kuh kaum bewegen, geschweige denn, dass sie jemals eine Weide zu sehen bekommt.

I.1. Wie ging die Weide verloren?

Im Jahr 2022 gab es in Deutschland 3,8 Millionen Milchkühe.⁴ Diese Kühe produzierten mehr als 32 Milliarden Kilogramm Milch, was einer durchschnittlichen jährlichen Milchleistung von gut 8.400 Kilogramm pro Milchkuh und einer Leistung von 23 Kilogramm Milch pro Tag und Kuh entspricht. Wird berücksichtigt, dass die Kuh gut

¹ Umweltbundesamt 2023, National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2021, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>

² Greenpeace 2023, <https://presseportal.greenpeace.de/224258-analyse-zeigt-immer-weniger-kuhe-auf-der-weide>

³ DESTATIS 2021, Stallhaltung, Weidehaltung – 2020, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-tb-5411404209004.html>

⁴ BLE 2023, Milchwirtschaft auf einen Blick, https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/Dt_Grundlagen/Milchwirtschaft_auf_einen_Blick_406003001_11.xlsx;jsessionid=05C7C6BCCBD624B1F712F8FBAA86D01E.internet952?blob=publicationFile&v=7

300 Tage im Jahr Milch gibt und etwa zwei Monate trockensteht (also Melkpause hat), dann sind das 28 Kilogramm pro Melk-Tag. Hochleistungskühe mit 13.000 Kilogramm Milch sind keine Seltenheit mehr.

Solche hohen Leistungen sind auf Basis einer reinen Wiesen- und Weidegrasfütterung nicht möglich. Sie können nur mit großen Anteilen sehr gut verdaulichen und energie- und eiweißreichen Futters vom Acker realisiert werden, also mit Kraftfutter wie Soja oder Weizen und mit Silomais.⁵

Das war aber nicht immer so. Im Jahre 1950 lag die Milchleistung einer Kuh in Deutschland im Schnitt bei etwa 2.500 Kilogramm. Seit damals hat sich die Milchleistung also mehr als verdreifacht. Selbst im Jahre 1990 lag sie noch bei 4.900 Kilogramm und hat sich somit seither um 75 Prozent erhöht.⁶

Diese Ertragssteigerung fand im Zuge der Industrialisierung der Landwirtschaft statt. Der Einsatz von Maschinen, Pestiziden und chemischem Dünger hat die Landwirtschaft samt Tierproduktion intensiviert. Der intensive Anbau in Monokulturen führte zu beträchtlichen Ertragssteigerungen und erlaubte es, günstiges Ackerfuttermittel für die parallel intensivierte Tierproduktion zu produzieren. Eine deutliche Zunahme der Tierzahlen in der Landwirtschaft war die Folge und führte zu einem höheren Konsum tierischer Produkte.

Im Zuge der Industrialisierung mussten zuerst Rassen gezüchtet werden, die fähig waren die energie- und proteinreichen Ackerfuttermittel effizient in Milch und Fleisch umzuwandeln. Die Züchtungen und der Ausbau des Ackerbaus führte zu einem massiven Anstieg des Kraftfutteranteils in der Futtermittelration von Wiederkäuern. Dadurch entstanden mit der Zeit die heutigen Hochleistungskühe, die immer höhere Erträge bringen, inzwischen bis zu 10.000 bis 15.000 Kilogramm pro Jahr. Die Futtermittelrationen dieser Tiere bestehen dann zum Beispiel aus 25 Prozent Kraftfutter, 40 Prozent Maissilage und 35 Prozent Grassilage und Heu in der Frischmasse. Sie sind also weit entfernt von einer grasbasierten Fütterung oder vollumfänglichen Weidehaltung.⁷

Diese Entwicklung hat dazu geführt, dass heute mehr Milch mit weniger Kühen produziert werden kann. 1950 wurden mit 5,7 Millionen Tieren 14,6 Milliarden

⁵ Riedl, T., 2023, Weide oder Kraftfutter, Greenpeace e.V., <https://www.greenpeace.de/infomaterial/AuswertungMilchkuhf%C3%BCtterung.pdf>

⁶ FAOSTAT 2023, Milchleistungsdaten für Deutschland 1961 - 2021, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>; BZfE 2023, Milch: Erzeugung, <https://www.bzfe.de/lebensmittel/vom-acker-bis-zum-teller/milch/milch-erzeugung/>

⁷https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/gruber_tabelle_fuetterun_g_milchkuehe_zuchtrinder_schafe_ziegen_lfl-information.pdf Tobias Riedl Auswertung Milchviehfütterung; BZfE 2023, Milch: Erzeugung, <https://www.bzfe.de/lebensmittel/vom-acker-bis-zum-teller/milch/milch-erzeugung/>

Kilogramm Milch produziert. Heute, 70 Jahre später, kann also mehr als doppelt so viel Milch mit einem Drittel weniger Kühen produziert werden (Abbildung 1).⁸

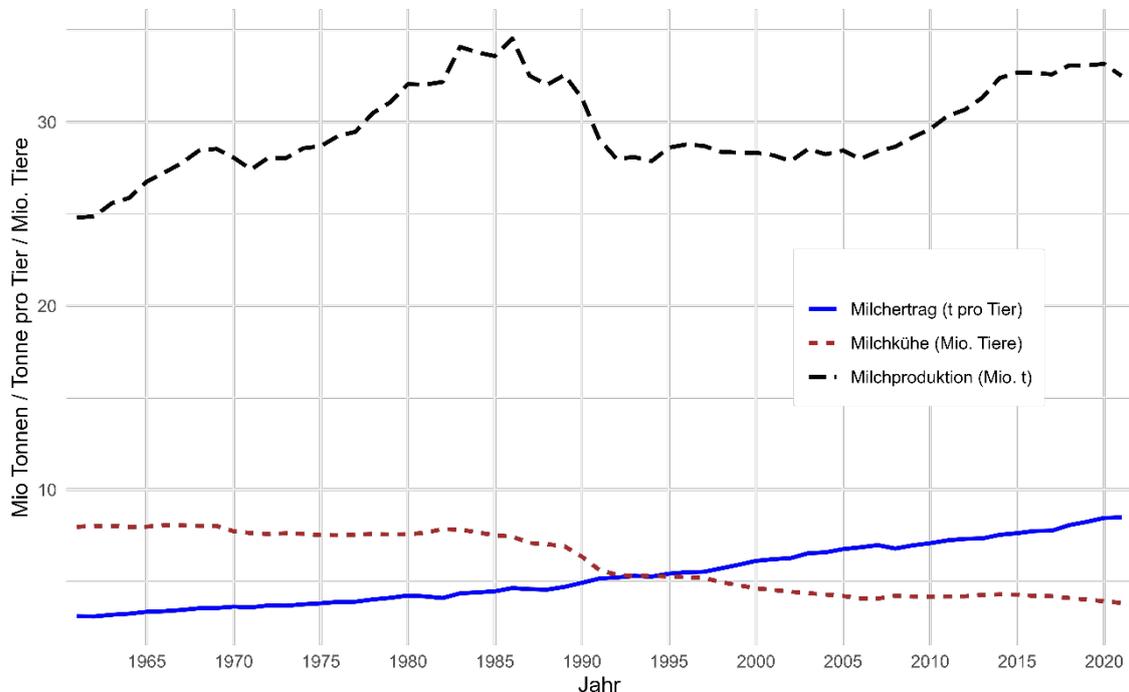


Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl Milchkühe, der totalen Milchproduktion und der Milchleistung pro Tier 1961-2021⁹ (eigene Darstellung)

Diese Intensivierung ist aber nur auf Kosten von Tierwohl und Umwelt möglich. Sie führt zu regional massiven Nährstoffüberschüssen, da infolge von Futtermittelimporten aus anderen Regionen oder aus dem Ausland mehr Tiere in einer Landschaft gehalten werden können, als aufgrund der lokal verfügbaren Futtermittelgrundlagen möglich wäre. Damit einher gehen auch Ammoniakemissionen mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Luftqualität sowie Methanemissionen mit weitreichenden Folgen für das Klima.

Der landwirtschaftliche Strukturwandel in der Milchviehhaltung bringt immer weniger Betriebe mit immer größeren Herden hervor.¹⁰ Etwa 60 Prozent der Rinder leben in

⁸ Milchindustrie-Verband e.V. 2020, Fakten Milch, <https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2020/09/Fakten-Milch-September-2020.pdf>

⁹ FAOSTAT 2023, Produktionsdaten für Deutschland

¹⁰ Milchindustrie-Verband MIV e.V., 2023, [Strukturwandel-Milchviehhaltung-2000-2023 Kuehe-Haltungen-Erzeugung-Ertrag.jpg \(2079x1478\) \(milchindustrie.de\)](#)

Betrieben, die mindestens 100 Tiere halten.¹¹ Laufställe ohne Weidegang sind die Norm. Die Intensivierung durch Züchtung von Hochleistungstieren hat auch Auswirkungen auf die Tiergesundheit und die Entwicklung der Nutzungsdauer von Milchkühen. Hohe Milchleistung und große Herden führen zu gesundheitlichen Belastungen der Tiere, wie etwa Stoffwechselstörungen, Eutererkrankungen oder Fruchtbarkeitsproblemen,¹² was auch zu vermehrtem Antibiotikaeinsatz mit der entsprechenden Resistenzproblematik führt. In Anbetracht gesundheitlicher Risiken werden die Tiere im Schnitt nach 2,7 Laktationen bzw. einer Nutzungsdauer von unter vier Jahren aus der Produktion genommen¹³, obwohl eine Milchkuh ein Alter von 20-25 Jahren erreichen kann und sich eine lange Nutzungsdauer und entsprechende Lebensmilchleistung positiv auf die Umweltbilanz auswirkt.¹⁴

Während die totalen Produktionsmengen einen klaren Wachstumstrend zeigen ist die Dynamik beim Pro-Kopf-Verzehr komplizierter. Der Konsum von Rindfleisch stieg bis in die 70er-Jahre an, blieb dann bis in die 90er-Jahre konstant und sank dann wieder. Seit etwa 2000 verharrt er auf etwa zehn Kilogramm pro Kopf.

Der Konsum an Milch und Milchprodukten zeigt auch eine spannende Dynamik, mit einem sehr hohen Niveau anfangs der 50er-Jahre (über 120 Kilogramm pro Kopf), einer Reduktion auf gut 80 Kilogramm bis 1980 und dann leicht steigend auf 100 Kilogramm pro Kopf in den 90er-Jahren, gefolgt von einer erneuten Reduktion auf wieder gut 80 Kilogramm heute.¹⁵

¹¹ DESTATIS 2021, Stallhaltung; Weidehaltung, Landwirtschaftszählung, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiljvrqglADAxV_7AIHHfLUBDgQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.destatis.de%2FDE%2FThemen%2FBranchen-Unternehmen%2FLandwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei%2FProduktionsmethoden%2FPublikationen%2FDownloads-Produktionsmethoden%2Fstallhaltung-weidehaltung-tb-5411404209005.xlsx%3F__blob%3DpublicationFile&usg=AOvVaw0ptjCJuYdAw2VvcEOrK9Oy&opi=89978449

¹² Bundestierärztekammer e.V., 2022, Leistungen der Milchkühe und deren Gesundheitsrisiken, https://www.bundestieraerztekammer.de/tieraerzte/stellungnahmen/2022/03/Leistungen_Milchkuhe_2022.pdf

¹³ Forschungsnetzwerk nrw agrar, 2019, Entwicklung von Nutzungsdauer und Abgangsursachen von Milchkühen in NRW unter Berücksichtigung von Erstkalbealter, Herdengröße und Managementfaktoren, <https://www.nrw-agrar.de/projekt/nutzungsdauermilchkuehe/>

¹⁴ Berkemeier, K., 2021, Die Ökobilanz der Milchproduktion, <https://www.elite-magazin.de/markt/die-okobilanz-der-milchproduktion-17082.html>

¹⁵ IBIS World 2023, Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milcherzeugnissen, <https://www.ibisworld.com/de/bed/pro-kopf-konsum-milch-milcherzeugnissen/478/>; Statista 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/177477/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-kalb-und-rindfleisch-in-deutschland/>; Greenpeace 2013, <https://www.greenpeace.de/sites/default/files/publications/20130529-foes-studie-fleischkonsum-oekonomische-instrumente.pdf>

1.2. Was wäre eine nachhaltige Rindviehhaltung?

Die derzeit vorherrschende Milchviehhaltung in Deutschland ist also weit davon entfernt, eine nachhaltige und dem Tierwohl verpflichtete Tierhaltung zu sein. Sie ist weit davon entfernt, der Vorstellung der Konsument:innen nach einer grünlandbasierten Haltung zu entsprechen. Und sie ist weit davon entfernt, zur Nahrungssicherheit beizutragen, denn sie verfüttert (importierte) Futtermittel von Äckern, auf denen direkt Nahrung für Menschen produziert werden könnte, während weltweit weiterhin über 700 Millionen Menschen unterernährt sind.

Wie eine im Sinne der Nachhaltigkeit, der Nahrungsmittelsicherheit und des Tierwohls bessere Rindviehhaltung aussehen könnte, lässt sich gut über zirkuläre Ernährungssysteme ableiten. Dabei beginnt man beim Tier und dessen ursprünglicher Rolle im Ernährungssystem, die vor allem darin bestand, für Menschen nicht als Nahrung nutzbare Biomasse in Nahrungsmittel zu verwandeln. Gras von Flächen, die nicht für den Ackerbau geeignet sind, bilden eine gute Futtergrundlage. Wiederkäuer sind in der Lage, dieses für den Menschen nicht als Nahrung nutzbare Gras in Milch und Fleisch umzuwandeln. Die Tiere würden also nur mit Gras, Heu, Grassilage gefüttert und würden dazu idealerweise auf der Weide stehen. Da Grünland in Bezug auf den Energiegehalt einen Proteinüberhang aufweisen kann, wäre es sinnvoll, energiereicheres Futter wie Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie in kleinen Mengen zuzugeben, um die dadurch möglichen überproportionalen Leistungsgewinne aufgrund der damit besseren Nutzung des Proteins im Gras zu realisieren.

Solche Systeme werden auch in Deutschland schon umgesetzt, aber nur als Nischenproduktion in kleinem Rahmen. Es gibt auch schon Labels für solche Systeme, wobei man kritisch hinterfragen muss, was genau ein spezifisches Label beinhaltet und ob wirklich alle Kriterien einer solchen weidebasierten Rinderhaltung erfüllt sind. Das Label «Weidemilch» zum Beispiel kann für Milch von Kühen vergeben werden, die mindestens 120 Tage im Jahr auf der Weide sind. An diesen Tagen müssen sie mindestens sechs Stunden draußen grasen. Umgekehrt bedeutet das, dass Milch von Tieren, die 245 Tage im Jahr ganztags und an den restlichen Tagen für je 18 Stunden pro Tag im Stall gehalten werden noch als „Weidemilch“ vermarktet werden kann. Es lässt sich darüber streiten, inwiefern eine solche Haltung tatsächlich einer Weidehaltung entspricht.¹⁶

¹⁶ Verbraucherzentrale 2023, Weidemilch, bedeutet das mehr Tierwohl? [Weidemilch - bedeutet das auch mehr Tierwohl? | Verbraucherzentrale.de](https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/weidemilch-bedeutet-das-auch-mehr-tierwohl/)

1.3. Wieviel Milch und Fleisch könnten rein grünlandbasiert produziert werden?

Vor diesem Hintergrund untersucht diese Studie, was eine rein grünlandbasierte Milchproduktion für Folgen für die Produktion und den Konsum in Deutschland hätte. Die Studie untersucht also, was es bedeuten würde, wenn Rinder wirklich nur für Menschen nicht essbares Gras und Heu von Flächen, auf denen keine Nahrung produziert werden könnte in wertvolle Nahrungsmittel umwandeln würden. Wie viele Tiere könnten dann noch gehalten und wieviel Milch und Fleisch könnten dann noch produziert werden? Wie stark müsste der Konsum zurückgehen? Welche Auswirkungen auf die Landnutzung, den Ackerflächenbedarf und die Treibhausgasemissionen hätte dies?

