

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Rinderhaltung in Österreich. Die Kuh als Klimasünderin?

verfasst von | submitted by

Martin Gappmaier BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2026

Studienkennzahl lt. Studienblatt |
Degree programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 502 510 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree pro-
gramme as it appears on the student record
sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Biologie und Umweltbildung Unterrichtsfach Geo-
graphie und wirtschaftliche Bildung

Betreut von | Supervisor:

Dr. Josef Baum

Abstract

Die österreichische Milchwirtschaft steht im Spannungsfeld zwischen Klimakrise, Klimaschutz, Tierwohl, Biodiversität und regionaler Wertschöpfung. Auf Basis einer Literaturarbeit wurden naturwissenschaftliche, agrarökonomische und agrarpolitische Quellen zu Klimawirkung, Klimabetroffenheit, Haltungs- und Fütterungssystemen sowie Minderungs- und Anpassungsstrategien ausgewertet. Es zeigt sich, dass die Milchwirtschaft sowohl zur Klimakrise beiträgt als auch selbst erheblich von ihren Folgen betroffen ist. Die Klimawirkung kann nicht pauschal beurteilt werden, sondern hängt wesentlich vom Produktionssystem, der Fütterung, der Flächennutzung sowie von politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Unter österreichischen Bedingungen weisen standortangepasste, grünlandbasierte Systeme günstigere Voraussetzungen auf als stark inputabhängige und kraftfutterintensive Produktionsweisen. Gleichzeitig bleibt das Minderungspotenzial bei weitgehend konstanter Milch- und Fleischproduktion begrenzt, während deutlich höhere Reduktionsraten strukturelle Veränderungen der Produktion und des Konsums voraussetzen. Nachhaltige Milchwirtschaft erfordert daher ein Zusammenwirken von Emissionsminderung, Klimaanpassung, Biodiversität, Tierwohl, Konsum und politischer Steuerung. Die Kuh kann folglich weder pauschal als Klimasünderin noch in romantisierter Form als ökologisch unproblematisch verstanden werden.

Abstract

The Austrian dairy industry is caught between the climate crisis, climate protection, animal welfare, biodiversity, and regional value creation. Based on a literature review, scientific, agroeconomic, and agricultural policy sources were analyzed regarding climate impact, vulnerability to climate change, housing and feeding systems, as well as mitigation and adaptation strategies. It is evident that the dairy industry both contributes to the climate crisis and is itself significantly affected by its consequences. The climate impact cannot be assessed in general terms but depends largely on the production system, feeding practices, land use, and political and societal conditions. Under Austrian conditions, site-adapted, grassland-based systems offer more favorable conditions than highly input-dependent and concentrate-intensive production methods. At the same time, the mitigation potential remains limited with largely constant milk and meat production, while significantly higher reduction rates require structural changes in production and consumption. Sustainable dairy farming therefore requires a combined approach involving emission reduction, climate adaptation, biodiversity, animal welfare, consumption, and policy guidance. Consequently, the cow cannot be viewed either as a climate sinner on the whole or as ecologically unproblematic in a romanticized form.

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 Hintergrund und Motivation	3
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	4
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 GRUNDLAGEN	6
2.1 Klima im Wandel.....	6
2.1.1 Treibhausgase und deren unterschiedliche Wirkung	8
2.1.2 Folgen der Klimakrise	15
2.1.3 Situation in Österreich	19
2.2 Rinderhaltung in Österreich – Status Quo.....	21
2.2.1 Struktur der Rinderhaltung	24
2.2.2 Arten der Rinderhaltung	25
2.2.3 Unterschiedliche Rinderrassen je nach Betrieb und Standort	29
2.2.4 Fütterung und Futtermittel	30
2.3 EU- und nationale Agrar- und Klimapolitik in Österreich.....	31
2.3.1 Green Deal	31
2.3.2 Gemeinsame Agrarpolitik der EU	33
2.3.3 Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft.....	36
2.4 Forschungsfragen	38
3 MATERIAL UND METHODIK	40
4 WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN MILCHVIEHHALTUNG UND KLIMAKRISE	42
4.1 Kuh und Klima im Spannungsfeld von Öffentlichkeit und Wissenschaft.....	42
4.1.1 Image der Milchkuh in Medien und Öffentlichkeit	42
4.1.2 Kritik an der Milchviehhaltung.....	45
4.2 Auswirkungen der Milchviehhaltung auf das Klima	52
4.3 Einfluss der Klimakrise auf die Milchviehhaltung	56
5 AUSWIRKUNGEN VERSCHIEDENER HALTUNGS- UND FÜTTERUNGSMETHODEN.....	60
5.1 Unterschiedliche Haltungsformen	60
5.2 Auswirkungen von Futtermitteln und Fütterungspraktiken	64
5.3 Milchviehhaltung und Biodiversität	70

6	WEGE ZU EINER KLIMAFITTEN MILCHVIEHHALTUNG	74
6.1	Rolle der EU- und nationalen Klimapolitik in der Milchviehhaltung.....	74
6.1.1	EU- und nationale Förderinstrumente.....	74
6.1.2	Umwelt- und Klimawirkungen agrarischer Maßnahmen	76
6.1.3	Zielkonflikte und Reformbedarf	77
6.1.4	Methansteuern	78
6.2	Strategien zur Emissionsminderung und Anpassung	80
6.2.1	Minderungsmaßnahmen im Betriebsmanagement und in der Tierhaltung.....	80
6.2.2	Landnutzung und Grünlandbewirtschaftung	85
6.2.3	Gesellschaftliche Verantwortung und Konsumverhalten	90
6.2.4	Chancen, Trade-offs und Grenzen	94
6.2.5	Abschätzung des Minderungspotenzials in Österreich	98
6.3	Best-Practice-Beispiele	102
7	FAZIT	104
7.1	Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse	104
7.2	Die Kuh als Klimasünderin?.....	107
7.3	Ausblick	108
	LITERATURVERZEICHNIS	111

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: VERÄNDERUNG DER THG-KONZENTRATIONEN SEIT 1850 IN DER ATMOSPÄRE	9
ABB. 2: VERÄNDERUNGEN DER GLOBALEN OBERFLÄCHENTEMPERATUR (1850-2020)	9
ABB. 3: ENTWICKLUNG DER MITTLEREN TEMPERATUREN NACH JAHRESZEITEN IN ÖSTERREICH VON 1767–2018.....	20
ABB. 4: PRODUKTIONSWERT DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN WIRTSCHAFTSBEREICHS 2023 IN MILLIONEN EURO.....	23
ABB. 5: RINDERBESTAND NACH BUNDESLÄNDERN VON 1999 - 2020	25
ABB. 6: BESTAND VON RINDERN IM JAHR 2020 NACH GEMEINDEN	25
ABB. 7: HALTUNGSFORMEN DER RINDER IN ÖSTERREICH	26
ABB. 8: ANTEILE DER RINDERRASSEN IN ÖSTERREICH IM JAHR 2022	30
ABB. 9: VERTEILUNG DER ÖPUL-ZAHLUNGEN NACH UNTERMAßNAHMEN 2023.....	37
ABB. 10: GLOBALER DURCHSCHNITTLICHER WASSERVERBRAUCH TIERISCHER PRODUKTE	48
ABB. 11: RINDERBESTAND UND VERDAUUNGSBEDINGTE METHAN-EMISSIONEN AUS RINDERMÄGEN, 1990-2023.....	54
ABB. 12: EINFLUSS DES PRODUKTIONSSYSTEMS AUF DEN CO ₂ -FUßABDRUCK (CF).....	61
ABB. 13: TREIBHAUSPOTENZIAL (CO ₂ E) JE KG ROHMILCH IN 9 FLECKVIEH-SYSTEMEN	67

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: TREIBHAUSGASE UND DEREN CHEMISCHE LEBENSZEIT UND GWP	10
TABELLE 2: WASSERFUßADRUCK VON MILCH AUS ÖSTERREICH IN LITER PRO KG MILCH.....	46
TABELLE 3: WASSERFUßADRUCK VON MILCH - GLOBALER DURCHSCHNITT IN LITER PRO KG MILCH.....	46
TABELLE 4: EFFIZIENZ VON MAßNAHMEN ZUR REDUKTION VON THG-EMISSIONEN IM BEREICH GRÜNLAND UND RINDERHALTUNG	84

Abkürzungsverzeichnis

APCC.....	Austrian Panel on Climate Change
BECCS.....	bioenergy with carbon capture and storage
BMK.....	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BML.....	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft
BMNT.....	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
CCCA	Climate Change Centre Austria
CF	Carbon footprint
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e.....	CO ₂ -Äquivalent
ECM.....	Energy-Corrected Milk
EK.....	Europäische Kommission
EU	Europäische Union
FPCM.....	Fat- and Protein-Corrected Milk
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der EU
GWP	Global Warming Potential
IPCC.....	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry
N ₂ O.....	Lachgas / Distickstoffmonoxid
ÖPUL.....	Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft
ppm.....	parts per million
TFP	total factor productivity
THG	Treibhausgase
WMO	World Meteorological Organization

1 Einleitung

Ist die Kuh eine Klimasünderin? Kaum ein Nutztier steht so stark im Spannungsfeld zwischen bäuerlicher Tradition, Ernährungssicherung, Biodiversität und klimapolitischer Kritik wie die Kuh. In der öffentlichen Debatte wird sie häufig zur Symbolfigur gemacht. Einerseits steht sie für Almen, Weidewirtschaft und Kulturlandschaft, andererseits wird sie wegen ihrer Methanemissionen als Klimaproblem dargestellt. Eine solche Gegenüberstellung greift jedoch zu kurz. Die Rolle der Rinderhaltung in der Klimakrise lässt sich weder romantisieren noch auf den Ausstoß einzelner Gase verkürzen, sondern nur im Zusammenhang von Produktionssystem, Fütterung, Flächennutzung, politischen Rahmenbedingungen und gesellschaftlichen Konsummustern angemessen beurteilen.

Laut dem *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) besteht kein Zweifel, dass die globale Erwärmung durch menschliche Aktivitäten, insbesondere durch die Emission von Treibhausgasen, verursacht wird (IPCC 2023a, S. 4). Der anthropogene Klimawandel beeinflusst bereits heute Wetter- und Klimaextreme in allen Regionen der Erde und führt zu weitreichenden Schäden und Verlusten für Natur und Menschen (IPCC 2023a, S. 5). Obwohl die landwirtschaftliche Produktivität weltweit insgesamt gestiegen ist, hat die Klimakrise dieses Wachstum in den letzten fünfzig Jahren bereits verlangsamt (IPCC 2023a, S. 6). Landwirtschaft gehört damit zu jenen Bereichen, die besonders sensibel auf Klimaveränderungen reagieren. Gleichzeitig trägt sie in ihrer gegenwärtigen Form selbst erheblich zur weiteren Erwärmung bei (Meyer und Markytan 2022, S. 8).

Für Österreich gilt dies in besonderer Weise. Die landwirtschaftlichen Produktionssysteme unterscheiden sich innerhalb kurzer Distanzen stark, wodurch auch die Vulnerabilitäten regional sehr unterschiedlich ausfallen (BMK 2024b, S. 18). Zugleich wird die Landwirtschaft künftig eine entscheidende Rolle dabei spielen, die bereits spürbaren und sich weiter verschärfenden klimatischen Veränderungen zu bewältigen (Meyer und Markytan 2022, S. 8). Besonders stark richtet sich der Blick dabei auf die Rinderhaltung. Für das Jahr 2023 werden die landwirtschaftlichen Emissionen in Österreich mit 7.477 kt CO₂-Äquivalent angegeben, was rund 11 % der nationalen

Gesamtemissionen entspricht. Die Landwirtschaft ist die größte Emittentin von Methan und Lachgas in Österreich (Umweltbundesamt 2025a, S. 100). Im Jahr 2023 stammten 84,3 % der landwirtschaftlichen Methanemissionen aus der enterischen Fermentation (Umweltbundesamt 2025a, S. 347). Damit entfällt ein erheblicher Anteil der landwirtschaftlichen Emissionen auf die Rinderhaltung.

Gerade deshalb erscheint es naheliegend, die Kuh vor allem über ihren Methanausstoß zu definieren. Doch auch diese Perspektive ist unzureichend. Brade (2014, S. 1) weist darauf hin, dass bei einer rein emissionsbezogenen Kritik zahlreiche Aspekte einer ressourcen- und umweltschonenden Milcherzeugung nicht beachtet werden und die Ökobilanz von Milch im Vergleich zu anderen Lebensmitteln tierischer Herkunft zum Teil vergleichsweise günstig ausfallen kann. Gleichzeitig zeigt die mediale und politische Debatte, wie stark die Auseinandersetzung zugespitzt werden kann. So sorgten im Jahr 2023 in Irland Überlegungen zu einer möglichen Keulung von rund 200.000 Rindern als Maßnahme zur Emissionsreduktion für erhebliche Aufmerksamkeit (Auer und Böhm 2023). Gerade solche Debatten verdeutlichen, dass die Rolle der Rinderhaltung nicht durch einfache Schuldzuschreibungen erfasst werden kann. Entscheidend ist nicht das Tier an sich, sondern die Art und Weise, wie Menschen das jeweilige Produktionssystem gestalten.

Da die Rinderhaltung in Österreich sowohl die Fleisch- als auch die Milchproduktion umfasst, wäre eine vertiefte Analyse beider Bereiche würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten. Der Fokus liegt daher auf der Milchwirtschaft. Diese Schwerpunktsetzung ist dadurch begründet, dass die Milchwirtschaft mit 19 % Anteil am landwirtschaftlichen Produktionswert die wichtigste landwirtschaftliche Tätigkeit in Österreich darstellt, während die Produktion von Rind- und Kalbfleisch bei 9 % liegt (STATISTIK AUSTRIA 2024a, S. 10). Auch im Ernährungssystem und in der agrarpolitischen Debatte kommt Milch und Milchprodukten eine hohe gesellschaftliche Relevanz zu. Hinzu kommt, dass Fleischproduktion und Milchproduktion vielfach eng miteinander verbunden sind, etwa durch die Vermarktung männlicher Kälber oder ausgedienter Milchkühe. Es erscheint daher sinnvoll, Emissionsminderungen vorrangig in der Milchproduktion zu untersuchen.

1.1 Hintergrund und Motivation

Die Motivation für diese Arbeit liegt im Spannungsfeld zwischen Klimakrise und Landwirtschaft. Die österreichische Milchwirtschaft ist weder pauschal als Teil des Problems noch pauschal als Teil der Lösung zu verstehen. Einerseits rückt sie durch Methanemissionen, Fragen der Fütterung, Flächennutzung und Intensivierung sowie durch Tierwohl- und Biodiversitätsfragen zunehmend in den Fokus klimapolitischer und gesellschaftlicher Debatten. Andererseits kann sie unter bestimmten Bedingungen Funktionen erfüllen, die über die reine Milchproduktion hinausgehen, etwa bei der Nutzung benachteiligter Standorte, beim Erhalt von Grünland und Kulturlandschaft oder bei der Verwertung von Biomasse, die für die direkte menschliche Ernährung kaum geeignet ist.

Gerade die Frage, wie Kühe gehalten und gefüttert werden, ist dabei entscheidend. Die Kritik an der Rinderhaltung richtet sich nicht nur auf das Tier selbst, sondern vor allem auf Formen der Intensivierung, die mit hohen externen Inputs, importierten Futtermitteln und zusätzlichen Umweltbelastungen verbunden sind (Böhm 2023). Zugleich wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass grünlandbasierte und wiederkäuergerechte Systeme unter bestimmten Bedingungen auch andere ökologische Funktionen erfüllen können (Baumgarten et al. 2024, S. 229; Umweltbundesamt 2024b, S. 197). Wie diese Unterschiede zu bewerten sind, ist daher zentraler Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Zugleich ist die Landwirtschaft in Österreich bereits heute deutlich von den Folgen der Klimakrise betroffen. Hitzestress, veränderte Futterverfügbarkeit, Trockenperioden und regionale Anpassungszwänge zeigen, dass sich die Frage nach einer nachhaltigeren Milchwirtschaft nicht nur aus einer Emissionsperspektive stellt, sondern ebenso aus der Perspektive der Klimaanpassung (BMK 2024b, S. 18; IPCC 2023a, S. 6). Die Rinderhaltung ist damit sowohl Mitverursacherin als auch Betroffene des anthropogenen Klimawandels, woraus sich vielschichtige Herausforderungen ergeben.

Hinzu kommt, dass die zukünftige Entwicklung der Milchwirtschaft nicht allein auf Betriebsebene entschieden wird. Politische Instrumente wie die Gemeinsame

Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union und ihr nationales Pendant, das Österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL), setzen Anreize für bestimmte Produktionsweisen und beeinflussen damit, welche Formen der Landwirtschaft wirtschaftlich tragfähig sind (McDonald et al. 2021, S. 9; BML o.J., S. 1). Gleichzeitig gibt es Kritik an der Ausgestaltung dieser Instrumente. So zeigen Kortleve et al. (2024, S. 288), dass tierische Lebensmittel einen sehr hohen Anteil der Agrarsubventionen erhalten, obwohl sie zugleich einen besonders großen Anteil der Treibhausgasemissionen der Lebensmittelproduktion in der EU verursachen. Die Frage nach einer nachhaltigeren Milchwirtschaft ist daher nicht nur eine technische oder betriebliche, sondern auch eine politische und gesellschaftliche Frage.

Ein weiterer Motivationsgrund liegt in der Vereinfachung öffentlicher Debatten. Die Kuh wird häufig entweder zur „Klimakillerin“ erklärt oder als naturgegebener Bestandteil einer heilen bäuerlichen Welt dargestellt. Gerade deshalb erscheint eine differenzierte wissenschaftliche Auseinandersetzung notwendig, die die Rolle der Milchwirtschaft weder einseitig problematisiert noch unkritisch verteidigt, sondern im Kontext ihrer konkreten Produktionsbedingungen analysiert. Die vorliegende Arbeit versteht sich als Beitrag zu einer solchen differenzierten Betrachtung.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die komplexen Wechselwirkungen zwischen Klimakrise, Milchviehhaltung und Agrar- und Klimapolitik in Österreich zu analysieren. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie die österreichische Milchwirtschaft ihre Treibhausgasbilanz verbessern und zugleich einen nachhaltigen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise leisten kann.

Dabei wird herausgearbeitet, inwiefern die Milchwirtschaft einerseits zur Klimakrise beiträgt und andererseits selbst von ihren Folgen betroffen ist. Darüber hinaus wird untersucht, welche Rolle unterschiedliche Haltungs- und Fütterungssysteme, die Nutzung von Grünland, politische Rahmenbedingungen sowie gesellschaftliche Konsummuster für eine nachhaltigere Entwicklung der Milchwirtschaft spielen. Diese Arbeit zielt damit nicht nur auf eine Beschreibung bestehender Problemfelder, sondern

auch auf eine differenzierte Einordnung möglicher Handlungsoptionen. Zugleich soll sichtbar werden, dass die Frage nach der „Klimasünderin Kuh“ wissenschaftlich nicht durch einfache Zuschreibungen beantwortet werden kann, sondern nur durch die Analyse konkreter Produktionssysteme und ihrer ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung werden in Kapitel 2 die fachlichen Grundlagen der Arbeit dargestellt. Dazu zählen die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Klimakrise, die Situation der Rinderhaltung in Österreich sowie zentrale agrar- und klimapolitische Rahmenbedingungen. In diesem Zusammenhang werden auch die leitenden Forschungsfragen der Arbeit formuliert.

Kapitel 3 beschreibt das methodische Vorgehen und die Literaturbasis der Arbeit. Die vorliegende Masterarbeit ist als Literaturarbeit konzipiert und stützt sich auf wissenschaftliche Fachliteratur, institutionelle Berichte, Strategie- und Politikdokumente sowie ausgewählte Beiträge zur fachlichen und gesellschaftlichen Debatte.

Kapitel 4 widmet sich den Wechselwirkungen zwischen Milchviehhaltung und Klimakrise. Es behandelt sowohl die Klimawirkung der Milchwirtschaft als auch ihre Betroffenheit durch klimatische Veränderungen und greift zudem die öffentliche und mediale Debatte um die Rolle der Kuh auf. Kapitel 5 analysiert unterschiedliche Haltung- und Fütterungssysteme im Hinblick auf Treibhausgasemissionen, Nachhaltigkeit und Biodiversität. Kapitel 6 untersucht Strategien zur Emissionsminderung und Anpassung und diskutiert Chancen, Zielkonflikte und Grenzen verschiedener Maßnahmen. Kapitel 7 fasst die zentralen Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf offene Herausforderungen und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten.

2 Grundlagen

Die globalen Herausforderungen des Klimawandels und ihre Wechselwirkungen mit der Landwirtschaft rücken zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher, politischer und gesellschaftlicher Diskussionen. Insbesondere die Rinderhaltung wird dabei häufig als klimaschädlicher Faktor genannt, da sie maßgeblich zur Freisetzung von Treibhausgasen wie Methan beiträgt. Vor diesem Hintergrund ist es entscheidend, die Grundlagen zu verstehen, die sowohl die Klimaproblematik als auch die aktuellen Rahmenbedingungen der Rinderhaltung betreffen. Dieses Kapitel legt den Grundstein für die weitere Analyse, indem es die wesentlichen Aspekte des Klimawandels, die Struktur und Praktiken der Rinderhaltung in Österreich sowie die politischen Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene beleuchtet.

Zunächst wird auf die Ursachen, Wirkungen und Folgen des Klimawandels sowohl global als auch in Österreich eingegangen. Darauf aufbauend werden der Status Quo der österreichischen Rinderhaltung, deren unterschiedliche Haltungsformen und Fütterungssysteme beschrieben. Abschließend werden die relevanten agrar- und klimapolitischen Strategien der Europäischen Union und Österreichs vorgestellt, die einen entscheidenden Einfluss auf die Landwirtschaft und insbesondere auf die Rinderhaltung haben. Dieses Grundlagenkapitel dient als Ausgangspunkt, um die Rolle der Rinderhaltung im Klimakontext fundiert zu analysieren und die Forschungsfragen der Arbeit zu entwickeln.

2.1 Klima im Wandel

Über Millionen von Jahren hinweg hat sich das Klima unseres Planeten verändert, was durch natürliche Archive, wie zum Beispiel durch Eisbohrkerne, belegt wird (IPCC 2021, S. 43). Natürliche Verursacher dieses Wandels sind Änderungen der Sonnenstrahlung, die Aktivität von Vulkanen, Orbital- bzw. Milanković-Zyklen¹ und

¹ Veränderungen in Exzentrizität (Form der Erdumlaufbahn um die Sonne), Obliquität (Neigung der Erdachse) und Präzession (Drehung der Erdachse).

Veränderungen globaler biogeochemischer Kreisläufe² (IPCC 2021, S. 150). Seit Beginn der industriellen Revolution im Jahr 1750 ist der Faktor „Mensch“ in Bezug auf das Klima immer ausschlaggebender geworden. Durch den wachsenden Energieverbrauch und der starken Bevölkerungszunahme kam es durch die Nutzung fossiler Energieträger zu einem vermehrten Ausstoß von Treibhausgasen (THG), wodurch sich die Zusammensetzung der Atmosphäre ändert. Entwaldung und Veränderungen der Bedeckung und Nutzung des Landes (Erschließung von Acker- und Weideflächen und zunehmende Bodenversiegelung) sind weitere Folgen des steigenden Bedarfs an Ressourcen für die stetig wachsende Bevölkerung (Kappas 2024, S. 148).

Im Jahr 2019 stammten etwa 34 % der globalen Treibhausgasemissionen aus dem Energiesektor, 24 % aus der Industrie, 22 % aus der Land-, Forstwirtschaft und anderen Landnutzungen, 15 % aus dem Transportwesen und 6 % aus Gebäuden (IPCC 2023b, S. 44). Zu den wichtigsten Treibhausgasen im Sektor Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzungen gehören Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Die Viehhaltung gilt als Hauptquelle der Treibhausgase in der Landwirtschaft, besonders für CH₄-Emissionen durch die Haltung von Wiederkäuern, insbesondere Rinder (Maji et al. 2022, S. 28).

Seit Beginn der wissenschaftlichen Untersuchung des menschlichen Einflusses auf die Veränderung des Klimas in den 1970er Jahren, ist aus der anfänglichen Theorie Fakt geworden (IPCC 2021, S. 150). Die mittlerweile sichtbaren Ausmaße der Klimakrise, besonders seit den 1950er Jahren sind über Jahrzehnte, gar Jahrtausende hinweg beispiellos: die Erwärmung der Atmosphäre und der Ozeane, der Rückgang von Schnee und Eis und der dadurch steigende Meeresspiegel sowie die Abnahme des Sauerstoffgehalts in den Ozeanen und deren Versauerung und die zunehmende Konzentration von THG in der Atmosphäre (IPCC 2021, S. 157). Im sechsten IPCC-Sachstandsbericht wird kein Zweifel daran gelassen, dass menschliches Handeln die Ursache dafür ist (IPCC 2023a, S. 4).

² z.B. Wasserkreislauf, Kohlenstoffkreislauf oder Stickstoffkreislauf.

2.1.1 Treibhausgase und deren unterschiedliche Wirkung

Der natürliche Treibhauseffekt hält das Strahlungsgleichgewicht der Erde und der Atmosphäre aufrecht und sorgt dafür, dass die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde bei 15 °C liegt. Allerdings führt die unkontrollierte Emission von Treibhausgasen in die Atmosphäre zu einer Erwärmung, die das natürliche Temperaturgleichgewicht der Erde beeinträchtigt (Maji et al. 2022, S. 10). Seit 1750 befeuert der Mensch die Veränderung des Klimas zusätzlich. Die Konzentrationen von CH₄ und N₂O sind aktuell auf einem Niveau, auf dem sie seit mindestens 800.000 Jahren und beim Kohlenstoffdioxid CO₂ schon gut 2 Millionen Jahren nicht mehr waren (IPCC 2021, S. 8, 67). Untersuchungen von Eisbohrkernen zeigen, dass die CO₂-Konzentration in den letzten 650.000 Jahren, das entspricht sechs Eis- und Zwischeneiszeiten, zwischen 180 parts per million (ppm) und 300 ppm schwankte. Die höheren Konzentrationen traten in den wärmeren Zwischeneiszeiten auf und die geringeren Konzentrationen werden den Eiszeiten zugeordnet (Kappas 2024, S. 166). Die Zunahmen der CO₂-Konzentration (+47 %) und CH₄-Konzentration (+156 %) übersteigen jedoch bei weitem die natürlichen, über Jahrtausende hinweg stattfindenden Änderungen zwischen Eis- und Zwischen-eiszeiten, während die Zunahmen der N₂O-Konzentration (+23 %) mit den natürlichen Schwankungen vergleichbar sind (IPCC 2021, S. 8, 67).

In Abb. 1 ist ersichtlich, wie stark die Konzentration an THG in der Atmosphäre allein seit 1850 rapide gestiegen ist. Der Anstieg von CO₂ ist besonders steil, während bei der Konzentrationskurve von Methan schon eine deutliche Reduktion der Steigung ersichtlich ist. Der durchschnittliche Ausstoß an THG pro Jahr zwischen 2010 und 2019 lag dennoch höher als in jeder anderen vorhergehenden Dekade. In diesem Zeitraum war allerdings die Zuwachsrate mit 1,3 % pro Jahr geringer als zwischen 2000 und 2009 (2,1 % pro Jahr) (IPCC 2023b, S. 44).

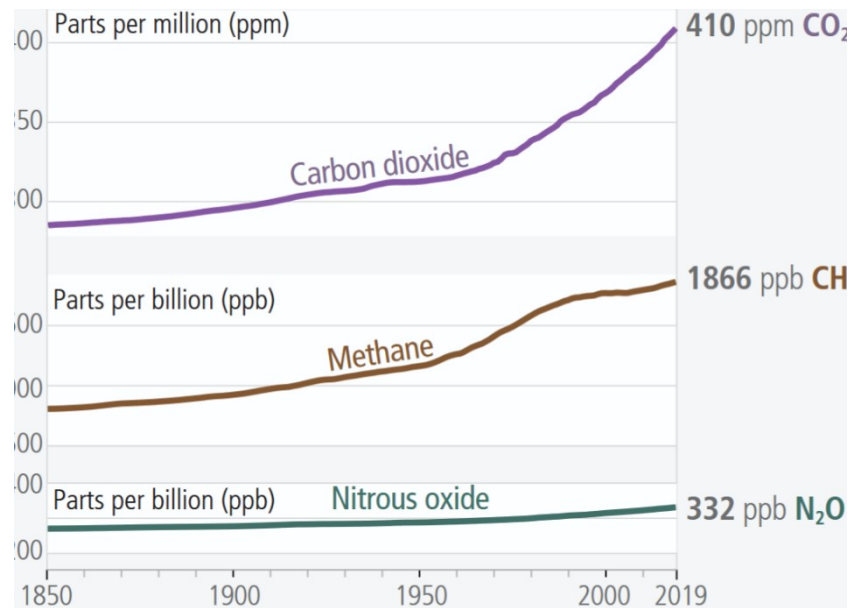


Abb. 1: Veränderung der THG-Konzentrationen seit 1850 in der Atmosphäre
Quelle: (IPCC 2023b, S. 43)

Die globale Oberflächentemperatur (siehe Abb. 2) stieg im Zeitraum 2011-2020 im Vergleich zu 1850-1900 um 1,1 °C und rein auf der Landmasse um etwa 1,6 °C. Jede der letzten vier Jahrzehnte war kontinuierlich wärmer als jede vorhergehende Dekade seit 1850 (IPCC 2021, S. 5). Dieser Anstieg ist gekoppelt mit dem Steigen der THG-Emissionen, die laut IPCC (2021, S. 5) für eine Erwärmung von 1,0 °C bis 2,0 °C beigetragen haben, wohingegen natürliche Treiber die globale Oberflächentemperatur nur zwischen -0,1 °C und +0,1 °C verändert haben.

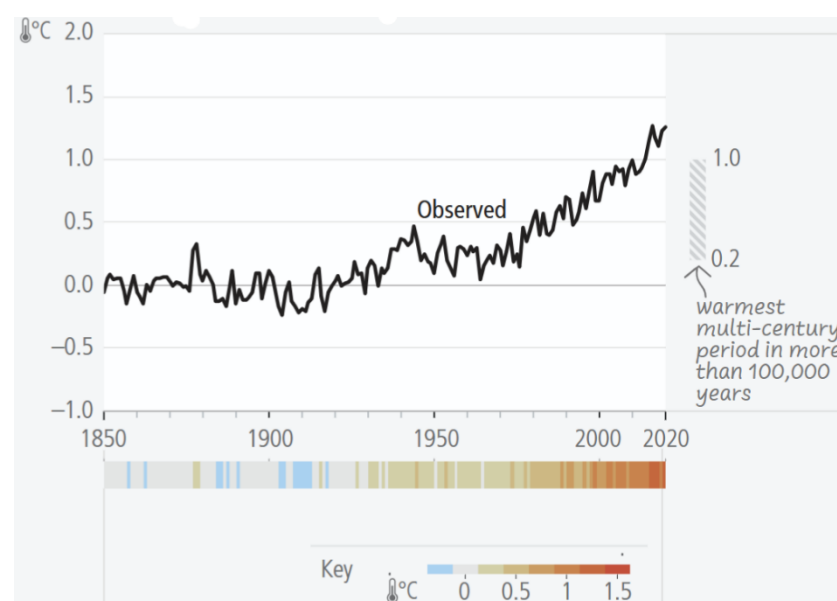


Abb. 2: Veränderungen der globalen Oberflächentemperatur (1850-2020)
Quelle: (IPCC 2023b, S. 43)

Die Strahlungseigenschaften und die Lebensdauer sind grundlegend für die Beurteilung der potenziellen Wirkungsweisen von Treibhausgasen (IPCC 2021, S. 1012). Eine Methode, um die Klimawirksamkeit von Treibhausgasen zu beschreiben ist das relative Treibhauspotenzial (engl.: *Global Warming Potential*, GWP). Dabei werden alle Strahlungsantriebseffekte³ (engl.: *radiative forcing*) eines Gases über einen bestimmten Zeitraum, nachdem es einmalig freigesetzt wurde, berücksichtigt. Dadurch lässt sich abschätzen, wie stark ein Gas das Klima über verschiedene Zeiträume beeinflusst, bzw. wie klimawirksam es ist. Üblicherweise wird das GWP für einen Zeitraum von 100 Jahren berechnet und angegeben (Kappas 2024, S. 162). Anhand des $\text{GWP}_{(100)}$ können Treibhausgase summiert auch als CO_2 -Äquivalente angegeben werden. Am Beispiel der Daten aus Tabelle 1 bedeutet das für CH_4 , dass es in einem Zeitraum von 20 Jahren etwa rund 80 Mal klimawirksamer als CO_2 ist. Auf 100 Jahre gerechnet sind es jedoch nur noch 27 Mal. Dies hängt auch mit der vergleichsweise kurzen Verweildauer in der Atmosphäre von rund 12 Jahren ab. N_2O wird hingegen nach etwa 110 Jahren abgebaut, wodurch sich das $\text{GWP}_{(20)}$ und das $\text{GWP}_{(100)}$ kaum unterscheiden.

Tabelle 1: Treibhausgase und deren chemische Lebenszeit und GWP
Quelle: eigene Darstellung nach IPCC 2021, S. 1017

Treibhausgas	Chemische Lebensdauer (Jahre)	$\text{GWP}_{(20)}$	$\text{GWP}_{(100)}$
CO_2	multiple	1	1
CH_4	$11,8 \pm 1,8$	$79,7 \pm 25,8$	27 ± 11
N_2O	109 ± 10	273 ± 118	273 ± 130

Das Angeben der Lebenszeit von CO_2 ist etwas komplexer, da rund die Hälfte des CO_2 in der Atmosphäre zwar innerhalb von 30 Jahren entfernt wird, weitere 30 % allerdings erst nach einigen Hundert Jahren abgebaut wurden. Etwa 20 % bleiben Tausende von Jahren in der Atmosphäre (Kappas 2024, S. 168) und ein kleiner Rest wird erst im Laufe mehrerer hunderttausend Jahre abgebaut (IPCC 2021, S. 2237).

³ Durch Strahlungsantriebseffekte wird die Strahlungsbilanz der Erde verändert, wodurch es zu einer Erwärmung, aber auch zu Abkühlung kommen.

CO₂ – Kohlenstoffdioxid: dominierender Faktor im Treibhauseffekt

Für die Veränderung des Klimas ist die Konzentration von Kohlenstoffdioxid (CO₂) von größter Bedeutung, da es hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Öl, Kohle und Erdgas in die Atmosphäre gelangt. Der Anteil von CO₂ am menschengemachten Treibhauseffekt beträgt heute etwa 60 %, und dieser Anteil steigt kontinuierlich. Aufgrund der langen Lebenszeit von CO₂, die im Durchschnitt 100 Jahre beträgt, handelt es sich hierbei um ein langfristiges Klimaproblem (Kappas 2024, S. 154).

Seit den 1980er Jahren haben natürliche Prozesse etwa die Hälfte der anthropogenen CO₂-Emissionen wieder aus der Atmosphäre entfernt. Diese Prozesse, wie die Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff durch Pflanzen und Böden, werden jedoch durch die steigenden CO₂-Konzentrationen und die daraus resultierenden Klimaveränderungen beeinflusst. Die Kohlenstoffaufnahme durch die terrestrische Biosphäre hängt von der Differenz zwischen der Aufnahme von CO₂ während des Pflanzenwachstums und den Emissionen aus der Atmung von Organismen und anderen Störfaktoren wie Entwaldung und Bränden ab (Kappas 2024, S. 168).

In einem Bericht des IPCC wird geschätzt, dass 1000 Gigatonnen CO₂-Emissionen die globale Oberflächentemperatur um 0,27 °C bis 0,63 °C erhöhen, mit einer besten Schätzung von 0,45 °C. Um den vom Menschen verursachten Temperaturanstieg zu stabilisieren, müssten die CO₂-Emissionen auf null reduziert werden. Die Begrenzung der globalen Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau erfordere daher, dass sämtliche CO₂-Emissionen innerhalb eines bestimmten Kohlenstoffbudgets bleiben (IPCC 2021, S. 28).

CH₄ – Methan: flüchtig, aber wirksam

CH₄ spielt eine bedeutende Rolle für die Veränderung des Klimas und ist nach CO₂ das zweitwichtigste vom Menschen verursachte Treibhausgas. In den letzten 10.000 Jahren schwankten die Methankonzentrationen in der Atmosphäre zwischen 580 und 730 ppb. Doch in den vergangenen 200 Jahren stiegen sie um 1.000 ppb an und erreichten

2017 einen Wert von 1.850 ppb (Kappas 2024, S. 184). Ein derart rasanter Anstieg, wie es ihn in den letzten 650.000 Jahren nie gegeben hat (UBA 2022, S. 9).

Diese drastische Zunahme wird vor allem durch menschliche Aktivitäten verursacht, wodurch rund 75 % der globalen Methanemissionen entstehen. Dazu gehören die Verbrennung fossiler Brennstoffe (v.a. Erdgas), Reisanbau, Massentierhaltung und Abfallentsorgung (Kappas 2024, S. 184). Als Grund für den starken Anstieg wird die wachsende Weltbevölkerung und veränderte Ernährungsgewohnheiten genannt. Insbesondere in Ländern des Globalen Südens werden immer mehr tierische Lebensmittel nachgefragt, was zu einem Anstieg der Tierbestände führte. Gleichzeitig wurde die weltweite Fläche für Nassreisanbau erweitert, um die steigende Nachfrage nach Lebensmitteln zu decken (UBA 2022, S. 18). Das anthropogene Methan in der Atmosphäre leistet einen Gesamtbeitrag zur globalen Erwärmung von derzeit knapp 30 %. Das entspricht bis heute einer Temperaturerhöhung von etwa 0,5 °C (UBA 2022, S. 9).

Natürliche Methanquellen wie Mooregebiete, tropische Wälder und Permafrostböden tragen ebenfalls zur Methanemission bei, wobei letztere durch das wärmere Klima zunehmend auftauen und dadurch zusätzlich Methan freisetzen (UBA 2022, S. 9). Auch die Landwirtschaft trägt erheblich zu den Methanemissionen bei und macht etwa 60 % der globalen, vom Menschen verursachten Emissionen aus (UBA 2022, S. 16). Dabei sind der Großteil der landwirtschaftlichen Methanemissionen auf die Massentierhaltung (39 %) und Nassreisanbau (17 %) zurückzuführen (Kappas 2024, S. 184). Methan entsteht, wenn organisches Material unter Luftabschluss zersetzt wird, wie etwa in den Mägen von Wiederkäuern (enterische Fermentation⁴, größtenteils durch Rinder), Reisfeldern, Feuchtgebieten oder Mülldeponien (Kappas 2024, S. 184).

N₂O – Distickstoffmonoxid: unterschätzt, mit langfristiger Auswirkung

Obwohl die atmosphärische Konzentration von Distickstoffoxid (N₂O), auch bekannt als Lachgas, viel geringer ist als die von CO₂, hat N₂O eine etwa 300-mal stärkere

⁴ natürlicher Verdauungsprozess bei Wiederkäuern, bei dem Mikroorganismen (v.a. methanogene Archaeen) im Magen-Darm-Trakt, bzw. im Pansen von Rindern, organisches Material zersetzen und dabei Methan als Nebenprodukt freigesetzt wird.

Klimawirkung über einen Zeitraum von 100 Jahren (Schödel 2024, S. 1). Daten aus Eiskernbohrungen belegen, dass die Konzentration von N_2O vor der industriellen Revolution in den letzten 11.500 Jahren um lediglich 10 ppb schwankte (Kappas 2024, S. 190). Seit dem Jahr 1750 ist der Anteil an N_2O in der Atmosphäre allerdings um etwa 20 % gestiegen. Grund dafür sind menschliche Aktivitäten wie die Nutzung von Stickstoffdüngern in der Landwirtschaft und damit verbundenen Landnutzungsveränderungen (Kappas 2024, S. 190). Rund 40 % der heutigen N_2O -Emissionen sind anthropogen, wobei die Landwirtschaft mit einem Anteil von 52 % die Hauptquelle darstellt (Kappas 2024, S. 229). Andere anthropogene Quellen von N_2O sind die Herstellung von Säuren in der Industrie, die Verbrennung von Biomasse und fossiler Brennstoffe und Abwässer aus Kläranlagen (Schödel 2024, S. 1). N_2O wird aber nicht nur direkt durch menschliche Aktivitäten freigesetzt, sondern kann sich auch indirekt im Boden bei Sauerstoffmangel bilden (Kappas 2024, S. 190).

N_2O trägt nicht nur zu einem Anteil von 5 % zum Treibhauseffekt bei (Kappas 2024, S. 190), sondern fördert auch den Abbau von Ozon in der Stratosphäre, was zusätzliche negative Auswirkungen auf das Klima hat (Schödel 2024, S. 3). Die N_2O -Emissionen aus der Landwirtschaft haben sich seit 1980 in einigen Regionen der Welt, wie Südasien, Nordafrika, Brasilien, China, Kanada und im mittleren Osten verdoppelt und in Äquatorialafrika und Südostasien sogar mehr als verdreifacht (Schödel 2024, S. 3f).

Senken von Treibhausgasen

Senken von Treibhausgasen spielen eine entscheidende Rolle bei der Minderung der Klimakrise. Sie sind natürliche oder künstliche Systeme, die Treibhausgase wie CO_2 , CH_4 und N_2O aus der Atmosphäre entfernen und speichern. Diese Senken sind essenziell, um die globale Erwärmung zu begrenzen und idealerweise zu reduzieren.

Die terrestrische Biosphäre ist ein wichtiger Kohlenstoffspeicher, der etwa 30 % der anthropogenen CO_2 -Emissionen aufnimmt. Die wichtigsten Kohlenstoffspeicher an Land sind Böden, lebende Vegetation und Streu (Pflanzen- und Wurzelreste) (Kappas 2024, S. 183). Wälder sind die bedeutendste CO_2 -Senke. Junge Wälder haben ein

erhebliches Potenzial, CO₂ über viele Jahre hinweg aufzunehmen, während alte Wälder in ihrer CO₂-Aufnahmefähigkeit abnehmen (Kappas 2024, S. 230).

Wenn CO₂ im Boden gespeichert wird, entstehen daraus zahlreiche Vorteile. Dazu gehört die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, die Erhöhung der Wasserhaltekapazität und die Förderung der Biodiversität. Diese Vorteile sind sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Ökosysteme von großer Bedeutung (Bossio et al. 2020, S. 391).

Böden sind nicht nur ein bedeutender CO₂-Speicher, sondern auch eine wichtige Senke für andere Treibhausgase wie CH₄ und N₂O. Gut entwässerte Böden können durch die Oxidation von CH₄ etwa 10 % der globalen CH₄-Emissionen aufnehmen. Allerdings variiert die Kapazität der Böden, CH₄ zu speichern, stark je nach Bodennutzung und Bodentyp. Stickstoffdüngung kann die Methanoxidation in Böden hemmen, was die Effizienz der Böden als CH₄-Senke verringert (Kappas 2024, S. 230). Für N₂O gibt es in der Praxis keine umfangreiche oder dauerhafte Aufnahme durch Böden. Sie fungieren häufig eher als Quelle für N₂O (Kappas 2024, S. 230).

Die Bedeutung von Graslandschaften als Kohlenstoffsinken ist ambivalent. Obwohl sie ein Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung haben, insbesondere bei einer vorteilhaften Bewirtschaftung, kann dieses Potenzial über die Zeit abnehmen. Zudem ist es für Böden einfacher und schneller, Kohlenstoff zu verlieren, als ihn zu speichern, weshalb das Management zur Erhaltung bestehender Kohlenstoffvorräte in Grasländern besonders wichtig ist (Smith 2014, S. 2708).

Trotz der natürlichen Kapazitäten von Senken gibt es erhebliche Unsicherheiten bezüglich ihrer langfristigen Effizienz und Stabilität. Die Fähigkeit von Ökosystemen, Kohlenstoff zu speichern, hängt stark von Umweltbedingungen, Nährstoffverfügbarkeit und klimatischen Veränderungen ab. So kann beispielsweise die Produktivität der Vegetation durch erhöhte CO₂-Konzentrationen ansteigen, was jedoch durch Nährstoffmangel begrenzt werden könnte (Terrer et al. 2021, S. 599). Bei den Böden gibt es neue Erkenntnisse, die darauf hindeuten, dass ihre Kapazität zur Speicherung von Treibhausgasen, abgesehen von organischen Böden (z.B. Moore), geringer ist als ursprünglich angenommen (DNR 2021, S. 2).

Zukünftige Maßnahmen zur Erhöhung der Effizienz natürlicher Senken umfassen Aufforstung, nachhaltiges Land- und Waldmanagement sowie die Wiederherstellung von Feuchtgebieten und Mooren. Darüber hinaus werden innovative Ansätze wie die Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (engl.: *bioenergy with carbon capture and storage*, BECCS) und die direkte Luftabscheidung und Kohlenstoffspeicherung (engl.: *direct air capture and carbon storage*, DACCS) entwickelt, um CO₂ dauerhaft zu binden (Saini und Saini 2022, S. 54).

2.1.2 Folgen der Klimakrise

Eine der offensichtlichen Veränderungen, die in den letzten Jahren beobachtet wurden, ist das extreme und unvorhersehbare Wetter sowie die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen (Shivanna 2022, S. 162). Extrem heiße Temperaturwerte und Hitzewellen sind seit den 1950er Jahren in den meisten Landregionen häufiger und intensiver geworden. Gleichzeitig wurden weniger Extremwerte im niedrigen Temperaturbereich und Kältewellen aufgezeichnet, die auch weniger schwerwiegend waren. Einige Hitzeextreme des letzten Jahrzehnts wären vermutlich ohne anthropogenen Einfluss nicht möglich gewesen (IPCC 2023a, S. 8).

Es entstehen dadurch auch negative Auswirkungen für die Ernährungs- und Wassersicherheit, die menschliche Gesundheit sowie Wirtschaft und Gesellschaft und damit verbundene Verluste und Schäden an Natur und Menschen (IPCC 2023b, S. 42). Es gibt Beweise für beobachtete Veränderungen bei Extremen wie Hitzewellen, starken Niederschlägen, Dürren und tropischen Wirbelstürmen (IPCC 2023a, S. 8). Laut einem umfassenden Bericht der WMO (2021) haben klimawandelbedingte Katastrophen in den letzten 50 Jahren um das Fünffache zugenommen. Die Zahl der Todesopfer und die wirtschaftlichen Verluste konnten jedoch aufgrund verbesserter Frühwarnsysteme und besserem Katastrophenmanagement auf 2 Millionen Tote bzw. 3,64 Billionen US-Dollar reduziert werden (WMO 2021, S. 16). Menschen in Regionen, die historisch am wenigsten zur Klimakrise beigetragen haben, sind dabei unverhältnismäßig stark betroffen (IPCC 2023a, S. 5). So ereignen sich mehr als 91 % dieser wetter- oder klimabedingten Todesfälle in Entwicklungsländern (WMO 2021, S. 17).

Laut dem aktuellen Sachstandbericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) hat die Klimakrise auch zunehmend irreversible Verluste in Land-, Süßwasser-, Kryosphären⁵- und Küsten- sowie offenen Ozeanökosystemen verursacht. Hunderte von Arten sind durch die Zunahme der Hitzeextreme ausgestorben, die auch Massensterben sowohl an Land als auch im Ozean verursachen (IPCC 2023a, S. 5). Laut Shivanna (2022) sei es schwierig, den Verlust an Biodiversität ausschließlich der Veränderung des Klimas zuzuschreiben. Andere anthropogene Umweltveränderungen, wie die Zerstörung und Degradierung von Lebensräumen, die übermäßige Nutzung von Bioressourcen und die Einführung fremder Arten spielen ebenfalls eine Rolle und stehen in Wechselwirkung mit der Veränderung des Klimas. Der massive Verlust an Biodiversität der letzten Jahrzehnte stellt den Beginn eines sechsten Massenaussterbens dar, das auf den von der Menschheit initiierten Umweltveränderungen fußt (Shivanna 2022, S. 164).

Die Biodiversität ist direkt mit dem Klima gekoppelt. Durch den Schutz der Biodiversität werden Ökosysteme und viele klimarelevante Prozesse in Takt gehalten. Zu diesen Prozessen zählen unter anderem die Bindung und Freisetzung von CO₂ und anderen Treibhausgasen, der Wasserkreislauf oder die Absorption der Sonneneinstrahlung (Kappas 2024, S. 257). Eine Änderung in der Biosphäre kann somit das Klimasystem beeinflussen, während die Klimakrise sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen auf Lebensräume und die Verbreitung von Arten hat. Die geographische Verteilung von Tier- und Pflanzenarten wird durch das Klima bestimmt. Veränderungen in Temperatur- und Niederschlagsmustern können zu erheblichen Verschiebungen in den Verbreitungsgebieten von Arten führen und die Zusammensetzung sowie die Struktur ganzer Ökosysteme verändern (Kappas 2024, S. 257f).

...in Zukunft

Der IPCC-Bericht (2023a) prognostiziert für die nahe Zukunft eine Verschärfung der Klimarisiken weltweit. Wichtige Risiken sind zunehmende Hitzebedingte Sterblichkeit, Krankheiten, Überschwemmungen in Küsten- und Talregionen, Biodiversitätsverlust

⁵ Gebiete der Erde, die von Schnee und Eis bedeckt sind.

sowie Rückgänge in der Nahrungsmittelproduktion. In Bergregionen könnten Veränderungen der Kryosphäre, wie etwa das Auftauen von Gletschern, erhebliche Auswirkungen auf Bevölkerung, Infrastruktur und Wirtschaft haben. Zudem wird mit häufigeren und intensiveren Niederschlägen gerechnet, die lokale Überschwemmungen auslösen (IPCC 2023a, S. 15).

Mit fortschreitender Erwärmung werden Klimarisiken komplexer und schwieriger zu bewältigen. Klimatische und nicht-klimatische Faktoren wirken immer stärker aufeinander ein, wodurch die Gefahren immer größer werden. Ein Beispiel hierfür ist die steigende Ernährungsunsicherheit, die durch die Klimakrise und anderen Faktoren verstärkt wird. Dazu zählen unter anderem der Kampf um nutzbare Böden, Pandemien, Kriege und Konflikte (IPCC 2023a, S. 15).

Um die globale Erwärmung auf einem bestimmten Niveau zu stabilisieren, müssen die kumulativen CO₂-Emissionen begrenzt und Netto-Null-Emissionen erreicht werden, ergänzt durch eine deutliche Reduktion anderer Treibhausgase, insbesondere CH₄ (IPCC 2021, S. 27). Bei einer Erwärmung von 2 °C bis Mitte des 21. Jahrhunderts werden in verschiedenen Regionen der Welt erhebliche klimabedingte Veränderungen erwartet. Regionen wie das südliche Afrika, der Mittelmeerraum und West-Nordamerika werden wahrscheinlich häufiger von Dürre und Bränden betroffen sein, während in anderen Regionen wie Nordamerika und Europa eher ein Rückgang von Schnee und Eis sowie eine Zunahme von Überschwemmungen prognostiziert wird (IPCC 2021, S. 135, 140).

...für die Landwirtschaft

Die Veränderung des Klimas hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Viehhaltung, die sich weltweit bemerkbar machen. Obwohl die landwirtschaftliche Produktivität insgesamt gestiegen ist, hat die Klimakrise dieses Wachstum in den letzten 50 Jahren erheblich verlangsamt (IPCC 2023a, S. 6). Grund dafür sind unter anderem die häufiger auftretenden extremen Wetterereignisse, wie Dürren,

unregelmäßige Niederschläge und steigende Temperaturen. Dadurch bedingt ist auch eine höhere Evapotranspiration⁶ (IPCC 2021, S. 8).

Eine zentrale Veränderung in der Landbiosphäre ist die Verschiebung der Klimazonen in beiden Hemisphären polwärts, die seit den 1970er Jahren beobachtet wird. Diese Verschiebung hat unter anderem dazu geführt, dass sich die Vegetationsperiode in der nördlichen Hemisphäre außerhalb der Tropen im Durchschnitt um bis zu zwei Tage pro Jahrzehnt verlängert hat (IPCC 2021, S. 6). Diese Verschiebungen und Verlängerungen der Wachstumsperioden können zwar das Potenzial für landwirtschaftliche Erträge erhöhen, sie sind jedoch gleichzeitig mit Risiken verbunden, da die Anpassung an die neuen klimatischen Bedingungen Herausforderungen mit sich bringt (Nsabiyeze et al. 2024, S. 3).

Die Landwirtschaft ist besonders anfällig für die negativen Auswirkungen der Veränderungen des Klimas. Neben den bereits erwähnten Dürren und unregelmäßigen Niederschlägen stellen auch steigende Flutniveaus eine Bedrohung für die landwirtschaftliche Produktivität dar. Die zeitliche Abstimmung von Blüte und Reifung wird immer schwieriger, was zu verringerten Erträgen führen kann (Nsabiyeze et al. 2024, S. 3). Darüber hinaus zeigen Studien, dass die landwirtschaftliche Gesamtfaktorproduktivität (engl. *total factor productivity*, TFP) in den letzten Jahrzehnten durch die Klimakrise weltweit um 21 % gesunken ist, wobei besonders anfällige Regionen wie Subsahara-Afrika einen Rückgang von bis zu 34 % verzeichneten (Fuglie 2021, S. 295).

Angesichts dieser Herausforderungen sind Anpassungsstrategien der Landwirte entscheidend. Dazu gehören die Anpassung der Anbau- und Erntezeiten, der Wechsel der angebauten Kulturen und der verstärkte Einsatz von Bewässerungssystemen. Diese Maßnahmen sind notwendig, um die Produktivität trotz ungünstiger klimatischer Bedingungen aufrechtzuerhalten (Fuglie 2021, S. 294). Allerdings zeigen langfristige Trends, dass die negativen Auswirkungen der Klimakrise auf die TFP die globale

⁶ Evapotranspiration beschreibt die Gesamtverdunstung von Wasser- und Bodenoberflächen (Evaporation) und die von Pflanzen (Transpiration) (Kappas 2024, S. 146).

Ernährungssicherheit gefährden könnten, insbesondere wenn die Produktivitätssteigerungen nicht mit dem Bevölkerungswachstum Schritt halten (Fuglie 2021, S. 295).

Die Viehhaltung, als wesentlicher Bestandteil der Landwirtschaft, ist ebenfalls stark von den klimatischen Veränderungen betroffen. Hitzestress, der bei Temperaturen oberhalb des kritischen Bereichs auftritt, führt zu einer Reduktion der Futteraufnahme und der Milchproduktion und hat negative Auswirkungen auf die Gesundheit und Fortpflanzung der Tiere (Rojas-Downing et al. 2017, S. 148f). In Kombination mit einer veränderten Futterverfügbarkeit durch steigende Temperaturen und CO₂-Konzentrationen kann dies die Viehproduktion erheblich beeinträchtigen (Rojas-Downing et al. 2017, S. 147).

Darüber hinaus verschärfen sich durch die Klimakrise die Wasserknappheit und der Wettbewerb um Wasserressourcen, da die Landwirtschaft weltweit etwa 70 % des verfügbaren Süßwassers verbraucht. Der Viehsektor benötigt etwa 8 % dieses Wassers, wobei der Wasserbedarf der Tiere in heißen Klimazonen bis zu dreimal höher sein kann (Rojas-Downing et al. 2017, S. 147f). Die Auswirkungen auf die Futtermittelproduktion variieren stark regional und saisonal, mit potenziell negativen Folgen in ariden Regionen und positiven Effekten in feuchteren Gebieten (Rojas-Downing et al. 2017, S. 147).

2.1.3 Situation in Österreich

Der bisherige Anstieg der Mitteltemperatur in Österreich seit der vorindustriellen Zeit betrug im Jahr 2024 bereits 3,1 °C (APCC 2025, S. 5), wobei die Temperatur im globalen Kontext „nur“ um 1,6 °C gestiegen ist (siehe S. 9). In Österreich ist der Anstieg also doppelt so hoch, wie global. Gründe dafür sind die geringere Erwärmung über dem Ozean sowie die Größe des betrachteten Gebietes und die gestiegene bodennahe solare Einstrahlung (Chimani et al. 2021, S. 1).

In Abb. 3 sind die saisonalen Temperaturen seit 1770 dargestellt. Bei den geglätteten Werten (dicke Linien) erkennt man dekadische Schwankungen, aber auch den kontinuierlichen Anstieg der Temperatur in den letzten 40 Jahren in allen Jahreszeiten. Mit diesem Anstieg der Temperaturen hat sich in den letzten 25 Jahren auch die

durchschnittliche Vegetationsperiode um 13,5 Tage verlängert. Dadurch verschieben sich die Entwicklungsstadien von Nutzpflanzen nach vorne und verändern den Zeitpunkt für Aussaat und Ernte, was neue Chancen, aber auch Risiken für die Landwirtschaft mit sich bringt (Gaube et al. 2024, S. 165).

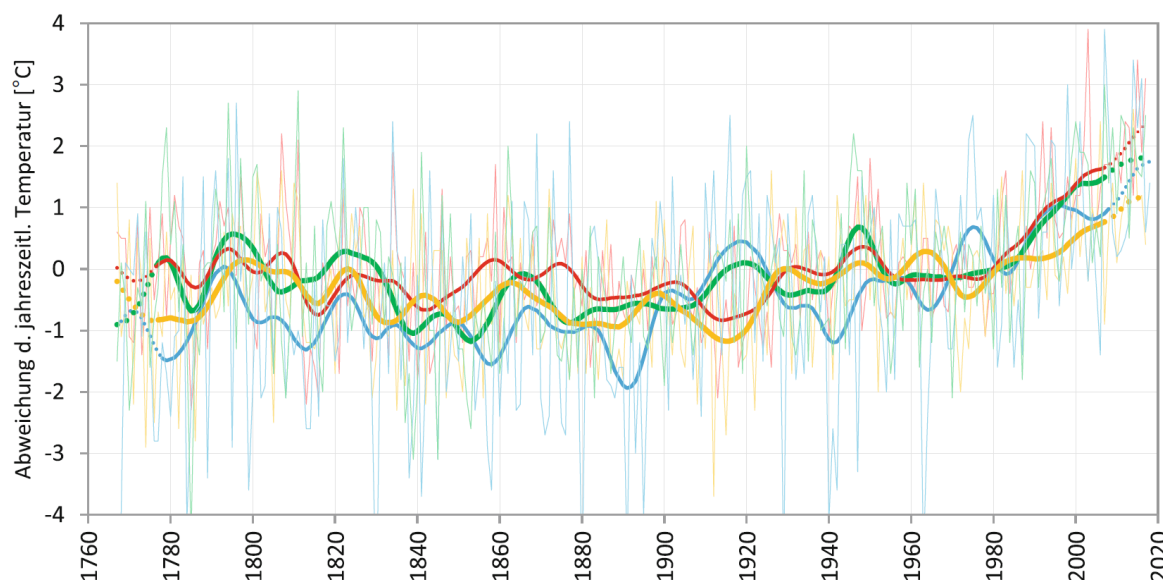


Abb. 3: Entwicklung der mittleren Temperaturen nach Jahreszeiten in Österreich von 1767–2018
Winter = blau, Frühling = grün, Sommer = rot, Herbst = gelb. Dargestellt sind jährliche Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961–1990 (dünne Linien) und deren geglättete Trends (dicke Linien)
Quelle: (Formayer et al. 2024, S. 63)

Während es beim Niederschlag keine eindeutigen Trends gibt, hat die Niederschlagsintensität pro Grad Temperaturanstieg um etwa 10 % zugenommen. Dies erhöht das Risiko von Überschwemmungen, Erdrutschen und Erosion, was die landwirtschaftliche Produktion erheblich beeinträchtigen kann (Formayer et al. 2024, S. 63). Dazu kommt auch die erhöhte Evapotranspiration⁷, die den Trockenstress der Pflanzen erhöht und in Regionen mit begrenzter Wasserverfügbarkeit die Erträge beeinträchtigen kann (Formayer et al. 2024, S. 63).

Laut dem „Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich“ vom *Austrian Panel on Climate Change* (APCC) sind die Erwärmung und die Zunahme von Extremereignissen wie Dürre und Starkregen unvermeidbar. Die zukünftige Temperaturentwicklung hängt stark von globalen Klimaschutzmaßnahmen ab. Ohne Maßnahmen könnte

⁷ Vgl. Fußnote 6 auf S. 18

sich die Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts um mehr als 3 °C fortsetzen. Der bisherige Anstieg der Mitteltemperatur in Österreich seit der vorindustriellen Periode beträgt bereits mehr als 2 °C und betrifft alle Jahreszeiten (APCC 2024b, S. 2f).