Die Studie nimmt also das Bild der grasfressenden Kuh ernst und liefert die richtigen Fakten dazu. Die grünlandbasierte Milchproduktion beschreibt ja eigentlich ein wünschenswertes System, das heute aber nur noch in der Vorstellung existiert und nicht mehr Realität ist. Deshalb ist es wichtig, klarzumachen: entweder die Industrie bekennt sich zur Realität der Milchproduktion heute, die weit von einer vornehmlich grünlandbasierten Produktion entfernt ist, oder die Produktion ändert sich wirklich in Richtung dieser Vorstellungen der grasfressenden Kuh.

Wir leuchten deshalb in verschiedenen Szenarien die Potenziale einer nachhaltigen Milcherzeugung aus, die die Vorzüge der grünlandbasierten Produktion für eine klimaschonende, umweltfreundliche und damit nachhaltige Lebensmittelerzeugung nutzt. Dies kann auch Verbraucher:innen helfen, fundierte Entscheidungen zu treffen, die Milchindustrie dazu anregen, nachhaltigere Praktiken zu fördern und generell die Debatte über die Zukunft der Milchproduktion in Deutschland anzuregen. Dies geschieht ganz konkret vor dem Hintergrund, dass auch der Sektor Landwirtschaft seinen Beitrag zum Erreichen der im Klimagesetz vorgeschriebenen Klimaneutralität bis 2045 leisten muss.

Dabei ist es wichtig zu betonen, dass eine rein grünlandbasierte Milchproduktion als Vision und theoretische Referenzgröße dienen soll, wieviel auf diese Weise noch produziert werden könnte, und nicht als Vorschlag für eine in den kommenden Jahren realistische Transformation verstanden werden soll. Die Transformation hin zu mehr grünlandbasierter Fütterung muss dort ansetzen, wo der Sektor heute steht, und die strukturellen Gegebenheiten wie Investitionszyklen, Verfügbarkeit des genetischen Materials in den Herden, Absatzmärkte und Wirtschaftlichkeit der Betriebe berücksichtigen. Deshalb untersuchen wir neben dem Szenario der rein grünlandbasierten Produktion auch noch andere Szenarien, die angesichts der derzeitigen Gegebenheiten anschlussfähiger sind.

2. Szenarien und Vorgehen

Um zu berechnen, wie viele Tiere rein grünlandbasiert gehalten und wieviel Milch und Fleisch damit noch produziert werden könnten, wurden ausgehend von der verfügbaren Futtermittelgrundlage in verschiedenen Szenarien bestimmt, mit welcher Herdenstruktur welche Milch- und Fleischerträge möglich wären und wie viele Tiere dann noch gehalten werden könnten. Daraus ergibt sich dann, welche Milch- und Fleischmengen gesamthaft produziert werden können und wie viel Ackerland und Treibhausgasemissionen dies einsparen würde.

Die Berechnungen wurden mit Hilfe des SOLm-Modells und eines spezifisch für diese Fragestellung angepassten Fütterungsmoduls sowie einer eng am Treibhausgasinventar von Deutschland angelehnten Berechnung der Treibhausgasemissionen modelliert. Details dazu finden sich im Anhang I «Daten und Methoden».

Die Hauptannahmen hierbei sind

- die Herdenstruktur, also wie viele Tiere welchen Alters kommen auf eine Milchkuh (Kälber aus der Milchproduktion, Tiere zur Remontierung (Ersatz der Milchkühe am Ende ihrer Lebensdauer), etc.)
- der Futterbedarf der verschiedenen Tiere
- der Milchertrag der Milchkühe und
- welche Menge an Gras von welcher Qualität steht vom Grünland als Futter zur Verfügung.

Für die Bestimmung der Leistungsindikatoren werden Daten aus Studien verwendet, in denen eine graslandbasierte oder kraftfutterreduzierte Viehhaltung untersucht wurde. Beispielhaft kann dies mit der Rasse Fleckvieh, welche den Szenarien zugrunde gelegt wird, illustriert werden (vgl. Tabelle 1). Die Merkmale für das dritte Szenario, das an ein in der Schweiz real existierendes Produktionssystem angelehnt ist („GMF“ – graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion), können nicht direkt von einer Rasse abgeleitet werden. Es handelt sich dabei um die durchschnittlichen Werte aus dem GMF-System in der Schweiz. Es kann angenommen werden, dass es sich dabei mehrheitlich um das Braunvieh handelt, eine beliebte Milchrasse in der Schweiz, die sich für grünlandbasierte Fütterung eignet. Fleckvieh ist eine weit verbreitete Zweinutzungsrasse in Deutschland, die sich optimal für die grünlandbasierte Viehhaltung eignet. Andere milchbetonte Rassen wie Holstein-Friesian oder Red Holstein wurden nicht betrachtet, da sie zu stark auf hohe Milchleistung gezüchtet sind und der damit einhergehenden hohe Energiebedarf nur schwerlich allein über grünlandbasiertes Futter gedeckt werden kann.

Tabelle 1: Merkmale für die Milch-Rassen Fleckvieh und Braunvieh, die in den Szenarien verwendet werden

Rasse	Fleckvieh	Braunvieh (für GMF)
Zwischenkalbezeit	391 Tage	380 Tage
Durchschnittliches Lebendgewicht	675 kg	665 kg
Fettgehalt der Milch	4,11 %	3,8 %

Das Hauptaugenmerk dieser Studie liegt auf der Frage, wie viel Milch mit einer grünlandbasierten Fütterung produziert werden kann. Um eine umfassende Perspektive zu erhalten, sollen die Szenarien das gesamte Spektrum abdecken - von einer vollumfänglichen Umsetzung der reinen grünlandbasierten Fütterung bis hin zu einem Szenario, das zwar näher bei der heutigen Situation liegt, aber dennoch eine signifikante Erhöhung des Grünlandanteils in der Futtergrundlage enthält.

Dies ermöglicht eine umfassende Analyse der verschiedenen Möglichkeiten und zeigt, wie sich die verschiedenen Indikatoren in diesen Szenarien verändern. Ausgehend von dem rein grünlandbasierten Szenario, welches am weitesten von der heutigen Situation entfernt ist, werden die anderen Szenarien durch schrittweise Abänderung der Indikatoren definiert, wie im Folgenden beschrieben und in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die drei Grund-Szenarien sind wie folgt definiert:

1. **Rein grünlandbasierte Milchproduktion (GM):** In diesem Szenario wird untersucht, wie viel Milch und Fleisch produziert werden kann, wenn ausschließlich Gras von Dauergrünland als Futterquelle verwendet wird. Da die Energieaufnahme allein durch Gras begrenzt ist, wird eine Milchleistung von 5000 Kilogramm pro Jahr und Tier angenommen. Die Hauptbetonung liegt auf der Milchproduktion, und alle Kälber, die nicht für die Aufzucht vorgesehen sind, werden bereits nach sechs Monaten geschlachtet, um möglichst viel Futter für die Milcherzeugung bereitstellen zu können. Aufgrund der geringeren Leistung sind die Kühe weniger von gesundheitlichen Risiken betroffen. Deshalb wird eine längere Lebensdauer von 6,9 und eine Nutzungsdauer von 4,5 Jahren angenommen (im Gegensatz zu den heute üblichen 5,3 bzw. 2,9 Jahren). Dies entspricht dann 4,2 Laktationen im Modell, im Gegensatz zu den heute üblichen 2,7.
2. **Grünlandbasierte Milchproduktion mit Nebenprodukten als Zusatzfuttermittel (GM+N):** In diesem Szenario werden auch Nebenprodukte als Futtermittel berücksichtigt, welche zehn Prozent des Energiebedarfs abdecken. Diese energiereichen Futtermittel verbessern die Milchleistung, weshalb in diesem Szenario eine Milchleistung von 6.500 Kilogramm pro Jahr und Tier angenommen wird. Die übrigen Annahmen bleiben gleich wie im GM-Szenario.

3. **Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion CH (GMF CH):** Dieses Szenario ist von einem in der Schweiz existierenden und gelabelten Produktionssystem inspiriert. Es zeigt eine Situation auf, die näher an der aktuellen Realität liegt, und bei der die Fütterung zu 85 Prozent aus der Trockenmasse der Grünlandressourcen, zu fünf Prozent aus Maissilage und zehn Prozent aus Kraftfutter besteht. Dieses System könnte für Deutschland ein erster, machbarer Schritt in Richtung erhöhten Grünlands- und Weideanteils sein. Mutterkühe sind ein Bestandteil des GMF Programms in der Schweiz. Deshalb werden diese mit einem ähnlichen Verhältnis, wie sie heute in Deutschland zu finden sind, mitberücksichtigt. 13 Prozent der Kühe werden im GMF Szenario als Mutterkühe gehalten und die restlichen 87 Prozent als Milchkühe. In diesem Szenario liegt die Nutzungsdauer für Milchkühe bei 3,5 Jahren, so wie sie derzeit in den GMF-basierten Systemen in der Schweiz beobachtet wird.

Die Kennzahlen dieser Szenarien sind in Tabelle 2 zusammengefasst und wurden aus verschiedenen Referenzen zusammengestellt und mit Expert:innen am FiBL Schweiz und FiBL Deutschland konsolidiert (s. auch Anhang I). Diese Szenarien ermöglichen eine umfassende Analyse der verschiedenen Produktionsansätze und zeigen, wie sich die Milch- und Fleischproduktion und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit von den verschiedenen Futterquellen und Herdenstrukturen verändern.

Tabelle 2: Spezifikation der Szenarien

Kürzel	GM	GM+N	GMF CH
Bezeichnung	Rein grünlandbasierte Milch- und Rindfleischproduktion	Grünland plus Nebenprodukte	Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion CH
Nutzungsdauer	4,5 Jahre	4,5 Jahre	3,5 Jahre*
Futter	Nur Gras	90% Gras 10% Nebenprodukte	85% Gras 10 % Kraftfutter 5% Maissilage
Milchleistung	5.000	6.500	6.500
Schlachalter Kälber	6 Monate	6 Monate	10 Monate*

*geringere Nutzungsdauer sowie höheres Schlachalter: entspricht den Werten des GMF-Systems, wie es derzeit in der Schweiz umgesetzt wird

Für alle Szenarien gelten die folgenden weiteren Annahmen:

- Als Futtergrundlage dienen die heute in Deutschland vorhandenen 4,5 Millionen Hektaren Dauergrünland (total eigentlich 4,73 Millionen Hektaren, wovon aber 0,23 Millionen Hektar Tiefertragsflächen sind, welche in den Berechnungen nicht als Futtergrundlage genutzt wurden). Darauf wurden bundeslandspezifische durchschnittliche Trockenmasseerträge pro Hektare, sowie national ein Energiegehalt von 5,6-6,2 MJ NEL, bzw. 17,6-19,5 MJ GE pro Kilogramm Trockenmasse, bei einer Verdaubarkeit der Energie von 60-65 Prozent angenommen, wobei die höchste Verdaubarkeit (also Futterqualität) im Futter für die Milchkühe angenommen wurde (Tabelle 3 und Tabelle 4, nächste Seite).

Wir betonen schon hier, dass die Annahmen zu den Energieerträgen und zur Verdaulichkeit des Grünlandfutters die zentralen Treiber für Unsicherheiten sind. Gerade die Daten zur Verdaulichkeit liegen nicht vor und wir sind auf grobe Annahmen angewiesen. Wenn man dort jedoch von etwa 70 Prozent¹⁷ ausgeht, wie z.B. im Treibhausgasinventar für die meisten Tierkategorien angenommen, und nicht von 60-65 Prozent wie in den Szenarien hier, erhöht sich die Anzahl Tiere, die über das Grünland versorgt werden können markant (vgl. die Sensitivitätsanalysen weiter unten).

- Die Geburt von männlichen und weiblichen Kälbern erfolgt zu gleichen Teilen im Verhältnis 50:50 (also insbesondere kein Spermasexing).
- Jedes Kalb aus der Milchproduktion wird bis zur Absetzung mit 1.000 Kilogramm Milch gefüttert, da auf den Einsatz von energiereichem Ersatzfutter wie Milchaustauscher oder Kraftfutter verzichtet wird. Die Fähigkeit, Gras im Magen zu verdauen, entwickelt sich erst nach der Geburt. In Betrieben mit reduziertem Kraftfuttereinsatz ist die Verfütterung von Milch üblich. Diese Annahme hat zur Folge, dass weniger Milch für den menschlichen Konsum zur Verfügung steht.
- Es treten Verluste in der Aufzucht und in der Mast auf. Diese unvermeidbaren Abgänge führen zu einem gewissen Energiebedarf, der sich nicht in Milch und Fleisch umsetzen lässt.

¹⁷ Werte zwischen 55-80% entsprechen einer Weide- und Mischfutterfütterung. Werte zwischen 72-85% entsprechen Masttieren, die mit >85% Kraftfutter oder Futter mit hohem Getreideanteil gefüttert werden

Tabelle 3: Energiegehalte und Verdaulichkeit der Dauergrünlandflächenerträge in Deutschland

Bruttoenergiegehalt (MJ GE/kg TM)	Gehalt an Nettoenergie Laktation (MJ NEL/kg TM)	Verdaulichkeit (%)
17,6-19,5	5,6-6,2	60-65% (je nach Tierkategorie)

Tabelle 4: Dauergrünlandflächen und Erträge nach Bundesland, 2021/22¹⁸

Bundesland	Fläche (ha)	Fläche auf entwässerten Moorböden (ha)	Ertrag (dt TM/ha)
Deutschland**	4.508.900	950.426	61,40
Baden-Württemberg	513.500	21.469	56,00
Bayern	1.023.800	79.849	73,30
Berlin*	700	693	56,60
Brandenburg	287.100	160.647	45,40
Bremen*	6.300	5.326	56,60
Hamburg*	6.700	2.978	56,60
Hessen	280.400	2.430	53,20
Mecklenburg-Vorpommern	262.100	200.359	39,90
Niedersachsen	651.800	297.416	73,30
Nordrhein-Westfalen	375.700	11.591	49,00
Rheinland-Pfalz	233.900	1.970	55,70
Saarland	38.900	470	48,40
Sachsen	185.400	2.756	58,20
Sachsen-Anhalt	161.800	52.668	42,60
Schleswig-Holstein	316.500	106.263	81,90
Thüringen	164.400	3.542	54,10

¹⁸ DESTATIS 2022, Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Reihe 3.2.1: Feldfrüchte, [Fachserie 3 - Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Statistisches Bundesamt \(destatis.de\)](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/zeitreihe-dauergruenland-nach-nutzung.html); siehe auch: UBA 2022, Dauergrünlandflächenanteil und Veränderung in den Bundesländern, <https://www.umweltbundesamt.de/bild/tab-dauergruenlandflaechenanteil-veraenderung-in> und DESTATIS 2023, Dauergrünland nach Art der Nutzung im Zeitvergleich, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/zeitreihe-dauergruenland-nach-nutzung.html>

*Unbekannte Werte wurden anhand von Daten aus früheren Jahren hergeleitet; **Diese Flächenangaben beziehen sich auf das Total ohne die Tiefertragsflächen (Mit diesen wäre die Gesamtfläche 4,73 Millionen Hektaren).

Zusätzlich werden unterschiedliche Ausprägungen der Grünlandflächen, der Grünlanderträge, bzw. Qualität der Nutzungsdauer und der Mastdauer der Kälber modelliert:

- Reduktion der Grünlandflächen:
 - Auswirkung der Wiedervernässung von trockengelegten Mooregebieten auf die Milchproduktion: Die Grünlandflächen, die aus ökologischer Sicht wiedervernässt werden sollten, werden von den Grünlandflächen, die im Modell als Futtergrundlage zur Verfügung stehen, abgezogen. Dies sind etwa 0,95 Millionen Hektaren Grünland, die heute auf entwässerten Moorböden stehen.
 - Zuteilung des Futters an Einhufer, Schafe und Ziegen: werden die Bestände dieser Tierkategorien konstant gehalten und zu 100 Prozent vom Grünland gefüttert, reduziert sich Grünlandfläche, die für die Rinder zur Verfügung steht um etwa 0,63 Millionen Hektare.
- Grünlandqualität: Auswirkung einer höheren Verdaubarkeit des Grünlands (0,7 statt 0,6-0,65).
- Einfluss der Nutzungsdauer auf die Milchproduktion: Dazu wird auch mit der Annahme von 2,7 Laktationen, also einer Nutzungsdauer von 2,9 Jahren berechnet, was dem aktuellen Durchschnitt entspricht.
- Einfluss der Mastdauer auf das Milch-Fleisch Verhältnis und Produktionsvolumina: Neben der kurzen Mastdauer von sechs Monaten werden die Szenarien GM und GM+N jeweils mit einer Mastdauer von zwölf Monaten berechnet. Damit wird mehr Energie aus dem Grünland in die Fleischproduktion gesteckt und kommt den heutigen Verhältnissen zwischen Milch und Fleisch etwas näher.