In der österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, herausgegeben vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), werden für die österreichische Landwirtschaft zusammenfassend einige Aktivitätsfelder genannt. Diese umfassen die klimatischen Veränderungen, die zu einer verlängerten Vegetationsperiode führen, feuchteren Wintern und trockeneren Sommern, begleitet von weniger Regentagen und intensiveren Starkniederschlägen. Dies erhöht die Evapotranspiration und die Hitzebelastung für Pflanzen. Allgemein erhöht sich das Risiko für Bodenerosion, insbesondere durch Starkniederschläge, sowie eine Zunahme der Wald- und Flurbrandgefahr und intensivere Sturzfluten. Speziell für die Landwirtschaft erhöht sich das Risiko für Dürre und Trockenstress, der Rückgang der Artenvielfalt, sowie Veränderungen in den Leistungs- und Qualitätsparametern von Pflanzen. Dies führt zu einer Verschlechterung der Erträge und der Versorgungssicherheit, insbesondere in trockenen landwirtschaftlichen Gebieten im Osten, sowie im Nord- und Südosten Österreichs. Für die Tierhaltung ergeben sich neue Herausforderungen, wie das Auftreten neuer Krankheitserreger und eine verminderte Leistung von Nutztieren während Hitzeperioden (BMK 2024a, S. 48f).

2.2 Rinderhaltung in Österreich – Status Quo

Die Landwirtschaft spielt in Österreich trotz eines Anteils von nur 1,0 % am Bruttoinlandsprodukt (BIP) im Jahr 2022 (STATISTIK AUSTRIA 2024b) eine bedeutende Rolle, insbesondere für die Ernährungssicherheit und als Rohstofflieferantin für vor- und nachgelagerte Wirtschaftsbereiche. Der BIP-Anteil bildet ihre tatsächliche gesamtwirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung jedoch nur eingeschränkt ab, da Leistungen wie Landschaftspflege, Biodiversitätserhalt und die Erhaltung ländlicher Räume darin nicht berücksichtigt werden.

Rund 33 % der gesamten Landesfläche werden landwirtschaftlich genutzt, was etwa 2,74 Millionen Hektar entspricht (APCC 2024b, S. 2) . Davon entfallen etwa die Hälfte

auf Ackerland (1,41 Mio. ha) und die andere Hälfte auf Dauergrünland⁸ (1,33 Mio. ha) (Formayer et al. 2024, S. 63). Laut dem Special Report zu Landnutzung und Klimawandel des *Austrian Panel on Climate Change* werden aufgrund der hohen Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln 60 % der Ackerflächen und 100 % des Grünlandes für die Produktion von Futtermitteln verwendet (APCC 2024b, S. 10). Demnach wird nur ein kleinerer Teil der österreichischen Äcker direkt für die Produktion von Nahrungsmitteln für Menschen verwendet.

Das Grünland stellt insbesondere in klimatisch und topografisch benachteiligten Berggebieten ein prägendes Element der alpenländischen Kulturlandschaft dar. Es gilt als Lebensgrundlage für knapp die Hälfte aller landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich (Baumgarten et al. 2024, S. 229). Bewirtschaftungsformen reichen vom intensiven Feldfutterbau, mehrschnittigen Mähwiesen und Dauerweiden (~54 %) bis hin zu extensiv bewirtschafteten ein- bzw. zweimähdigen Wiesen, Hutweiden und Almen (~46 %) (Bahn et al. 2023, S. 1; BML 2023, S. 20). Das Dauergrünland spielt auch eine entscheidende Rolle für den Klimaschutz, da es mit seinen hohen Humusgehalten und einem gut durchwurzelten Oberboden einen positiven Beitrag zum Kohlenstoffhaushalt leistet (Baumgarten et al. 2024, S. 230). Eine wichtige Rolle spielt das Grünland in Bezug auf den Erosionsschutz, die Sicherung der Wasserqualität, die Erhaltung der Biodiversität und als Naturraum für Erholung und Freizeit (Bahn et al. 2023, S. 1). Der Umbruch von Grünland zu Ackerland könnte diesen Beitrag jedoch gefährden (Baumgarten et al. 2024, S. 230).

Die landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich sind traditionell klein strukturiert, trotz der Tatsache, dass der Trend zu größeren, dafür weniger landwirtschaftlichen Betrieben weiter anhält. Ein durchschnittlicher Betrieb (Voll- und Nebenerwerbsbetriebe) bewirtschaftete im Jahr 1951 eine Fläche von 17,8 Hektar, während es 2020 bereits knapp 45 Hektar waren (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 22), dafür wurden 2020 um 19,8 % weniger landwirtschaftliche Betriebe als im Jahr 2010 erfasst (STATISTIK

⁸ Dauergrünland sind Weideflächen und Wiesen, die seit mindestens 5 Jahren nicht als Acker genutzt wurden.

AUSTRIA 2022, S. 17). Besonders in den Größenklassen von 50 bis unter 100 Hektar (+56,7 %) und 100 bis unter 200 Hektar (+43,6 %) gab es seit 1995 deutliche Zuwächse (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 23). Insgesamt wurden im Jahr 2020 50 % der rein landwirtschaftlichen Betriebe, also Betriebe mit Schwerpunkt auf landwirtschaftlicher und nicht forstwirtschaftlicher Produktion, im Haupterwerb und 46 % im Nebenerwerb geführt. Die Übrigen wurden von Personengemeinschaften oder juristischen Personen geführt (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 21). Im Jahr 2022 wurden 23,4 % der landwirtschaftlichen Betriebe und über ein Viertel der landwirtschaftlich genutzten Fläche (705.800 Hektar, 27,7 %) biologisch bewirtschaftet (BML 2023, S. 24). Damit liegt Österreich im EU-weiten Spitzenfeld.

Wie in Abb. 4 ersichtlich entfällt ein bedeutender Teil der österreichischen Landwirtschaft auf Produkte tierischer Erzeugung, die etwa 46 % der gesamten landwirtschaftlichen Erträge ausmacht, knapp vor der pflanzlichen Erzeugung mit 43 %. Die wichtigsten Nutztierarten sind Rinder, Schweine, Geflügel, Schafe, Ziegen und Pferde. Besonders hervorzuheben ist die Milchwirtschaft, die mit einem Anteil von 19 % am gesamten Produktionswert die wirtschaftlich wichtigste landwirtschaftliche Tätigkeit in Österreich darstellt. Die Produktion von Rind- und Kalbfleisch trägt mit 9 % ebenfalls signifikant zum landwirtschaftlichen Produktionswert bei.

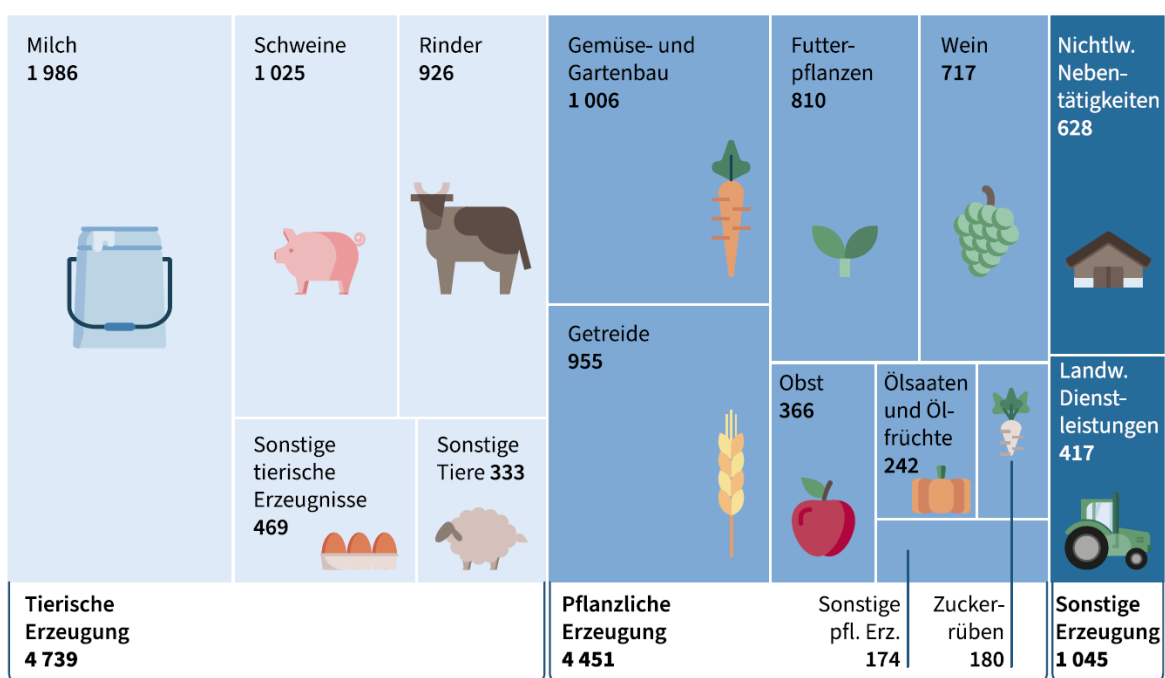


Abb. 4. Produktionswert des landwirtschaftlichen Wirtschaftsbereichs 2023 in Millionen Euro
Quelle: (STATISTIK AUSTRIA 2024a, S. 10)

2.2.1 Struktur der Rinderhaltung

Die Rinderhaltung in Österreich zeichnet sich durch eine kontinuierliche Abnahme der Betriebe und eine zunehmende Herdengröße aus. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 1.850.527 Rinder, davon etwa 28 % Milchkühe, in 54.800 Betrieben gehalten (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 56). Das bedeutet, dass 2020 etwa 49 % der landwirtschaftlichen Betriebe Rinder hielten. Zum Vergleich: Im Jahr 2010 waren es mit 2.023.648 Rinder auf 72.015 Betrieben noch rund 51 %. Der Rückgang der Rinderbestände ist auch in Abb. 5 zu erkennen. Im Jahr 2020 wurden durchschnittlich 34 Rinder pro Betrieb gehalten, während es 2010 noch 28 und 1995 lediglich 20 Rinder pro Betrieb waren (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 56). Dies verdeutlicht den fortschreitenden Strukturwandel in der österreichischen Landwirtschaft, bei dem die Anzahl der rinderhaltenden Betriebe sowie die Gesamtzahl der Rinder sinkt, während die Herdengrößen ansteigen.

In Abb. 5 und Abb. 6 ist ersichtlich, dass der Schwerpunkt der Rinderhaltung in Oberösterreich liegt, wo im Jahr 2020 laut der Agrarstrukturerhebung 28,8 % des Gesamtbestands gezählt wurden. Niederösterreich und die Steiermark folgen mit 22,2 % und 16,8 % (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 56). Die Almbewirtschaftung spielt in Österreich ebenfalls eine zentrale Rolle in der Rinderhaltung. Im Jahr 2020 trieben 24.060 Betriebe insgesamt 300.038 Rinder auf die Alm, darunter 50.088 Milchkühe (~9 % aller Milchkühe) (BML 2023, S. 20). Biologische Rinderhaltung hat in Österreich auch einen bedeutenden Anteil. Im Jahr 2022 wurden etwa 19.662 Biobetriebe gezählt, die rund 23 % des gesamten Rinderbestands ausmachten. (BML 2023, S. 24).

Besonders hervorzuheben ist der hohe Selbstversorgungsgrad Österreichs in der Rind- und Kalbfleischproduktion, der 2022 bei 147 % und bei Trinkmilch bei 178 % lag (BML 2023, S. 16). Dies unterstreicht die Bedeutung der Rinderhaltung für die nationale Versorgung mit Fleisch und Milchprodukten. Etwa 90 % der Milchlieferungen stammen von Bergbauernbetrieben, die in Summe 89 % der Milch produzieren (BML 2024a, S. 44). Das zeigt, wie stark die Milchwirtschaft in strukturschwachen Regionen verwurzelt ist.



Abb. 5: Rinderbestand nach Bundesländern von 1999 - 2020

Quelle: (STATISTIK AUSTRIA o.J.)

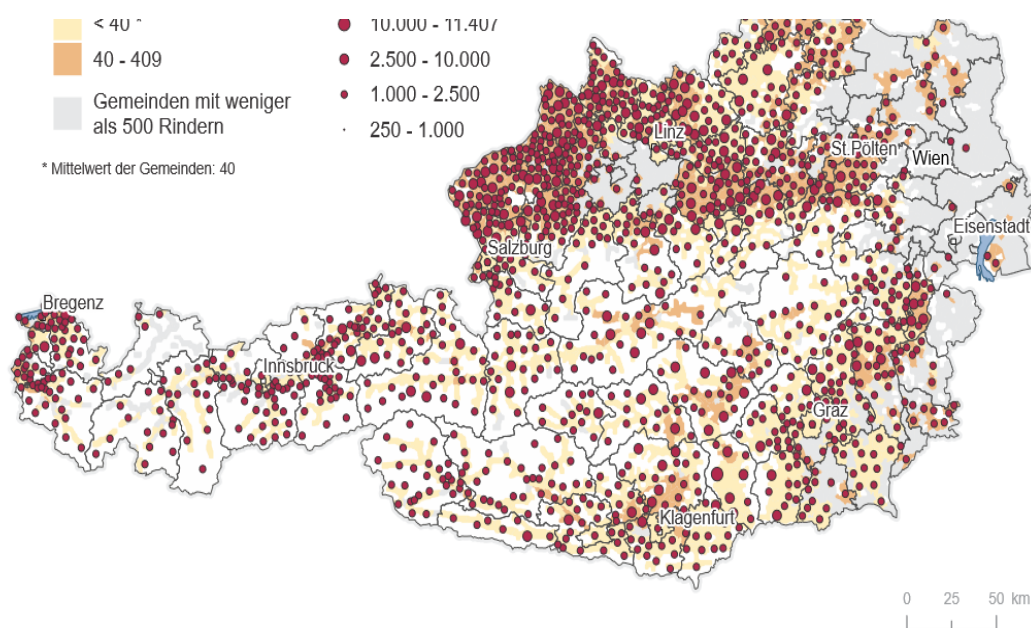


Abb. 6: Bestand von Rindern im Jahr 2020 nach Gemeinden

Quelle: (STATISTIK AUSTRIA 2021, S. 42)

2.2.2 Arten der Rinderhaltung

Die Haltungsformen in der Rinderhaltung in Österreich sind vielfältig und werden grundlegend nach dem primären Produktionsziel - also der Rindermast (mit der Sonderform der Mutterkuhhaltung) oder der Milchviehhaltung (mit der Sonderform der Muttergebundenen Kälberaufzucht) unterschieden. Unabhängig davon, ob das

(primär) gewünschte Produkt die Milch oder das Fleisch der Rinder ist, gibt es unterschiedliche Formen, wie die Tiere gehalten werden können.

Abb. 7 liefert einen kompakten Überblick darüber, welche Haltungsformen in welcher Häufigkeit in Österreich vorkommen. Dabei ist ersichtlich, dass in Österreich die sogenannten Laufställe dominieren. Im Jahr 2020 entfielen bereits 65,4 % der Stallplätze auf diese Haltungsform, während die Anbindehaltung mit 25,4 % einen deutlich geringeren Anteil hatte (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 61; Land schafft Leben 2023b). Zum Vergleich: Im Jahr 2010 betrug der Anteil der Laufstallplätze noch 49 %, während die Anbindehaltung mit 42,1 % fast gleichauf lag (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 63). Diese Entwicklung zeigt eine klare Tendenz hin zu mehr Bewegungsfreiheit für die Tiere, da in Laufställen die Rinder nicht festgebunden sind und sich frei bewegen können. Nur 1 % entfallen auf die ganzjährige Freilandhaltung und 8,2 % entfallen auf andere Haltungsformen, z. B. sogenannte Iglus (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 62).

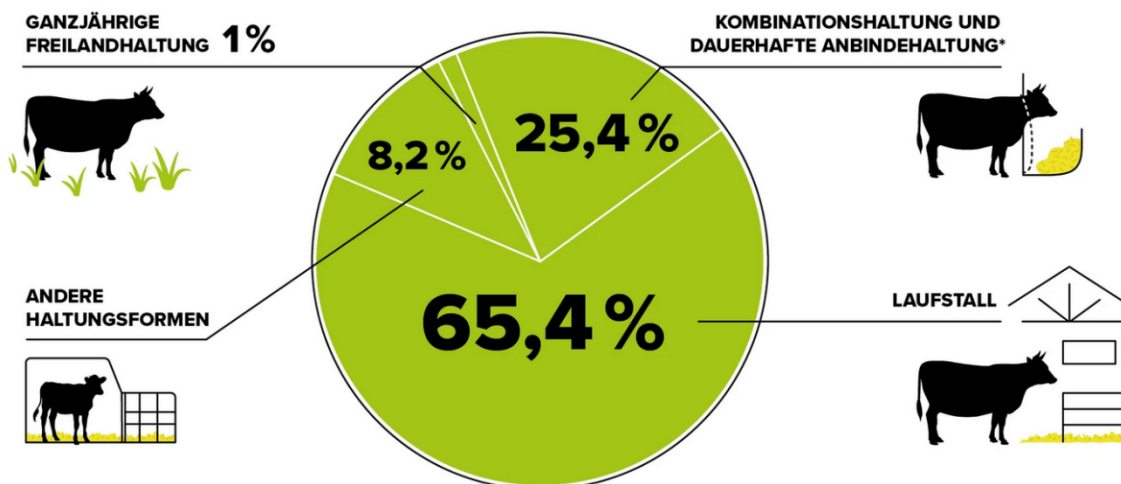


Abb. 7: Haltungsformen der Rinder in Österreich

*dauerhaft Anbindehaltung ist seit 2005 nur mehr in Ausnahmefällen gestattet und ab 2030 gesetzlich verboten

Quelle: (Land schafft Leben 2023b)

Laufstallhaltung

In Laufställen haben Rinder die Freiheit, sich zu bewegen, was ihre sozialen und gesundheitlichen Bedürfnisse besser erfüllt. Die Systeme reichen von nicht eingestreuten Vollspaltenbuchten bis hin zu eingestreuten Ställen mit Auslauf (Land schafft Leben 2023b). Besonders verbreitet sind Vollspaltenbuchten, Tretmist- und Tiefstreusysteme in der Rindermast (AMA 2024a). Auch in der Milchviehhaltung ist die

Laufstallhaltung üblich, wobei die Kühe zwischen verschiedenen Bereichen wie Fress-, Bewegungs- und Liegeflächen wählen können, was ihr Wohlbefinden fördert (AMA 2024b).

Anbindehaltung und Kombinationshaltung

Die Anbindehaltung, bei der die Rinder an einem festen Platz im Stall fixiert werden, spielt in Österreich eine zunehmend geringere Rolle. Diese Haltungsform ist seit 2005 nur mehr in Ausnahmefällen gestattet und wird ab 2030 gesetzlich verboten sein (Land schafft Leben 2023b). Stattdessen gewinnt die Kombinationshaltung an Bedeutung. Hierbei sind die Tiere zwar zeitweise fixiert, erhalten aber an mindestens 90 Tagen im Jahr freien Auslauf, sei es auf der Weide, im Laufhof oder auf einer Alm (Land schafft Leben 2023b). In den alpinen Regionen Österreichs ist diese Form der Haltung traditionell verankert und stellt einen Kompromiss zwischen den Bedürfnissen der Tiere nach Bewegungsfreiheit und den praktischen Erfordernissen der Landwirtschaft dar (AMA 2024a).

Weidehaltung

Weidehaltung ist eine spezielle Form der Kombinationshaltung, bei der Milchkühe während der Weidesaison an mindestens 120 Tagen⁹ im Jahr Zugang zu Weideflächen haben (AMA 2024a). In Österreich findet Weidehaltung witterungsbedingt überwiegend in den Sommermonaten statt, während die ganzjährige Freilandhaltung nur vereinzelt praktiziert wird (Land schafft Leben 2023b).

Laut Erhebung der Agrarstrukturhebung (STATISTIK AUSTRIA 2022) betrieben im Jahr 2020 rund 71 % der milchkuhhaltenden Betriebe Weidehaltung. Dabei bestehen deutliche regionale Unterschiede: Während in Tirol, Vorarlberg und Salzburg nahezu alle Betriebe ihre Kühe auf die Weide lassen (Anteil ohne Weidemonate nur 4-10 %), verzichten in den östlichen Bundesländern viele darauf. Im Burgenland, in Oberösterreich und Niederösterreich gaben über die Hälfte der Betriebe keine Weidemonate für ihre Milchkühe an. Österreichweit lag die durchschnittliche Weidedauer dennoch bei 6,3

⁹ Als Weidetag zählen Tage, an denen die Tiere mindestens zwei Stunden auf der Weide verbringen.

Monaten pro Jahr (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 67). 54 % der Milchkuh-Betriebe gaben an, ihren Tieren regelmäßig Zugang zu Auslauflächen (befestigte Flächen außerhalb des Stalls) zu gewähren (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 69). Damit hat zwar die Mehrheit der Kühe in Österreich im Sommer Zugang zu Weideflächen, jedoch nur etwa die Hälfte regelmäßig Bewegung im Freien über das gesamte Jahr hinweg.

Bio-Haltung

In der biologischen Rinderhaltung gelten besonders strenge Vorschriften, die über die Anforderungen der konventionellen Haltung hinausgehen. So ist die dauerhafte Anbindehaltung in der Bio-Rinderhaltung ausnahmslos verboten, und die Kombinationshaltung nur in Ausnahmefällen gestattet (AMA 2024a). Die Tiere müssen im Zeitraum von April bis Oktober Zugang zu einer Weide haben, und das Futter darf ausschließlich aus zertifiziert biologischem Anbau stammen (AMA 2024b). Im Jahr 2020 wurden in Österreich auf rund 20.130 Betrieben Milchkühe nach den Richtlinien der Bio-Haltung gehalten, was etwa 71 % der insgesamt milchkuhhaltenden Betriebe entspricht (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 69).

Mutterkuhhaltung vs. muttergebundene Kälberaufzucht

Die derzeit wohl bekanntere Mutterkuhhaltung sowie die noch nicht so etablierte muttergebundene Kälberaufzucht ermöglichen den Kälbern ein Aufwachsen bei der Mutterkuh und das Trinken direkt vom Euter. Dennoch unterscheiden sich die beiden Haltungsformen in ihrer Zielsetzung, Tiernutzung und Verbreitung deutlich.

Die Mutterkuhhaltung ist eine Form der Rindfleischproduktion, bei der die Milch ausschließlich dem Kalb zur Verfügung steht. Die Kühe werden nicht gemolken, da sie zur Fleischgewinnung gezüchtet wurden und nur so viel Milch produzieren, wie das Kalb benötigt (Cowpassion 2020). Diese Haltungsform ist in Österreich besonders in den Bergregionen weit verbreitet, da sie sich gut zur ökologischen Grünlandnutzung und für kleinere, extensiv wirtschaftende Betriebe eignet (AMA 2024a; Blühendes Österreich o.J.). Die Kälber bleiben meist etwa zehn Monate bei ihren Müttern und werden anschließend als Jungrindfleisch vermarktet oder weiterverkauft (LfL 2022).

Bei der muttergebundenen Kälberaufzucht handelt es sich um eine tierfreundlichere Variante innerhalb der Milchproduktion. Auch hier bleiben Kuh und Kalb zusammen, allerdings wird die Kuh zusätzlich gemolken, da Milchkühe genetisch darauf ausgelegt sind, deutlich mehr Milch zu geben, als ein Kalb benötigt (Cowpassion 2020; BLE 2024). Die überschüssige Milch kann vom Betrieb verkauft werden. Dieses System verursacht jedoch höhere Kosten - vor allem durch den geringeren Milchertrag und den höheren Platzbedarf - und erfordert daher einen höheren Milchpreis, um wirtschaftlich zu sein (BIO AUSTRIA 2024).

Während sich die Mutterkuhhaltung in der Fleischproduktion etabliert hat und flächendeckend verbreitet ist, ist die muttergebundene Kälberaufzucht in der Milchproduktion bislang wenig verbreitet. Sie gewinnt jedoch zunehmend an Bedeutung, da Konsumentinnen und Konsumenten bereit sind, für höhere Tierwohlstandards mehr zu bezahlen (Cowpassion 2020).

2.2.3 Unterschiedliche Rinderrassen je nach Betrieb und Standort

Abhängig von der Ausrichtung des Betriebs und den gegebenen Standortfaktoren variiert auch die Auswahl der Rinderrassen. Grundsätzlich wird zwischen milchbetonten Rassen und fleischbetonten Rassen unterschieden. Milchrassen wie Holstein Friesian und Brown Swiss haben eine hohe Milchleistung, aber geringe Bemuskelung. Deren männliche Kälber werden oft zur Fleischproduktion verwendet, da sie naturgemäß keine Milch produzieren können. Fleischrassen wie Charolais und Limousin sind stark bemuskelt, haben aber eine geringere Milchleistung. Diese Rassen machen nur etwa 5 % der österreichischen Rinder aus. Natürlich gibt es auch Züchtungen, die sowohl für die Fleisch-, als auch für die Milchproduktion geeignet sind- sogenannte Zweinutzungsrasen. Wie in Abb. 8 zu sehen ist, macht das Fleckvieh als Zweinutzungsrasse etwa drei Viertel der österreichischen Rinder aus (Land schafft Leben 2024).

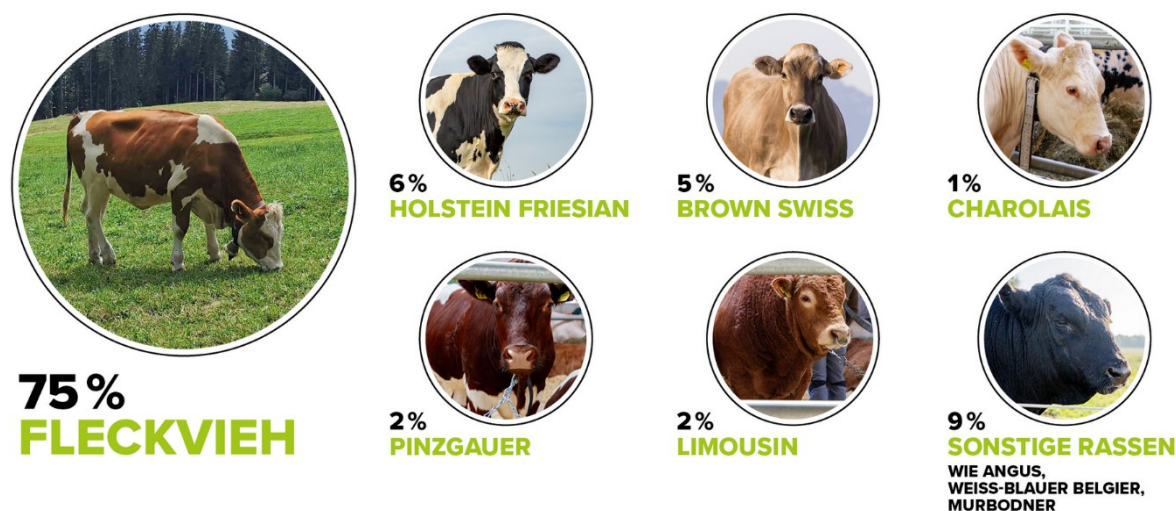


Abb. 8: Anteile der Rinderrassen in Österreich im Jahr 2022
Quelle: (Land schafft Leben 2024)

Ein Überblick über die in Österreich vorherrschenden Rinderrassen und deren Charakteristika ist auf der Website von Rinderzucht Austria¹⁰ zu finden.

2.2.4 Fütterung und Futtermittel

Da Rinder Wiederkäuer sind, können sie zellulosereiches, nährstoffarmes Futter wie Gras effizient verdauen - eine Fähigkeit, die ihnen durch ihre speziellen Mägenstrukturen ermöglicht wird. Die Zusammensetzung des Futters ist entscheidend für Leistung, Tiergesundheit und die Umwelt. Die Basis jeder Rinderfütterung ist das Grundfutter, das in der Regel aus betriebseigenem Anbau stammt. Hierzu zählen Maissilage, Gras (als Weidegras, Silage oder Heu), Stroh, Klee gras und Luzerne. Milchkühe, als sogenannte „Umsatztypen“, benötigen energie- und eiweißreiche Rationen, da die Nährstoffe primär in die Milchproduktion fließen. Ihre Fütterung basiert auf strukturreichem Grundfutter. Mastrinder hingegen sind Ansatztypen, bei denen Fleisch- und Fettansatz im Fokus stehen. Ihre Rationen sind energiebetonter, besonders in der Endmastphase. Sowohl bei Milch- als auch Mastrindern wird das Grundfutter durch Kraftfutter ergänzt, um den Nährstoffbedarf zu decken. Es liefert leicht verdauliche Energie und Eiweiß in konzentrierter Form und unterstützt die Milchleistung bei Milchkühen sowie das Wachstum und die Fleischqualität bei Mastrindern. Je nach Bedarf werden

¹⁰ Rinderzucht Austria (Hg.) (2024): Rinderrassen. Online verfügbar unter <https://www.rinderzucht.at/zuchtarbeit/rinderrassen.html>, zuletzt geprüft am 29.08.2024.

eiweißreiche Komponenten wie Soja-, Raps- oder Sonnenblumenschrot sowie Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie (z. B. Biertreber) eingesetzt. Zur Energieversorgung kommen Getreidesorten wie Weizen, Gerste oder Körnermais zum Einsatz. Kraftfutter darf jedoch nicht die Grundlage der Ration bilden, sondern muss ausgewogen und in Kombination mit strukturiertem Grundfutter verfüttert werden, um Verdauungsstörungen zu vermeiden: Eine zusätzliche Zufuhr von Mineralfutter versorgt die Tiere mit wichtigen Spurenelementen und Vitaminen (Land schafft Leben 2023a).

2.3 EU- und nationale Agrar- und Klimapolitik in Österreich

Die Agrar- und Klimapolitik in Österreich wird maßgeblich durch die Vorgaben der Europäischen Union geprägt, insbesondere durch den europäischen Green Deal und die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP). Beide Programme setzen wichtige Impulse für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft und die Anpassung an den Klimawandel. Während der Green Deal darauf abzielt, Europa bis 2050 klimaneutral zu machen und gleichzeitig die Ressourceneffizienz zu steigern, bietet die GAP ein umfassendes Förderinstrumentarium zur Unterstützung von Landwirt:innen und ländlichen Regionen. In Österreich wird dieses Zusammenspiel durch nationale Programme wie das Österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) ergänzt, das gezielt Maßnahmen zur Förderung des Klima- und Umweltschutzes sowie des Tierwohls unterstützt. Dieses Kapitel beleuchtet die zentralen Strategien und Instrumente, die auf EU- und nationaler Ebene in Österreich umgesetzt werden, und zeigt deren Relevanz für die nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft auf.

2.3.1 Green Deal

Der europäische Green Deal verfolgt das Ziel, Europa bis 2050 klimaneutral zu machen. Angesichts der Bedrohungen durch den Klimawandel und die Umweltzerstörung soll die EU durch den Green Deal eine ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Wirtschaft schaffen, die bis 2050 keine Netto-Treibhausgase mehr ausstößt und ihr Wachstum von der Ressourcennutzung entkoppelt (EK 2024; APCC 2024a, S. 502). Zu den übergreifenden Maßnahmen zählen Initiativen in den Bereichen Klima, Umwelt,

Energie, Verkehr, Industrie und insbesondere Landwirtschaft. Diese sektorübergreifenden Maßnahmen sollen zur klimaneutralen und nachhaltigen Entwicklung in der EU beitragen und umfassen unter anderem Regelungen für den Finanzmarkt, Energieversorgung und Verkehr sowie eine stärkere Betonung auf nachhaltiger Landwirtschaft und Lebensmittelsystemen (EK 2024; Rat der EU und Europäischer Rat 2024a).

Eine Maßnahme im Rahmen des Green Deals, die die Rinderhaltung besonders betrifft, ist wohl die Strategie „Vom Hof auf den Tisch“-Strategie (engl. „From Farm to Fork“), die darauf abzielt, die gesamte Nahrungsmittelproduktion der EU nachhaltiger und umweltfreundlicher zu gestalten. Die im Jahr 2020 von der Europäischen Kommission eingeführte Strategie fokussiert sich darauf, die Lebensmittelsysteme der EU so zu reformieren, dass sie eine sichere und gesunde Ernährung bieten, die innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen des Planeten bleibt (Rat der EU und Europäischer Rat 2024b). Diese Strategie formuliert ambitionierte Ziele: Dazu zählen unter anderem die Halbierung des Einsatzes von Pestiziden und Düngemitteln, die Förderung ökologischer Landwirtschaft und die Reduktion des Einsatzes antimikrobieller Mittel. Auch soll der Lebensmittelkonsum umweltfreundlicher gestaltet, Lebensmittelverluste und -verschwendung reduziert und das Tierwohl verbessert werden (Rat der EU und Europäischer Rat 2024b).

Für die Rinderhaltung sind diese Ziele besonders relevant, da sie eine stärkere Anpassung an umweltfreundliche und nachhaltige Produktionsweisen erfordert. Die Maßnahmen der Farm to Fork-Strategie könnten erhebliche Veränderungen in der Fütterung, Haltung und beim Medikamenteneinsatz in der Rinderhaltung bewirken, da der Einsatz von Antibiotika und anderen antimikrobiellen Mitteln reduziert werden soll. Auch wird durch die Förderung der ökologischen Landwirtschaft in der EU ein verstärkter Fokus auf artgerechte und ressourcenschonende Haltung von Rindern gelegt. Diese Reformen sollen nicht nur der Umwelt zugutekommen, sondern gleichzeitig zu einer fairen Einkommensverteilung und einer Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft in der EU beitragen (Rat der EU und Europäischer Rat 2024b).

Clean Industrial Deal statt Green Deal?

In der neuen EU-Legislaturperiode (2024-2029) wird der ursprünglich ambitionierte Green Deal deutlich abgeschwächt und durch den sogenannten Clean Industrial Deal ersetzt. Dieser richte den Klimaschutz verstärkt an den Bedürfnissen der Industrie aus - etwa durch vereinfachte Vorgaben und gelockerte Umweltauflagen (Bonse 2025). Ein zentrales Instrument dieser Neuausrichtung ist die „Omnibus-Richtlinie“. Sie sieht unter anderem vor, das Lieferkettengesetz zu entschärfen: Unternehmen sollen künftig nur noch direkte Geschäftspartner auf Umwelt- und Menschenrechtsverstöße prüfen müssen (Danzer und Pflügl 2025). Es wird davor gewarnt, dass diese jedoch „häufig ganz früh in der Lieferkette passieren“ (Kropshofer 2025). Auch beim CO₂-Grenzausgleichssystem („Klimazoll“) sind Lockerungen geplant. Klein- und Mittelbetriebe sollen ausgenommen sein, was die Wirkung des Instruments deutlich schwächen könne (Danzer und Pflügl 2025). Zudem wird die Pflicht zur Nachhaltigkeitsberichterstattung stark reduziert: Nur noch rund 20 Prozent der Unternehmen sollen künftig zur Offenlegung ökologischer und sozialer Kennzahlen verpflichtet sein (Danzer und Pflügl 2025).

Während der ursprüngliche Green Deal auch Maßnahmen zum Biodiversitätsschutz und zur Ressourcenschonung beinhaltete, fehlen diese im neuen Konzept völlig. Es sei auch vom Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen „nichts mehr zu lesen“ (Kropshofer 2025). Umweltschutzorganisationen sprechen daher bereits von einem „Kahlschlag“ des Green Deals (Danzer und Pflügl 2025).

2.3.2 Gemeinsame Agrarpolitik der EU

Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) ist eines der zentralen Instrumente der Europäischen Union, um die Landwirtschaft und den ländlichen Raum zu fördern. Seit ihrer Einführung im Jahr 1962 bildet sie eine Partnerschaft zwischen der Landwirtschaft und der Gesellschaft sowie zwischen den Mitgliedstaaten und den Landwirt:innen der EU. Ziel ist es, soziale, ökologische und wirtschaftliche Herausforderungen in der Landwirtschaft zu bewältigen (EK o.J.a).

Ziele der GAP

Die GAP verfolgt fünf zentrale Ziele, die darauf abzielen, eine nachhaltige, produktive und zukunftsfähige Landwirtschaft zu gewährleisten:

- **Sicherung der Lebensmittelerzeugung:** Die GAP soll die Produktivität der Landwirtschaft steigern und eine sichere Versorgung mit erschwinglichen Nahrungsmitteln gewährleisten.
- **Angemessene Einkommen:** Die Unterstützung der Landwirt:innen durch Direktzahlungen und andere Förderungen soll ein stabiles und gerechtes Einkommen sicherstellen.
- **Klimaschutz und nachhaltige Bewirtschaftung:** Ein weiterer Fokus liegt auf der Bekämpfung des Klimawandels und der Förderung einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Landbewirtschaftung.
- **Erhalt der ländlichen Gebiete und Landschaften:** Die GAP zielt darauf ab, die Vielfalt und Attraktivität der ländlichen Regionen zu bewahren.
- **Wirtschaftliche Belebung des ländlichen Raums:** Durch die Förderung von Beschäftigungsmöglichkeiten und die Unterstützung der Agrar- und Ernährungswirtschaft sollen ländliche Regionen gestärkt werden (EK o.J.a).

Zusätzlich sind in der GAP 2023-2027 zehn spezifische Ziele verankert, die die Basis für die nationalen Strategiepläne der Mitgliedstaaten bilden. Diese umfassen unter anderem die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit, die Förderung des Generationenwechsels, den Schutz von Lebensmitteln und Gesundheit sowie die Förderung von Wissen und Innovation (EK o.J.b).

Die Struktur der GAP

Die GAP wird in zwei Säulen unterteilt, die unterschiedliche Schwerpunkte setzen:

- **Säule 1: Direktzahlungen und Marktmaßnahmen:**
Diese Säule umfasst Direktzahlungen, die als Einkommensunterstützung für Landwirt:innen dienen, sowie Marktmaßnahmen, die auf die Stabilisierung der Agrarmärkte abzielen. Beispiele hierfür sind die Flächenprämie, gekoppelte

Zahlungen für die Almwirtschaft oder Maßnahmen zur Bewältigung von Marktrisiken (BML 2023, S. 41).

- Säule 2: Entwicklung des ländlichen Raums:

Diese Säule fördert Programme zur nachhaltigen Entwicklung ländlicher Gebiete. Hierzu gehören Maßnahmen wie das Österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL), die Förderung des biologischen Landbaus oder Zahlungen im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie. 2022 entfielen rund 45 % des Agrarbudgets auf diese Säule (BML 2023, S. 41).

Die Finanzierung der GAP erfolgt über zwei EU-Fonds: den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) für Direktzahlungen und Marktmaßnahmen sowie den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (E-LER) für Programme der ländlichen Entwicklung (EK o.J.a).

Die GAP und der Klimaschutz

Die GAP spielt eine zentrale Rolle bei der Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel und der Förderung nachhaltiger Bewirtschaftung. Zwischen 2014 und 2022 beinhaltete Säule 1 Maßnahmen wie Umweltzahlungen, Cross-Compliance, den Schutz von Dauergrünland und die Einführung ökologischer Vorrangflächen. In Säule 2 standen Wissensaustausch, Agroforstwirtschaft und Risikomanagement im Fokus (OECD 2023, S. 296). Zudem sind 40 % des gesamten GAP-Budgets für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel vorgesehen (OECD 2023, S. 296).

Die GAP in Österreich

Die österreichische Agrarpolitik wird maßgeblich von der GAP geprägt. Das nationale Programm der Ländlichen Entwicklung (PLE) und das darin enthaltene ÖPUL sind zentrale Bestandteile der zweiten Säule. ÖPUL bietet finanzielle Anreize für Maßnahmen, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen und den Klimaschutz, die Biodiversität und den Tierschutz fördern (APCC 2024a, S. 501f).

2022 erhielten 101.830 landwirtschaftliche Betriebe in Österreich Direktzahlungen in Höhe von insgesamt 684,3 Millionen Euro (BML 2023, S. 41). Diese finanzielle

Unterstützung ist essenziell, um die wirtschaftliche Stabilität der Landwirtschaft zu gewährleisten und eine nachhaltige Bewirtschaftung zu fördern.

2.3.3 Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft

Das Österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) wurde 1995 als freiwillige Förderinitiative für Agrarumweltmaßnahmen ins Leben gerufen. Es ist Teil des Programms der Ländlichen Entwicklung (PLE), das der zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU zugeordnet ist. Die Finanzierung erfolgt gemeinsam durch den Bund, die Länder und den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) (APCC 2024a, S. 514).

Die zentralen Zielsetzungen von ÖPUL umfassen den Schutz und die Förderung der Biodiversität, den Erhalt und die Verbesserung der Boden- und Wasserqualität, die Reduktion von Erosion und Nährstoffauswaschungen sowie Beiträge zum Klimaschutz und zur Luftreinhaltung. Zusätzlich setzt ÖPUL auf erhöhte Standards im Bereich Tierwohl und trägt zur Pflege der Kulturlandschaft bei (BML o.J., S. 1; Global 2000 2022, S. 2).

Ab 2023 wird ein erheblicher Teil der Mittel für Klima-, Umwelt- und Tierwohlmaßnahmen bereitgestellt. Mindestens 25 % der Direktzahlungen im Rahmen der GAP werden für diese sogenannten Öko-Regelungen verwendet. In Österreich beträgt dieser Anteil etwa 15 %, was einer jährlichen Summe von 100 Millionen Euro entspricht. Die Umsetzung dieser Maßnahmen erfolgt in Kombination mit den bestehenden Agrarumweltmaßnahmen des ÖPUL. Zu den angebotenen Öko-Regelungen gehören Maßnahmen wie der Zwischenfruchtanbau auf Ackerflächen, das System „Immergrün“, Erosionsschutz in Wein-, Obst- und Hopfenkulturen sowie tierfreundliche Weidehaltungspraktiken (BML o.J., S. 1).

Im Jahr 2022 wurden im Rahmen von ÖPUL 478,48 Millionen Euro an 85.654 landwirtschaftliche Betriebe ausbezahlt. Durchschnittlich wurden pro Betrieb etwa 5.500 Euro ausgeschüttet, wobei jeder Betrieb im Schnitt an drei ÖPUL-Maßnahmen teilnahm. Mit 1.758.000 Hektar, die rund 79 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (ohne Almen)

ausmachen, nimmt Österreich eine Spitzenposition innerhalb der EU ein, was den Anteil der geförderten Betriebe und Flächen betrifft (BML 2023, S. 42).

Ein wesentliches Kennzeichen von ÖPUL ist die Vielzahl an Maßnahmen, die sich auf unterschiedliche Umweltziele ausrichten (siehe Abb. 9). Die Verteilung der Zahlungen zeigt, dass 2023 der größte Anteil der Fördermittel in die biologische Wirtschaftsweise floss (24,5 %), gefolgt von umweltgerechter Bewirtschaftung (17,7 %), Tierwohl (10,8 %), Naturschutz (10,5 %) und Begrünungsmaßnahmen im Ackerbau (10,3 %).

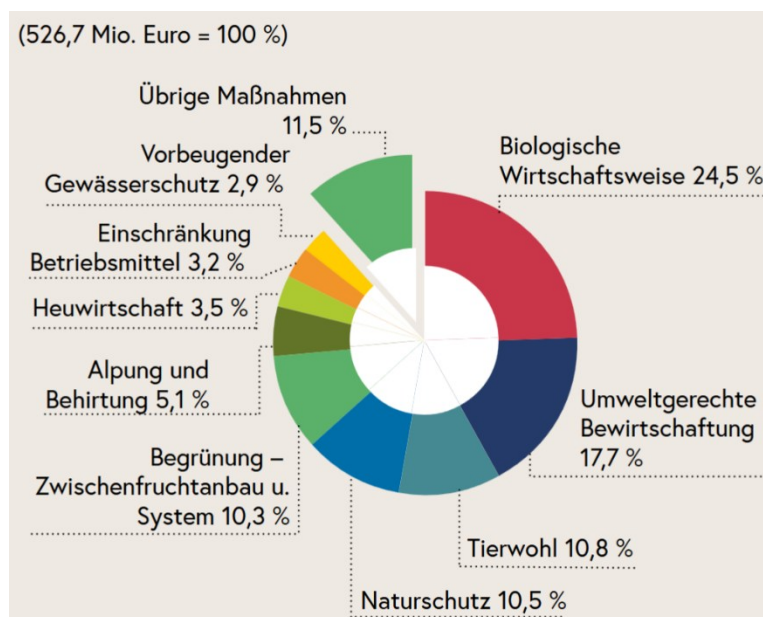


Abb. 9: Verteilung der ÖPUL-Zahlungen nach Untermaßnahmen 2023

Quelle: (BML 2024a, S. 118)

2.4 Forschungsfragen

Die Klimakrise stellt eines der zentralen Themen des 21. Jahrhunderts dar und betrifft alle Bereiche von Gesellschaft und Wirtschaft. Insbesondere die Landwirtschaft - und darin die Rinderhaltung - steht in einem Spannungsfeld zwischen den Anforderungen an nachhaltige Nahrungsmittelproduktion, den Herausforderungen durch Treibhausgasemissionen und den Erwartungen an den Schutz von Biodiversität und natürlichen Ressourcen. Da die Rinderhaltung sowohl die Mast- als auch die Milchproduktion umfasst und eine eingehende Bearbeitung beider Produktionssysteme den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wird der Fokus dieser Arbeit auf die Milchwirtschaft gelegt. Diese stellt, wie bereits in Kapitel 2.2 *Rinderhaltung in Österreich – Status Quo* berichtet, mit 19 % Produktionswert-Anteil die wichtigste landwirtschaftliche Tätigkeit in Österreich dar. Auch im Konsum sind Milch und Milchprodukte stärker verankert als Rindfleisch, was die gesellschaftliche Relevanz zusätzlich unterstreicht.

Ein weiterer Grund für diese Schwerpunktsetzung ist, dass Rindfleisch in der Milchwirtschaft als nachgelagertes Produkt entsteht - etwa durch die Vermarktung männlicher Kälber oder von ausgedienten Milchkühen. Die Haltung der Tiere erfolge demnach primär zur Milchgewinnung, wohingegen das Fleisch am Ende des „Produktionszyklus“ und somit die Kuh als Ganzes verwertet wird. In diesem Zusammenhang erscheint es sinnvoll, Emissionsminderungen vorrangig in der Milchproduktion zu untersuchen. Vergleiche zur Rindermast werden an geeigneter Stelle punktuell herangezogen, der Schwerpunkt liegt jedoch auf der Analyse und den Optimierungsmöglichkeiten im Bereich der Milcherzeugung.

Im Spannungsfeld der Rinderhaltung ergeben sich komplexe Wechselwirkungen zwischen ökologischen, wirtschaftlichen, politischen sowie sozialen Faktoren, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden sollen. Ausgehend von den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Sachverhalten lässt sich folgende Hauptforschungsfrage ableiten:

Wie kann die österreichische Milchwirtschaft ihre Treibhausgasbilanz verbessern und einen nachhaltigen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise leisten?

Um diese umfassende Fragestellung adäquat zu beantworten, wurden mehrere Untersuchungsfragen formuliert, die spezifische Aspekte der Thematik beleuchten:

1. Welche positiven und negativen Auswirkungen ergeben sich durch verschiedene Arten der Haltung und Fütterung von Milchkühen in Bezug auf Nachhaltigkeit, Treibhausgasemissionen und Biodiversität?

Diese Frage untersucht die umweltrelevanten Unterschiede zwischen Haltungs- und Fütterungssystemen der österreichischen Milchviehhaltung, wobei hier auch ein Vergleich zur Rindermast gezogen wird. Aspekte wie Weidehaltung, Stallhaltung, Futterzusammensetzung und deren Effekte auf Treibhausgasemissionen sowie die Förderung oder Beeinträchtigung der Biodiversität werden hierbei betrachtet und analysiert. Ergänzend wird die mediale Berichterstattung zur Rinderhaltung sowie das gesellschaftliche „Standing“ der Kuh als vermeintliche Klimasünderin thematisiert, um ein umfassenderes Bild der aktuellen Debatte zu zeichnen.

2. Wie kann die Milchviehhaltung in Österreich nachhaltig gestaltet werden, um eine Reduzierung ihrer negativen Umweltauswirkungen zu erreichen?

Vor dem Hintergrund der Herausforderungen durch die Klimakrise stehen Landwirt:innen vor der Aufgabe, ihre Betriebe an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen und Maßnahmen zur Emissionsreduktion umzusetzen. Diese Frage zielt darauf ab, bestehende sowie mögliche zukünftige Strategien in der österreichischen Milchviehhaltung zu analysieren, die zur Bewältigung dieser Herausforderungen beitragen können. Es sollen Lösungsvorschläge eingebracht werden, die eine nachhaltige Transformation der österreichischen Milchviehhaltung ermöglichen. Dabei werden sowohl ökologische als auch wirtschaftliche und soziale Dimensionen berücksichtigt.

Die Forschungsfragen sollen nicht nur zur Beantwortung der Hauptfrage beitragen, sondern auch Handlungsoptionen für eine nachhaltigere Zukunft der Rinderhaltung in Österreich aufzeigen.

3 Material und Methodik

Die vorliegende Arbeit ist als Literaturarbeit konzipiert. Auf Basis wissenschaftlicher Fachliteratur, institutioneller Berichte und ausgewählter Strategiepapiere, Programme und Berichte von EU und Ministerien werden die Zusammenhänge zwischen Klimakrise und Milchviehhaltung in Österreich aufgearbeitet. Im Mittelpunkt steht eine thematisch strukturierte Synthese, die Emissionspfade, Ressourcennutzung und Landnutzung ebenso berücksichtigt wie Haltungs- und Fütterungssysteme, Biodiversitätswirkungen sowie politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen.

Als Informations-, Ideen- und Literaturgrundlage dienten die Wissenschaftsbücher „Das leise Sterben“ von Martin Grassberger (2020), „Für Pessimismus ist es zu spät“ von Helga Kromp-Kolb (2023), „Die Klima-Kuh“ von Florian Schwinn (2024) und „Die Kuh ist kein Klima-Killer!“ von Anita Idel (2024). Sie dienten vor allem dazu, zentrale Argumentationslinien, Begriffe und Konfliktfelder einzuordnen. Die Arbeit stützt sich jedoch primär auf peer-reviewte Publikationen wie Reviews, Metaanalysen, Lebenszyklusstudien sowie auf Datengrundlagen und Auswertungen wissenschaftsnaher Institutionen. Für den österreichischen Kontext waren insbesondere Beiträge des *Austrian Panel on Climate Change* (APCC), des Umweltbundesamts, des *Climate Change Centre Austria* (CCCA) sowie Publikationen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein relevant. Ergänzend wurden Policy Papers und Strategiepläne der Europäischen Kommission, des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft sowie des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie in die Analyse einbezogen. Als übergreifende Referenz wurde zudem der sechste Sachstandsbericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) verwendet.

Die Literatursuche erfolgte hauptsächlich über *u:search* (Universität Wien) und wurde durch *ScienceDirect*, *SpringerLink* und *Google Scholar* ergänzt. Ein wesentlicher Teil der Recherche erfolgte über ein Schneeballsystem, indem Literaturverzeichnisse zentraler Arbeiten ausgewertet und häufig zitierte Schlüsselquellen weiterverfolgt wurden. Für die Suche wurden englischsprachige Schlagworte in unterschiedlichen

Kombinationen verwendet, darunter *dairy farming, greenhouse gas emissions, climate change agriculture, sustainable livestock systems, methane mitigation cattle, feed efficiency ruminants, life cycle assessment dairy* und *biodiversity grassland*. Um gezielt Informationen zu nationalen Gegebenheiten zu erhalten, kamen darüber hinaus deutschsprachige Begriffe zum Einsatz. Dazu zählen etwa *Milchviehhaltung Österreich, Methanemissionen Wiederkäuer, Weidehaltung, Almwirtschaft, Grünlandbewirtschaftung, Kuh und Klimawandel, Fütterung Rind, Biodiversität Grünland* oder *Klimapolitik Landwirtschaft*.

Die verwendete Literatur umfasst schwerpunktmäßig Publikationen aus den Jahren 2020 bis 2025, um den aktuellen Stand der Debatte abzubilden. Ältere Quellen wurden dann einbezogen, wenn sie methodisch oder inhaltlich notwendig sind, etwa für etablierte Kennzahlen, globale Vergleichsdaten oder grundlegende Konzepte. Journalistische Beiträge wurden gezielt genutzt, um gesellschaftliche und politische Debatten zu dokumentieren, etwa bei medialen Zuschreibungen rund um die „Klimasünderin Kuh“ oder bei aktuellen Konflikten in der Agrar- und Klimapolitik.

Die Literatur wurde entlang der in Kapitel 0 formulierten Forschungsfragen ausgewertet und thematisch synthetisiert. Die Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln nach den zentralen Themenfeldern der Arbeit strukturiert dargestellt.

4 Wechselwirkungen zwischen Milchviehhaltung und Klimakrise

Die Milchviehhaltung ist in Österreich zugleich Teil der Grundversorgung und Gegenstand einer zugespitzten Klimadebatte. Die Diskussion kreist um Treibhausgasemissionen, Ressourcenverbrauch, Tierwohl und Landnutzung, wird in der Öffentlichkeit aber oft über das Symbol „Kuh“ geführt. Für eine belastbare Einordnung braucht es zwei Perspektiven: erstens die gesellschaftlichen Deutungen und Kritiklinien, zweitens die fachliche Analyse der Umweltwirkungen und der betriebsrelevanten Klimarisiken. Dieses Kapitel ordnet daher die öffentliche Wahrnehmung, zentrale Kritikpunkte sowie die klimabezogenen Wirkungen und Betroffenheiten der Milchviehhaltung in Österreich systematisch ein.

4.1 Kuh und Klima im Spannungsfeld von Öffentlichkeit und Wissenschaft

Die Auseinandersetzung um Milchviehhaltung findet nicht nur in der Fachdebatte, sondern auch in Medien und Alltag statt. Dort dominieren vereinfachende Bilder, die je nach Kontext idealisieren oder problematisieren. Gleichzeitig liegen hinter den Schlagworten konkrete, messbare Themen wie Methanemissionen, Flächen- und Wasserfußabdruck, Energieeinsatz, Tierwohl sowie mögliche gesundheitliche Argumente auf Konsumseite. Wiederkäuer werden als Nutztiere gehalten, um Gras in menschlich verwertbare Nahrung umzuwandeln. Die wiederkäuerbasierte Nahrungsproduktion ist allerdings aufgrund der Klimawirkungen des im Pansen entstehenden Methans in Kritik geraten (Fritz et al. 2020, S. 81).

4.1.1 Image der Milchkuh in Medien und Öffentlichkeit

Die öffentliche Wahrnehmung der Milchkuh ist ambivalent und schwankt zwischen Idealbild und Kritik. In touristischen und werblichen Kontexten gilt die Kuh als Symbol bäuerlicher Tradition, landschaftlicher Schönheit und regionaler Identität. Ihre Präsenz auf Almen und Weiden steht für Ursprünglichkeit, Nachhaltigkeit und Heimatverbundenheit. Zugleich wurde sie in den vergangenen Jahren zur Projektionsfläche für klimapolitische Konflikte. Zwischen romantisierten Werbebildern und anklagenden

Schlagzeilen spannt sich ein breites Spektrum öffentlicher Deutungen, das die gesellschaftliche Diskussion über Landwirtschaft stark prägt.

Bis vor ein paar Jahren war die öffentliche Debatte über die Klimawirkung der Rinderhaltung stark polarisiert. In manchen Medien wurde die Kuh als „Klimakillerin“ oder „Rülpsende Methanschleuder“ (Strnadl 2024) bezeichnet und als Symbol für übermäßige Methanemissionen und klimaschädliche Ernährungssysteme dargestellt. Dieses Bild wurde von Schlagzeilen und Kampagnen verstärkt, die meist auf einfache Gegensätze setzten und selten zwischen Haltungsformen oder regionalen Gegebenheiten differenzierten. So bewarb etwa Mercedes-Benz Anfang des Jahres 2012 die neue M-Klasse mit dem Slogan „Mehr als 200 Pferde und weniger Emissionen als eine Kuh“. Solche zugespitzten Darstellungen reduzierten komplexe Zusammenhänge auf symbolhafte Schuldzuweisungen.

Laut Lenders (2024) hat sich dieses einseitige Image in den vergangenen Jahren abgeschwächt. Milchbauern und Molkereien gelang es zunehmend, den Wert der Kuh als Teil geschlossener Nährstoffkreisläufe zu betonen. Im öffentlichen Diskurs wird die Milchkuh seither vermehrt als Bestandteil einer Kreislaufwirtschaft und nicht ausschließlich als Emittentin von Methan wahrgenommen. Unterstützt wurde dieser Wandel durch Kommunikationsstrategien der Branche, die bewusst positive Narrative setzten und die ökologische sowie kulturelle Bedeutung der Weidehaltung hervorhoben (Lenders 2024, S. 34). Auch in den Zeitungen schlägt sich das nieder: „Imagepolitik für Methanschleuder Kuh“ (Bettel 2025) oder „Klimaretterin Kuh“ (Baur 2022) sind als Headlines zu lesen.

Besonders deutlich wurde die mediale Zuspitzung am Beispiel Irlands. Die dortige Regierung plante 2023, den nationalen Rinderbestand um rund 200 000 Tiere zu reduzieren, um die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft bis 2030 um ein Viertel zu senken (Sotscheck 2023; Borger 2023). Vorgesehen war ein freiwilliges Ausstiegsprogramm, bei dem Landwirte ihre Milchkühe gegen eine Entschädigung von rund 3 000 Euro pro Tier abgeben konnten. Das Vorhaben war Teil der nationalen Klimastrategie und sollte strukturelle Anpassungen fördern. In der medialen Berichterstattung wurde

es jedoch stark emotionalisiert. Schlagzeilen wie „Rinder schlachten für den Klimaschutz?“ (Böhm und Grimm 2023), „Milchkühe töten fürs Klima: Der blanke Wahnsinn“ (Schober 2023) oder „Irland will Kühe keulen lassen: Wem gehört hier eins übergeben?“ (Sotscheck 2023) prägten das öffentliche Bild. Fachliche Hintergründe und die freiwillige Ausgestaltung der Maßnahme traten dabei in den Hintergrund.

Irlands Landwirtschaft nimmt tatsächlich eine Sonderrolle ein: Sie verursacht rund 38 % der nationalen Treibhausgasemissionen (Höchstwert in der EU) und ist stark exportorientiert. Trotz der großen medialen Aufmerksamkeit blieb der tatsächliche Rückgang des Viehbestands moderat. Zwischen Dezember 2023 und Dezember 2024 sank die Zahl der Rinder um 3,3 %, die Zahl der Milchkühe um 2 % (Central Statistics Office 2025). Die Reduktion ging dabei überwiegend darauf zurück, dass viele der ohnehin geschlachteten Tiere schlicht nicht nachbesetzt wurden.

Auch in Österreich ist die Kuh eine Symbolfigur zwischen Umweltkritik und regionalem Stolz. Sie steht für Nachhaltigkeit und Kulturlandschaft, spiegelt jedoch nur bedingt die Realität der Tierhaltung wider. Rund 29 % der Milchviehbetriebe bieten keine Weidehaltung an, und in knapp der Hälfte der Milchbetriebe haben die Kühe keinen Zugang zu Freiflächen (STATISTIK AUSTRIA 2022, S. 69). Diese Diskrepanz zwischen Idealbild und Praxis verdeutlicht die zunehmende Entfremdung vieler Konsumentinnen und Konsumenten von der modernen Landwirtschaft.

Gleichzeitig ist die Milchkuh in Österreich zentrale Gestalterin des Landschaftsbildes und Erhalterin der Kulturlandschaft. Der Fortbestand von Alm- und Weidewirtschaft sowie deren ökologische Funktionen setzen eine nachhaltige Bewirtschaftung voraus, die überwiegend durch Beweidung oder Heugewinnung erfolgt. Der Konsum regional erzeugter Produkte, etwa von Milch oder Rindfleisch, trägt somit indirekt zum Erhalt dieser Landschaften bei (Neunteufel et al. 2021, S. 50 f).