3. Resultate

Im Folgenden werden zuerst die Resultate der drei Hauptszenarien im Vergleich zur Situation heute (Jahr 2022) präsentiert, danach werden im Rahmen der Sensitivitätsanalysen die Resultate unter veränderten Parameterannahmen diskutiert.

3.1. Herdengröße, Milch- und Fleischproduktion

Die Herdengröße und -struktur (Anzahl Kalbungen pro Jahr, Halte- bzw. Nutzungsdauer, etc.) bestimmen die produzierte Milch- und Fleischmenge in jedem Szenario. Die Herdengröße wiederum wird durch das regionale Futterangebot in Form von Bruttoenergie und die Herdenstruktur und dem damit verbundenen Energiebedarf bestimmt (für Details: siehe Methodenanhang). Die Resultate zur Produktion und den Tierzahlen in den verschiedenen Szenarien und heute finden sich in Tabelle 5. Die Fleischproduktion ist in Kilogramm Schlachtgewicht ausgewiesen. Die Resultate zur Veränderung der Anzahl Milchkühe und der Milchproduktion sind in Anhang I auch als Karten mit relativen Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation heute dargestellt, um zu illustrieren, wie unterschiedlich die Szenarien sich in den einzelnen Bundesländern auswirken.

Tabelle 5: Milch- und Fleischproduktion sowie Tierzahlen in den verschiedenen Szenarien

Szenario	Heute	GM	GM+N	GMF
Milchkühe	3,8 Mio.	3,6 Mio.	3,6 Mio.	3,1 Mio.
Übrige Rinder	7,2 Mio.	4,6 Mio.	4,7 Mio.	5,6 Mio.
davon Mutterkühe	0,6 Mio. ¹⁹	-	-	0,5 Mio.
Milchproduktion brutto*	32,4 Mio. t	18,0 Mio. t - 44 %	23,4 Mio. t - 28 %	21,5 Mio. t - 34 %
Milchproduktion netto (nach Abzug der Milch für die Kälber)*	29,0 Mio. t	14,4 Mio. t - 50 %	19,8 Mio. t - 32 %	17,1 Mio. t - 41 %
Fleischproduktion*	992 Mio. kg ²⁰	538 Mio. kg - 46 %	571 Mio. kg - 42 %	760 Mio. kg - 23 %

*Relative Werte: Reduktion im Vergleich zur Situation heute

¹⁹ BZL 2023, Tierwohl in der Mutterkuhhaltung,

<https://www.nutztierhaltung.de/rind/mast/tierbeobachtung/mutterkuhhaltung-und-tierwohl/>

²⁰ DESTATIS 2023, Schlacht- und Schlachtgewichtsstatistik, Code 41331, [Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online: Statistik: 41331 \(destatis.de\)](https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html)

Die Szenarien führen kaum zu einer Reduktion der Tierzahlen, da die Tiere wegen der tieferen Erträge auch weniger Futter benötigen, sodass sich die Reduktion des Futterangebots und des Bedarfs pro Tier grob gesagt etwa die Waage halten. Aufgrund der tieferen Erträge ergeben sich aber viel tiefere Produktionsmengen, die im rein grünlandbasierten Szenario nur noch gut die Hälfte der Milchmenge von heute erreichen, während sie in den anderen Szenarien gut 60 Prozent (GMF) bis 70 Prozent (GM+N) betragen.

Die insgesamt produzierte Milchmenge bildet jedoch noch nicht die für die menschliche Ernährung zur Verfügung stehende Menge ab. Ein Teil der produzierten Milch wird den Kälbern verfüttert.²¹ Im heutigen System werden dafür etwa zehn Prozent der heutigen Milchproduktion aufgewendet. Ein Großteil wird für die Mutterkuhhaltung verwendet, bei der etwa 2.500 Kilogramm Milch pro Kalb benötigt werden. Der Rest teilt sich auf die verbleibenden 3,2 Millionen Milchkühe und deren Kälber auf (vgl. Tabelle 5), was gut 500 Kilogramm Milch pro Kalb bedeutet. Dies ist möglich, da die Kälber in der Milchproduktion schnell entwöhnt und mit Milchaustauschfutter aufgezogen werden. In den Szenarien ist dies nicht möglich und es werden etwa 1.000 Kilogramm Milch pro Kalb für dessen Aufzucht verwendet. Dies reduziert die für die menschliche Ernährung verfügbare Milchmenge nochmals um 15-20 Prozent. Damit stehen im GM-Szenario noch die Hälfte der heutigen Menge für die Menschen zur Verfügung, bzw. knapp 60-70 Prozent in den beiden anderen Szenarien.

Die Fleischproduktion nimmt im Vergleich zur Milch weniger stark ab. Ein Grund dafür liegt darin, dass 32 Prozent der Rindfleischproduktion im Jahr 2022 von Kühen stammt, 17 Prozent von Färsen, 46 Prozent von Bullen und der Rest von Kälbern und anderem Jungvieh²². Die Herdengröße ist im Vergleich zwischen heute und dem GM Szenario nur um 29 Prozent gesunken. Dazu kommt, dass die «Bullen» in unserem Modell 0,5-1 Jahr alt werden, anstatt 1-2 Jahre. Die Szenarien führen zu einer relativ starken Reduktion bei der individuellen Milchleistung, während die gesamte Herdengröße weniger stark abnimmt. Dies führt dazu, dass die Fleischproduktion weniger stark abnimmt als die Milchproduktion, obwohl der Schwerpunkt im Modell auf der Milchproduktion liegt und die Bullen in jüngerem Alter geschlachtet werden.

Bei der Diskussion von Konsummengen von Milch und Fleisch ist es wichtig zu beachten, dass der Sektor in Deutschland von großen Handelsflüssen geprägt ist. Bei einer Produktion von fast 1.000 Millionen Kilogramm Rindfleisch wurden 2019 etwa 500

²¹ BLE 2023, Milchwirtschaft auf einen Blick, https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/Dt_Grundlagen/Milchwirtschaft_auf_einen_Blick_406003001_11.xlsx;jsessionid=05C7C6BCCBD624B1F712F8FBAA86D01E.internet952?__blob=publicationFile&v=7

²² BLE 2023, 105. Tierische Erzeugung

Millionen Kilogramm importiert und 420 Millionen Kilogramm exportiert.²³ Die Zahlen in Tabelle 6 berücksichtigen dies nicht und basieren einfach auf der Produktion geteilt durch die Bevölkerungszahl (84 Millionen). Bei der Milch wurden bei einer Produktion von 32 Millionen Tonnen Milch 16 Millionen Tonnen exportiert und 12,3 Millionen Tonnen importiert.²⁴ Der überwiegende Teil der Milch wird in verarbeiteter Form konsumiert (Käse, Joghurt, etc.). Dies macht eine Beurteilung, wie sich Veränderungen der Produktionsstruktur auf den Konsum im Detail auswirken würden sehr viel unsicherer als die Beurteilung, wie sie sich auf die Produktionsvolumen auswirken. Für die Milch stellt Tabelle 6 somit auch einfach eine Illustration dar, wie sich die Veränderung der Produktionsvolumen in den Szenarien auswirken würde, falls sich die Pro-Kopf-Konsummengen über alle Milchprodukte hinweg in gleicher Weise auch entsprechend ändern würden.

Tabelle 6: Veränderung des Pro-Kopf-Angebots an Milchprodukten und Fleisch in den verschiedenen Szenarien

Szenario	Heute	GM	GM+N	GMF
Konsum von Milchprodukten pro Kopf	82,5 kg ²⁵	41,0 kg (-50%)	56,3 kg (-32%)	48,6 kg (-41%)
Rind- und Kalbfleischkonsum pro Kopf	11,8 kg ²⁶	6,4 kg (-46%)	6,8 kg (-42%)	9,0 kg (-24%)

Bei der Interpretation der Resultate ist weiter zu beachten, dass in den Szenarien nicht nur das Futter vom Ackerland reduziert, sondern auch die Grünlandfläche für die Rinderhaltung erhöht wird, da in den Szenarien sämtliches Dauergrünland für die Milchproduktion verwendet wurde, insbesondere auch der Anteil, der heute an Pferde, Schafe und Ziegen geht. Nimmt man an, dass der Futterbedarf dieser Tiere gleichbleibt, reduziert sich die Futtergrundlage für die Rinder um 14 Prozent und entsprechend weniger Milch könnte produziert werden (dafür zusätzlich noch eine gewisse Menge an

²³ BVLK 2020, Wie viel Fleisch exportiert und importiert Deutschland? Bundesverband der Lebensmittelkontrolleure Deutschlands e.V. BVLK, <https://bvlk.de/news/wie-viel-fleisch-exportiert-und-importiert-deutschland.html>

²⁴ MIV 2023, Wohin die Milch in Deutschland fließt 2022, Milchindustrieverband MIV, <https://milchindustrie.de/marktdaten/aussenhandel/>, <https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2022/09/Wohin-die-Milch-fliesst.jpg>

²⁵ IBIS World 2023, Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milcherzeugnissen, <https://www.ibisworld.com/de/bed/pro-kopf-konsum-milch-milcherzeugnissen/478/>

²⁶ BMEL 2023, Versorgungsbilanz Fleisch, <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen/fleisch>, Daten für den pro-Kopf-Verbrauch

Schaf- und Ziegenmilch und –fleisch). Details dazu finden sich im Abschnitt 3.4 zur Sensitivitätsanalyse.

Schließlich sei noch eine Abschätzung unternommen, wieviel Kalorien und Protein für die menschliche Ernährung auf den durch die Reduktion des Futterbaus auf Ackerland freiwerdenden Flächen (vgl. Abschnitt 3.2) produziert werden könnten, und wie dies in Relation zur entsprechenden Reduktion an Kalorien und Protein aufgrund der reduzierten Milch- und Fleischproduktion steht. Würde man beispielhaft in Szenario GM die Flächen vollständig entweder mit Weizen oder Erbsen belegen, mit den in Tabelle 7 ausgewiesenen Werten zu Protein- und Kaloriengehalten sowie Erträgen, dann ergibt sich ein Kalorienangebot, das die Reduktion aufgrund der Milch und Fleischreduktion um einen Faktor 2,5-3,3 (beim Protein), bzw. 2,3-5,4 (bei den Kalorien) überkompensiert.

Tabelle 7: Kalorien- und Proteinproduktion auf den freien Flächen und deren Relation zur entsprechenden Reduktion aufgrund reduzierter Milch- und Fleischmengen (Szenario GM)²⁷

Neue pflanzliche Produkte						
	Ertrag	Energiegehalt	Protein- gehalt	Fläche	Protein total	Kalorien total
Weizen	7,4 t/ha	3.270 kcal/kg	11%	2,3 Mio. ha	1,87 Mio. t	5,57 10 ¹³ kcal
Erbsen	3,1 t/ha	3.300 kcal/kg	20%	2,3 Mio. ha	1,43 Mio. t	2,35 10 ¹³ kcal
Reduzierte tierische Produkte						
	Mengenreduktion	Energiegehalt	Protein- gehalt		Protein total	Kalorien total
Milch	14,6 Mio. t	650 kcal/kg	3,2%		0,47 Mio. t	0,95 10 ¹³ kcal
Fleisch	0,454 Mio. t	1.340 kcal/kg	21,4%		0,09 Mio. t	0,06 10 ¹³ kcal
Total Milch plus Fleisch					0,56 Mio. t	1,01 10 ¹³ kcal
Pflanzliche Produktion im Verhältnis zur reduzierten tierischen Produktion						
Total Milch plus Fleisch im Vergleich zu			Weizen		330%	540%
			Erbsen		250%	230%

²⁷ Daten Erträge: FAOSTAT Produktionsstatistik, Werte für Deutschland (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>). Protein- und Energiegehalte: Schweizer Nährwertdatenbank, <https://naehrwertdaten.ch/de/search> (Weizen, ganzes Korn; Erbse, reif, getrocknet; Rindfleisch; Milch)

3.2. Reduktion des Bedarfs an Ackerflächen für die Futterproduktion

Beim Übergang zu rein grünlandbasierter Milchproduktion und den anderen Szenarien werden signifikante Ackerflächen, die heute für die Futterproduktion für den Milchsektor verwendet werden (vor allem Silomais, aber auch Kraftfutter) frei. Diese freiwerdenden Flächen schätzen wir sehr grob ab, indem wir auf Basis von DESTATIS (2022)²⁸ die Gesamtanzahl der Rinder-GV (7,9 Millionen GV) mit einer Durchschnitts-Trockenmasseaufnahme von 6.500kg/GV multiplizieren und davon den Trockenmasseaufwuchs auf den für die Rinder zur Verfügung stehenden Dauergrünlandflächen abziehen (3,9 Millionen Hektaren * 6t pro ha; 3,9 Millionen Hektaren entsprechen den 4,5 Millionen Hektaren abzüglich der Flächen für die Pferde, Schafe und Ziegen, s. oben). Dies ergibt etwa 28 Millionen Tonnen Trockenmasse, die vom Ackerland stammen. Bei einer Kombination von Kraftfutter und Silomais von etwa 1:2 für diese verbleibende Menge ergibt sich ein Trockenmasseertrag von etwa 12 t/ha. Dies ergibt etwa 2,3 Millionen Hektaren freiwerdender Ackerflächen. Wir betonen nochmals, dass dies eine sehr grobe Rechnung ist und diese Fläche somit nur einen groben Richtwert zur Größenordnung der freiwerdenden Ackerflächen darstellt.

Eine ganz anders geartete Rechnung mit grünlandbasiertem Trockenmassebedarf der verschiedenen Tierkategorien mit ihren unterschiedlichen Futterrationen, wie sie im THG-Inventar verwendet werden, kombiniert mit Annahmen zu den Flächenerträgen für die Futtermittel ergibt jedoch auch etwa 2,3 Millionen Hektaren freiwerdender Ackerflächen.

Eine dritte sehr grobe Rechnung geht von den 0,89 Hektaren Hauptfutterflächen pro GV aus²⁹, multipliziert diese mit den 7,9 Millionen Rinder-GV und zieht die 3,9 Millionen Hektaren Dauergrünlandflächen für die Rinder ab. Dies ergibt dann etwa 3,1 Millionen Hektaren an freiwerdenden Ackerflächen. Der für diese Rechnung zugrundeliegende Flächenbedarf pro Rind-GV überschätzt den Flächenbedarf pro Tier und somit das freiwerdende Ackerland, da in den 0,89 Hektaren auch die Pferde, Schafe und Ziegen mit höherem vornehmlich grünlandbasiertem Flächenbedarf eingerechnet sind.

Bei den Szenarien GM und GM+N fällt kein Ackerlandbedarf an, da nur Grünland, bzw. Grünland und Nebenprodukte als Futterbasis dienen. Beim GMF-Szenario wird noch etwa ein Viertel des Ackerlands benötigt (heute kommen über alles gerechnet etwa gut

²⁸ DESTATIS 2022, Viehbestand, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225314.html>

²⁹ DESTATIS 2022, Viehbestand, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225314.html>

die Hälfte der Trockenmasse vom Ackerland, im GMF-Szenario noch etwa 15 Prozent, also etwa ein Viertel davon).