4.1.2 Kritik an der Milchviehhaltung

Milchviehhaltung wird in der Nachhaltigkeitsdebatte aus mehreren Richtungen kritisiert. Ein zentraler Punkt ist Methan aus der enterischen Fermentation im Pansen und damit ein klimarelevanter Prozess, der mit der Nutzung von Wiederkäuern als Nutztier grundsätzlich verbunden ist (Fritz et al. 2020, S. 82). Daneben steht der Vorwurf eines hohen Ressourcenverbrauchs, vor allem bei Wasser, Energie und Fläche, sowie Kritik an Tierwohldefiziten in einzelnen Produktionssystemen. Auszugsweise werden auch mögliche gesundheitliche Nachteile eines hohen Konsums von Fleisch und Milchprodukten diskutiert. Gleichzeitig ist die Kritik nicht in allen Bereichen gleich zu gewichten. Während die Proteinproduktion über in der Fleischproduktion über Mastrinder als besonders ineffizient eingeordnet wird, wird Milch im Vergleich zu monogastrischen Nutztieren als relativ effiziente Form der Proteinerzeugung beschrieben (Dachler 2023, S. 306).

Vor diesem Hintergrund ist auch der Blick auf die Ernährungssysteme relevant: Tierische Produkte liefern global nur einen geringen Anteil an der Kalorien- und Proteinversorgung, obwohl sie mit 80% den Großteil des Agrar-Flächenbedarfs ausmachen. Der Beitrag von Fleisch, Milchprodukten und Aquakultur zur globalen Ernährung beträgt lediglich 17 % der Kalorienversorgung und 38 % der Proteinversorgung (Ritchie und Roser 2019). Die folgenden Abschnitte ordnen diese Kritikpunkte entlang von Wasserverbrauch, Flächenbedarf und Treibhausgasemissionen ein.

Wasserverbrauch

In der öffentlichen Diskussion gilt der hohe Wasserverbrauch als klassisches Argument gegen die Rinderhaltung, insbesondere die Rindfleischproduktion. Besonders die Zahl von 15.415 Litern Wasser pro Kilogramm Rindfleisch (globaler Durchschnitt), veröffentlicht von Mekonnen und Hoekstra (2010b), wird immer wieder in den Medien zitiert. Ziel der Studie war es, den Wasserfußabdruck von Produkten weltweit vergleichbar zu machen, wobei auch die jeweilige Region oder das Klima berücksichtigt werden. Die Angaben beruhen jedoch auf dem Konzept des virtuellen Wasserverbrauchs, das den tatsächlichen Wasserbedarf nicht realistisch widerspiegelt.

Der Wasserfußabdruck eines Produkts setzt sich aus grünem, blauem und grauem Wasser zusammen. Grünes Wasser umfasst das Regenwasser, das auf Weide- oder auf Futterflächen fällt. Blaues Wasser wird aus Oberflächen- oder Grundwasser entnommen und für die Bewässerung genutzt. Graues Wasser ist das Volumen, das rechnerisch nötig wäre, um Schadstoffe, etwa aus Düngung oder Pflanzenschutzmitteln, auf ein unbedenkliches Maß zu verdünnen (Heinrich-Böll-Stiftung 2021, S. 26). Der Großteil des berechneten Wasserverbrauchs entfällt auf grünes Wasser, also auf Niederschläge, die ohnehin auf die Flächen fallen und versickert, verdunstet oder von Pflanzen wieder abgegeben wird. Dieses Wasser wird nicht verbraucht, sondern bleibt Teil des natürlichen Kreislaufs. Die häufig zitierte Zahl von rund 15.000 Litern suggeriert daher fälschlicherweise, das Wasser ginge verloren. Tiere aus feuchten Weideregionen erscheinen dadurch außerdem statistisch „wasserintensiver“, obwohl sie keinen höheren Verbrauch verursachen.

Tabelle 2: Wasserfußabdruck von Milch aus Österreich in Liter pro kg Milch

Quelle: (Mekonnen und Hoekstra 2010a)

Milch Österreich	Weidehaltung	Kombihaltung	Stallhaltung	Weighted average
Grünes Wasser	664	342	274	399
Blaues Wasser	20	18	17	17
Graues Wasser	66	54	56	56
Wasserverbrauch	750	414	347	472

Tabelle 3: Wasserfußabdruck von Milch - globaler Durchschnitt in Liter pro kg Milch

Quelle: (Mekonnen und Hoekstra 2010a)

Milch global	Weidehaltung	Kombihaltung	Stallhaltung	Weighted average
Grünes Wasser	1.087	790	1.027	863
Blaues Wasser	56	90	98	86
Graues Wasser	49	76	82	72
Wasserverbrauch	1.192	956	1.207	1.021

Die Unterschiede zwischen Haltungsformen werden in Tabelle 2 und Tabelle 3 deutlich. Für Milchproduktion in Österreich (Tabelle 2) ergibt sich nach Mekonnen und Hoekstra (2010a) ein durchschnittlicher Wasserfußabdruck von 472 Litern pro kg Milch, während der globale Durchschnitt bei 1.020 Litern liegt (Tabelle 3 und Abb. 10 auf S. 48). In Österreich überwiegt der Anteil des grünen Wassers (399 Liter), während der Anteil des blauen Wassers mit nur 17 Litern sehr gering ist. Das zeigt, dass der Wasserverbrauch hierzulande (Tabelle 2) vor allem aus natürlichen Niederschlägen besteht und kaum aus Bewässerung.

Für österreichisches Rindfleisch liegt der durchschnittliche Wasserfußabdruck nach Mekonnen und Hoekstra (2010a) bei 8.300 Litern pro kg, bestehend aus 7.580 Litern grünem, 127 Litern blauem und 593 Litern grauem Wasser, also etwa der Hälfte des globalen Durchschnitts, der im Fleischatlas (Heinrich-Böll-Stiftung 2024) anschaulich dargestellt ist (siehe Abb. 10). Die abgebildeten Badewannen zeigen, dass der hohe Gesamtwert fast ausschließlich auf Regenwasser zurückzuführen ist.

Mekonnen und Hoekstra (2012, S. 401) betonen, dass industrielle Tierhaltung mehr Oberflächen- und Grundwasser beansprucht und höhere Verschmutzungen als Weide- oder Kombinationshaltung verursacht. Aus Sicht des Gewässerschutzes ist daher die Weidehaltung günstiger, da sie mit weniger blauem und grauem Wasser auskommt. Zudem weisen österreichische Produkte insgesamt einen niedrigeren virtuellen Wasserbedarf auf als der globale Durchschnitt.

Die vielfach zitierte Zahl von 15.415 Litern Wasser pro kg Rindfleisch ist somit kein Maß für realen Wasserverbrauch, sondern ein theoretischer Vergleichswert. In Österreich liegt der tatsächliche Wasserfußabdruck deutlich niedriger und besteht überwiegend aus grünem Wasser, das im natürlichen Kreislauf verbleibt. Entscheidend ist daher nicht die absolute Menge, sondern die Herkunft und Qualität der genutzten Wasserressourcen. Mekonnen und Hoekstra (2012, S. 401) halten fest, dass es wassereffizienter ist, Kalorien, Proteine und Fette aus pflanzlichen statt aus tierischen Produkten zu gewinnen. Dieser Zusammenhang gilt nicht nur für Wasser, sondern ebenso für den Flächenverbrauch, der ein weiterer zentraler Kritikpunkt an der Milch- und Fleischproduktion.

PROBLEME IN BLAU UND GRAU

Wassereinsatz bei der Herstellung landwirtschaftlicher Produkte, globale Durchschnittswerte, nach Kategorien der Nutzung, in Litern pro Kilogramm tierisches bzw. pflanzliches Produkt

- grün: natürlich vorkommendes Regen- und Bodenwasser
- blau: Grund- oder Oberflächenwasser, das entnommen, zur künstlichen Bewässerung und zur Produktion genutzt und nicht mehr in ein Gewässer zurückgeführt wird
- grau: Wassermenge, die bei der Herstellung verschmutzt wird oder zur Säuberung eingesetzt werden müsste



Eine Badewanne entspricht etwa 140 Litern Wasser

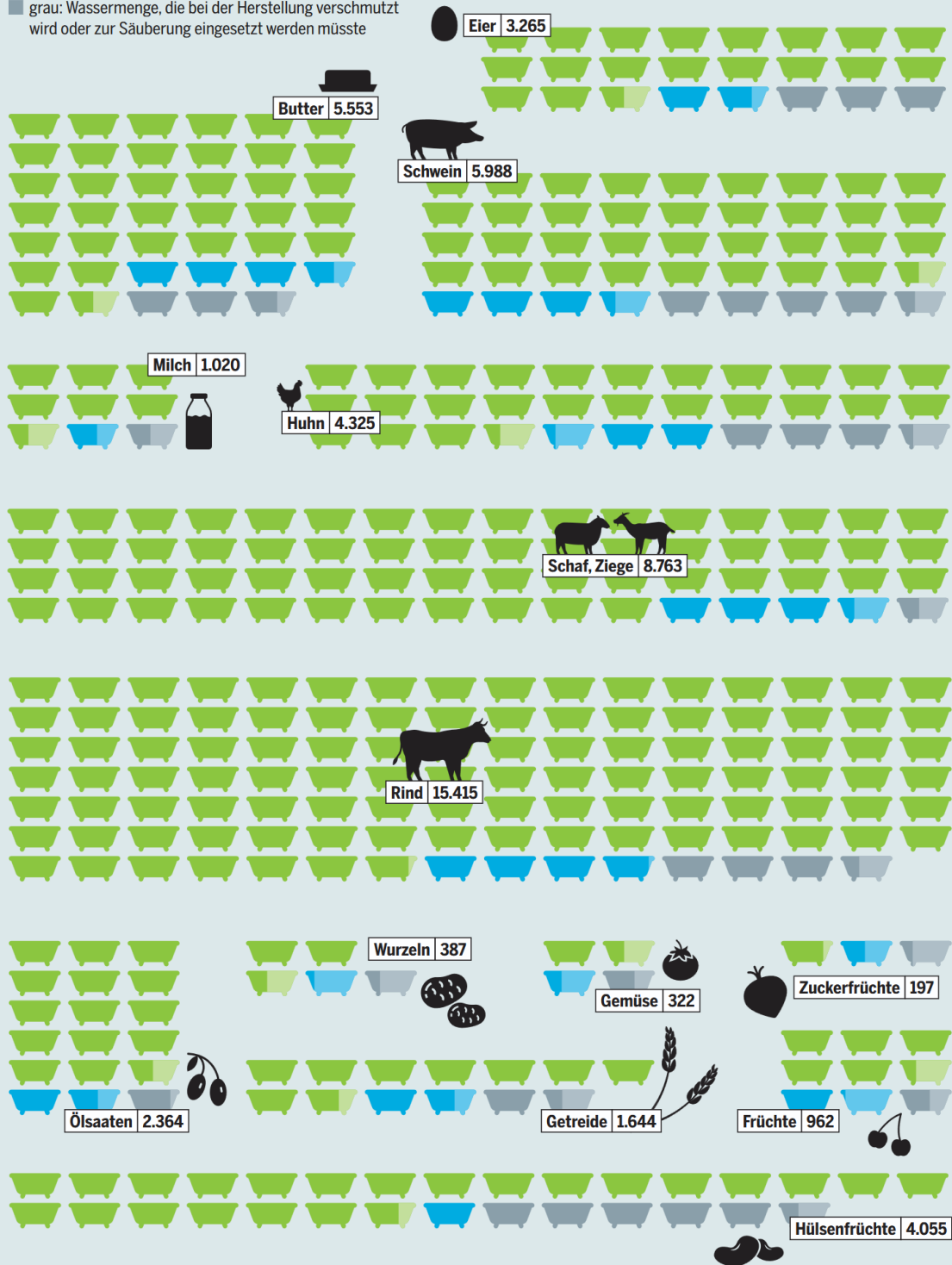


Abb. 10: globaler Durchschnittlicher Wasserverbrauch tierischer Produkte
Quelle: (Heinrich-Böll-Stiftung 2021, S. 27)

Flächenverbrauch

Ein erheblicher Teil der weltweiten landwirtschaftlich genutzten Fläche entfällt auf die Tierhaltung. Rechnet man das Weideland mit der Anbaufläche für Tierfutter zusammen, beansprucht die Nutztierhaltung rund 80 % der globalen Agrarflächen (Ritchie und Roser 2019). Davon werden nur 16 % der Flächen für den direkten Anbau von Nahrungsmitteln und 4 % für Nicht-Nahrungszwecke wie Biotreibstoffe oder Textilien genutzt. Diese Diskrepanz zwischen Flächennutzung und Ertragsleistung ist ein gewichtiger Diskussionspunkt in der Nachhaltigkeitsdebatte, denn Fleisch- und Milchprodukte liefern lediglich 17 % der weltweit konsumierten Kalorien und 38 % der Proteine (Ritchie und Roser 2019).

Auch in Österreich zeigt sich ein derartiger Flächenbedarf. Die Ernährung der Bevölkerung beansprucht insgesamt 3,1 Millionen Hektar Fläche, wobei 40 % des Land-Fußabdrucks im Ausland entstehen (de Schutter und Bruckner 2016, S. 9). Etwa zwei Drittel der Proteine, die in Österreich konsumiert werden, stammen aus tierischen Quellen. Da tierisches Eiweiß meist aus pflanzlichen Futtermitteln gewonnen wird, ist die Umwandlungseffizienz von Pflanzenprotein in tierisches Protein ungünstig. Ein erheblicher Teil des benötigten Futterbedarfs wird daher durch Importe gedeckt (BMLRT 2021, S. 11). Insgesamt werden auf rund 60 % der globalen landwirtschaftlichen Nutzflächen Futtermittel angebaut, wodurch der Nutzungsdruck auf Böden stetig zunimmt (Heinrich-Böll-Stiftung 2021, S. 42). Laut Alexander et al. (2016, S. 88) hängt der globale Flächenbedarf für Ernährung weniger von der Gesamtmenge der konsumierten Nahrungsmittel als von deren Zusammensetzung ab. Insbesondere der Konsum von Rind- und Milchprodukten wirkt sich stark flächenintensiv aus und ist damit klimapolitisch besonders relevant.

Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen)

Nach Wasser- und Flächenverbrauch stellt die Belastung durch Treibhausgase den dritten zentralen Kritikpunkt an der Milchviehhaltung dar. Für Österreich wird der Ernährungssektor insgesamt mit etwa 25 bis 30 % der nationalen THG-Emissionen in Verbindung gebracht (Schlatzer und Lindenthal 2022, S. 33). Damit wird die

Klimawirkung von Milch nicht nur über betriebliche Emissionen bestimmt, sondern auch über Konsummuster und die Zusammensetzung der Ernährung.

Mehrere Arbeiten zeigen, dass tierische Produkte den Großteil der ernährungsbedingten Emissionen in Österreich verursachen. Besonders relevant ist dabei, dass Milch und Milchprodukte trotz einer im Vergleich zu Fleisch geringeren Emissionsintensität aufgrund der großen Konsummengen wesentlich zum Gesamtausstoß beitragen (Frey und Bruckner 2021, S. 24, 38). Die Klimadebatte zur Milchviehhaltung ist daher nicht nur eine Frage einzelner Emissionsquellen im Betrieb, sondern auch eine Frage von Nachfrage, Ernährungsgewohnheiten und politischen Rahmenbedingungen.

Innerhalb der Landwirtschaft zählt die Rinderhaltung zu den wichtigsten Emissionsquellen. In der öffentlichen Diskussion steht dabei vor allem Methan aus der enterischen Fermentation im Mittelpunkt. Für Österreich wird ausgewiesen, dass rund 94 % der Emissionen aus enterischer Fermentation auf Milchkühe (45,8 %) und andere Rinder (48,2 %) entfallen (Gruber und Terler 2023, S. 9). Gleichzeitig greift es zu kurz, die Klimawirkung der Milchviehhaltung nur über Methan zu beurteilen. Entscheidend sind auch Emissionen aus Futtermittelbereitstellung, Landnutzung, Wirtschaftsdüngermanagement und Energieeinsatz (Brade 2014, S. 1).

Ein wesentlicher Einflussfaktor ist die Art der Futterbereitstellung. Vergleiche zur Rindfleischproduktion zeigen, dass intensivere Systeme häufig geringere Emissionen aus der enterogenen Fermentation aufweisen, diese Vorteile jedoch durch höhere Emissionen aus vorgelagerten Bereichen, vor allem aus der Futtermittelproduktion, teilweise kompensiert werden können. Wird zusätzlich Emissionen aus Landnutzungsänderungen einbezogen, etwa Emissionen im Zusammenhang mit Entwaldung für Futtermittelanbau, verstärkt sich dieser Effekt (Kirchner et al. 2021, S. 12f). Gleichzeitig ist der Carbon-Footprint von österreichischem Rindfleisch im internationalen Vergleich niedrig, sowohl gegenüber dem südamerikanischen als auch gegenüber dem europäischen und globalen Durchschnitt (Kirchner et al. 2021, S. 2). Als strukturbedingter Vorteil wird in diesem Zusammenhang eine stärker flächengebundene Tierhaltung

hervorgehoben, also ein engerer Bezug zwischen Tierzahl und verfügbaren Grünlandflächen, der die THG-Bilanz begünstigen kann (Umweltbundesamt 2024b, S. 197).

Für die Einordnung von THG-Emissionen ist zudem die Fütterung von Wiederkäuern relevant. Rinder können mithilfe ihrer Vormagenmikroorganismen zellwandreiche Futtermittel wie Gras oder Stroh verwerten und damit nicht essbare Biomasse in essbares Protein umsetzen (Thrän 2020, S. 72f). Dem steht als systemimmanenter Nachteil die Methanbildung gegenüber, die mit einem hohen Treibhauspotenzial verbunden ist (Thrän 2020, S. 73). Daraus ergibt sich ein grundlegendes Dilemma der Nutztierernährung: Systeme mit hohen Effizienzen und niedrigen Umweltwirkungen basieren häufig stärker auf hochwertigen, potenziell auch für Menschen nutzbaren Futtermitteln und erhöhen damit die Nahrungskonkurrenz. Systeme, die stärker auf nicht essbarer Biomasse beruhen, vermeiden diese Konkurrenz, sind aber meist emissionsintensiver und durch die geringere Futterqualität in ihrem Leistungsniveau begrenzt (Thrän 2020, S. 74). Die Klimabewertung von Milchviehhaltung muss diesen Zielkonflikt berücksichtigen, weil sie direkt mit der Frage verknüpft ist, welche Futterressourcen eingesetzt werden.

Die Debatte um THG-Emissionen ist damit eng an Landnutzung und Biomasseflüsse gekoppelt. Für Österreich wird berichtet, dass durch die Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln 60 % der Ackerflächen und das gesamte Grünland für die Erzeugung von Futtermitteln genutzt werden (APCC 2024b, S. 10). Daraus entsteht unter sich verändernden Klimabedingungen ein Zielkonflikt zwischen Futtermittelproduktion und pflanzlicher Nahrungsmittelproduktion auf Ackerflächen. Ein Umbau der Produktions- und Konsummuster in Richtung stärker pflanzlicher Ernährung wird als effizienter und klimaschonender eingeordnet, setzt jedoch eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten voraus (APCC 2024b, S. 10). In dieselbe Richtung weisen Biomassebilanzen, nach denen rund 74 % der geernteten Agrarbiomasse als Futtermittel genutzt werden, während nur etwa 18 % direkt in die menschliche Ernährung gehen, wobei Weidegras in diesen Zahlen nicht enthalten ist (Raschka und Carus 2012, S. 20). Insgesamt wird sichtbar, dass die Klimabilanz tierischer Produkte nicht nur von Emissionsfaktoren pro

Kilogramm Produkt abhängt, sondern auch vom Flächen- und Ressourcenverbrauch im Ernährungssystem.

Für Österreich ist darüber hinaus die räumliche und strukturelle Einbettung der Milchwirtschaft relevant. Betriebe bewirtschaften Ackerflächen typischerweise auf den produktivsten Standorten, während Grünland stärker auf weniger produktiven Böden liegt (Formayer et al. 2024, S. 64). Gleichzeitig stammt der überwiegende Anteil der Milchproduktion aus dem Berggebiet: Rund 90 % der Milchlieferungen kommen von Bergbauernbetrieben, die insgesamt 89 % der Milch erzeugen (BML 2024a, S. 44). Dieser Umstand beeinflusst die Bewertung der Milchviehhaltung, da hier in erheblichem Ausmaß Grünland genutzt wird, das nicht für den direkten Anbau von Nahrungsmitteln geeignet ist. Die Klimawirkung und die Nutzungskonkurrenz müssen daher anders beurteilt werden als bei ackerbasierten Systemen.

In der Gesamtschau wird die Milchproduktion im Vergleich zu anderen tierischen Lebensmitteln häufig als ökologisch günstiger eingeordnet, insbesondere im Vergleich zu Rindfleisch, ohne dass damit eine pauschale Entlastung verbunden wäre (Brade 2014, S. 1; Dachler 2023, S. 306). Für eine belastbare Bewertung ist daher entscheidend, welche Emissionsquellen dominieren, welche Systemgrenzen gewählt werden und wie Fütterung, Landnutzung und Wirtschaftsdüngermanagement in unterschiedlichen Produktionssystemen ausgestaltet sind. Vor diesem Hintergrund wird in den folgenden Kapiteln die Klimawirkung der Milchviehhaltung entlang der relevanten Treibhausgase und Prozessschritte dargestellt.

4.2 Auswirkungen der Milchviehhaltung auf das Klima

Die Klimawirkung der Milchviehhaltung ist im österreichischen Treibhausgasinventar vor allem über Methan- und Lachgasemissionen sichtbar. Für das Jahr 2023 werden die landwirtschaftlichen Emissionen mit 7.477 kt CO₂-Äquivalent angegeben, was rund 11 % der nationalen Gesamtemissionen (ohne LULUCF¹¹) entspricht

¹¹ Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft, in dem sowohl Emissionen als auch Kohlenstoffsenken aus Böden, Wäldern und Biomasse bilanziert werden.

(Umweltbundesamt 2025a, S. 100, 335). Innerhalb des Sektors dominieren Methan und Lachgas deutlich. Methan trägt etwa 68 % zu den landwirtschaftlichen Emissionen bei, Lachgas rund 30 %, während CO₂ nur einen sehr geringen Anteil von rund 2 % ausmacht (Umweltbundesamt 2025a, S. 100). Je nach Abgrenzung entfallen auf die enterische Fermentation etwa 54-59 % der landwirtschaftlichen Emissionen, auf Böden rund 24-29 % und auf das Wirtschaftsdüngermanagement etwa 14-15 % (APCC 2024b, S. 5; Umweltbundesamt 2024a, S. 57).

Im Fokus der öffentlichen Debatte stehen dabei besonders die verdauungsbedingten Methanemissionen aus Rindermägen. Im Jahr 2023 stammten 84,3 % der landwirtschaftlichen Methanemissionen aus der enterischen Fermentation (Umweltbundesamt 2025a, S. 347). Damit entfällt ein erheblicher Anteil der landwirtschaftlichen Emissionen auf die Rinderhaltung.

In Abb. 11 werden die Entwicklung von Rinderbestand und verdauungsbedingten Methanemissionen seit 1990 abgebildet. Seit 1990 ist der Rinderbestand um 29,0 % zurückgegangen, während die verdauungsbedingten Methanemissionen im selben Zeitraum um 17,4 % abnahmen (Umweltbundesamt 2025b, S. 204). Damit folgt die Emissionsentwicklung grundsätzlich dem Trend sinkender Tierzahlen, wobei der Rückgang der Emissionen deutlich geringer ausfällt als der Rückgang des Bestands.

Der leichte Anstieg der Emissionen zwischen 1992 und 1995 lässt sich vor allem durch den deutlichen Zuwachs an Mutterkühen in diesem Zeitraum erklären (Umweltbundesamt 2025b, S. 204f). Während die Gesamtzahl der Rinder sowie andere Kategorien des Nicht-Milchviehs tendenziell zurückgingen, nahm die Zahl der Mutterkühe deutlich zu und kompensierte damit einen Teil der Emissionsminderungen in den übrigen Rinderkategorien. Gleichzeitig wurden Emissionsreduktionen bei Milchkühen teilweise durch steigende Emissionen pro Tier infolge höherer Milchleistungen und einer erhöhten Energieaufnahme abgeschwächt (Umweltbundesamt 2025b, S. 205). Dieser Strukturwandel steht im Zusammenhang mit agrarpolitischen Veränderungen der frühen 1990er-Jahre, insbesondere der Förderung der Mutterkuhhaltung und der Begrenzung der Milchproduktion.

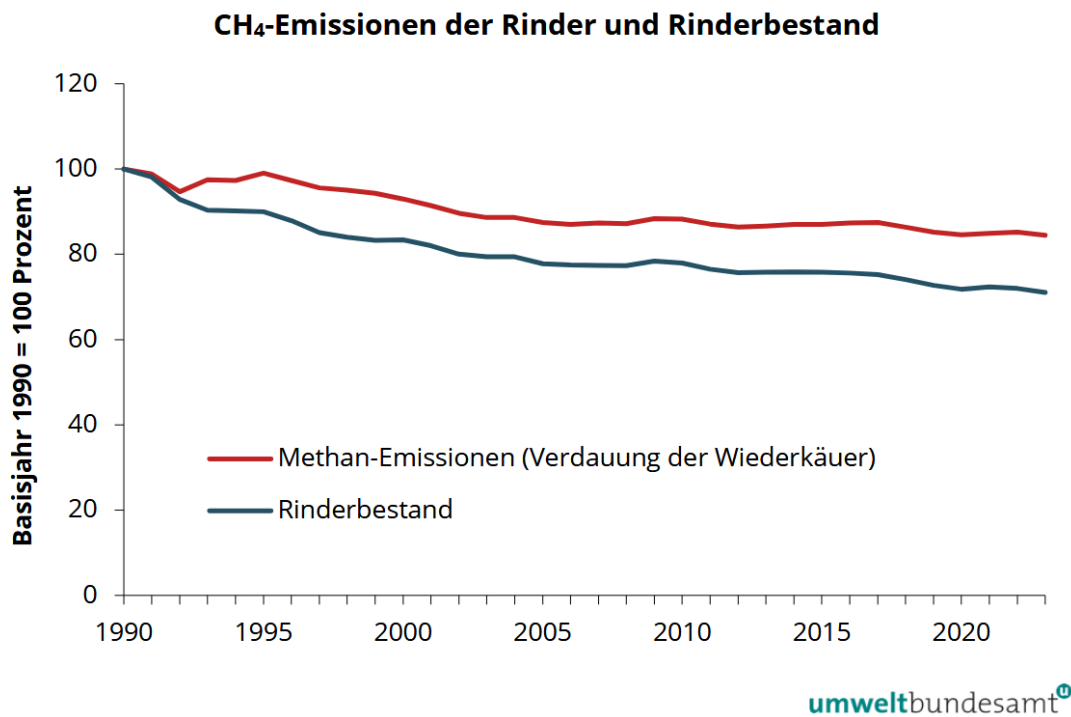


Abb. 11: Rinderbestand und verdauungsbedingte Methan-Emissionen aus Rindermägen, 1990-2023

Quelle: (Umweltbundesamt 2025b, S. 205)

Die Rolle der Milchproduktion wird besonders deutlich, wenn man die Entwicklung der Milchkühe getrennt betrachtet. Im Jahr 2023 entfielen 49,3 % der verdauungsbedingten Methanemissionen der Rinder auf Milchkühe. Gleichzeitig ging die Anzahl der Milchkühe seit 1990 stark zurück, von rund 904.600 Tieren auf rund 543.000 Tiere im Jahr 2023 (Umweltbundesamt 2025b, S. 205). Parallel dazu stieg die Milchleistung je Kuh deutlich an, von 3.791 kg im Jahr 1990 über 5.783 kg im Jahr 2005 auf 7.287 kg im Jahr 2023. (Umweltbundesamt 2025b, S. 207). Dadurch werden für die gleiche Milchmenge tendenziell weniger Kühe benötigt, was grundsätzlich emissionsmindernd wirkt.

Dem steht gegenüber, dass höhere Leistungen meist energiereichere Rationen erfordern und dadurch die Methanemissionen pro Tier ansteigen können (Umweltbundesamt 2025b, S. 205). Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass Emissionen aus der Aufzucht von Ersatz- und Jungtieren in der Inventur nicht den Milchkühen, sondern anderen Rinderkategorien zugerechnet werden. In intensiven Systemen ist die Remontierungsrate oft höher. Dadurch können die Emissionswerte pro kg Milch besser aussehen, als sie tatsächlich sind, weil zusätzliche Emissionen und Aufwände für

Nachzucht und Ersatztiere teilweise ausgelagert oder anders verbucht werden (Umweltbundesamt 2025b, S. 207).

Eine Komponentenzerlegung im Kontext des nationalen Klimaschutzberichts 2019 zeigte, dass die Milchproduktion ein zentraler Treiber der THG-Entwicklung in der Viehwirtschaft ist und dass Faktoren wie Rassewahl und Leistungsniveau dabei eine wesentliche Rolle spielen (Umweltbundesamt 2019, S. 21). Österreich weist im EU-Vergleich eine eher moderate durchschnittliche Milchleistung je Milchkuh auf, was unter anderem mit der verbreiteten Nutzung von Fleckvieh als Zweinutzungsrasse zusammenhängt. Durch weiteren Zuchtfortschritt und eine stärkere Verbreitung milchbetonter Rassen wie Holstein-Friesian ist ein weiterer Leistungsanstieg wahrscheinlich. Gleichzeitig stehen Forderungen nach hoher Lebensleistung, längerer Nutzungsdauer, stärkerer Grundfutterbasis und tiergerechter Haltung in einem Spannungsfeld zu einer rein leistungsorientierten Produktionsstrategie (Umweltbundesamt 2019, S. 21, 2025b, S. 207).

Neben der Produktionsperspektive ist für die Klimawirkung auch die Konsumperspektive relevant. Obwohl die Emissionsintensität pro kg Milch vergleichsweise niedrig ausgewiesen wird, trägt der sehr hohe Konsum dazu bei, dass Milch und Milchprodukte im österreichischen Ernährungsfußabdruck eine große Rolle spielen. Für Milch wird eine durchschnittliche Emissionsintensität von 1,1 kg CO₂e pro kg angegeben. Gleichzeitig summiert sich der gesamte Fußabdruck von Milch und Milchprodukten auf etwa 2,6 Mt CO₂e und zählt damit zu den größten Emissionsbeiträgen innerhalb des ernährungsbedingten Konsums (Frey und Bruckner 2021, S. 22ff). Mehr als die Hälfte dieses Fußabdrucks wird auf enterische Emissionen zurückgeführt, sowohl bei einer Betrachtung der Emissionen innerhalb Österreichs (53 %) als auch in einer globalen Perspektive (64 %) (Frey und Bruckner 2021, S. 22f). Damit wird deutlich, dass Milchprodukte weniger durch sehr hohe Emissionen je Einheit, sondern vor allem durch ihre große konsumierte Menge klimarelevant werden.