Bei diesen Berechnungen wurde nicht berücksichtigt, dass Teile des Kraftfutters auch aus Importen stammen können, was dann zu entsprechenden Flächenreduktionen im Ausland statt im Inland führen würde. Für die Milchproduktion stammt jedoch der Großteil der nicht grünlandbasierten Futterkomponenten nicht aus dem Ausland (Silomaismais, Rapsschrot, Nebenprodukte der hiesigen Lebensmittelerzeugung).

3.3. Treibhausgasemissionen

Die Umstellung auf graslandbasierte Tierproduktion führt zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen. Diese stammen vom Verzicht auf Kraftfutter- und Silomaisanbau, von der Reduktion der Tierzahlen (wegen der längeren Nutzungsdauer der Milchkühe hat es nicht viel weniger Milchkühe, aber vor allem weniger andere Rinder), von den Änderungen beim Leistungsniveau, der Herdenstruktur und den Futterrationen. Das Hofdüngermanagement bleibt gleich wie im heutigen Szenario, aber die Reduktion der Hofdüngermengen führt auch dort tendenziell zu einer Reduktion der Emissionen, wobei die schlechtere Futterverdaubarkeit gegenläufig wirkt, was sich z.B. im GM+N-Szenario so auswirkt, dass diese Emissionen etwa gleichbleiben. Der bei Weitem wichtigste Effekt kommt vom Verzicht auf den Futterbau auf Ackerland und von der Veränderung in den Tierzahlen, insbesondere von der Reduktion des relativen Anteils nicht-milchproduzierender Tiere. Die Treibhausgasemissionen sind in Tabelle 8 in CO₂-Äquivalenten für die verschiedenen Szenarien dargestellt.

Tabelle 8: Treibhausgasemissionen in den verschiedenen Szenarien in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten (Mt CO₂e)

THG-Emissionen der Rindviehhaltung	Heutige Situation	GM	GM+N	GMF
THG-Emissionen total	33,9 Mt CO ₂ e	22,2 Mt CO ₂ e	24,3 Mt CO ₂ e	27,7 Mt CO ₂ e
Enterische Fermentation	20,2 Mt CO ₂ e	16,4 Mt CO ₂ e	17,9 Mt CO ₂ e	19,5 Mt CO ₂ e
Hofdüngeremissionen Methan (CH ₄)- und direkte und indirekte Lachgasemissionen (N ₂ O)	6,3 Mt CO ₂ e	5,8 Mt CO ₂ e	6,4 Mt CO ₂ e	6,4 Mt CO ₂ e
Emissionen aus dem Futterbau vom Acker	7,4 Mt CO ₂ e	-	- ³⁰	1,8 Mt CO ₂ e

³⁰ Da nur Nebenprodukte zugefüttert werden.

Die Emissionen aus dem Futterbau auf Ackerland wurden sehr einfach berechnet, indem angenommene Mengen bzw. Flächen an Silomais und Kraftfutter mit literaturbasierten Emissionswerten pro Tonne bzw. pro Hektare multipliziert wurden.³¹ Hierbei ist natürlich zu beachten, dass diese Emissionen nur eingespart würden, wenn diese Flächen aus der Produktion genommen werden. Es ist anzunehmen, dass dieses Ackerland aber für die direkte Nahrungsmittelproduktion genutzt werden würde, was dann zu ähnlichen oder sogar höheren Emissionen wie im Futterbau führen würde – aber natürlich verbunden mit zusätzlicher Nahrungsmittelproduktion. Grob überschlagen würde die Nutzung dieser Flächen für die direkte pflanzliche Nahrungsproduktion zwischen 2,3 bis 5,4 mal die Kalorien und Proteinmenge der nicht mehr produzierten Milch- und Fleischmengen zu produzieren erlauben (vgl. Tabelle 7).

Schließlich können auch Emissionsfußabdrücke dieser Systeme bestimmt werden, wenn man die Emissionen in Bezug zu den produzierten Proteinmengen setzt (Tabelle 9, nächste Seite). Einerseits kann dies für die tierische Produktion separat gemacht werden, was dann zeigt, dass sich bei vermehrt graslandbasierten (GM, GM+N) bzw. zusätzlich fleischbetonen Systemen (GMF) die relativen Emissionen erhöhen. Berücksichtigt man darin aber auch die Produktion pflanzlicher Proteine auf den freiwerdenden Ackerfutterflächen (mit einer sehr groben Überschlagsrechnung gleicher Emissionen pro Hektare wie für den Futterbau und der Hälfte der Fläche jeweils unter Weizen und Protein als Ersatz), dann ergibt sich ein ganz anderes Bild und die relativen Emissionen in Bezug auf die gesamte Proteinproduktion in den grünlandbasierten Systemen inklusive Nahrungsmittelproduktion auf den freiwerdenden Flächen sinken um 45-55 Prozent (Tabelle 9, nächste Seite).

Die Emissionen aus dem Hofdüngermanagement beinhalten auch die Emissionen von der Weide (Hofdüngermanagement „Pasture/Range/Paddock“), die im nationalen THG-Inventar bei den Emissionen aus den Böden und nicht dem Hofdüngermanagement berechnet werden. Dies ist bei Vergleichen mit den Inventarwerten wichtig. Nicht enthalten sind die Emissionen aus der Anwendung von Mineraldünger oder Kompost auf dem Grünland, bzw. der Ausbringung von Hofdünger auf dem Grünland ohne Weidegang, da die Mengen dazu nicht vorliegen. Diese Emissionen werden sich zwischen den Szenarien nur wenig unterscheiden und sie werden vergleichsweise nicht sehr hoch sein, im Bereich von wenigen Prozenten der anderen Emissionen. Wir sahen deshalb davon ab, dazu weitere Annahmen zu treffen, um diese Emissionen zu quantifizieren.

³¹ Es wurden etwa 3.2 t CO₂e/ha als Fussabdruck für Getreide und Silomais angenommen (Audsley und Wilkinson 2014, Journal of Cleaner Production 73 (2014) 263-268, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.066>; die Fläche entspricht den oben abgeleiteten 2.3 Mio. ha.

Auch nicht berücksichtigt wurde die Bindung von Kohlenstoff im Grünland. Dies insbesondere, da sich diese zwischen den Szenarien nicht unterscheidet, da die Grünlandflächen gleichbleiben.

Tabelle 9: Treibhausgasfußabdrücke in den verschiedenen Szenarien in kg CO₂-Äquivalenten pro kg Protein (kg CO₂e/kg)

	Einheit	Szenario			
		Heute	GM	GM+N	GMF
totale Emissionen Milch- und Fleischproduktion	Mio. t CO ₂ e	33,9	22,2	24,3	27,7
Emissionen der pflanzlichen Nahrungsproduktion auf den freiwerdenden Flächen	Mio. t CO ₂ e	0	7,4	7,4	5,55
Produktion Milch*	Mio. t	29,0	14,4	19,8	17,1
Produktion Fleisch*	Mio. t	0,992	0,538	0,571	0,760
Totale tierische Proteinproduktion	Mio. t Protein	1,14	0,58	0,76	0,71
CO₂-Fussabdruck des tierischen Produktionssystems	kg CO ₂ e/kg Protein	29,7	38,5	32,2	39,0
Produktion pflanzlichen Proteins auf den freiwerdenden Flächen**	Mio. t Protein	0	1,65	1,65	1,24
totale Proteinproduktion im Gesamtsystem (Tierische plus pflanzliche Produktion)	Mio. t Protein	1,14	2,23	2,41	1,95
CO₂-Fussabdruck des gesamten Produktionssystems	kg CO ₂ e/kg Protein	29,7	13,3	13,2	17,1

*Proteingehalt Milch: 3,2%, Fleisch 21,4%; ** je 50% Weizen und Erbsen, vgl. Tabelle 7

3.4. Sensitivitätsanalysen

Im Folgenden werden die Effekte der geänderten Annahmen zur Nutzung drainierter Moorböden, zur Verdaubarkeit von Gras, zur Nutzung des Grünlands, zur Nutzungsdauer und zur Mastdauer präsentiert.

3.4.1. Wiedervernässung drainierter Moorböden

Wenn die Grünlandflächen, die auf drainierten Moorböden liegen, durch Wiedervernässung aus der Produktion genommen werden, führt dies zu einer Reduktion der Grünlandflächen um 0,95 Millionen Hektaren. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf die Produktion, die sich gegenüber den Hauptszenarien um knapp ein Viertel reduziert (Tabelle 10). Dabei wurde nicht differenziert, ob die Erträge und Futterqualität des Grünlands auf drainierten Moorböden systematisch tiefer sind als auf mineralischen Böden. Diese weitere Detaillierung könnte noch vorgenommen werden, mit dem Effekt, dass die auf drainierten Moorböden eher zu erwartende tiefere Qualität also in einer gegenüber der Flächenreduktion unterproportionalen Reduktion der Tierzahlen und Produktion resultieren würde.

Tabelle 10: Resultate in den verschiedenen Szenarien unter der Annahme, dass das Grünland auf entwässerten Moorböden aus der Produktion genommen wird

Abzüglich Wiedervernässung	GM	GM+N	G MF
Anzahl Milchkühe	2,8 Mio. (-22%)	2,8 Mio. (-22%)	2,4 Mio. (-22%)
Milchmenge netto (nach Abzug der Milch für die Kälber)	11,1 Mio. t (-22%)	15,4 Mio. t (-22%)	13,4 Mio. t (-22%)
Fleischmenge	418 Mio. kg (-22%)	443 Mio. kg (-22%)	590 Mio. kg (-22%)

Anders als in der Studie von Wirz et al. (2017)³² zur ökologisierten Landwirtschaft in Deutschland wurde auch nicht angenommen, dass signifikante Ackerlandflächen auf drainierten Moorböden in extensives Grünland umgewandelt würden, mit dem Effekt das die Grünlandflächen entsprechend um 570.000 Hektaren ansteigen würden. Die den Annahmen zugrundeliegende Politik würde also dahingehend agieren, dass sämtliche Landwirtschaftsflächen auf drainierten Moorböden aus der Produktion genommen werden würden und auf diesen Flächen keine Umnutzung von Ackerland zu Dauergrünland stattfinden würde.

³² Wirz, A., Kasperczyk, Frieder, T., 2017, Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland – 2050, FiBL, <https://orgprints.org/id/eprint/31103/>

3.4.2. Höhere Verdaubarkeit vom Gras

Einer der größten Unsicherheitsfaktoren bei den Modellierungen ist die Verdaubarkeit vom Gras. Die Grundszenarien rechnen mit Werten zwischen 60-65 Prozent, während das Treibhausgasinventar Werte um 70 Prozent oder höher ausweist. Deshalb wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse das Szenario GM noch mit diesem höheren Wert gerechnet, um zu analysieren, wie sich das auf die Tierzahlen auswirkt. Dadurch werden 14 Prozent mehr Tiere und entsprechend mehr Produktion an Milch und Fleisch möglich (Tabelle 11).

Tabelle 11: Milch- und Fleischproduktion sowie Tierzahlen bei höherer Verdaubarkeit vom Gras

Szenario	Heute	GM	GM mit 70% Verdaubarkeit
Milchkühe	3,8 Mio.	3,6 Mio.	4,1 Mio.
Übrige Rinder	7,2 Mio.	4,6 Mio.	5,3 Mio.
davon Mutterkühe	0,6 Mio. ³³	-	-
Milchproduktion brutto	32,4 Mio. t	18,0 Mio. t	20,4 Mio. t
Milchproduktion netto (nach Abzug der Milch für die Kälber)	29,0 Mio. t	14,4 Mio. t	16,3 Mio. t
Fleischproduktion	992 Mio. kg ³⁴	538 Mio. kg	616 Mio. kg

3.4.3. Gleichbleibender Anteil Grünlandnutzung durch Pferde, Schafe und Ziegen

Heute beträgt der Bestand an Raufutterfresser in Deutschland etwa 8,5 Millionen Großvieheinheiten.³⁵ Davon entfallen etwa 7,9 Millionen GV auf Rinder, 0,43 Millionen GV auf Pferde und andere Einhufer und 0,145 Millionen GV auf Schafe und Ziegen.

³³ BZL 2023, Tierwohl in der Mutterkuhhaltung,

<https://www.nutztierhaltung.de/rind/mast/tierbeobachtung/mutterkuhhaltung-und-tierwohl/>

³⁴ DESTATIS 2023, Schlacht- und Schlachtgewichtsstatistik, Code 41331, [Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online: Statistik: 41331 \(destatis.de\)](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225314.html)

³⁵ DESTATIS 2022, Viehbestand, [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225314.html)

[Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225314.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225314.html)

Diese 0,58 Millionen GV Einhufer, Schafe und Ziegen machen somit sieben Prozent aller Raufutterfresser-GV aus. Unter der groben Annahme von etwa 6,5 Tonnen Trockenmassebedarf an Futter pro GV und Jahr, sowie Grünlanderträgen von etwa 6t Trockenmasse pro Hektare entspricht dies unter der Annahme, dass sie sich zu 100 Prozent vom Grünland ernähren, einem Bedarf von etwa 0,63 Millionen Hektaren Grünland. Unter der Annahme, dass der Bestand an diesen Tieren gleich bliebe würde sich somit die in den Szenarien für die Rinder zur Verfügung stehende Grünlandfläche um 0,63 Millionen Hektaren oder 14 Prozent vermindern. Entsprechend würden sich die Produktionsmengen und Emissionen um diesen Wert verringern.

3.4.4. Kürzere Nutzungsdauer

Wird statt der in den Grundszenarien gewählten Nutzungsdauer von der aktuellen, kürzeren Nutzungsdauer von 2,9 Jahren ausgegangen, ergeben sich die folgenden Werte für die Milch- und Fleischproduktion und die Anzahl Milchkühe (Tabelle 12). Für das GMF Szenario wurden bei den Hauptrechnungen Werte verwendet, wie sie aktuell in der Schweiz, in der dieses System bereits umgesetzt wird, beobachtet werden, weshalb hier auf eine weitere Anpassung bzw. Reduktion verzichtet wird. Die Reduktion der Nutzungsdauer führt zu einer erhöhten Fleischproduktion (plus fünf Prozent) und einer reduzierten Milchproduktion (minus acht Prozent). Der zugrundeliegende Mechanismus liegt in der höheren Remontierungsrate der Milchkühe. Je kürzer die Kühe leben, desto mehr Abgänge entstehen pro Jahr. Mehr Abgänge bedeutet mehr Fleisch. Dies hat aber auch zur Folge, dass eine Verlagerung von der Milchproduktion hin zur Aufzucht entsteht um den Bestand an Milchkühen beizubehalten. Die Aufzucht ist per se eine unproduktive Zeit, in der Futter benötigt wird, Emissionen entstehen und weder Milch noch Fleisch anfällt.

Tabelle 12: Resultate in den verschiedenen Szenarien unter der Annahme, dass die Nutzungsdauer reduziert wird (2,7 Laktationen)

Tiefere Nutzungsdauer	GM	GM+N
Anzahl Milchkühe	3,2 Mio. (-9%)	3,3 Mio. (-8%)
Milchmenge netto (nach Abzug der Milch für die Kälber)	13,0 Mio. t (-9%)	18,3 Mio. t (-8%)
Fleischmenge	565 Mio. kg (+5%)	597 Mio. kg (+5%)

3.4.5. Einfluss der Mastdauer

Wird das Schlachtalter der Kälber für das GM und GM+N Szenario von sechs auf zwölf Monate erhöht, ergeben sich folgende Mengen an Milch und Fleisch (Tabelle 13). Indem die Masttiere länger leben, wird ein Teil der verfügbaren Futterenergie aus dem Grünland hin zur Fleischproduktion verlagert. Weil die längere Mastdauer mehr Energie bzw. Futter pro Tier benötigt, reduziert sich das Angebot für die Milchproduktion und verringert die Anzahl Milchkühe, was wiederum eine Reduktion der produzierten Milchmenge zur Folge hat.

Tabelle 13: Resultate in den verschiedenen Szenarien unter der Annahme, dass die Mastdauer erhöht wird

Tiefere Nutzungsdauer	GM	GM+N
Anzahl Milchkühe	3,2 Mio. (-9%)	3,3 Mio. (-9%)
Milchmenge netto (nach Abzug der Milch für die Kälber)	13,0 Mio. t (-9%)	18,1 Mio. t (-9%)
Fleischmenge	682 Mio. kg (+27%)	737 Mio. kg (+29%)

4. Diskussion

4.1. Weniger Milch und Fleisch, weniger THG-Emissionen, keine Nahrungsmittelkonkurrenz

Die konsequente Umsetzung einer rein graslandbasierten Milchproduktion würde eine erhebliche Reduktion der gegenwärtigen Milch- und Fleischproduktion bedeuten. Sie würde aber auch zu signifikanten Reduktionen der Treibhausgasemissionen führen. Zusätzlich würde sie aber auch bedeuten, dass die Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenz vermieden wird, da einzig die Grünlandflächen wie Wiesen und Weiden, die also nicht direkt für die menschliche Ernährung genutzt werden können als Futtergrundlage dienen.

So würden bei einer rein graslandbasierten Milchproduktion in Deutschland Flächen von insgesamt 2-2,5 Millionen Hektaren Ackerland frei. Diese freigesetzten Flächen bergen zwei Potenziale. Einerseits können sie für die direkte Produktion von Nahrungsmitteln genutzt werden, was die Erzeugung von Lebensmitteln für den menschlichen Konsum fördert. Andererseits reduziert sich dadurch der Druck auf die bestehenden Ackerflächen, was die Möglichkeit bietet, eine extensivere, klimafreundlichere und bodenschonendere Landwirtschaft auf der gesamten Fläche zu betreiben, ohne die Ernährungssicherheit zu gefährden. Teile der Flächen könnten sogar ganz aus der Produktion genommen werden, um Biodiversität zu fördern. Dieser mehrfache Nutzen unterstreicht die ökologischen Vorteile einer graslandbasierten Viehhaltung.

Zentral bei solchen Strategien ist der systemische Ansatz unter Einbezug des Konsums. Diese Reduktion in der Produktion von Milch und Fleisch hätte nämlich erhebliche Konsequenzen für den täglichen Konsum, wenn die Produktionsreduktion nicht einfach durch Importe ausgeglichen werden würde. Ein Ausgleich über Importe würde lediglich einer Verlagerung der negativen Umweltauswirkungen ins Ausland bedeuten. Deshalb muss eine Strategie hin zu vermehrt grünlandbasierter Milchproduktion unbedingt mit konsumseitigen Strategien hin zu vermehrt pflanzenbasierter Ernährung einhergehen. Laut einer kürzlichen Pressemitteilung des BLE ist der Konsum von Milch, Käse und Butter rückläufig. Steigende Preise und ein zunehmendes Angebot an pflanzlichen Alternativen im Jahr 2022 haben zu einem erneuten Rekordtief im Milchkonsum geführt. Solche Entwicklungen zeugen von einer Bereitschaft Seitens der Bevölkerung auf tierische Produkte verzichten zu können.³⁶

Eine nachhaltige, ressourceneffiziente und standortangepasste Milchproduktion basiert auf der optimalen Nutzung von umliegenden Ressourcen wie Grünflächen, die für den Ackerbau ungeeignet sind. Es ist wichtig zu verstehen, dass wir von der Vorstellung

³⁶ BLE - Pressemitteilungen - Bilanz 2022: Produktion und Pro-Kopf-Verbrauch von Milch, Käse und Butter nehmen ab

Abschied nehmen müssen, gleichzeitig große Mengen Milch und Fleisch zu konsumieren und zu erwarten, dass dieser „Genuss“ ohne negative Auswirkungen auf Tierwohl und Umwelt erfolgt. Stattdessen sollten wir realistische und nachhaltige Produktionsmethoden in Betracht ziehen, die die örtlichen Gegebenheiten und Ressourcen berücksichtigen.

Dies könnte bedeuten, dass wir uns bewusst sind, wie viel Milch und Fleisch tatsächlich nachhaltig produziert werden können und unser Konsumverhalten entsprechend anpassen. Eine nachhaltige Milchproduktion würde die Weiden effizient nutzen und die Anzahl der Tiere im Einklang mit den verfügbaren Ressourcen halten. Dies würde dazu beitragen, die Umweltauswirkungen zu minimieren und eine ressourceneffiziente Landwirtschaft zu fördern.

Eine ideale standortangepasste, nachhaltige und ressourceneffiziente Milchproduktion auf dem Betrieb würde die folgenden Faktoren berücksichtigen:

1. **Standortangepasste Landwirtschaft:** Die Landwirtschaft sollte sich an den jeweiligen Standort und die örtlichen Gegebenheiten anpassen.
2. **Erfolgreiches Weidemanagement:** Ein zentrales Element wäre ein effektives Weidemanagement, das darauf abzielt, das Graswachstum und den Futterbedarf der Tiere zu synchronisieren. Dies stellt sicher, dass die Weideflächen optimal genutzt werden und die Tiere Zugang zu frischem Gras haben.
3. **Besatzstärke und Weidedruck:** Die Besatzstärke auf den Weiden und der damit verbundene Weidedruck müssten sorgfältig geplant und überwacht werden. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Anzahl der Tiere und der verfügbaren Weidefläche ist entscheidend, um Überweidung zu vermeiden und die Weiden nachhaltig zu erhalten.
4. **Optimale Nutzung von Nebenprodukten:** Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie und agronomisch gebotene Fruchtfolgeglieder, z.B. Futterleguminosen und Klee gras im Biolandbau können als energie- und proteinreiche Futterkomponente eingesetzt werden. Die optimale Kombination der grünlandbasierten Futtergrundlage mit Kraftfutterkomponenten kann attraktive Produktionssysteme ermöglichen, die in Richtung grünlandbasierter Milchproduktion gehen und anschlussfähig an die heutige Situation sind. Eine flexiblere Rationsgestaltung ermöglicht optimierte Erträge aus der lokal vorhandenen Futtergrundlage.

4.2. Zweinutzungsrasen in der Weidehaltung

Die Verwendung von Zweinutzungsrasen in der graslandbasierten Viehproduktion bietet mehrere Vorteile. Zweinutzungsrasen sind besser darauf ausgerichtet, die verfügbaren Ressourcen wie Gras effizient sowohl in Milch als auch in Fleisch

umzuwandeln. Darüber hinaus zeichnen sich diese Rassen durch ihre Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Umweltbedingungen aus, was sie für die Beweidung in offenen Landschaften geeignet macht.

Ein weiterer Vorteil von Zweinutzungsrassen ist ihre geringere Anfälligkeit für Krankheiten im Vergleich zu Hochleistungsrassen. Hochleistungstiere haben tendenziell ein höheres Erkrankungsrisiko, was auf ihre hohen Leistungsanforderungen und die intensive Stallhaltung zurückzuführen ist. Zweinutzungsrassen sind in der Regel widerstandsfähiger.

Zusätzlich erhöhen Zweinutzungsrassen die Flexibilität auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Je nach Nachfrage und Preisentwicklung können Tiere zu gegebener Zeit entweder zur Fleischproduktion geschlachtet oder weiterhin zur Milcherzeugung genutzt werden. Dies bietet den Landwirt:innen mehr Möglichkeiten und Anpassungsfähigkeit in der Betriebsführung. Dabei dürfen natürlich die großen Herausforderungen, die mit einer solchen Umstellung einhergehen nicht vernachlässigt werden. Die Betriebsabläufe und Infrastruktur müssen angepasst und neu entstehender Wissensbedarf gedeckt werden, was nicht einfach umzusetzen ist. Auch muss sichergestellt werden, dass Absatzmärkte, etc. bestehen. Deshalb sind auch die anderen Szenarien, insbesondere GMF interessant, da weniger Eingriffe in die heutige Struktur nötig sind, bzw. eine Übergangsperiode für Veränderungen in diese Richtung damit gleich beginnen könnte.

4.3. Nutzungsdauer

Eine längere Nutzungsdauer von Milchkühen hat einen positiven Effekt auf deren ökologischen Fußabdruck. Natürlicherweise kann eine Kuh etwa 20-25 Jahre alt werden, während die durchschnittliche Nutzungsdauer von Milchkühen in Deutschland nur 2,9 Jahre beträgt. Dieser geringere Zeitraum resultiert aus der erhöhten Anfälligkeit von Milchkühen für Krankheiten unter intensiven Produktionsbedingungen. Um kontinuierlich hohe Leistungen zu erzielen und das Risiko von Ausfällen aufgrund von Krankheiten zu minimieren, werden insbesondere Hochleistungstiere nach einer kurzen Nutzungsdauer geschlachtet und ersetzt.

Eine längere Nutzungsdauer führt zu weniger Abgängen pro Jahr. Dadurch wird der Bedarf an Aufzuchtieren reduziert, und die für die Aufzucht benötigten Ressourcen, können effizienter genutzt werden, beispielsweise für die Produktion von mehr Milch oder Fleisch. Weniger Aufzuchtieren bedeuten auch eine Verringerung der Treibhausgasemissionen, die durch die Aufzucht verursacht werden, ohne zur Nahrungsmittelproduktion beizutragen. In der herkömmlichen Praxis sind diese Tiere über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren unproduktiv, was Ressourcen verbraucht und Treibhausgase erzeugt.

Ein weiterer Vorteil einer längeren Nutzungsdauer ist, dass eine Milchkuh mit jeder zusätzlichen Laktation tendenziell mehr Milch produziert. Dies trägt zur Effizienz und Nachhaltigkeit in der Milchproduktion bei. Zusätzlich wird argumentiert, dass Weidetiere eine bessere Fleischqualität aufweisen, was auf ihre natürliche Ernährung und die ausreichende Bewegung auf den Weideflächen zurückzuführen ist. Dies zeigt die Vorteile einer grünlandbasierten Viehhaltung nicht nur in ökologischer, sondern auch in qualitativer Hinsicht.

Grünlandbasierte langlebige Rassen fördern eine standortangepasste Landwirtschaft und tragen zur Erhaltung der Biodiversität bei. Diese Form der Viehhaltung betont die Nutzung regionaler Ressourcen, was die Landwirtschaft besser an die örtlichen Bedingungen anpasst. Durch den Verzicht auf Futterimporte werden die Landwirt:Innen unabhängiger von Preis- und Angebotsschwankungen, was die Resilienz der Landwirtschaft stärkt. Gleichzeitig werden lange Transportwege, wie sie bei importierten Futtermitteln wie Soja aus Brasilien auftreten, vermieden.

Die Weidehaltung spielt außerdem eine wichtige Rolle bei der Förderung der Biodiversität, da offene Weideflächen Lebensraum für verschiedene Pflanzen- und Tierarten bieten. Weiden dienen zum Beispiel auch als Lebensraum für viele Insekten, darunter auch wichtige Bestäuber. Schließlich bietet Grünland auch ein Klimaschutzpotential durch zusätzliche Bodenkohlenstoffbindung, was durch optimiertes Management und insbesondere auf degradierten Flächen möglich ist. Es ist jedoch zu betonen, dass dabei die positiven Effekte auf Bodenqualität und Anpassung an den Klimawandel im Vordergrund stehen sollten, da die Klimaschutzleistung im Vergleich zu den Emissionen doch immer zweitrangig bleibt.³⁷

4.4. Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion

Die Entscheidung, heute mit Hochleistungskühen zu produzieren, kann auf wirtschaftliche Gründe zurückgeführt werden. Diese Hochleistungsrassen ermöglichen eine höhere Milchproduktion pro Kuh, was zu erhöhten Einnahmen pro Tier führt. Die Tiere sind besonders effizient darin, energiereiches Kraftfutter in Milch umzuwandeln. Das steigende Angebot bei gleichbleibender Nachfrage hat über die Jahre den Milchkonsum intensiviert.

Die tendenziell ackerfutterbasierte Fütterung von Hochleistungsbetrieben kann auch deshalb aufrechterhalten werden, weil die Preise für Futtermittel niedrig sind und eine solche Produktion wirtschaftlich rentabel bleibt. Dies kann sich aber auch schnell ändern, wenn z.B. aufgrund geopolitischer Krisen Produktionsmuster und Lieferketten

³⁷ Wang et al. 2023, Risk to rely on soil carbon sequestration to offset global ruminant emissions, Nature Communications, <https://www.nature.com/articles/s41467-023-43452-3>

gestört werden und die Preise kurzfristig massiv steigen, wie z.B. 2022 geschehen.³⁸ In dem Fall ist dann die auf lokalen Ressourcen basierende grünlandbasierte Milchproduktion resilienter, da sie den Auswirkungen dieser Preisdynamiken nicht ausgeliefert ist. Andererseits kann eine solche Produktion anfälliger auf Krisen sein, die die lokale Futtergrundlage bedrohen, wie Trockenheit oder Hitzewellen im Kontext des Klimawandels. Dann besteht geringere Flexibilität auf andere Futterquellen auszuweichen.

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die intensive Milchproduktion und die günstigen Futtermittel mit externen Kosten verbunden sind, die weder vom Produzenten noch vom Viehbetrieb getragen werden. Hierzu gehören Umweltauswirkungen wie Treibhausgasemissionen, Bodendegradation und der Einsatz von Pestiziden und mineralischem Dünger in der intensiven Futterproduktion. Diese Kosten werden von der Gesellschaft getragen und bislang kaum in den unternehmerischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen berücksichtigt.

Die landwirtschaftliche Praxis basiert oft auf der Annahme, dass jedes Kilogramm Kraftfutter zwei Kilogramm Milch produziert. Neue Forschungsergebnisse haben jedoch gezeigt, dass diese Annahme nicht vollständig mit der Realität übereinstimmt. Das Festhalten an dieser Annahme kann nicht nur die Betriebe irreführen, sondern auch eine starke Abhängigkeit von Futtermittelzukaufen schaffen. Es zeigt sich nämlich, dass der Einsatz von Kraftfutter einen abnehmenden Grenzertrag hat. Das bedeutet, dass mit jeder zusätzlichen Einheit Kraftfutter der zusätzliche Ertrag, in diesem Fall in Form von Milch, abnimmt.

³⁸ Zinke, O., 2023, Futterkosten steigen dramatisch: Tierhalter in großer Not, <https://www.agrarheute.com/markt/futtermittel/futterkosten-steigen-dramatisch-tierhalter-grosser-not-590959>

Anhang I: Regionale Resultate

Die Folgenden Karten stellen die Veränderungen der Anzahl Milchkühe und der Milchproduktion in den verschiedenen Szenarien auf Ebene der einzelnen Bundesländer grafisch dar (Abbildung 2 bis Abbildung 7). Die Milchproduktion bezieht sich hierbei auf die Menge, die in den jeweiligen Szenarien den Menschen zur Verfügung steht, also nach Abzug der vertränkten Milch. Zusätzlich zeigt Abbildung 8 noch, wie stark die Grünlandfläche in den einzelnen Bundesländern abnehmen würde, wenn die Standorte auf entwässerten Moorböden aus der Produktion genommen werden würden. Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen schließlich die Kombination für das Szenario GM, also die Anzahl Milchkühe und die Milchproduktion in den einzelnen Bundesländern falls die Grünlandflächen auf entwässerten Moorböden aus der Produktion genommen würden.

Die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg sind in den Darstellungen ausgespart. Die zugehörigen Werte wurden jeweils den umliegenden Bundesländern zugeschlagen (Berlin → Brandenburg, Bremen → Niedersachsen, Hamburg → Schleswig-Holstein). Dabei ist zu beachten, dass rein rechnerisch die Anzahl Milchkühe und entsprechend die Produktion in diesen Stadtstaaten, die heute sehr klein ist, entsprechend dem verfügbaren Grünland in den Szenarien prozentual sehr stark ansteigen würde (um einen Faktor 12-14 in Bremen, 35-40 in Hamburg und 40-45 in Berlin).

Die beobachteten Muster sind ein Zusammenspiel der heutigen Intensitäts- und Produktionsniveaus, der heutigen Fütterungsregimes und der verfügbaren Grünlandressourcen. Gemäß den offiziellen Statistiken haben z.B. Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen die höchsten Leistungsniveaus, sie reagieren aber in GM unterschiedlich: mehr Kühe in TH, weniger in SN und ST; in allen drei aber weniger Produktion, passend zu der Anzahl Kühen aber eine größere Reduktion in SN und ST als in TH. Die drei Länder haben ähnliche Grünlandressourcen, die Anzahl Milchkühe ist in TH heute aber nur halb so groß wie in SN und 20 Prozent kleiner als in ST. Das scheint also ganz plausibel zu sein.