Für eine vollständige Einordnung ist außerdem die Systemgrenze entscheidend. Wird der Energieeinsatz entlang der Tierhaltung mitberücksichtigt, steigt der geschätzte

Anteil der Tierhaltung an den österreichischen Treibhausgasemissionen von 10,2 % auf rund 14 % (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 6). Werden zusätzlich Emissionen aus importierten Futtermitteln berücksichtigt, steigt auch die Klimawirkung der Landwirtschaft insgesamt und der Anteil steigt auf 18 % (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 6). Für die Bewertung der Milchviehhaltung bedeutet das, dass nicht nur die Emissionen am Betrieb, sondern auch vorgelagerte Prozesse wie Futterbereitstellung und mögliche Emissionsverlagerungen relevant sind.

Ein weiterer zentraler Klimafaktor ist die Landnutzung, insbesondere die Rolle des Dauergrünlands als Kohlenstoffspeicher. Für Österreich liegen Inventarwerte des organischen Bodenkohlenstoffs bei 59,5 t C/ha auf Ackerflächen, 81 t C/ha auf intensivem Grünland und 119 t C/ha auf extensivem Grünland (Almen) (Fritz et al. 2020, S. 85; Spanischberger und Mitterböck 2015, S. 13). Daraus folgt, dass Dauergrünland für den Kohlenstoffhaushalt deutlich günstiger ist als Ackerland. Ein Umbruch von Grünland setzt einen Teil dieses gespeicherten Kohlenstoffs frei und wirkt damit als Treibhausgasquelle (Fritz et al. 2020, S. 85; Spanischberger und Mitterböck 2015, S. 13). Klimawirkungen der Milchviehhaltung ergeben sich damit nicht nur aus enterischen Emissionen, sondern auch aus Entscheidungen zur Flächennutzung und zum Erhalt der Grünlandnutzung.

In Summe zeigt sich, dass die Klimawirkung der Milchviehhaltung in Österreich durch das Zusammenwirken mehrerer Emissionspfade geprägt ist: enterische Methanemissionen als größte Einzelquelle, Lachgas aus Böden und Wirtschaftsdünger sowie indirekte Effekte über Futterbereitstellung, Energieeinsatz und Landnutzungsentscheidungen. Gleichzeitig ist die Milchviehhaltung selbst von Klimaveränderungen betroffen und muss auf veränderte Bedingungen reagieren, um die Versorgung mit Nahrungsmitteln langfristig zu sichern (Dallhammer et al. 2021, S. 86).

4.3 Einfluss der Klimakrise auf die Milchviehhaltung

Die Milchviehhaltung ist in Österreich doppelt von der Klimakrise betroffen. Einerseits verändern sich die Produktionsfaktoren im Grünland- und Futterbau, andererseits steigt die direkte Belastung der Tiere durch Hitzeperioden. Damit nehmen sowohl

betriebliche Risiken als auch der Anpassungsdruck zu, insbesondere in Regionen mit bereits heute begrenzter Wasserversorgung und erhöhter Trockenheitsgefährdung (BMK 2024b, S. 23; Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 8).

Hitzestress - Folgen für Tierwohl und Produktivität

Mit der Zunahme von Hitzetagen ist in der Tierhaltung ein steigender Stress für Nutztiere allgemein und insbesondere auch für Rinder zu erwarten. Dieser Hitzestress wirkt sich auf Verhalten, Futteraufnahme, Physiologie und Anfälligkeit für Krankheiten, wie z.B. Euterentzündungen aus (APCC 2014, S. 519; HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 47). Milchvieh ist aufgrund der hohen Stoffwechselwärme besonders hitzesensibel. Bei steigenden Temperaturen nimmt die Futteraufnahme ab, während Wasserbedarf und physiologische Stressreaktionen wie eine erhöhte Atemfrequenz zunehmen. Mit zunehmender Belastung sinken Milch- und Reproduktionsleistung deutlich, das Tierwohl ist beeinträchtigt und es entstehen relevante wirtschaftliche Verluste. Besonders betroffen sind Hochleistungskühe, da ihre höhere Stoffwechselaktivität zusätzliche Wärme produziert und die Hitzebelastung verstärkt (APCC 2014, S. 519; Rojas-Downing et al. 2017, S. 149).

Die Bewertung und das Management von Hitzestress unterscheiden sich je nach Haltungssystem. In der Freilandhaltung müssen neben Temperatur und Luftfeuchte auch Wind und solare Strahlung berücksichtigt werden, während in Stallhaltungen zusätzlich Tierbestand, Gebäudehülle und Lüftungssysteme die Belastung beeinflussen (Baumgarten et al. 2024, S. 236). Für geschlossene Stallungen mit mechanischer Lüftung wurde für Österreich eine geringere Resilienz gegenüber Hitze als in der Freilandhaltung beschrieben. Damit gewinnen bauliche und technische Anpassungen an Bedeutung (Baumgarten et al. 2024, S. 236).

Futterqualität und Futterverfügbarkeit

Neben der direkten Belastung für Tiere verändern klimatische Extremereignisse die Futterbasis. Dürreperioden wirken sich auf Ertrag und Ertragssicherheit aus, und in der Praxis werden zuletzt häufiger Dürreschäden, Schädlingsprobleme und eine ungünstigere Niederschlagsverteilung beobachtet (BMK 2024b, S. 23; BMLRT 2021, S. 21). Für

die Landwirtschaft wird erwartet, dass Ertragsgewinne durch längere Vegetationsperioden durch Dürreschäden weitgehend kompensiert werden, wobei zusätzliche Risiken wie Spätfröste hinzukommen (Steininger et al. 2020, S. 16). Im Grünland können Bestände nach Trockenstress zwar teils rasch regenerieren und in Folgeaufwüchsen Mehrerträge zeigen, bei länger andauernder intensiver Dürre sind jedoch irreversible Schäden möglich. Dann ist eine Nach- oder Neuansaat notwendig, bevorzugt mit trocken-toleranten Arten oder Mischungen (Baumgarten et al. 2024, S. 230). Das steigende Risiko von Ertragsausfällen macht eine engere Abstimmung von Ertragsniveau, Tierbestand und betrieblichen Futterreserven erforderlich (Baumgarten et al. 2024, S. 230)

Die Auswirkungen sind regional unterschiedlich. Besonders niederschlagsarme Lagen gelten als hoch vulnerabel, während in höheren Lagen punktuell Potenziale zur Produktionssteigerung entstehen können (BMK 2024b, S. 23). Für Almfutterflächen wird die Wirkung als ambivalent beschrieben. Höhere Temperaturen und längere Vegetationsperioden können in höheren Lagen Erträge erhöhen und damit Defizite trockengefährdeter inneralpiner Regionen teilweise ausgleichen. Gleichzeitig können veränderte Niederschlagsmuster und höhere Evapotranspiration die Wasserverfügbarkeit auch in bislang gut versorgten Lagen verschlechtern (Baumgarten et al. 2024, S. 232). Der Dürresommer 2019 zeigte bereits konkret, dass Wassermangel auf Almen und Futtermangel infolge fehlender Niederschläge auftreten können (Lindenthal und Schlatter 2020, S. 8).

Risiken durch Parasiten

Mit milderem Winter und veränderten Temperaturverläufen können sich die Entwicklungszyklen von Parasiten verschieben. Für die Weidehaltung werden steigende Risiken durch bestimmte Magen-Darm-Würmer sowie eine mögliche Ausbreitung in höhere Lagen beschrieben; auch beim Leberegel verändern sich Entwicklungsbedingungen. Insgesamt erfordern diese Trends eine Anpassung von Weidemanagement und Entwurmungsstrategien (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 69f). In der Gesamtbetrachtung wird für die Tierhaltung neben Hitzestress und Futterveränderungen auch ein zunehmender Infektionsdruck als relevanter Belastungsfaktor

hervorgehoben, der Tiergesundheit beeinträchtigen und zu höheren Kosten sowie Leistungseinbußen führen kann (BMK 2024b, 67).

Anpassungsnotwendigkeit auf Betriebsebene

Die beschriebenen Veränderungen erhöhen den Anpassungsdruck auf Milchviehbetriebe. Als zentrale Handlungsfelder werden die Sicherstellung der Wasserversorgung, tierwohlorientierte und klimaschonende Stalltechnik sowie ein Management genannt, das auf stärkere Schwankungen in Futterertrag und Futterqualität reagieren kann (BMK 2024b, S. 24, 66f). Dazu gehört auch die Wahl geeigneter Nutzungsformen im Grünland. In Dürrephasen kann der Nutzungstyp die Vulnerabilität deutlich beeinflussen, wobei intensive Weidenutzung die negativen Folgen von Trockenperioden mehr verstärken kann als Schnittnutzung. In Grünlandgrenzlagen mit höherer Trockengefährdung ist Weidehaltung daher nur eingeschränkt geeignet und eher als Koppelweide umzusetzen (Baumgarten et al. 2024, S. 230). Gleichzeitig kann eine längere Vegetationsperiode in niederschlagsreichen Regionen eine Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung ermöglichen, die jedoch Zielkonflikte mit der Erhaltung der Biodiversität erzeugen kann (APCC 2024b, S. 7).

Die beschriebenen Klimawirkungen machen deutlich, dass die zentrale Stellschraube in der Milchviehhaltung weniger in einzelnen Maßnahmen liegt, sondern in Systementscheidungen am Betrieb. Wie stark Hitzestress, Dürre, Parasiten und Futterrisiken tatsächlich durchschlagen, hängt davon ab, wie Haltung, Fütterung, Grünlandnutzung und Herdenmanagement an den Standort angepasst sind. Kapitel 0 knüpft daran an und zeigt, wie unterschiedliche Haltungsformen sowie Fütterungs- und Weidemanagement die Klimabilanz und die Ressourcennutzung beeinflussen und welche Zielkonflikte mit Tiergesundheit, Wirtschaftlichkeit und Biodiversität dabei auftreten.

5 Auswirkungen verschiedener Haltungs- und Fütterungsmethoden

Die Klimawirkung und Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung wird nicht allein durch die Höhe der Milchleistung bestimmt, sondern durch das Zusammenspiel von Haltungsfarm, Fütterungsintensität, Zukauf von Betriebsmitteln sowie Tiergesundheit und Nutzungsdauer. Produktbezogene Kennzahlen können irreführen, wenn zusätzliche Inputs, vorgelagerte Emissionen aus der Futtermittelbereitstellung und Zielkonflikte mit Tierwohl oder Standortanpassung nicht mitbewertet werden. Studien aus Österreich und dem mitteleuropäischen Raum zeigen, dass vergleichbare Milchmengen mit deutlich unterschiedlichen Umweltwirkungen erzeugt werden können und dass zentrale Hebel in der Gestaltung von Haltung und Fütterung liegen (Gruber et al. 2021; Fritz et al. 2020; Lorenz et al. 2019; Zollitsch et al. 2010).

Kapitel 5.1 beschreibt Unterschiede zwischen Haltungsfarmen, mit Schwerpunkt auf grünlandbasierten Systemen wie Weidehaltung und Almwirtschaft, und ordnet die Bedeutung von Standortbedingungen sowie Systemgrenzen für die Klimabilanz ein. Kapitel 5.2 vertieft die Rolle von Futtermitteln und Fütterungspraktiken als Treiber von Emissionen, Ressourcenbedarf und verlagerten Umweltwirkungen entlang der Futtermittelketten. Dabei wird auch auf die Flächenkonkurrenz von Futter- und Lebensmittelproduktion eingegangen und die Risiken von Landnutzungsänderungen durch Importfuttermitteln beleuchtet. Kapitel 5.3 knüpft daran an und zeigt, wie die Bewirtschaftung von Grünland die Lebensräume und damit die Biodiversität beeinflusst, von der Artenzusammensetzung der Vegetation bis zur Strukturvielfalt der Landschaft.

5.1 Unterschiedliche Haltungsfarmen

Die Milchviehhaltung in Österreich ist in hohem Maß an Grünlandstandorte gebunden. Der Anteil von Dauergrünland an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche liegt bei rund 46 %. Diese Flächen können nur durch Wiederkäuer genutzt werden, wie zum Beispiel zur Erzeugung von Milch und Rindfleisch. Grünlandbasierte Milch- und Rindfleischsysteme weisen zwar einen höheren Flächenbedarf auf als intensive Systeme, benötigen jedoch vergleichsweise weniger Ackerfläche je Produkteinheit und

reduzieren damit die unmittelbare Flächenkonkurrenz zu ackerbasierten Nahrungsmitteln. Gleichzeitig wird Grünland als Kohlenstoffspeicher erhalten und die Offenhaltung der Kulturlandschaft unterstützt (Umweltbundesamt 2024b, S. 197).

In der Meta-Analyse von Lorenz et al. (2019) werden internationale Lebenszyklusdaten genutzt, um Systemunterschiede und die Streuung innerhalb der Haltungssysteme zu vergleichen. Ohne Kontrolle weiterer Einflussgrößen zeigten weidebasierte, gemischte und stallbasierte Systeme im Mittel keine signifikant unterschiedlichen CO₂-Fußabdrücke. Die in Abb. 12 ersichtlichen großen Spannweite innerhalb der Systeme verdeutlicht jedoch, dass betriebliche Maßnahmen wirksam sein können (Lorenz et al. 2019, S. 165). Nach Kontrolle zentraler Einflussfaktoren weisen weidebasierte Systeme geringere Emissionen als gemischte und stallbasierte Systeme auf. Quantitativ wird berichtet, dass ein Anstieg der Milchleistung um 10 % den CO₂-Fußabdruck im Mittel um 0,0617 kg CO₂e je kg FPCM¹² senkt. In Weide- und Mischsystemen reduzierte ein Anstieg des Weideanteils um 10 % den Fußabdruck um 0,047 kg CO₂e je kg FPCM (Lorenz et al. 2019, S. 165f).

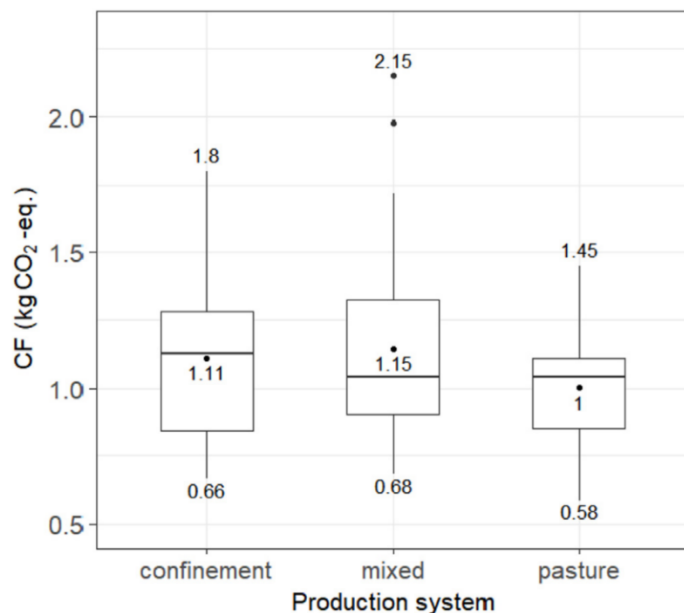


Abb. 12: Einfluss des Produktionssystems auf den CO₂-Fußabdruck (CF)¹³
Quelle: (Lorenz et al. 2019, S. 166)

¹² FPCM (Fat- and Protein-Corrected Milk) bezeichnet Milch mit einem standardisierten Fett- und Proteingehalt, um Milch unterschiedlicher Qualitäten vergleichbar zu machen.

¹³ confinement = Stallhaltung, mixed = Mischsystem, pasture = Weidehaltung

Zollitsch et al. (2010) weisen darauf hin, dass die verbreitete Annahme, intensiver betriebene Systeme hätten per se niedrigere THG-Emissionen pro kg Milch, nicht zutrifft. Maßgeblich sind vielmehr die Standortbedingungen sowie die gewählten Systemgrenzen, insbesondere ob Emissionen aus der Futtermittelbereitstellung und Landnutzungsänderungen mitberücksichtigt werden (Zollitsch et al. 2010, S. 21). In den untersuchten Systemen schneiden weidebasierte Systeme trotz geringerer Einzeltierleistungen günstiger ab, weil weniger Kraftfutter eingesetzt wird und Emissionen aus Ausscheidungen geringer ausfallen können als in Stallhaltung (Zollitsch et al. 2010, S. 21).

Unterschiede in der Umweltwirkung ergeben sich nicht nur zwischen Stall- und Weidesystemen, sondern auch innerhalb der Systeme durch die Wahl des Genotyps und dessen Passung zur Haltungsform. Gruber et al. (2021) machen deutlich, dass sich die Umweltwirkungen verändern, wenn nicht nur Milch- und Fleischleistung, sondern auch Gesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer als Systemparameter berücksichtigt werden. Es wird außerdem bestätigt, dass zwischen Leistungsniveau und Fitnessmerkmalen Zielkonflikte auftreten können und dass die Ergebnisse stark von der Fütterungsintensität abhängen. Daraus folgt, dass Rassen- und Intensitätsentscheidungen nicht isoliert über die Milchleistung, sondern bezogen auf das Gesamtsystem „Rind“ getroffen werden sollten (Gruber et al. 2021, S. 168).

Ergänzend liefern Gruber und Terler (2023) Ergebnisse eines Langzeitprojekts der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, in dem vier Genotypen unter vier Futterniveaus inklusive einer Weidevariante (Vollweide bzw. sehr geringer Kraftfutteranteil) bis zum Abgang der Tiere verglichen wurden. Dabei wurden sowohl die Nutzungsdauer als auch die Gesamteffizienz abgebildet (Gruber und Terler 2023, S. 5). Die Ergebnisse zeigen ausgeprägte Wechselwirkungen zwischen Genotyp und Futterniveau. Hochleistungsgenotypen steigern Milchleistung und Futteraufnahme bei höherem Kraftfutterangebot stärker, benötigen dafür aber ein anspruchsvolleres Management und hohe Grundfutterqualität. Genotypen mit geringerem Leistungspotenzial reagieren dagegen bei zu hohem Energieangebot eher mit Stoffwechselproblemen, wodurch Ausfälle die Folge sein können. Im Schnitt war bei allen untersuchten Genotypen ein mittlerer Kraftfutteranteil am besten. Sehr niedrige und sehr hohe Kraftfutteranteile waren

dagegen häufiger mit schlechteren Gesundheits- und Fruchtbarkeitswerten und in der Folge mit einer kürzeren Nutzungsdauer verbunden. Weidehaltung wirkt sich allerdings tendenziell positiv auf die Nutzungsdauer aus (Gruber und Terler 2023, S. 6).

Auch Antony et al. (2021) zeigen in einer Studie des deutschen Umweltbundesamts, dass Betriebsmodelle mit Weidegang gegenüber Modellen ohne Weidegang in mehreren Wirkungskategorien günstiger abschneiden. Die Umweltkosten liegen je nach Modell um 2 % bis 24 % niedriger, das entspricht etwa 0,6 bis 6,6 Cent je kg Rohmilch (Antony et al. 2021, S. 26). Besonders deutlich fallen die Vorteile bei kumuliertem Energieaufwand, Wasserverbrauch, Eutrophierung, Versauerung sowie toxikologischen Wirkungskategorien aus (Antony et al. 2021, S. 22). Für österreichische Bedingungen zeigt Steinwider (2008), dass bei konsequenter Vollweidestrategie Weidefutteranteile von 45 % bis 65 % der Trockenmasseaufnahme in der Jahresration erreicht werden können. Bei guter Weideführung konnte auch die Qualität der Weideflächen zumindest gleichwertig zu Schnittflächen ausfallen, ohne dass in den untersuchten Betrieben nachteilige Veränderungen der Grasnarbe festgestellt wurden (Steinwider 2008, S. 77f). Der gezielte Rückgang des Kraftfutteraufwands geht meist mit niedrigeren Einzeltierleistungen sowie teils sinkenden Milchfett- und Milcheiweißgehalten in der Weideperiode einher. Möchte die produzierte Milchmenge vom Betrieb gehalten werden, sind Aufstockungen bei Stallplätzen und Grundfutterangebot erforderlich (Steinwider 2008, S. 77).

Innerhalb der Weidehaltung stellt die Almwirtschaft laut dem Bundesministerium für Klimaschutz eine Sonderform mit hoher landschaftlicher und ökologischer Bedeutung dar. Alpen nehmen in Österreich rund 20 % der Staatsfläche ein, auf den in den Sommermonaten etwa 51.000 Milchkühe und 265.000 Rinder gealpt werden. Neben der Futterbereitstellung werden positive Effekte auf Tiergesundheit, Naturgefahrenprävention und Tourismus betont (BMK 2024b, S. 62). Gleichzeitig ist der mengenmäßige Beitrag zur Milch- und Fleischproduktion gering, während die Bedeutung für Biodiversität und Kulturlandschaft hoch ist (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 16). Nutzungsrückgänge und Nutzungsaufgabe fördern jedoch Verbuschung und Verwaldung. Für die 1990er-Jahre bis 2000 wird ein Rückgang der Almfläche um 501 km² mit

gleichzeitiger Zunahme der Waldfläche berichtet. Auch in jüngerer Zeit gingen bewirtschaftete Almen, auf die Almen getriebene Tiere und Almflächen zurück (Dallhammer et al. 2021, S. 59).

5.2 Auswirkungen von Futtermitteln und Fütterungspraktiken

Die Fütterung ist einer der wichtigsten Einflussfaktoren für Emissionen und Ressourceneinsatz in der Milchproduktion, weil sie sowohl die enterische Methanbildung als auch vorgelagerte Emissionen aus Anbau, Verarbeitung und Transport von Futtermitteln prägt (Fritz et al. 2020, S. 86; Antony et al. 2021, S. 28). Für Wiederkäuer ergibt sich daraus als Grundprinzip eine wiederkäuergerechte Rationsgestaltung, bei der rohfaserbasiertes Grundfutter im Vordergrund steht. In der Vegetationsperiode bedeutet dies vor allem Gras, Leguminosen und Kräuter als Grund- bzw. Raufutter, wodurch Grünlandflächen genutzt werden können, die für den Ackerbau und damit für eine direkte Nahrungsmittelproduktion nur eingeschränkt geeignet sind (Dachler 2023, S. 297). In der Winterfütterung dominiert konserviertes Grundfutter wie Heu, Stroh sowie Gras- oder Maissilage; in intensiveren Systemen wird die Ration typischerweise durch Kraftfutter und ergänzende Mineralstoff- und Vitamingaben erweitert (Dachler 2023, S. 297). Somit entsteht folgender Konflikt: Futtermittel- und Nahrungsmittelproduktion beanspruchen dieselben Ackerflächen. Für Österreich zeigt die Versorgungsbilanz 2022/2023, dass rund 50 % des verwendeten Getreides verfüttert wurden, was 57 % der nationalen Erzeugung entspricht. Zur direkten Ernährung wurden hingegen etwa 19 % genutzt, während 27 % in die industrielle Verwertung gingen (Umweltbundesamt 2024b, S. 196). Auch global ist die Verfütterung von Getreide und Ölfrüchten ein Treiber von Flächeninanspruchnahme, da ein erheblicher Teil der Weltgetreideproduktion und etwa 71 % der Ackerflächen für Futterzwecke genutzt werden (Umweltbundesamt 2024b, S. 196; Raschka und Carus 2012, S. 20).

Für die Bewertung von Fütterungsstrategien ist besonders wichtig zu bedenken, dass Kraftfutter nicht nur die Milchleistung beeinflusst, sondern über Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer indirekt auch den Remontierungsbedarf und damit die Umweltwirkung des Gesamtsystems prägt. Gruber und Terler (2023) betonen, dass

der Kraftfuttereinsatz pansenphysiologische Grenzen hat, Nahrungsmittelkonkurrenz zur menschlichen Ernährung erzeugt und über betriebliche Nährstoffbilanzen relevante Umweltwirkungen mitbestimmt. Daraus folgt, dass nicht eine maximale Intensivierung entscheidend ist, sondern eine an Genotyp und Haltungsform angepasste Rationsgestaltung, bei der Leistungsziele, Tiergesundheit und Systemeffizienz gemeinsam optimiert werden (Gruber und Terler 2023, S. 6).

Der Trend zu höheren Kraftfutteranteilen ist zudem nicht ausschließlich betrieblich begründet, sondern auch agrarpolitisch und ökonomisch gerahmt. Schon im Jahr 1995 erschien in der Wochenzeitung *Die Furche* ein Artikel mit der Schlagzeile „Wenn die Kuh zur Sau gemacht wird“ (Haiger 1995). Darin wird pointiert kritisiert, dass Preis- und Förderanreize die Fütterung weg von Gras, Heu und Silage hin zu zugekauftem Getreide verschieben können. Der Wiederkäuer würde damit stärker wie ein monogastrisches Tier in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung gesetzt, ähnlich wie Schweine, die typischerweise mit potenziell menschenverwertbaren Futtermitteln gefüttert werden (Haiger 1995; Terler 2022, S. 19). In dieser Argumentation entstehen Zielkonflikte durch steigende Nahrungskonkurrenz sowie den Verlust an Kulturlandschaftspflege in Grünland- und Tourismusregionen (Haiger 1995).

Im Großen und Ganzen sind die Effekte einer vermehrten Fütterung von Kraftfutter ambivalent. Aus methanbezogener Perspektive kann ein höherer Kraftfutteranteil die CH₄-Emissionen je kg ECM (Energy-Corrected Milk) reduzieren (Terler 2022, S. 20f). Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, dass die täglichen CH₄-Emissionen sowie die CH₄-Emissionen für jedes kg Grund- bzw. Gesamtfutteraufnahme bei geringen bis mittleren Kraftfuttermengen ansteigen (Terler 2022, S. 21). Ein positiver Klimaeffekt ist daher nur plausibel, wenn höhere Leistungen tatsächlich mit einer Reduktion der Tierbestände einhergehen (Terler 2022, S. 20). Emissionen in der Herstellung des Kraftfutters, insbesondere aus Produktion, Verarbeitung und Transport, sind in der Bewertung mitzuberechnen (Terler 2022, S. 20f). Zusätzlich verstärkt Kraftfutter die Nahrungsmittelkonkurrenz, weil seine Komponenten grundsätzlich auch direkt für die menschliche Ernährung oder für monogastrische Nutztiere nutzbar wären. Dazu kommt, dass diese bei der Verwertung weniger Methan emittieren als Wiederkäuer (Terler 2022, S. 19). Vor

diesem Hintergrund erscheint eine Steigerung des Kraftfutteranteils als isolierte Maßnahme für den Klimaschutz nur eingeschränkt geeignet (Terler 2022, S. 20).

Die Klimawirkung von Fütterungsstrategien hängt nicht nur von Emissionen am Betrieb ab, sondern auch von verlagerten Emissionen entlang der Futtermittelketten. Besonders relevant sind Importfuttermittel, wenn ihre Produktion mit Landnutzungsänderungen und Entwaldungsdruck verbunden ist. Zollitsch et al. (2010) zeigen, dass Unterschiede zwischen Produktionssystemen insbesondere dann größer werden, wenn Landnutzungsänderungen bei importierten Eiweißfuttermitteln wie Sojaextraktionschrot bilanziert werden (Zollitsch et al. 2010, S. 21). Für Österreich wird in diesem Zusammenhang eine Abhängigkeit von Sojafuttermittelimporten von rund 500.000 Tonnen pro Jahr beschrieben, wodurch indirekte Emissionen und Entwaldungsrisiken in den Herkunftsregionen in die Bilanz hineinspielen können (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 8). Für das Jahr 2013 berichten Frey und Bruckner (2021), dass ein großer Teil der österreichischen Landnutzungsänderungs-Emissionen in Brasilien (22 %) und Indonesien (21 %) anfiel. Ein wesentlicher Anteil dieser Emissionen ist mit tierischen Produkten verbunden, darunter auch Milch und Milchprodukte (8 %) (Frey und Bruckner 2021, S. 32). Für die Bewertung der Milchviehhaltung bleibt damit essenziell, dass zugekaufte Eiweiß- und Kraftfuttermittel Emissionen aus Verarbeitung, Transport und gegebenenfalls Landnutzungsänderungen verursachen und die Umweltwirkung einer Futterration wesentlich mitbestimmen (Fritz et al. 2020, S. 87).

Die quantitativen Effekte verschiedener Produktions- und Fütterungsstrategien werden in mehreren Studien sichtbar. Für Fleckvieh-Systeme zeigen Egger-Danner et al. (2017), dass effiziente Milcherzeugung vor allem mit guter Futterverwertung zusammenhängt. Diese hängt wiederum mit der Laktations- bzw. Lebensleistung der Kühe, der Zusammensetzung des Futters (Anteile an von Maissilage und Kraftfutter) und in untergeordneter Rolle auch mit der Lebendmasse der Kühe zusammenhängt (Egger-Danner et al. 2017, S. 247). Hohe Laktations- und Lebensleistungen verbessern die Produktbilanz, weil Erhaltungsbedarf und Aufzucht auf eine größere Milchmenge verteilt werden und damit Emissionen pro kg Rohmilch sinken (Egger-Danner et al. 2017, S. 259). Steigende Anteile von Maissilage und Kraftfutter sind dagegen mit höherem

Treibhausgaspotenzial assoziiert während Effekte der Lebendmasse weniger stark ausfallen (Egger-Danner et al. 2017, S. 260). Abb. 13 verdeutlicht darüber hinaus, dass selbst innerhalb identischer Produktionssysteme Effizienzunterschiede relevant sind. Über die neun Fleckvieh-Systeme liegen die effizientesten „Top 20 %“ im Treibhauspotenzial je kg Rohmilch überwiegend unter den jeweiligen Herdenmittelwerten. Damit wird sichtbar, dass neben Systemwahl und Rationsgestaltung auch betriebsinterne Leistungs- und Effizienzunterschiede das THG-Ergebnis beeinflussen (Egger-Danner et al. 2017, S. 258). Das Heumilch-System weist laut Egger-Danner et al. (2017, S. 259) wegen geringeren Milchleistungen, einer rohfaserreichen energieärmeren Ration mit höheren enterischen CH_4 -Emissionen sowie dem zusätzlichen Aufwand der Heugewinnung gegenüber Grassilage die höchsten Werte auf. Umgekehrt schneidet das analysierte Bio-System in der Ungunstlage am günstigsten ab, was mit sehr hohen Lebensmilchleistungen und vergleichsweise geringen Emissionen der Futterbereitstellung erklärt wird (Egger-Danner et al. 2017, S. 259). Ergänzend berichten Leip et al. (2010, S. 29) in einem EU-Vergleich vergleichsweise geringe THG-Emissionen der österreichischen Milcherzeugung, was mit hoher Futter-Eigenproduktion und hohen Grünlandanteilen in den Rationen erklärt wird.