Eine wichtige Grundannahme, die es zu beachten gilt und die die Resultate natürlich teils verzerren kann, ist die Grünlandqualität im Sinne der Verdaulichkeit, die für ganz Deutschland als gleich angenommen wurde (anders als die TM-Erträge, die sind länderspezifisch gemäß den offiziellen Statistiken).

Szenario GM: %-Veränderung Anzahl Milchkühe

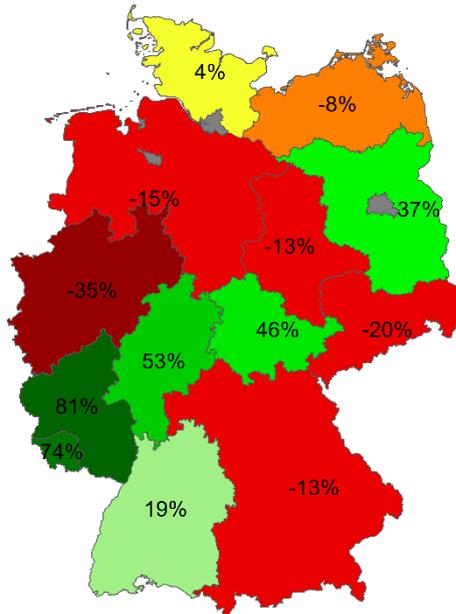


Abbildung 2: Prozentuale Veränderung der Anzahl Milchkühe im Szenario GM
(eigene Darstellung)

Szenario GM: %-Veränderung Milchproduktion

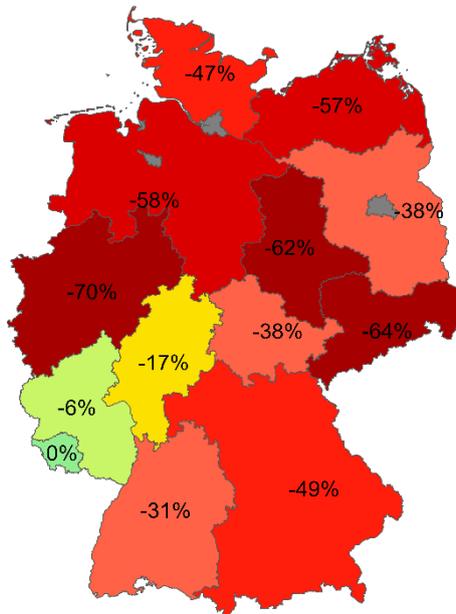


Abbildung 3: Prozentuale Veränderung der Milchproduktion im Szenario GM
(eigene Darstellung)

Szenario GM+N: %-Veränderung Anzahl Milchkühe

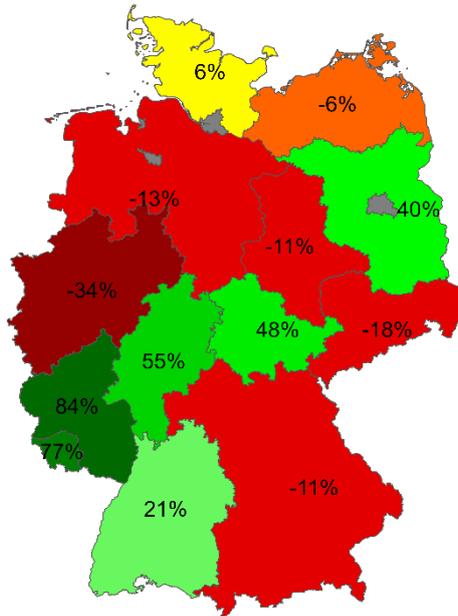


Abbildung 4: Prozentuale Veränderung der Anzahl Milchkühe im Szenario GM+N
(eigene Darstellung)

Szenario GM+N: %-Veränderung Milchproduktion

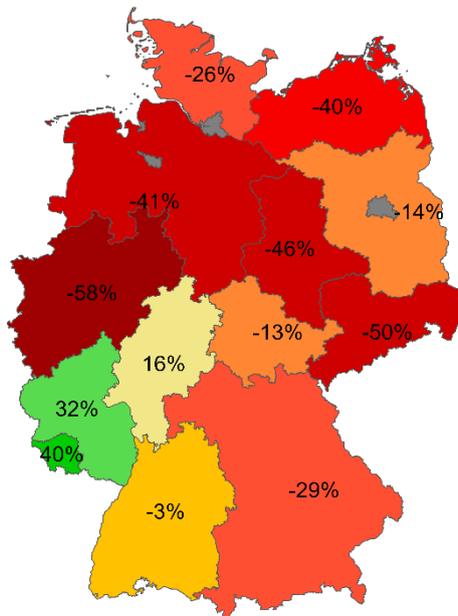


Abbildung 5: Prozentuale Veränderung der Milchproduktion im Szenario GM+N
(eigene Darstellung)

Szenario GMF: %-Veränderung Anzahl Milchkühe

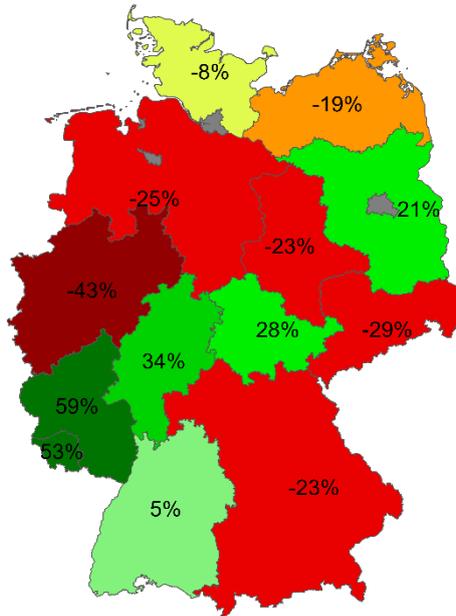


Abbildung 6: Prozentuale Veränderung der Anzahl Milchkühe im Szenario GMF
(eigene Darstellung)

Szenario GMF: %-Veränderung Milchproduktion

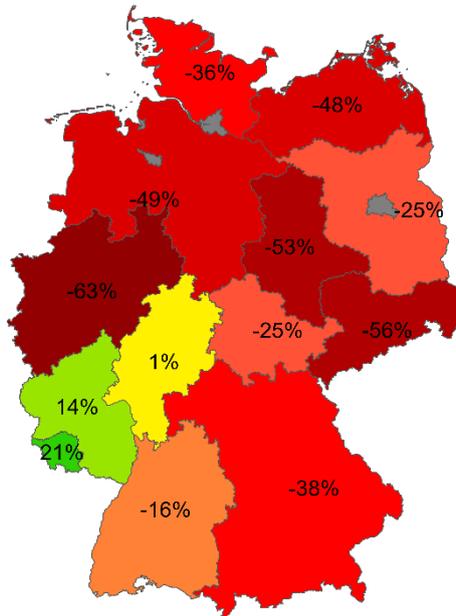


Abbildung 7: Prozentuale Veränderung der Milchproduktion im Szenario GMF
(eigene Darstellung)

Grünland, %-Veränderung ohne Moorböden

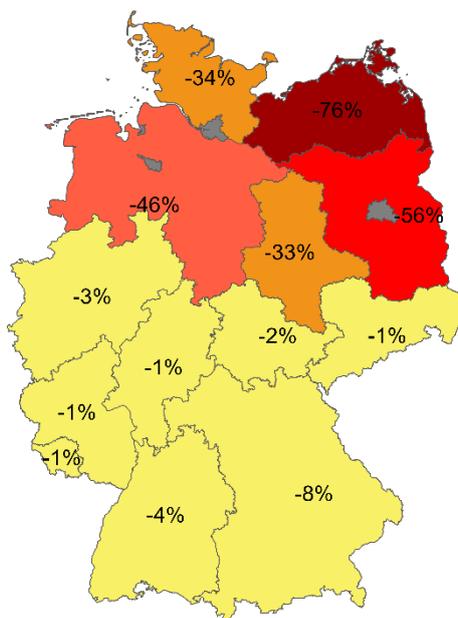


Abbildung 8: Prozentuale Veränderung der Grünlandflächen falls die Flächen auf entwässerten Moorböden aus der Produktion genommen würden (eigene Darstellung)

Szenario GM OHNE Moorböden: %-Veränderung Anzahl Milchkühe

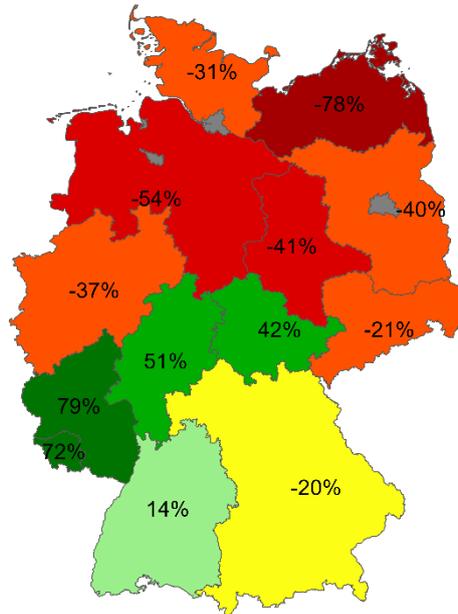


Abbildung 9: Prozentuale Veränderung der Anzahl Milchkühe im Szenario GM falls die Flächen auf entwässerten Moorböden aus der Produktion genommen würden (eigene Darstellung)

Szenario GM OHNE Moorböden: %-Veränderung Milchproduktion

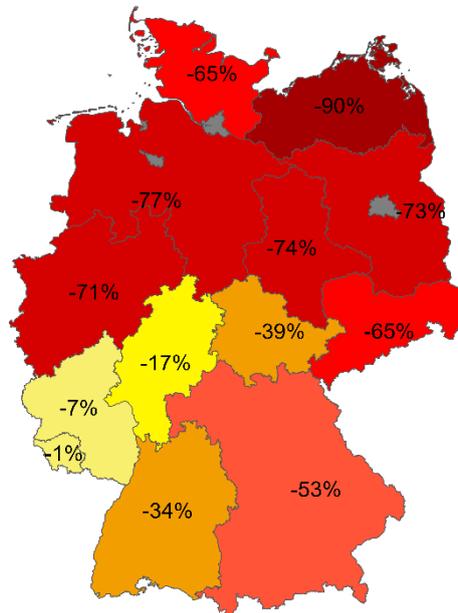


Abbildung 10: Prozentuale Veränderung der Milchproduktion im Szenario GM falls die Flächen auf entwässerten Moorböden aus der Produktion genommen würden (eigene Darstellung)

Anhang II: Daten und Methoden

A. Das Modell

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, wieviel Milch mit dem Grünland produziert werden könnte, wird ein Massen- und Nährstofffluss-Modell verwendet. Als Grundlage dient das Futterangebot aus dem Grünland und dessen verfügbare Energie für die Fütterung. Dem wird die Nachfrage pro Produktionseinheit gegenübergestellt. Daraus ergibt sich die Herdengröße, wovon die produzierte Menge an Milch und Fleisch abgeleitet werden kann.

Für ein besseres Verständnis der Dynamik in der Milchproduktion wurden für die Szenarien und Sensitivitätsanalysen einzelne Parameter für das Energieangebot aus dem Grünland oder die Nachfrage aus der Produktion schrittweise verändert. Dadurch wird ein Optionsraum aufgespannt.

B. Herdenstruktur

Die Definition der Herdenstruktur ist maßgebend für die Nachfrage nach Futter und Energie jeder Produktionseinheit. Unter einer Produktionseinheit wird eine Milchkuh verstanden, samt ihrer Koppelproduktion. Dazu gehört das Kalb, etwa eines pro Jahr, das je nach Herdenstruktur zu unterschiedlichen Teilen in die Remontierung oder in die Mast geschickt wird. Die Remontierungs- bzw. Aufzuchttrate hängt von der Abgangsquote der Milchkühe ab. Je kürzer die die Nutzungsdauer der Milchkühe, desto öfters müssen diese ersetzt werden. In Tabelle 14 sind sämtliche für das Modell relevanten Herdenstrukturmerkmale festgehalten. Die Werte für das GM und GM+N Szenario sind auf unterschiedliche Studien³⁹ zurückzuführen, die eine grünlandbasierte oder zumindest kraftfutterreduzierte Fütterung untersuchen. Die Annahmen sind zudem mit Experten aus dem FiBL diskutiert und angepasst worden (Florian Leiber Bettina Tonn und Axel Wirz). Merkmale für die Milchproduktion im GMF Szenario stammen aus agrarpolitischen Evaluationen des Programms und dem Deckungsbeitragskatalog⁴⁰. Die Angaben zur Mutterkuhhaltung sind von der Produktionslinie Natura Beef von Mutterkuh Schweiz abgeleitet, für welche das GMF Programm Pflicht ist.

³⁹ Antony et al. 2021, Sichtbarmachung versteckter Umweltkosten der Landwirtschaft am Beispiel von Milchproduktionssystemen; Haiger, A. & Knaus, W., 2010, Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung, 1. Mitteilung: Milchleistungsvergleich ohne Kraftfutter; Brade, W. & Flachowsky, G., 2007, Rinderzucht und Rindfleischerzeugung Empfehlungen für die Praxis; Baur, P. & Flückiger, S., 2018, Nahrungsmittel aus ökologischer und tiergerechter Produktion – Potential des Standortes Schweiz

⁴⁰ Mack et al. 2017, Evaluation der Beiträge für Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF); Agridea 2017, Daten Mutterkühe 2017 – Ausgabe Mutterkuh Schweiz

Die weiß hinterlegten Werte sind exogen bestimmte Modellannahmen. Daraus lassen sich weitere für das Modell notwendige Merkmale berechnen, die in der Tabelle 14 grau hinterlegt sind.

Tabelle 14: Herdenstruktur

			Szenarien			
			GM	GM+N	GMF Milch	GMF Mutterkuh
Futtermitteln	Raufutter	% ^a	100	90	85	85
	Maissilage	%	-	-	5	5
	Nebenprodukte / Kraftfutter	%	-	10	10	10
	Energieabdeckung durch GL	% ^b	100	85	80	80
	Vertränkte Milch pro Kalb	kg	1.000	1.000	1.000	2.500
Kühe	Milchleistung	kg y ⁻¹	5.000,0	6.500,0	6.500,0	2.500,0
	Milchfett	%	4,1	4,1	3,8	3,8
	Nutzungsdauer	y	4,5	4,5	3,5	6,5
	Erstkalbealter	m	29,0	29,0	29,0	24,0
	Zwischenkalbezeit	d	391,0	391,0	380,0	365,0
	Laktationen	y ⁻¹	4,2	4,2	3,4	6,5
	Kälberverluste	%	6,7	6,7	6,7	6,7
	Anfangsgewicht	kg	632,0	632,0	632,0	554,4
	Tageszuwachs	g d ⁻¹	50,0	50,0	50,0	60,0
	Abgangsgewicht	kg	714,1	714,1	695,9	696,8
	Lebendgewicht	kg	673,1	673,1	663,9	625,6
	Schlachtausbeute	%	48	48	48	48
	Produktionsverluste	%	3,0	3,0	3,0	3,0
Aufzucht	Anfangsalter	m	-	-	-	-
	Abgangsalter	m	29,0	29,0	29,0	24,0
	Nutzungsdauer	y	2,4	2,4	2,4	2,0
	1. Jahr					
	Anfangsgewicht	kg	43,0	43,0	43,0	43,0
	Tageszuwachs	g d ⁻¹	600,0	600,0	600,0	650,0

Dauer	d y ⁻¹	365,3	365,3	365,3	365,3
Abgangsgewicht	kg	262,2	262,2	262,2	280,4
2. Jahr					
Anfangsgewicht	kg	262,2	262,2	262,2	280,4
Tageszuwachs	g d ⁻¹	700,0	700,0	700,0	750,0
Dauer	d y ⁻¹	365,3	365,3	365,3	365,3
Abgangsgewicht	kg	517,8	517,8	517,8	554,4
3. Jahr					
Anfangsgewicht	kg	517,8	517,8	517,8	554,4
Tageszuwachs	g d ⁻¹	750,0	750,0	750,0	
Dauer	d y ⁻¹	152,2	152,2	152,2	0,0
Abgangsgewicht	kg	632,0	632,0	632,0	554,4
Verluste	%	3,0	3,0	3,0	3,0

Mast männlich	Anfangsalter	m	-	-	-	-
	Abgangsalter	m	6,0	6,0	10,0	10,0
	Nutzungsdauer	y	0,5	0,5	0,8	0,8
	Anfangsgewicht	kg	45,0	45,0	45,0	45,0
	Tageszuwachs	g d ⁻¹	900,0	1.000,0	1.000,0	1.050,0
	Abgangsgewicht	kg	209,4	227,6	349,4	364,6
	Schlachtausbeute	%	57	57	57	57
	Verluste	%	3,0	3,0	3,0	3,0

Mast weiblich	Anfangsalter	m	-	-	-	-
	Abgangsalter	m	6,0	6,0	10,0	10,0
	Nutzungsdauer	y	0,5	0,5	0,8	0,8
	Anfangsgewicht	kg	43,0	43,0	43,0	43,0
	Tageszuwachs	g d ⁻¹	900,0	1.000,0	1.000,0	1.050,0
	Abgangsgewicht	kg	207,4	225,6	347,4	362,6
	Schlachtausbeute	%	57	57	57	57
	Verluste	%	3,0	3,0	3,0	3,0

^a prozentualen Anteil der Trockenmasse an der Gesamtration

^b der prozentuale Anteil des Energiebedarfs einer Produktionseinheit, der über das Angebot aus dem Grünland (GL) gedeckt wird

Futterration

Die Futterrationen sind so ausgewählt, dass sich von einer radikalen grünlandbasierten (GM) hin zu einer heute anschlussfähigen Fütterung bewegen (GMF). Dazwischen liegt die Annahme einer Kreislaufwirtschaft zugrunde, in der Nebenprodukte aus der Lebensmittelverarbeitung eine protein- und energiereiche Zusatzkomponente in der Fütterung ausmacht und damit insb. die Milchleistung pro Kuh von 5000 auf 6500 Kilogramm pro Jahr erhöht werden kann. Für das Modell ist entscheidend, wieviel des Energiebedarfs einer Produktionseinheit über das Angebot aus dem Grünland gedeckt werden muss. Weil Maissilage und Nebenprodukte eine leicht höhere Energiedichte aufweisen als das Raufutter, wurde anhand der Aufteilung der Trockenmasse in der Futterration die Energieabdeckung durch das Grünlandfutter abgeleitet.

Tageszunahme und Gewicht.

Bei der Wahl der Tageszunahmen wurden auf die Futterqualität geachtet, sodass eine bessere Futterqualität zu einer Erhöhung der mittleren Tageszunahme führt. Das Produkt aus Haltedauer und Tageszunahme ergibt die individuellen Lebendgewichte. Es wurde überprüft, dass diese mit denjenigen aus den Studien übereinstimmen.

Kühe

Die Leistungen der Milchkühe sind von der Futterqualität abgeleitet. Mit steigendem Anteil an energiereichem Futter steigt auch die Leistung pro Tier. Die Mutterkuh bildet dabei eine Ausnahme, da solche Rassen für die Fleischproduktion gezüchtet sind. Die Annahme für die Nutzungsdauer leitet sich einerseits aus Werten von Studien ab, andererseits von der Annahme, dass durch die Wahl robuster Zweinutzungsrassen eine längere Nutzungsdauer möglich ist. Aus Gründen der Gestaltbarkeit dieses Parameters, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt mit 2,7 Laktationen, was einer Nutzungsdauer von 2,9 Jahren entspricht.

Produktionseinheit

Eine Produktionseinheit ist äquivalent zu einer Milchkuh und deren Koppelproduktion. Dazu gehört das Kalb, welches entweder in die Aufzucht oder in die Mast verteilt wird. Die Anzahl Kälber hängt von der Anzahl Kalbungen pro Jahr ab. Die Verteilung ist abhängig von der Abgangs- bzw. Remontierungsrate, welche wiederum von der Nutzungsdauer abgeleitet wird. Je tiefer die Dauer, desto höher die Rate, was bedeutet, dass mehr Kälber in der Aufzucht nachgefragt werden. Die restlichen Kälber fließen in die Mast geschickt um daraus Fleisch zu produzieren.

Tabelle 15: Anteil jeder Kategorie an einer Produktionseinheit

	GM	GM+N	GMF Milch	GMF Mutterkuh
Kühe	1	1	1	1
Aufzucht	0.23	0.23	0.29	0.16
Mast (w.)	0.20	0.20	0.15	0.30
Mast (m.)	0.43	0.43	0.44	0.46

Die Summe der anteilmäßigen Koppelproduktion ist gleich der Anzahl Kälber, die eine Kuh pro Jahr produziert abzüglich der Verluste.

C. Energiebedarf

Die Berechnung des Energiebedarfs erfolgt nach der IPCC Methode für die Berechnung der Emissionen aus der Tierproduktion. Der Bruttoenergiebedarf setzt sich aus der Summe des Nettoenergiebedarfs metabolischer Funktionen zusammen (Tabelle 16), dem Verhältnis zwischen der in der Nahrung verfügbaren Nettoenergie und der aufgenommen verdaulichen Energie (REM⁴¹ und REG⁴²) und dem Anteil verdaulicher Energie (DE⁴³) (vgl. Abbildung 11).

Tabelle 16: Energiebedarfsberechnung metabolischer Funktionen nach IPCC 2006

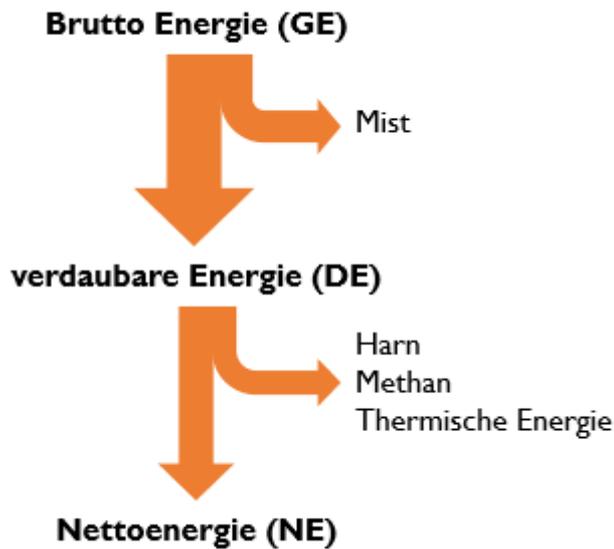
Metabolische Funktion	Gleichung im IPCC-Bericht
Erhaltung	10.3
Bewegung	10.4
Wachstum	10.6
Laktation	10.8
Schwangerschaft	10.13

⁴¹ Verhältnis zwischen der in der Nahrung verfügbaren Nettoenergie zur Erhaltung und der aufgenommenen verdaulichen Energie

⁴² Verhältnis zwischen der für das Wachstum verfügbaren Nettoenergie einer Nahrung und der aufgenommenen verdaulichen Energie

⁴³ Der Anteil der Bruttoenergie (GE) im Futter, der nicht in Form von Mist ausgeschieden wird, wird als verdauliche Energie bezeichnet und als Prozentsatz angegeben.

Abbildung 11: Von der Brutto- zur Nettoenergie



Die Milchproduktion und Mutterkuhhaltung in dieser Studie wird in unterschiedliche Kategorien aufgeteilt. Für jede Kategorie wird der Bedarf an Bruttoenergie pro Tag berechnet (Tabelle 17). Der tägliche Bedarf wird anschließend mit der Haltedauer pro Jahr der jeweiligen Kategorie oder Lebensabschnitt (Aufzucht) verrechnet. Dieser jährliche Energiebedarf wird letzten Endes mit dem Anteil der jeweiligen Kategorie an der Produktionseinheit (Tabelle 15) verrechnet und zusammensummiert, was den Energiebedarf einer Produktionseinheit darstellt.

Tabelle 17: Täglicher Bruttoenergiebedarf je Rinderkategorie

Bruttoenergie pro Tag [MJ d ⁻¹]	GM	GM+N	GMF
Milchproduktion			
Milchkuh	316.8	352.6	349.2
Aufzucht			
Kalb (w.)	106.4	106.4	106.4
Färse > 1 Jahr	184.9	184.9	184.9
Färse > 2 Jahre	248.6	248.6	248.6
Mast			
Kalb (w.)	115.3	126.0	134.6
Kalb (m.)	95.2	103.7	113.1

Mutterkuhhaltung

Mutterkuh	-	-	298.0
Aufzucht			
Kalb (w.)	-	-	123.4
Färse > 1 Jahr	-	-	214.7
Färse > 2 Jahre	-	-	273.9
Mast			
Kalb (w.)	-	-	152.7
Kalb (m.)	-	-	131.4

D. Energieangebot und Futtergrundlage

Der Energiebedarf je Produktionseinheit wird durch die verfügbare Futterenergie aus dem Grünland geteilt und bestimmt die Herdengröße, von welcher sich die produzierte Milch- und Fleischmenge ableiten lässt.

Die verfügbare Energie erhält man aus der Erntemenge von Wiesen und Weiden aus dem landwirtschaftlichen Grünland jeden Bundeslandes. Der Datensatz unterscheidet die Verwendung der Erntemenge in Silage, Heu und Frischfutter bzw. Weide. Es ist anzunehmen, dass für die angegebenen Mengenangaben die Verluste bereits berücksichtigt wurden (vgl. Erntemengen aus LfL ohne und mit Verluste).

Jeder Verwendungsart wird ein Bruttoenergiegehalt pro Kilogramm Trockenmasse gleichgesetzt. Der Energiegehalt in Form von Nettoenergie-Laktation (NEL) ist aus Gruber Tabellen⁴⁴ abgeleitet. Mit einem Umrechnungsfaktor aus Solvia 2016⁴⁵ konnte der Bruttoenergiegehalt berechnet werden.

Tabelle 18: Energiegehalt nach Verwendungsart der Grünlandernte

Futtermittel	NEL [MJ/kg TS]	GE [MJ/kg TS]
Wiesengras	6.2	19.5
Grassilage	6.2	19.5
Wiesenheu	5.6	17.6

⁴⁴ LfL 2021, Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen

⁴⁵ Solvia, C., 2016, Report to the attention of IPCC about the data set and calculation method used to estimate methane formation from enteric fermentation of agricultural livestock population and manure management in Swiss agriculture

Wird die Erntemenge mit dem entsprechenden Bruttoenergiegehalt jeder Verwendungsart multipliziert, erhält man die gesamte zur Verfügung stehenden Energie.

Tabelle I9: Erntemengen nach Verwendung mit entsprechendem Angebot an Bruttoenergie

Land	Silage [t]	Heu [t]	Frischfutter / Weide [t]	Erntemenge [t]	Bruttoenergie [MJ]
Baden-Württemberg	1'730'500	866'500	351'500	2'874'300	55'851'572'327
Bayern	4'789'000	2'026'000	626'500	7'508'600	141'263'207'547
Berlin	22'917	8'545	8'162	39'620	756'425'182
Brandenburg	713'500	321'500	310'500	1'304'400	25'626'415'094
Bremen	206'256	76'907	73'455	356'580	6'807'826'642
Hamburg	219'352	81'790	78'119	379'220	7'240'069'603
Hessen	755'000	527'000	214'500	1'490'200	28'182'704'403
Mecklenburg-Vorpommern	638'000	178'000	277'500	1'045'200	20'983'962'264
Niedersachsen	3'453'500	651'000	917'000	4'780'500	96'675'157'233
Nordrhein-Westfalen	1'148'000	397'500	405'000	1'842'600	37'278'616'352
Rheinland-Pfalz	817'500	314'000	243'500	1'303'100	26'215'723'270
Saarland	42'500	46'500	80'000	1'882'760	3'207'232'704
Sachsen	760'500	116'000	183'500	1'078'800	20'447'798'742
Sachsen-Anhalt	372'000	220'000	116'000	688'600	13'388'679'245
Schleswig-Holstein	1'779'500	224'500	497'500	2'592'200	48'347'798'742
Thüringen	524'500	132'000	300'000	890'100	18'399'685'535

E. Berechnung der Treibhausgasemissionen

Dieser Anhang präsentiert die Berechnungen der Treibhausgasemissionen. Für die Emissionen der Tiere (enterische Fermentation und Hofdüngermanagement und -lagerung) wurde sehr detailliert wie im Nationalen THG-Inventar von Deutschland gerechnet,⁴⁶ während die Emissionen der Futtermittelproduktion nur überschlagsmäßig

⁴⁶ Wie in Rösemann et al. 2021 im Detail beschrieben: Rösemann C, Haenel H-D, Vos C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2021),

bestimmt wurden, durch die Multiplikation der Fläche mit einem Emissionsfaktor pro Hektare, s. Hauptbericht Kapitel 3.3., Abschnitt nach Tabelle 8.

Für die Berechnungen werden zuerst die relevanten Parameterwerte aus Rösemann et al. (2021) eingelesen, separat für die verschiedenen modellierten Tiertypen „Dairy Cow“ (dc), „Calf“ (ca), „Heifer“ (bf und dh), „Male beef cattle“ (bm), „Male cattle older than 2 years“ (mm) und „Suckler cow“ (sc), siehe Tabelle 20 für eine Beschreibung dieser Tiertypen. Für die Szenarien werden die Parameter entsprechend angepasst (z.B. Milchleistung und Futterrationen) und dann eingelesen.

Tabelle 20: die verschiedenen Tiertypen, Tabelle 4.1 in Rösemann et al. (2021)

animal subcategories according to German census			animal subcategories used in this inventory			
type	descriptor		type	category	weight $w_{start}^{(1)}$	weight $w_{fin}^{(1)}$
A ²	ab 2009: Kälber unter einem Alter von 8 Monaten; vor 2009: Kälber unter einem Alter von 6 Monaten	as of 2009: calves younger than 8 months ; before 2009: calves younger than 6 months	ca	calves	45 kg an ⁻¹	125 kg an ⁻¹
B ²	ab 2009: Jungvieh 8 Monate bis < 1 Jahr, männlich; vor 2009: Jungvieh 6 Monate bis < 1 Jahr, männlich	as of 2009: young male cattle 8 months to 1 year; before 2009: young male cattle 6 months to 1 year	animal weight > 125 kg an ⁻¹ : to dh, bf and bm			
C ²	ab 2009: Jungvieh 8 Monate bis < 1 Jahr alt, weiblich; vor 2009: Jungvieh 6 Monate bis < 1 Jahr alt, weiblich	as of 2009: young female cattle 8 months to 1 year before 2009: young female cattle 6 months to 1 year	to bm			
D	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt, männlich	young male cattle 1 to 2 years	bm	male beef cattle	125 kg an ⁻¹	$w_{fin, bm}$ (variable)
E	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt weiblich zum Schlachten	young female cattle 1 to 2 years, for slaughtering	bf	female beef cattle	125 kg an ⁻¹	$w_{fin, bf}$ (variable)
F	Jungvieh 1 bis 2 Jahre weiblich, Nutz- und Zuchttiere	young female cattle 1 to 2 years, for replacement	dh	dairy heifers	125 kg an ⁻¹	$w_{fin, dh}$ (variable)
G	Rinder 2 Jahre und älter, männlich	male cattle above 2 years	mm	male cattle > 2 a (mature males)	1000 kg an ⁻¹	
H	Rinder 2 Jahre und älter, weiblich, Schlachtfärsen	female cattle above 2 years, for slaughtering	to bf			
I	Rinder 2 Jahre und älter, weiblich, Nutz- und Zuchtfärsen	female cattle above 2 years, for replacement	to dh			
J	Milchkühe	dairy cows	dc	dairy cows	$w_{fin, dh}$ (variable)	$w_{fin, dc}$ (variable)
K ³	Ammen und Mutterkühe	suckler cows	sc	suckler cows	650 kg an ⁻¹	
L ³	Schlacht- und Mastkühe	cows for fattening and slaughtering	to sc			

¹ w_{start} : animal weight at the beginning of the respective period; w_{fin} : animal weight at the end of the respective period.
² The change between 2008 and 2009 is properly considered in the definition of animal numbers for the animal categories used in the inventory, see Chapters 4.4.1.1, 4.5.1.1 and 4.6.1.1.
³ From 2008 onwards, the categories K and L are counted as a total. This approach is applied to all years from 1990 onwards.