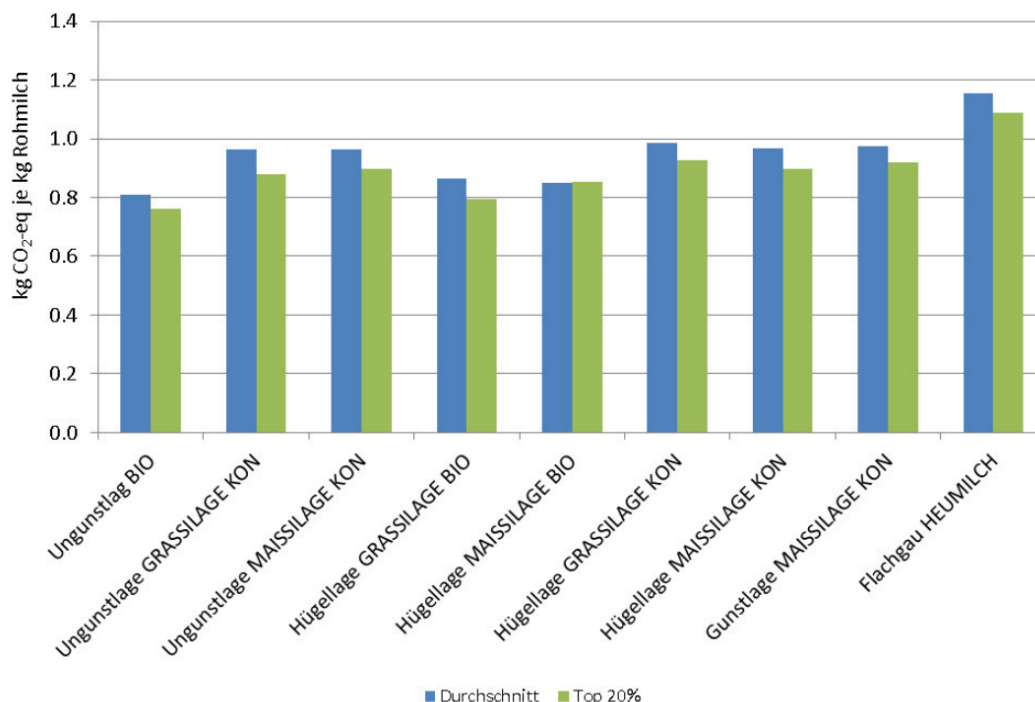


Abb. 13: Treibhauspotenzial (CO_2e) je kg Rohmilch in 9 Fleckvieh-Systemen
Quelle: (Egger-Danner et al. 2017, S. 258)

Neben der Rationsgestaltung beeinflussen Tiergesundheit und Nutzungsdauer die Gesamtbilanz, da sie den Remontierungsbedarf und damit vorgelagerte Aufzucht- und Produktionsaufwände mitbestimmen. In einem deutschen Praxisprojekt zu kraftfutterarmer Fütterung wird überwiegend gras- und weidebasiert (Frischgras, Silagen, Heu) gefüttert, wodurch der Einsatz typischer Kraftfutterkomponenten wie Soja entfällt (Poppinga et al. 2016, S. 6). Die Nutzungsdauer lag je nach Vergleichsgruppe um etwa 8 bis 13 Monate über den Vergleichsgruppen. Der Ergänzungsbedarf pro Kuh und Jahr war dementsprechend niedriger (Poppinga et al. 2016, S. 6). Ökonomisch wurden vor allem Einsparungen im Mittel von 500 € pro Kuh für zugekauftes Futter, sowie niedrigere sonstige spezifische Kosten, einschließlich um etwa 40 € geringere Tierarztkosten pro Kuh berichtet (Poppinga et al. 2016, S. 7). Ergänzend zeigen Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit kraftfutterreduzierter Betriebe in Deutschland, dass solche Systeme auch ohne hohe Kraftfuttergaben konkurrenzfähig sein können, jedoch meist längere Umstellungs- und Anpassungsprozesse auf mehreren betrieblichen Ebenen erfordern (Jürgens et al. 2016, S. 83).

Auch für Österreich wird betont, dass hohe Fruchtbarkeit und eine niedrige Remontierungsrate betriebswirtschaftlich angestrebt werden und zugleich klima- und ressourcenseitig günstig wirken können (Fritz et al. 2020, S. 89). Derartige Effekte sind für die Interpretation produktbezogener Verbesserungen relevant, weil die Nutzungsdauer den Remontierungsbedarf und damit Aufzucht- und Bestandsergänzungsaufwände stark beeinflusst. Gruber und Terler (2023) zeigen für österreichische Fleckvieh-Daten, dass mit steigender Milchleistung pro Laktation zwar die Laktationsdauer zunimmt, zugleich aber weniger Kälber pro Jahr geboren werden, was auf negative Zusammenhänge zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit hinweist (Gruber und Terler 2023, S. 45). Entsprechend unterscheiden sich die jährlichen Anforderungen an die Bestandsergänzung deutlich je nach Nutzungsdauer (Gruber und Terler 2023, S. 45). Ökonomisch verbessert eine längere Nutzungsdauer den Betriebsgewinn vor allem bis etwa sechs Laktationen deutlich; darüber hinaus fallen die Zusatzgewinne geringer aus (Gruber und Terler 2023, S. 45). Unter hohem Kostendruck, etwa durch hohe Kraftfutterkosten und niedrige Milchpreise, steigt der Vorteil einer langen Nutzungsdauer zusätzlich (Gruber und Terler 2023, S. 46).

Als ergänzender Minderungsansatz werden Futterzusätze diskutiert, insbesondere phytogene Präparate. In einer Modellierung auf Basis österreichischer Betriebsdaten führte der Zusatz *PhytoPass*¹⁴ gegenüber einer Referenzration zu einem um 6 % niedrigeren Treibhauspotenzial je kg Milch. Der Effekt wurde vor allem durch eine um 12 % reduzierte enterische Methanemission erklärt (Hörtenhuber et al. 2021, S. 2). Gleichzeitig ergab die Modellierung einen Anstieg der CH₄-Emissionen aus der Lagerung von Gülle und Mist um 5 % je kg Milch, was mit einer geringfügig reduzierten Verdaulichkeit und höheren Ausscheidungsraten in Verbindung gebracht wurde (Hörtenhuber et al. 2021, S. 2).

Breiter zeigt eine Meta-Analyse von Martins et al. (2024), in der 277 in-vitro-Studien mit 170 Futterzusätze verglichen wurden, dass das Minderungspotenzial je nach Zusatzstoffgruppe stark variiert. Chemische Inhibitoren reduzierten die CH₄-Bildung im Mittel um 29,2 % ohne negative Effekte auf enterische Fermentation oder Nährstoffverdaulichkeit. Elektronenakzeptoren wie Nitrophenol und bestimmte Mikroorganismen (z.B. *Enterococcus* spp.) lagen bei Reduktionen von 27,1 % bzw. 20 % bei gleichzeitig geringen Auswirkungen auf die enterische Fermentation. Pflanzliche Sekundärstoffe (z. B. ätherische Öle, Pflanzenextrakte, Saponine, Tannine) erreichten im Mittel geringere Effekte (bis 18,2 %), wobei einzelne Tanninquellen (*Leucaena* spp.) mit 23,5 % Reduktion ohne wesentliche Beeinträchtigung der Nährstoffverwertung auffielen. Martins et al. (2024) verweisen jedoch darauf, dass viele Ergebnisse auf wenigen Beobachtungen beruhen und eine belastbare praxisnahe Bewertung zusätzliche in-vitro- und in-vivo-Untersuchungen erfordert (Martins et al. 2024, S. 298).

Insgesamt wird deutlich, dass Futtermittelwahl und Fütterungsintensität nur im Systemkontext bewertet werden können. Produktbezogene Minderungen sind insbesondere über hohe Futtereffizienz, hohe Lebensleistung und eine standortangepasste Nutzung von Grünlandfutter erreichbar (Fritz et al. 2020, S. 86f; Lorenz et al. 2019, S. 168f). Hohe Kraftfutteranteile können zwar einzelne Kennzahlen verbessern, gehen aber häufig mit vorgelagerten Emissionen, erhöhter Nahrungskonkurrenz und

¹⁴ *PhytoPass* ist ein rein pflanzlicher Futterzusatz für Milchkühe der Fixkraft-Futtermittel GmbH

Management- sowie Tiergesundheitsrisiken einher (Terler 2022, S. 20). Daraus folgt, dass Genotyp und Futterniveau auf die jeweilige Haltungsform und Betriebssituation abgestimmt werden müssen, um Leistungsziele, Tiergesundheit und Systemeffizienz gemeinsam zu optimieren (Gruber und Terler 2023, S. 47).

Für den Übergang zur Biodiversität ist relevant, dass auf den Grünlandflächen kraftfütterter Milchviehbetriebe eine signifikant höhere quantitative und qualitative Pflanzenartenvielfalt als bei benachbarten Vergleichsbetrieben mit herkömmlicher Fütterung nachgewiesen wurde (Jürgens et al. 2023, S. 12). Damit wird deutlich, dass Fütterungsstrategien nicht nur Emissionen und Leistung beeinflussen, sondern über Flächennutzung, Nutzungsintensität und Nährstoffflüsse im Grünland auch zentrale Biodiversitätsparameter prägen. Diese Zusammenhänge zwischen Bewirtschaftung und Pflanzenarten- bzw. Strukturvielfalt werden in Kapitel 5.3 vertieft.

5.3 Milchviehhaltung und Biodiversität

Die Auswirkungen der Milchviehhaltung auf die Biodiversität sind eng mit der Nutzungsintensität und der Bewirtschaftungsform des Grünlands verknüpft. Während extensive Weidesysteme durch eine mosaikartige Nutzung, geringere Düngung und angepasste Besatzdichten die strukturelle und funktionale Vielfalt fördern, führt eine fortschreitende Intensivierung mit häufigen Schnittnutzungen und hohem Kraftfuttereinsatz zu einer deutlichen Verarmung der Arten- und Habitatvielfalt (Jürgens et al. 2023, S. 12). Gleichzeitig ist Biodiversität auf Milchviehbetrieben nicht zwangsläufig an eine einheitliche Bewirtschaftungsintensität gebunden. Durch die unterschiedlichen Futteransprüche der Tiergruppen können Flächen innerhalb eines Betriebs differenziert genutzt werden, etwa intensiv für laktierende Kühe und extensiver für Trockenstehher, Färsen oder standortbedingt ertragsschwächere Lagen. Dadurch werden Pflanzenbestände möglich, die die Standortbedingungen stärker widerspiegeln und die Biodiversität auf Betriebsebene erhöhen können (Jürgens et al. 2023, S. 23).

Beweidung wirkt auf mehreren Ebenen als fördernder Faktor für Biodiversität. Sie verhindert die natürliche Sukzession hin zu Gehölzbeständen und trägt zur Offenhaltung von Landschaften bei, was besonders im alpinen Raum für den Erhalt artenreicher

Almlebensräume und der landschaftlichen Vielfalt wesentlich ist. Zugleich können sowohl Nutzungsaufgabe als auch ungünstige Veränderungen der Almwirtschaft die Biodiversität beeinträchtigen. Extensivierung und vor allem Auflassung fördern Verbuschung und Verwaldung, verändern den Pflanzenbestand, verdrängen Arten offener Flächen und führen zu einer Vereinheitlichung der Vegetation (Dallhammer et al. 2021, S. 60). Der beobachtete Trend umfasst großflächige Unternutzungen bzw. Extensivierungen und punktuell kleinflächige Intensivierungen. Letztere werden u. a. mit falschem Weidemanagement und nur bedingt almtauglichen Hochleistungstieren in Verbindung gebracht (Dallhammer et al. 2021, S. 60). Durch die extensive Nutzung vormals ackerbaulich genutzter Flächen konnten sich charakteristische Wiesen- und Weideökosysteme sowie typische Offenlandvögel wie Feldlerche und Wiesenpieper erneut etablieren (Bunzel-Drüke et al. 2008, S. 26).

Ein entscheidender Biodiversitätsfaktor extensiver Weidesysteme ist der Kuhdung. Er stellt die Nahrungsbasis für koprophage¹⁵ Käfer, wie Mist- und Dungkäfer, dar und bildet die Grundlage komplexer Nahrungsnetze. Aus einer Herde von etwa 700 Tieren, die ganzjährig auf der Weide gehalten werden, entstehen aus rund 1000 Tonnen Kot etwa 10 Tonnen Wirbellose, die wiederum Nahrungsquelle für insektenfressende Vögel wie den Wiedehopf, den Neuntöter oder für Fledermausarten bilden (Bunzel-Drüke et al. 2008, S. 27). Der Rückgang der Weidehaltung führt laut Saucke et al. (2023, S. 1) zu einer Verringerung dieser Nahrungsgrundlage, wodurch insbesondere Dungkäfer und andere koprophage Insekten stark betroffen sind. Damit gehen auch Rückgänge bei insektenfressenden Vogel- und Fledermauspopulationen einher.

Beweidung prägt die Vegetationsstruktur und ist damit ein Schlüsselfaktor für die Biodiversität im Grünland. Das selektive Fraßverhalten der Rinder erzeugt kleinräumige Vegetationsmosaiken, in denen Bereiche mit unterschiedlicher Wuchshöhe und Blühdauer nebeneinander bestehen. Untersuchungen zeigen, dass sogenannte Grasinseln im Mittel etwa 24 % der Weidefläche einnehmen, jedoch 40 bis 50 % der erfassten Arthropodenpopulation beherbergen (Helden et al. 2010, S. 291, 297f). Diese

¹⁵ sich von Exkrementen ernährend

Strukturen dienen als Rückzugsräume für Arthropoden und erhöhen die Heterogenität der Grünlandhabitats.

Extensive Beweidung wirkt sich auch auf die Pflanzenvielfalt aus. Ein internationales Forschungsprojekt mit Daten aus 40 Ländern zeigte, dass Beweidung durch den Fraß bodennahe Lichtverfügbarkeit erhöht. Dadurch konnte die Artenvielfalt von Graslandgesellschaften signifikant gesteigert werden (Borer et al. 2014, S. 519).

Neben der Bedeutung des Kuhdunges als Grundlage komplexer Nahrungsnetze beeinflussen extensive Weidesysteme auch über bodenbiologische Prozesse zentrale Standortfunktionen. Regenwürmer erhöhen die Anzahl an Makroporen, wodurch Bodenbelüftung, Wasserinfiltration und Durchmischung verbessert werden. In einem Kubikmeter Grünlandboden kann die Gesamtlänge der Regenwurmgänge bis zu 500 m betragen, und die Biomasse der Regenwürmer liegt in einer Größenordnung, die jener der beweidenden Rinder entspricht (Stahr et al. 2020, S. 284). Dadurch werden Humusbildung, Wasserhaltevermögen und Bodenfruchtbarkeit gefördert. Dungkäfer tragen ergänzend zur Bodenstruktur bei, indem sie Dung in den Boden einarbeiten und durch ihre Grabtätigkeit zusätzliche Poren und Gänge schaffen. In Kombination mit der Bioturbation der Regenwürmer entstehen so Leitbahnen, die die Versickerung bei Starkniederschlägen unterstützen und die Wasserspeicherung im Boden verbessern können. Das ist vor dem Hintergrund zunehmender Starkregenereignisse und längerer Trockenphasen klimarelevant, weil eine höhere Infiltrationsfähigkeit Abfluss und Erosion reduziert und die Wasserverfügbarkeit in Trockenperioden stabilisiert (Schwinn 2024, S. 105).

Extensive und standortangepasste Grünlandssysteme, darunter Mähwiesen, Hutweiden, Streuwiesen und Bergmähder, stellen wertvolle Refugien für Flora und Fauna, die in intensiv genutzten Agrarlandschaften kaum überleben könnten (Netzwerk Zukunftsraum Land o.J.). Solche Systeme sichern die funktionale Biodiversität des Agrarökosystems, stabilisieren ökologische Prozesse und tragen zeitgleich zur Ernährungssouveränität und Klimarobustheit bei (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 16).

Die Ergebnisse des 5. Kapitels zeigen, dass Klimawirkung und Biodiversität in der Milchviehhaltung stark über Systementscheidungen gesteuert werden. Die Passung von Genotyp und Haltungsform, über die Fütterungsintensität und die Bewirtschaftung von Grünland. Klimaschutz in der Milchviehhaltung ist als Systemfrage der Standortlogik, der Ressourcennutzung und der Managementqualität zu behandeln. Kapitel 6 baut darauf auf und bündelt konkrete Wege zu einer klimafitten Milchviehhaltung, von betrieblichen Maßnahmen über landnutzungsbezogene Ansätze bis zu politischen und nachfrageseitigen Hebeln.

6 Wege zu einer klimafitten Milchviehhaltung

Dieses Kapitel bündelt drei Ebenen der Transformation der Milchviehhaltung in Österreich. Erstens werden betriebliche und technische Optionen dargestellt, die Emissionen je Produkteinheit senken und die Klimarobustheit erhöhen, etwa Tiergesundheit, Fütterung, Weidemanagement und Wirtschaftsdüngermanagement. Zweitens werden landnutzungsbezogene Ansätze bewertet, inklusive standortangepasster Weidesysteme, Kohlenstoffschutz im Grünland sowie agroforstliche Elemente und ihre Zielkonflikte. Drittens werden konsumpolitische und gesellschaftliche Hebel eingeordnet, die Nachfrage und Flächenbedarf beeinflussen. Die Maßnahmen werden hinsichtlich Wirksamkeit, Nebenwirkungen und Wirtschaftlichkeit bewertet und an die österreichischen Rahmenbedingungen sowie die Agrarpolitik rückgekoppelt.

6.1 Rolle der EU- und nationalen Klimapolitik in der Milchviehhaltung

Die Milchviehhaltung steht im Spannungsfeld zwischen klimapolitischen Zielvorgaben, wirtschaftlichen Interessen und gesellschaftlichen Erwartungen. Europäische und nationale Politiken bestimmen wesentlich, welche Rahmenbedingungen, Anreize und Pflichten für Betriebe gelten. In diesem Kapitel werden die Rolle der EU- und österreichischen Klimapolitik analysiert. Die bestehenden Förderinstrumente werden hinsichtlich ihrer Klima- und Umweltwirkungen bewertet und bestehende Zielkonflikte sowie Reformoptionen analysiert. Abschließend wird anhand des Beispiels Neuseelands und Dänemarks die politische und ökonomische Umsetzbarkeit einer „Methansteuer“ diskutiert.

6.1.1 EU- und nationale Förderinstrumente

Die Milchviehhaltung in Österreich wird maßgeblich durch die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union sowie durch nationale Förderinstrumente geprägt. Diese Maßnahmen beeinflussen sowohl die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen als auch die Umwelt- und Klimawirkungen der Betriebe. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, kombiniert der österreichische GAP-Strategieplan 2023-2027 Direktzahlungen mit Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen.

Ein zentrales Element stellt die finanzielle Unterstützung der Alm- und Weidewirtschaft dar. Förderungen wie die *Einkommensgrundstützung für Almweideflächen* oder gekoppelte Einkommensstützungen für den Auftrieb von Rindern sind Teil des österreichischen GAP-Strategieplans und sollen die Bewirtschaftung marginaler Standorte im alpinen Raum sichern. Dadurch wird einer Nutzungsaufgabe entgegengewirkt, die zu Verwaldung und zum Verlust artenreicher Habitate führen könnte (Dallhammer et al. 2021, S. 103, 169). Diese Maßnahmen können jedoch Zielkonflikte erzeugen: Eine gesicherte Futtergrundlage durch Almbewirtschaftung kann im Heimbetrieb höhere Tierbestände ermöglichen und dadurch die nationalen Treibhausgasemissionen erhöhen. Umgekehrt würde der Wegfall dieser Förderungen zwar zu einer Verringerung der inländischen Bestände führen, könnte aber bei gleichbleibender Nachfrage zu einer Verlagerung der Produktion ins Ausland führen, mit potenziell gleich hohen oder höheren globalen Emissionen, etwa durch Landnutzungsänderungen (Dallhammer et al. 2021, S. 104, 172).

Weitere Maßnahmen wie *Tierwohl – Stallhaltung Rinder* oder Zahlungen für benachteiligte Gebiete verfolgen primär Tierschutz- und Einkommensziele, können aber indirekt auch Umwelt- und Klimavorteile haben. Beispielsweise kann ein Wechsel vom Gülle- zu einem Festmistsystem die Methanemissionen während der Lagerung verringern, wobei gleichzeitig ein Risiko erhöhter Ammoniakemissionen besteht, das vom Management abhängt. Dallhammer et al. (2021, S. 181) sehen daher allenfalls tendenziell geringere Treibhausgasemissionen, betonen jedoch die Unsicherheit dieser Einschätzung.

Die Maßnahme *Tierwohl – Weide* unterstützt die Weidehaltung von Milchkühen und kann bei guter landwirtschaftlicher Praxis sowohl Ammoniak- als auch Treibhausgasemissionen senken und gleichzeitig die Habitatqualität steigern. Die Wirkung hängt jedoch stark von Besatzdichte, Weidemanagement und Standortbedingungen ab (Dallhammer et al. 2021, S. 111f). In Österreich sind aufgrund der geringen durchschnittlichen Besatzdichten negative Umwelteffekte durch Nährstoffeinträge tendenziell gering.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der umfassenden Förderung der Almwirtschaft, unter anderem durch das ÖPUL (*Almbewirtschaftung, Tierwohl – Behirtung*) sowie die Almauftriebsprämie und die Ausgleichszulage (BML 2024b, S. 47, 49). Diese Maßnahmen dienen neben dem Erhalt der Kulturlandschaft und der Biodiversität auch der Anpassung an den Klimawandel. Almen gewinnen angesichts zunehmender Witterungsextreme wieder an Bedeutung, da sie während Hitzeperioden kühlere Bedingungen für die Tiere bieten und einen low-input-Produktionsansatz verfolgen (BMK 2024b, S. 63f).

Freiwillige Umweltmaßnahmen innerhalb der 1. Säule der GAP bieten zusätzliche Zahlungen für überdurchschnittliche Klima- und Umweltleistungen. Durch ihre Kombination mit weiteren GAP-Interventionen in der zweiten Säule soll laut Jürgens et al. (2020, S. 12ff) das Ziel erreicht werden, die umwelt- und klimabezogenen Wirkungen der Fördermaßnahmen zu maximieren. Zur Ausweitung kraftfutterreduzierter Milchproduktionssysteme könnten Investitionsförderungen, spezifische Weideprämien und Heumilchprogramme, Zuschüsse für Verarbeitung und Vermarktung sowie die Förderung extensiver Grünlandbewirtschaftung gezielt eingesetzt werden. Diese Kombination würde die Wettbewerbsfähigkeit von low-input-Systemen gegenüber intensiven Produktionsformen erhöhen.

Jürgens et al. (2020, S. 16) weisen darauf hin, dass sich Milchviehbetriebe derzeit in einem Anpassungsprozess befinden, in dem Biodiversität, Umwelt- und Klimaleistungen sowie höhere Qualitätsanforderungen an Lebensmitteln zunehmend an Bedeutung gewinnen. Vor dem Hintergrund der belegten Vorteile kraftfutterreduzierter Systeme sollte die bisherige Ausrichtung auf hohe Milchleistungen kritisch hinterfragt werden. Um einen strukturellen Wandel einzuleiten, sei ein politischer Paradigmenwechsel erforderlich, der gezielte Anreize zur Umstellung auf ökologisch verträgliche und ressourcenschonende Produktionssysteme setzt.

6.1.2 Umwelt- und Klimawirkungen agrarischer Maßnahmen

Trotz der ökologischen Potenziale sind die Netto-Klimawirkungen vieler Maßnahmen schwer quantifizierbar, da die Effekte stark kontextabhängig sind. Eine quantitative Bewertung der Klimawirkung einzelner Maßnahmen liegt nur begrenzt vor. Bestehende

Evaluierungen (Dallhammer et al. 2021; Kletzan-Slamanig et al. 2022) weisen auf erhebliche Unsicherheiten und sektorübergreifende Zielkonflikte hin. Gekoppelte Einkommensstützungen und andere flächen- oder tierbezogene Förderungen können auch Produktionsanreize setzen, insbesondere wenn die Förderhöhe mit der Anzahl gehaltener Tiere steigt (Kletzan-Slamanig et al. 2022, S. 145ff). Dies kann die Tierbestände stabilisieren oder erhöhen und damit Treibhausgasemissionen begünstigen, selbst wenn die Bewirtschaftung extensiv erfolgt.

Die Ausrichtung der GAP wird auch auf europäischer Ebene kritisch diskutiert. Kortleve et al. (2024, S. 290) zeigen, dass tierische Produkte, die 84 % der Treibhausgasemissionen der EU-Landwirtschaft verursachen, weiterhin den Großteil der Subventionen erhalten. Eine solche Mittelverteilung erschwert den Übergang zu pflanzenbasierten Ernährungsmustern. Sica und Kirchgatterer (2024) berichten zudem, dass zwischen 1986 und 2013 rund 82 % der EU-Agrarsubventionen in die Produktion tierischer Produkte flossen.

Der europäische *Green Deal* und die *Farm-to-Fork-Strategie* setzen hingegen auf eine nachhaltige Transformation des Ernährungssystems, einschließlich einer Ausweitung des ökologischen Landbaus auf 25 % der Fläche, einer Verringerung des Düngemittelinsatzes um 20 % sowie einer Steigerung biodiversitätsfördernder Landschaftselemente auf mindestens 10 % der Landwirtschaftsfläche (BML 2024b, S. 36).

6.1.3 Zielkonflikte und Reformbedarf

Insgesamt zeigt sich, dass die GAP und nationale Förderinstrumente wichtige Anreize für eine standortangepasste, biodiversitätsfördernde Milchviehhaltung setzen können. Allerdings bestehen strukturelle Zielkonflikte zwischen Produktionssicherung, Biodiversitätsschutz und Klimaschutz. Mehrere Studien empfehlen daher eine stärkere Ausrichtung der Fördermittel auf emissionsmindernde Produktionssysteme sowie eine präzisere Definition standortangepasster Bewirtschaftung, etwa über verbindliche Obergrenzen für Großvieheinheiten pro Hektar (Dallhammer et al. 2021; Kletzan-Slamanig et al. 2022; Kortleve et al. 2024). Laut Kortleve et al. (2024, S. 290) ist eine grundlegende Neuausrichtung der GAP erforderlich, da ohne Anpassungen nicht

nur weitere Umweltbelastungen drohen, sondern auch künftige Optionen zur Kohlenstoffbindung und Bodenverbesserung verloren gehen könnten.

Über die Gestaltung der Förderinstrumente hinaus wird in der Literatur auch eine Verringerung der Nutztierpopulationen als Beitrag zur Emissionsminderung diskutiert. Laut APCC (2024b, S. 14) bietet eine koordinierte Reduktion der Tierbestände in Kombination mit Maßnahmen zur Nachfragebeeinflussung ein erhebliches Minderungspotenzial. Kurz- bis mittelfristig entstehen dabei jedoch Zielkonflikte hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und der Überlebensfähigkeit tierhaltender Betriebe, insbesondere in benachteiligten Regionen. Aufgrund der im internationalen Vergleich relativ günstigen Treibhausgasbilanz der österreichischen Milch- und Rindfleischproduktion ist bei einer Reduktion sicherzustellen, dass keine Emissionsverlagerung durch Importe entsteht.

6.1.4 Methansteuern

Neuseeland plante 2022 als erstes Land eine Bepreisung landwirtschaftlicher Methanemissionen, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Die Abgabe hätte für Emissionen aus enterischer Fermentation und Düngerausbringung gegolten und hätte direkt von den Landwirt:innen bezahlt werden müssen. Die Einnahmen hätten dann in Forschung, Beratung und technische Innovationen zurückfließen sollen (ORF.at 2022; Kohler 2024). Vorgesehen waren zudem Anreize zur Emissionsreduktion durch Futtermittelzusätze und Kompensationsmöglichkeiten über Aufforstung (ORF.at 2022). Die Maßnahme wurde aufgrund der direkten Belastung landwirtschaftlicher Betriebe als „Rülps-“, „Kuh-“ oder „Furzsteuer“ bezeichnet und in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert (Wälterlin 2024).

Im Unterschied zu einer CO₂-Steuer, die alle Treibhausgase einheitlich nach CO₂-Äquivalenten bewertet, sollte CH₄ in Neuseeland separat bepreist werden. Damit sollte seiner stärkeren, aber kurzzeitigeren Klimawirkung gezielt Rechnung getragen werden. Laut Falkner et al. (2023, S. 17) würden solche marktbasierten Mechanismen stärkere Innovationsanreize als Regulierungen schaffen, da sich für Betriebe wirtschaftliche Vorteile ergeben, wenn Emissionen effektiv reduziert werden. Eine Kombination beider

Instrumente wäre besonders wirksam, da ein Verzicht auf regulatorische Vorgaben zu unzureichender Umsetzung führen könnte. Die Maßnahme wurde jedoch 2024 von der neuen konservativen Regierung unter Christopher Luxon aufgehoben. Begründet wurde dies mit der Sorge um Wettbewerbsfähigkeit und drohende Produktionsverlagerungen (Kohler 2024; Wälterlin 2024).

Ein ähnlicher Ansatz wird aktuell in Dänemark verfolgt. Die Regierung plant, ab 2030 eine Abgabe auf Methanemissionen aus der Nutztierhaltung einzuführen, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Der Entwurf sieht vor, Emissionen von Rindern und Schweinen mit zunächst 300 Kronen (rund 40 Euro) pro Tonne CO₂-Äquivalent zu besteuern. Die erwarteten Einnahmen sollen in die ökologische Umstellung der Landwirtschaft fließen (Rech 2024).