Danach werden gemäß der Darstellung in Rösemann et al. (2021) die verschiedenen Emissionen pro Tier berechnet. Diese Emissionen werden dann mit den Tierzahlen gemäß den Szenarien (bzw. der Baseline) multipliziert und ergeben so die totalen THG-Emissionen.

Im Folgenden stellen wir dar, welche Gleichungen aus Rösemann et al. (2021) wie und wofür verwendet wurden. Für alle weiteren Details sei jedoch auf diese Originalquelle verwiesen, da sie eine sehr gute Darstellung dieser Berechnungen mit allen nötigen

Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019 : Report on methods and data (RMD) Submission 2021. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 454 p, Thünen Rep 84, DOI:10.3220/REP1616572444000

Hintergrunderklärungen enthält. Die im folgenden verwendeten Verweise auf Gleichungen und Kapitel beziehen sich, falls nicht anders angegeben, jeweils auf Rösemann et al. (2021).

Treibhausgasemissionen der Milchkühe

In diesem Abschnitt wird kurz beschrieben, wie für die Milchkühe die Methanemissionen aus der enterischen Fermentation und die Methan- und Lachgasemissionen aus dem Hofdüngermanagement und der Hofdüngerlagerung berechnet werden. Grob gesagt wird über den Energiebedarf die Futteraufnahme bestimmt. Dies erlaubt es dann die Emissionen aus der enterischen Fermentation zu berechnen. In einem nächsten Schritt werden aus der Futteraufnahme die Ausscheidungen an flüchtigen Feststoffen und Stickstoff bestimmt, welche die Grundlage für die Berechnung der Methan- und Lachgasemissionen aus der Hofdüngerlagerung und dem Hofdüngermanagement liefern.

Zuerst wird der NEL-Bedarf der Milchkühe berechnet. Dazu braucht man Gleichung 4.2, um das Lebendgewicht der Kühe aus dem Schlachtgewicht zu bestimmen. Mit Gleichung 4.1 wird dann das Ausgangsgewicht bestimmt und dadurch die Gewichtszunahme der Milchkühe über ihre Lebensdauer, bzw. pro Jahr (Gleichung 4.3).

Da wird mit Gleichung 4.5 der NEL-Bedarf für den Grundumsatz berechnet.

Gleichung 4.6 berechnet dann aufgrund der in Rösemann et al. (2021) vorgegebenen Parameter zu Haltungssystemen, etc. die Zeit, die Milchkühe auf der Weide stehen.

Gleichung 4.7 berechnet die für die Laktation der Milchkühe notwendige NEL, abhängig von der Milchleistung und dem Fett und Proteingehalt der Milch, die in Rösemann et al. (2021) für jedes Bundesland angegeben werden, und Gleichung 4.10 leitet die energie-korrigierte Standardmilchleistung ab.

Gleichung 4.8 berechnet dann den NEL-Bedarf für das bei den Milchkühen stattfindende Wachstum.

Gleichung 4.4. ergibt dann den totalen NEL-Bedarf, als die Summe des Bedarfs für den Grundumsatz, Wachstum, Milchproduktion plus Schwangerschaft. Letzterer wird vereinfacht aus globalen Parametern abgeleitet (Gleichung 4.9).

Die Trockenmasse-Futteraufnahme der Milchkühe wird dann gemäß den Abschnitten 4.3.3.2 in Rösemann et al. (2021) berechnet. Dazu muss zuerst der NEL-Bedarf für die beobachteten Ertragsniveaus durch lineare Interpolation aus den Werten für ein paar standardisierte Ertragsniveaus (6.000, 8.000, 10.000 und 12.000 Kilogramm) in verschiedenen Haltungs-/Fütterungssystemen (insbesondere mit und ohne Weidegang) bestimmt werden.

Dann werden die Trockenmasse-Futtermengen für die vier verschiedenen Fütterungskategorien wie in Tabelle 4.17 dargestellt und die vier obengenannten Leistungskategorien bestimmt (Gleichungen 4.11 – 4.14). Die vier Fütterungskategorien, die dafür verwendet werden sind die folgenden:

- GW: Grünlandbetrieb mit Weidegang
- GN: Grünlandbetrieb ohne Weidegang
- FW: Betrieb mit ackerbasiertem Futterbau, mit Weidegang
- FN: Betrieb mit ackerbasiertem Futterbau, ohne Weidegang

Dies ergibt dann Trockenmasse-Futtermengen für 14 standardisierte Fälle (nicht 16, da die höchste Leistungsklasse 12.000 nur für Betriebe mit ackerbasiertem Futterbau in Frage kommt), zwischen denen gemäß der beobachteten Milchleistung in den einzelnen Bundesländern linear interpoliert wird.

Mithilfe der in Rösemann et al. (2021) getroffenen Annahmen zum Anteil der verschiedenen Fütterungskategorien an den Milchkuhhaltungen wird dann in Gleichung 4.15 die Trockenmasse-Futtermenge pro Kuh bestimmt.

Zur Berechnung des Bruttoenergiebedarfs wird analog zur Bestimmung der Trockenmassenaufnahme über die GE-Gehalte der Futtermengen in den verschiedenen Fütterungskategorien und Leistungsklassen interpoliert und gemittelt (Gleichungen 4.16 und 4.17).

Analog wird dann die Aufnahme an Rohprotein, Asche, Rohfaser, N-freien Rückständen und Fett bestimmt, sowie die Verdaulichkeit der Futtermenge, alles Futtercharakteristika, die für die weitere Berechnung der THG-Emissionen wichtig sind (vgl. Abschnitt 4.3.3.4, wieder ist Gleichung 4.17 zentral).

Auf Basis dieser Berechnungen und verschiedenen weiteren Parameterwerten (s. Rösemann et al. 2021) werden dann mit den Gleichungen 4.19 und 4.20 die Emissionen aus der enterischen Fermentation der Milchkuhe sowie der Emissionsfaktor (kg Methan pro MJ Bruttoenergie) bestimmt.

Die Emissionen aus der Hofdüngerlagerung und dem Hofdüngermanagement werden dann wie Abschnitt 4.3.5 und 4.3.7 in Rösemann et al. (2021) beschrieben berechnet:

Zuerst liefert Gleichung 4.22 die Stickstoffmenge, die mit dem Futter aufgenommen wird. Gleichung 4.23 bestimmt, wieviel N über das Wachstum des Tiers in dessen Biomasse gespeichert wird. Gleichung 4.24. berechnet den Stickstoffbedarf für die Milchproduktion. Gleichung 4.25 berechnet aufgrund globaler Parameter, wieviel Stickstoff im in der Kuh während der Trächtigkeit heranwachsenden neuen Kalb enthalten ist. Gleichung 4.21 bringt dann alle diese Werte zusammen, um aus der Stickstoffaufnahme im Futter abzüglich des Stickstoffs für das Wachstum, die

Milchproduktion und die Trächtigkeit die Menge Stickstoff, die ausgeschieden wird zu bestimmen.

Mit den Gleichungen 15 und 16 aus dem Nationalen Treibhausgasinventar-Bericht,⁴⁷ Abschnitte 5.3.4.2.1 und 5.3.5.2.1, werden dann die direkten und indirekten Lachgasemissionen aus dem Hofdüngermanagement und der Hofdüngerlagerung bestimmt. Mit Gleichung 3.16 in Rösemann et al. (2021) wird die Ausscheidung von flüchtigen Feststoffen im Hofdünger bestimmt und daraus errechnen sich die Methanemissionen aus der Hofdüngerlagerung und dem Hofdüngermanagement gemäß Gleichung 3.29. Hier gehen insbesondere auch die Annahmen zur Verteilung der Hofdüngerlagerungssysteme, die im THG-Inventar in den Common Reporting Format-Tables (CRF) angegeben werden ein.

Treibhausgasemissionen der Kälber

In diesem Abschnitt wird kurz beschrieben, wie für die Kälber die Methanemissionen aus der enterischen Fermentation und die Methan- und Lachgasemissionen aus dem Hofdüngermanagement und der Hofdüngerlagerung berechnet werden. Da diese Emissionen viel kleiner als die der Milchkühe sind wird einfacher gerechnet.

Zuerst werden auf Basis von Tabelle 4.31 die Aufnahme an Trockenmasse sowie Brutto- und metabolisierbarer Energie, Rohprotein, Asche, sowie die Verdaulichkeit der Futtermittel bestimmt. Dann werden direkt mit Gleichung 3.13 (s. auch Abschnitt 4.4.3 in Rösemann et al. (2021)) und Gleichung 3.16 (s. auch Abschnitt 4.4.4) die Methanemissionen der enterischen Fermentation sowie die Ausscheidung flüchtiger Feststoffe berechnet. Gleichung 3.29 (vgl. auch Abschnitt 4.3.5) liefert dann die Methanemissionen aus der Hofdüngerlagerung und dem Hofdüngermanagement.

Abschnitt 4.4.6 beschreibt dann die Berechnungen für die Lachgasemissionen aus dem Hofdüngermanagement. Gleichung 4.22 liefert die Stickstoffaufnahme über das Futter, Gleichung 4.23 liefert die Stickstoffmenge, die beim Wachstum im Tierkörper gespeichert wird und die Differenz daraus ergibt die Stickstoffausscheidung (Gleichung 4.21). Wie bei den Milchkühen werden die direkten und indirekten Lachgasemissionen gemäß den Gleichungen 15 und 16 im Nationalen Treibhausgasinventar-Bericht, Abschnitte 5.3.4.2.1 und 5.3.5.2.1, berechnet.

⁴⁷ UBA 2023, Climate Change National Inventory Report – Germany 2023, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/29_2023_cc_submission_under_the_united_nations_framework_convention.pdf

Treibhausgasemissionen der Färsen („Heifers“ – Jungvieh, weiblich, 1-2 Jahre alt)

Zuerst wird die Weidedauer mit Gleichung 4.38 bestimmt, dann das Gewicht mit Gleichung 4.34.

Gleichungen 4.35 und 4.36 ermöglichen dann, den Energiebedarf (in MJ ME) zu bestimmen. Gleichungen 4.38 und 4.39 bestimmen dabei den Energiebedarf für das Wachstum, Gleichung 4.40 für die Trächtigkeit. Dabei wird zwischen Färsen, die zur Milchproduktion verwendet werden und Färsen, die gemästet und geschlachtet werden unterschieden.

Gleichung 4.41 leitet dann den Anteil ME, der von der Weide kommt ab. Dabei müssen zusätzliche Annahmen dazu gemacht werden, welche Anteile die verschiedenen Fütterungskategorien einnehmen (Gleichungen 4.44-4.47, wobei wir vereinfachend annehmen, dass $f_{FN} = f_N$, und Weidegang kommt im System FN nicht vor).

Die Trockenmasse-Futtermaufnahme wird dann mit Gleichung 4.48 bestimmt, der Bruttoenergiebedarf mit Gleichung 4.49. Die anderen Futtercharakteristika (Rohprotein, Asche, Rohfaser, verdaubare N-freie Rückstände, Fett, Verdaulichkeit) werden dann wieder analog bestimmt, vgl. Abschnitt 4.5.3.4. Die Methanemissionen aus der enterischen Fermentation ergeben sich dann mit Gleichung 3.13, vgl. Abschnitt 4.5.4.

Abschnitt 4.5.5, Gleichungen 3.16 und 3.29 liefern die Ausscheidung an flüchtigen Feststoffen im Hofdünger und die sich daraus ergebenden Methanemissionen aus dem Hofdüngermanagement.

Die Stickstoffausscheidungen ergeben sich aus Gleichung 4.21, 4.22 und 4.25. Wie oben werden dann die direkten und indirekten Lachgasemissionen aus der Hofdüngerlagerung wieder gemäß den Gleichungen 15 und 16 im Nationalen Treibhausgasinventar-Bericht, Abschnitte 5.3.4.2.1 und 5.3.5.2.1, berechnet.

Treibhausgasemissionen des männlichen Jungviehs (1-2 Jahre alt)

Für diese Tierkategorie wird das Lebendgewicht in Gleichung 4.34 abgeleitet, und dann wird der Energiebedarf gemäß Gleichung 4.53 bestimmt. Dies geschieht auch mit Hilfe einer Reihe nationaler Parameter und viel weniger detailliert als für die Milchkühe. Mit Gleichung 4.54 und in Abschnitt 4.6.3 werden Futtermengen abgeleitet (aus drei Komponenten: Gras, Silomais und Kraftfutter), sowie Trockenmasseaufnahme und die Aufnahme an verschiedenen Nährstoffen, wie Rohprotein, etc. (wie bei den anderen Tierkategorien, s. oben). Die Emissionen aus der enterischen Fermentation werden dann wie in Abschnitt 4.5.4, bzw. Gleichung 3.13 beschrieben bestimmt.

Die Abschnitt 4.5.5, sowie Gleichungen 3.16 und 3.29 beschreiben, wie die Menge der Hofdüngerausscheidungen und die Methanemissionen aus dem Hofdüngermanagement berechnet werden. Abschnitt 4.6.7 und Gleichungen 4.21, 4.22 und 4.25 bestimmen dann die Stickstoffausscheidungen und wie schon bei anderen

Tierkategorien oben, werden die direkten und indirekten Lachgasemissionen aus dem Hofdüngermanagement gemäß den Gleichungen 15 und 16 im Nationalen Treibhausgasinventar-Bericht, Abschnitte 5.3.4.2.1 und 5.3.5.2.1, berechnet.

Treibhausgasemissionen der Mutterkühe

Die Berechnungen für die Mutterkühe sind nicht sehr detailliert und beruhen zu grossen Teilen auf allgemeinen Annahmen zu den verwendeten Werten der Parameter und Variablen, wie in den Abschnitten 4.7.1 und 4.7.2 dargestellt. Im Allgemeinen laufen die Berechnungen gleich wie für die anderen Tierkategorien oben. Die Futteraufnahme und Aufnahme verschiedener Nährstoffe sowie die Emissionen aus enterischer Fermentation werden gleich wie in Abschnitt 4.5.4 berechnet, wieder mit Hilfe der Gleichung 3.13, Ausscheidungen und Emissionen aus der Hofdüngerlagerung gleich wie in Abschnitt 4.5.5, mit Hilfe der Gleichungen 3.16, 3.29 und 4.21, sowie Gleichungen 15 und 16 im Nationalen Treibhausgasinventar-Bericht, Abschnitte 5.3.4.2.1 und 5.3.5.2.1.

Treibhausgasemissionen der männlichen Rinder, 2 Jahre und älter

Die Berechnungen für die Mutterkühe sind nicht sehr detailliert und beruhen zu grossen Teilen auf allgemeinen Annahmen zu den verwendeten Werten der Parameter und Variablen, wie in den Abschnitten 4.8.1 und folgende dargestellt. Im Allgemeinen laufen die Berechnungen gleich wie für die anderen Tierkategorien oben. Die Futteraufnahme und Aufnahme verschiedener Nährstoffe sowie die Emissionen aus enterischer Fermentation werden gleich wie in Abschnitt 4.5.4 berechnet, wieder mit Hilfe der Gleichung 3.13, Ausscheidungen und Emissionen aus der Hofdüngerlagerung gleich wie in Abschnitten 4.5.5, mit Hilfe der Gleichungen 3.16, 3.29 und 4.21, sowie Gleichungen 15 und 16 im Nationalen Treibhausgasinventar-Bericht, Abschnitte 5.3.4.2.1 und 5.3.5.2.1.