Die geplante Abgabe wurde von Umweltorganisationen wie Greenpeace als wichtiger Schritt für den Klimaschutz bezeichnet, während landwirtschaftliche Verbände Wettbewerbsnachteile und Arbeitsplatzverluste befürchten (Rech 2024).

Im internationalen Vergleich zeigt sich damit ein breites Spektrum klimapolitischer Strategien: Während Neuseeland die Methanbepreisung nach Kritik wieder aufgab, versucht Dänemark, sie sozial und ökonomisch abzufedern. Für Österreich ist ein solches Modell derzeit politisch kaum umsetzbar. Die europäische Agrarpolitik setzt stattdessen auf Subventionslenkung, freiwillige Programme wie das ÖPUL und langfristige Anreizsysteme, die schrittweise ökologische Lenkungswirkungen entfalten sollen.

6.2 Strategien zur Emissionsminderung und Anpassung

In diesem Kapitel werden Strategien vorgestellt, mit denen die Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung verringert und die Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel gestärkt werden können. Der Fokus liegt auf praxisnahen Maßnahmen in Betriebsmanagement, Tierhaltung und Landnutzung sowie auf gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen. Neben technischen und managementbezogenen Optionen werden auch Konsumverhalten, Förderinstrumente und Zielkonflikte betrachtet. Ziel ist es, ein umfassendes Bild der verfügbaren Handlungsansätze zu vermitteln, ihre Wirksamkeit einzuordnen und ihre Bedeutung für eine nachhaltige, klimafitte Milchviehhaltung in Österreich zu bewerten.

6.2.1 Minderungsmaßnahmen im Betriebsmanagement und in der Tierhaltung

Laut dem Austrian Panel on Climate Change (APCC 2024b) können in der Nutztierhaltung insbesondere eine optimierte Zucht, Haltung und Fütterung der Tiere sowie ein verbessertes Wirtschaftsdüngermanagement ein mittleres Einsparungspotenzial an Treibhausgasemissionen erreichen (APCC 2024b, S. 14f). Um den steigenden Ernährungsbedürfnissen einer wachsenden Weltbevölkerung gerecht zu werden, müssen die Produktivität der Tiere erhöht und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen je Produkteinheit verringert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Minderungsstrategien nicht isoliert bewertet werden dürfen, sondern stets im Gesamtkontext des Produktionssystems zu betrachten sind, um Zielkonflikte zu vermeiden. Viele dieser Strategien zielen auf eine Steigerung der Produktivität ab, die ohne gute Standards in Tiergesundheit und Tierwohl nicht erreichbar ist (Grossi et al. 2019, S. 74).

Ein Beispiel für technische Maßnahmen ist der Einsatz von Biogasanlagen, mit denen das Treibhauspotenzial in Milchkuhbetrieben um etwa 10-13 % gesenkt werden kann, was einer Reduktion von rund 0,112 kg CO₂e je Kilogramm Milch entspricht (Brade 2014, S. 13). Auch das Spermien-Sexing kann einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, da durch die gezielte Trennung von X- und Y-Spermien die Zahl unerwünschter Bullenkälber reduziert werden kann, die nur ein „Nebenprodukt“ der Milcherzeugung sind. Durch diese kostenintensive Methode entstehen weniger „überschüssige“ Tiere, was

Ressourcen schont und Emissionen vermeidet (Dachler 2023, S. 304). Neben solchen Technologien sind betriebswirtschaftliche und managementbezogene Anpassungen entscheidend. Die Auswertung von 91 bayerischen Milchviehbetrieben von Zehetmeier und Zerhusen (2017) zeigt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Milchleistung und Treibhausgasemissionen nur schwach ausgeprägt ist. Wichtiger sind Faktoren wie eine niedrige Remontierungsrate, nährstoffeffiziente Futterproduktion, die Verringerung von Futterverlusten sowie eine hohe Lebensleistung der Milchkühe. Allerdings kann eine hohe Milchleistung pro Kuh auch negative Effekte haben, da weniger Rindfleisch anfällt, welches eventuell andernorts erzeugt werden muss, wodurch zusätzliche Emissionen entstehen können (Zehetmeier und Zerhusen 2017, S. 67).

Eine Verbesserung von Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer geht nicht nur mit betriebswirtschaftlichen Vorteilen einher, sondern trägt auch zur Emissionsminderung bei. Dallago et al. (2021, S. 18) zeigen, dass eine höhere Nutzungsdauer vor allem dann erzielt wird, wenn unfreiwillige Abgänge reduziert werden. Damit sinken Gesundheitskosten, die Lebenszeitprofitabilität steigt und Tierwohl sowie Lebensqualität der Tiere verbessern sich. Gleichzeitig erhöht sich die Ressourceneffizienz der Milcherzeugung, weil Aufzucht- und Erhaltungsaufwand auf mehr erzeugte Milch verteilt werden. Zusätzlich können Zweinutzungsrassen helfen, Emissionen aus der getrennten Fleischproduktion zu vermeiden. Unterschiede zwischen Betrieben ergeben sich insbesondere aus der Effizienz der Fütterung, der Stickstoffdüngung und der Remontierungsrate (Fritz et al. 2020, S. 89). Die Fütterung stellt eine zentrale Stellenschraube dar. Eine Optimierung der Grundfutterqualität sowie die Verringerung von Futterverlusten sind sowohl aus betriebswirtschaftlicher Sicht als auch in Bezug auf Klimaschutz sinnvoll (Fritz et al. 2020, S. 89). Positiv wirkt sich zudem eine Reduktion des Einsatzes von Kraftfutter aus, während der Einsatz heimischer Leguminosen wie Ackerbohnen ökologische Vorteile gegenüber importiertem Soja bietet (Antony et al. 2021, S. 28).

Im Bereich Anpassung an den Klimawandel kommt baulichen Maßnahmen eine zunehmende Bedeutung zu. Dazu zählen eine ausreichende Wasserversorgung, gut

belüftete Stallungen, schattenspendende Ausläufe und der Einsatz geeigneter Dämm- und Baumaterialien, die nach Möglichkeit mit erneuerbaren Energien kombiniert werden sollten. Obwohl solche Maßnahmen hohe Investitionen erfordern, zahlen sie sich langfristig durch bessere Tiergesundheit, höhere Leistungen und geringeren Energieeinsatz aus (BMK 2024b, S. 67ff). Praktische Beispiele sind etwa Ventilationssysteme, Sprühnebelanlagen oder Dachbegrünungen, die das Stallklima verbessern und zusätzlich ökologische Vorteile wie eine erhöhte Biodiversität und eine verbesserte Wasserretention bieten (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 79ff, 97). Solche baulichen Anpassungen sind als Teil einer nachhaltigen Intensivierung zu verstehen, deren Effizienz vor allem bei hohen Tierbeständen gegeben ist, während weidebasierte Systeme viele dieser Herausforderungen von vornherein vermeiden können (Baumgarten et al. 2024, S. 238).

Betrieben mit Weidehaltung wird eine gezielte Flächenwahl mit natürlichem Schatten, der Zugang zu Wasserstellen oder bauliche Schutzelemente empfohlen. Zusätzlich können Stunden- oder Nachtweidekonzepte die Hitzebelastung reduzieren, da Rinder ihre Hauptfressaktivität in den kühleren Morgen- und Abendstunden legen. Ein früher Weidebeginn im Frühjahr unterstützt zudem die Anpassung an UV-Strahlung und Witterungseinflüsse. Eine klimaangepasste Weideführung kann einen wichtigen Beitrag zur Gesunderhaltung und Leistungsstabilität der Tiere leisten (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 47-48).

Auch in der Zucht und Fütterung eröffnen sich Anpassungsoptionen. Die Selektion auf hitzetolerante Tiere oder die Kreuzung robuster Rassen kann langfristig helfen, wenn gleich züchterische Fortschritte nur langsam erzielt werden. Kurzfristig können gezielte Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion von Hitzestress beitragen, etwa strukturierte und pansenstabile Rationen, kühle Lagerung und angepasste Fütterungszeiten sowie die Ergänzung durch puffernde Mittel oder Mineralstoffe (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 45f). Entscheidend ist zudem eine gesicherte Wasserversorgung: Kühe benötigen an heißen Tagen bis zu 180 Liter Wasser, weshalb ausreichend große, leicht zugängliche und beschattete Tränken essenziell sind (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 53f).

Im Wirtschaftsdüngermanagement können Techniken wie die Verdünnung oder Separierung von Gülle, bodennahe Ausbringung sowie die Kompostierung von Festmist die Nährstoffverluste verringern und die Klimawirkung verbessern (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 38). Ergänzend zeigen Studien, dass phytogene Futterzusätze das Treibhauspotenzial je produzierter Milcheinheit senken können (Hörtenhuber et al. 2021, S. 3).

Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen

Eine detaillierte Bewertung verschiedener Optionen zur Emissionsminderung in der Rinderhaltung liefert Fritz et al. (2022). In Tabelle 4 werden Maßnahmen anhand von vier Kriterien verglichen: Erstens werden ihre betrieblichen Auswirkungen in Euro pro Hektar und Jahr abgeschätzt. Zweitens werden die Kosten pro vermiedener Tonne $\text{CO}_2\text{e}_{\text{GWP100}}$ ¹⁶ angegeben, um ihre ökonomische Effizienz zu beurteilen. Drittens wird die spezifische THG-Minderungswirkung pro Hektar dargestellt (in $\text{kg CO}_2\text{e}_{\text{GWP100}} / \text{ha} / \text{Jahr}$), um die Wirkung auf Flächenbasis vergleichbar zu machen. Viertens erfolgt eine Hochrechnung der potenziellen Gesamtreduktion für Österreich in einem Umsetzungsjahr im Zeitraum 2030-2040 (in $\text{kt CO}_2\text{e}_{\text{GWP100}} / \text{Jahr}$), um das nationale Minderungspotenzial abzubilden.

Als besonders wirksam und gleichzeitig wirtschaftlich vorteilhaft erweist sich die Verbesserung der Tiergesundheit und eine längere Nutzungsdauer von Milchkühen. Diese Maßnahme kann die Vermeidungskosten senken (-43 €/t CO_2e), eine Reduktion von rund 230 $\text{kg CO}_2\text{e} / \text{ha}$ und Jahr erzielen und österreichweit ein Minderungspotenzial von 115 $\text{kt CO}_2\text{e}$ entfalten. Ähnlich positiv wirkt sich eine Erhöhung des Weideanteils aus: Durch vermiedene Gülleemissionen und reduzierten Maschineneinsatz werden 200 $\text{kg CO}_2\text{e} / \text{ha}$ eingespart, bei gleichzeitig positivem Betriebsergebnis (+25 €/ha) und reduzierten Vermeidungskosten (-48 €/t CO_2e). Zusätzlich trägt diese Maßnahme zum Erhalt der Kulturlandschaft und der touristischen Nutzung bei.

¹⁶ bezeichnet das Global Warming Potential über einen Zeitraum von 100 Jahren, umgerechnet in CO_2 -Äquivalente.

Tabelle 4: Effizienz von Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen im Bereich Grünland und Rinderhaltung
Quelle: eigene Darstellung nach Fritz et al. 2022

Maßnahme:	Würde potenziell betreffen:	Auswirkungen auf Betriebsergebnis pro ha/yr:	geschätzte Vermeidungskosten pro Tonne CO ₂ e _{GWP100} :	geschätzte mittlere spezifische THG-Emissionswirkung in kg CO ₂ e _{GWP100} / ha / yr	Gesamtwirkung für Österreich bezogen auf ein Umsetzungsjahr zwischen 2030 und 2040 in kt CO ₂ e _{GWP100} / yr	Weitere Wirkungen:
Umbruchlose Erneuerung von Dauergrünland	ca. 10 000 ha, über 20 Jahre verteilt	↑ € 15	↑ -€ 115	→ -130 kg	→ -22 kt	-
Grundfutterqualität und -menge am Standort optimieren	30 % der Betriebe, 15 % der Flächen, 15 % der Produktion	↗ € 8	↗ -€ 17	↑ -470 kg	↗ -76 kt	-
Milchleistung gemäß Standortpotenzial umsetzen	30% der Milchbetriebe	↓ -€ 18	↓ € 92	↗ -200 kg	↗ -37 kt	-
Tiergesundheit und Nettotonutzungsdauer Milchkühe	40 % der Fläche + Rinder, -10 % Remontierungsbedarf	↗ € 10	↗ -€ 43	↗ -230 kg	↑ -115 kt	Wettbewerbsfähigkeit
Weideanteil bei Milch- und Mastrindern erhöhen	Nachzucht, Milchkühe, Mutterkühe und Mast; 1/3 der Betriebe	↑ € 25	↗ -€ 48	↗ -200 kg	→ -25 kt	Kulturlandschaft / kulturelles Erbe, Tourismus
Direkte Reduktion der Methanbildung aus Pansen	40 % der Rinder, Milch- und Mastrinder	↓ -€ 34	↓ € 153	↗ -222 kg	↑ -90 kt	-
Bestand Mastrinder, Milchkühe, Mutterkühe verlagern	Zweinutzungsrasen, Umstieg von Mutterkuhbetrieben in die extensive Mast von Kälbern der Milchviehrassen, evtl. auch Spermasexing, -15 % Mutterkühe	→ € 0	→ € 0	→ -112 kg	↗ -56 kt	vielfältige ökologische sozioökonomische Wirkungen

Die Optimierung der Grundfutterqualität erreicht mit -470 kg CO₂e /ha die höchste spezifische Emissionsminderung, ist betriebswirtschaftlich ebenfalls vorteilhaft (+8 €/ha, -17 €/t CO₂e), zeigt aber ein geringeres österreichweites Potenzial (-76 kt CO₂e). Im Gegensatz dazu wirkt sich die direkte Reduktion der Methanbildung im Pansen durch Zusatzstoffe in der Fütterung zwar mindernd auf die THG-Emissionen aus (-222 kg CO₂e/ha), erhöht jedoch die Vermeidungskosten (+153 €/t CO₂e) und hat negative Effekten auf das Betriebsergebnis (-34 €/ha). Hier zeigen sich die Grenzen kostenintensiver technischer Maßnahmen.

Weniger spezifisch wirksame, aber weiterhin relevante Beiträge zur Emissionsminderung liefern Maßnahmen wie die bodenschonende Erneuerung von Grünland ohne Pflug (-130 kg CO₂e/ha), die Verlagerung von Rinderbeständen hin zu effizienteren Haltungsformen mit geringerem Methanausstoß (-112 kg CO₂e /ha) sowie die Anpassung der Milchleistung an das standortspezifische Futterertragspotenzial (-130 kg CO₂e /ha). Während diese Maßnahmen teils positive Nebeneffekte mit sich bringen, etwa für Boden- oder Ressourcenschutz, fallen die Veränderungen der Vermeidungskosten von reduzierend (Grünlanderhalt: -115 €/t CO₂e) bis steigernd (standortangepasste Milchleistung: +92 €/t CO₂e) unterschiedlich aus.

Insgesamt zeigt sich, dass insbesondere systemische Maßnahmen wie Tiergesundheit, Weidehaltung und Grundfutteroptimierung sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bieten. Demgegenüber erfordern kostenintensive technische Ansätze eine sorgfältige Abwägung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Zielkonflikten.

6.2.2 Landnutzung und Grünlandbewirtschaftung

Wirtschaftsgrünland umfasst in Österreich, abhängig von Bodeneigenschaften, Seehöhe, Hangneigung und klimatischen Bedingungen, eine große Bandbreite an Nutzungstypen. Diese reicht von intensiver Schnittnutzung mit entsprechend angepasster Düngung in Gunstlagen bis hin zu sehr extensiver Nutzung auf Almen. Neben der Grundfutterbereitstellung erfüllt Grünland zentrale Ökosystemfunktionen, darunter Erosionsschutz, Sicherung der Wasserqualität und Kohlenstoffspeicherung. Besonders extensiv bis mäßig genutzte Grünlandflächen weisen eine hohe Biodiversität auf, stehen jedoch zunehmend unter Druck durch Nutzungsaufgabe, Intensivierung, Versiegelung und Umbruch in Ackerland, insbesondere in Gunstlagen. Gleichzeitig erzeugt die Grünlandnutzung in einer vielfältigen alpenländischen Kulturlandschaft einen relevanten Mehrwert für Erholung und Tourismus (Baumgarten et al. 2024, S. 229).

Die Weidehaltung stellt im Vergleich zur Stallhaltung ein klimatisch und tierethisch günstigeres System dar, da sie sowohl die THG-Emissionen reduziert als auch das Tierwohl fördert. Kirchner et al. (2021, S. 37f) heben hervor, dass Tiere auf der Weide geringere Emissionen verursachen als Tiere in reiner Stallhaltung. Laut dem Austrian Panel on Climate Change (APCC 2024b, S. 15) birgt eine hohe Weideintensität jedoch das Risiko erhöhter N_2O -Emissionen und sinkender Bodenkohlenstoffgehalte. Besonders problematisch ist eine hohe Weideintensität (viele Tiere auf wenig Fläche), besonders mit schweren Tieren auf feuchten Böden. Daher wird eine mittlere Nutzungsintensität empfohlen, die die standörtliche Tragfähigkeit des Grünlands berücksichtigt und sowohl Klimaziele als auch Biodiversität und weitere Grünlandfunktionen wie Erosionsschutz, Wasserqualität und Kohlenstoffspeicherung mitdenkt (APCC 2024a, S. 15; Baumgarten et al. 2024, S. 229).

Almen und angepasste Bewirtschaftung

Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel vom „Klimaministerium“ (BMK 2024b) hebt die Bedeutung klimaresilienter Bewirtschaftungsformen hervor. Als zentrale Handlungsfelder werden die nachhaltige Nutzung von Grünland, der Erhalt und die Revitalisierung von Almen sowie bauliche Anpassungen in der Tierhaltung genannt. Der Erhalt von Almflächen zielt nicht nur auf die Aufrechterhaltung landwirtschaftlicher Produktion in benachteiligten Regionen ab, sondern auch auf die Stärkung der Biodiversität, die Reduktion von Naturgefahren wie Erosion, Lawinen oder Muren sowie die Förderung des Tierwohls. Aufgrund zunehmender Hitzeperioden steigt zudem die Bedeutung höher gelegener Weideflächen als sommertaugliche Ausweichstandorte. Die Almwirtschaft leistet damit einen mehrfachen Beitrag zur Resilienz bäuerlicher Betriebe und zur Bereitstellung öffentlicher Güter. (BMK 2024b, S. 28, 63f).

Eine Praxisstudie von Spiekers und Steinberger (o.J.) auf drei bayerischen Almen belegen zudem, dass eine gezielte Anpassung von Auftriebszeitpunkt, Tierzahl und Weideführung zur verbesserten Flächennutzung beitragen kann. Ein um drei Wochen früherer Weidebeginn kombiniert mit höherem Besatz hatten eine gleichmäßigere Flächennutzung, weniger unerwünschte Pflanzen und bis zu drei Umtriebe pro Saison zur Folge. Die längere Vegetationsdauer erforderte zwar eine Besatzerhöhung um 17-40 %, ermöglichte jedoch bis zu 70 % mehr nutzbare Futterreserven. Solche Anpassungen können nicht nur Ertrag und Flächeneffizienz steigern, sondern auch den Erhalt der Almen als Kulturlandschaft fördern.

Baumgarten et al. (2024, S. 232) unterstreichen, dass eine flächendeckende, moderat betriebene Almbewirtschaftung mit standortangepasstem Viehbesatz eine nachhaltige Produktionsstrategie darstellt. Sie kann die Grundfuttermittellversorgung sichern, die Wasserbilanz stabilisieren und die Biodiversität erhalten, erfordert jedoch ein intensives Almmanagement mit höherem Arbeitsaufwand und eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten. Zielgerichtete Fördermaßnahmen sind daher notwendig, um eine dauerhafte Nutzung der Almflächen zu gewährleisten.

Extensives Grünland, Kohlenstoff und neue Systeme

Extensive bis mäßig intensive Grünlandbewirtschaftung ist für Klimaschutz und Biodiversität zentral, steht jedoch in Österreich unter Druck durch Nutzungsaufgabe, Intensivierung sowie Flächenverlust durch Versiegelung und Umbruch, besonders in Gunstlagen (Baumgarten et al. 2024, S. 229; Suske 2019, S. 6f). Laut Suske (2019, S. 6f) war die Teilnahme an den Maßnahmen *Naturschutz, Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung* (UBB) und *Silageverzicht* ein wesentlicher Faktor für die Aufrechterhaltung extensiver Mähwiesen und Weiden. Flexiblere Schnittzeitpunkte und angepasste Düngungsauflagen werden von Betrieben als notwendig erachtet, um eine wirtschaftliche Fortführung zu ermöglichen. Ergebnisorientierte Ansätze können dabei einen Ausgleich zwischen Produktionszielen und Biodiversität schaffen. Eine stärkere Förderung dreimal genutzter Mähwiesen und die Berücksichtigung regionaler Erschwernisse werden als besonders wirksam eingeschätzt.

Internationale Studien zeigen, dass „mixed crop-livestock systems“¹⁷ zur Ressourceneffizienz beitragen können. Durch die Nutzung pflanzlicher Nebenprodukte wie Stroh oder Stängel lassen sich Futterressourcen erschließen, die nicht in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung stehen. Gleichzeitig verbessern diese Systeme die Bodenqualität, fördern die Stickstofffixierung und steigern die Biodiversität. Diese Systeme gelten daher als vielversprechender Ansatz zur Produktivitätssteigerung bei gleichzeitiger Flächen- und Emissionsschonung (Resare Sahlin et al. 2024, S. 1162).

Grünland leistet einen wichtigen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung. Eine Metaanalyse von Bai und Cotrufo (2022, S. 606f) zeigt, dass Beweidung im Durchschnitt zwar zu einem Rückgang des organischen Bodenkohlenstoffs führt, die stärksten Verluste aber in den Tropen auftreten. In gemäßigten Regionen wie Österreich kann hingegen moderate Rotationsbeweidung die Kohlenstoffspeicherung fördern, da sie die Wurzelbiomasse und die Stickstoffbindung erhöht. Milazzo et al. (2023, S. 9) betonen, dass klimaangepasste Bewirtschaftung die Stabilität und Resilienz von Graslandsystemen

¹⁷ Systeme, in denen Ackerbau und Tierhaltung kombiniert werden, um pflanzliche Nebenprodukte als Futter und tierische Exkremente als Dünger zu nutzen.

erhöht. In Österreich kann eine angepasste Beweidung somit die Kohlenstoffspeicherung und Bodenfruchtbarkeit sichern, sofern sie standort- und klimabedingt abgestimmt ist.

Auch innerhalb der traditionellen Weidewirtschaft sind Anpassungen erforderlich. Langzeituntersuchungen zeigen, dass steigende Temperaturen zu einem früheren Vegetationsbeginn führen, wodurch die Futterqualität sinkt. Ein früherer Almauftrieb oder die Nutzung höher gelegener Flächen kann diesem Trend entgegenwirken (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 71f). In trockenen Regionen wird zudem ein angepasstes Weidemanagement mit längeren Ruhezeiten, tiefwurzelnden Arten und mob grazing empfohlen. Diese Form der Kurzzeitintensivbeweidung, bei der eine hohe Tierzahl kurzzeitig auf kleiner Fläche weidet, fördert durch den entstehenden Tritt- und Futtereintrag die Bildung einer Mulchschicht, die Humusaufbau, Bodenfeuchte und Erosionsschutz verbessert (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 49ff).

Eine britische Studie von Wagner et al. (2023) bestätigt die positiven Effekte solcher Systeme. Sie zeigt, dass *mob grazing* meist Teil eines umfassenderen, regenerativen Betriebskonzepts ist und schrittweise auf Teilflächen umgesetzt werden kann. Die befragten Landwirt:innen berichteten von ökologischen Vorteilen wie verbesserter Bodenstruktur und Wasserinfiltration sowie ökonomischen Effekten durch geringere Fremdmiteleinsätze bei stabiler Produktivität. Zudem fördert der Ansatz soziale Lernprozesse und betriebliche Innovationsbereitschaft. *Mob grazing* verdeutlicht damit, dass nachhaltige Anpassungsstrategien nicht zwingend top-down über Programme eingeführt werden müssen, sondern erfolgreich aus der landwirtschaftlichen Praxis selbst entstehen können (Wagner et al. 2023, S. 9).

Um Ertragsausfälle infolge von Trockenheit zu mindern, kann die Bewässerung von Grünland in Extremjahren eine kurzfristige Entlastung bieten. Aufgrund hoher Kosten und begrenzter Wasserverfügbarkeit ist sie jedoch keine praktikable flächendeckende Lösung (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, S. 39f). Ergänzend empfehlen Bahn et al. (2023, S. 2), die Artenvielfalt in Grünlandmischungen zu erhöhen, regelmäßige

Nachsaaten zur Erhaltung der Bodenbedeckung durchzuführen und Viehbestand sowie Ertragsleistung standortangepasst aufeinander abzustimmen.

Neben der Nutzung bestehender Flächen wird auch die Renaturierung von Weideflächen als Klimaschutzstrategie diskutiert. Modellierungen zeigen, dass durch die Renaturierung von bereits kohlenstoffreichen Flächen zusätzlich bis zu 125 Gt CO₂ gebunden werden könnten. Dies würde einem Rückgang der globalen Weiderindfleischproduktion um lediglich 13 % entsprechen, was durch eine effizientere Nutzung anderer Standorte kompensiert werden könnte (Hayek et al. 2024, S. 6).

Innovative Ansätze und regionale Instrumente

Ein weiteres Instrument stellen Agroforstsysteme dar, die Bäume und Sträucher mit Ackerbau¹⁸ oder Weidewirtschaft¹⁹ kombinieren. In Österreich befinden sich solche Systeme noch in der Entwicklungsphase, dennoch sind bereits 5,6 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche agroforstlich genutzt, vor allem in Form von silvopastoralen Systemen wie Streuobstweiden. Diese Systeme verändern das Mikroklima, indem sie Beschattung bieten, die Verdunstung reduzieren und die Taubildung erhöhen (Markut und Siegl 2022, S. 6, 8; Markut et al. 2023, S. 4). Schätzungen zufolge könnte eine Umsetzung auf nur 5 % der Ackerfläche bis zu 30 % der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen wieder binden, was einen erheblichen Beitrag zur österreichischen Klimastrategie leisten würde (Markut und Siegl 2022, S. 3; Markut et al. 2023, S. 20)

Vor dem Hintergrund, dass gerade artenreiches extensiv bis mäßig genutztes Grünland sowohl ökologisch als auch landschaftlich und touristisch einen hohen Wert hat, gewinnen regionale Steuerungs- und Förderinstrumente zusätzlich an Bedeutung, um Nutzungsaufgabe, Intensivierung und Flächenumwandlung (Baumgarten et al. 2024, S. 229). In diesem Kontext schlagen Suske (2019, S. 7) und das BMNT (2019, S. 7) eine stärkere Berücksichtigung regionaler Besonderheiten und raumplanerischer Ansätze vor. Vorgeschlagen wird die Entwicklung kleinregionaler Grünlandprogramme, die

¹⁸ Silvoarable Systeme

¹⁹ Silvopastorale Systeme

gemeinsam mit LEADER²⁰-Arbeitsgruppen konzipiert und fachlich begleitet werden können. Solche projektorientierten Maßnahmen sollen biodiversitätsfördernde Investitionen, etwa in Pflegekosten oder den Erhalt alter Nutztierassen, durch höhere Fördersätze unterstützen. Dadurch könnten bestehende Förderinstrumente um regional angepasste Programme ergänzt werden, die ökologische und ökonomische Zielsetzungen besser verbinden.

6.2.3 Gesellschaftliche Verantwortung und Konsumverhalten

Der Konsum tierischer Produkte ist einer der zentralen Treiber ernährungsbedingter THG-Emissionen in Österreich. Tierische Produkte machen rund 23 % des Konsumvolumens der Ernährung aus, verursachen jedoch etwa zwei Drittel der damit verbundenen Emissionen (de Schutter et al. 2015, S. 8). Konsumseitige Ansätze der Klimaschutzpolitik, etwa im Bereich Ernährung, können einen substantiellen Beitrag zur Emissionsreduktion leisten (Meyer und Sinabell 2022, S. 597). Fleisch trägt mit einem Anteil von 43 % am stärksten zu den nahrungsmittelbedingten Emissionen bei, gefolgt von Milchprodukten mit etwa 20 % (de Schutter et al. 2015, S. 5, 35f). Schätzungen zufolge hat der hohe Fleisch- und Milchproduktkonsum seit dem Jahr 1961 zu rund 68 % der ernährungsbedingten Emissionen beigetragen (de Schutter et al. 2015, S. 39). Auch Frey und Bruckner (2021, S. 5) betonen, dass mehr als zwei Drittel der Emissionen mit dem Konsum tierischer Produkte verknüpft sind und daher das größte Mindungspotenzial in einer Veränderung der Konsummuster liegt.

Eine Umstellung auf eine ausgewogene, gesundheitsfördernde Ernährung könnte den Land-Fußabdruck der österreichischen Bevölkerung deutlich verringern und zugleich positive Effekte für die Gesundheit haben. Würde der Konsum stärker auf pflanzliche Lebensmittel wie Getreide und Gemüse ausgerichtet und gleichzeitig der Verzehr von Fleisch und Milchprodukten reduziert, ließe sich der Flächenbedarf um rund 28 % senken (de Schutter und Bruckner 2016, S. 5). Eine stärker pflanzenbasierte Ernährung könnte darüber hinaus große Flächengewinne ermöglichen, da weniger Weide- und

²⁰ Förderprogramm der EU zur Stärkung des ländlichen Raumes und der regionalen Wirtschaft

Ackerflächen für Futtermittel erforderlich wären. Durch eine effizientere Nutzung der bestehenden Flächen, etwa durch produktivere Weidesysteme oder höhere Pflanzenbauerträge, ließe sich mehr Nahrung auf weniger Land erzeugen. Dies wäre zugleich ein entscheidender Beitrag zum Schutz der globalen Biodiversität, da die Lebensmittelproduktion weltweit der wichtigste Treiber des Artenrückgangs ist (Ritchie und Roser 2019).

Modellrechnungen zeigen, dass eine Umstellung auf gesündere oder stärker pflanzenbasierte Ernährungsweisen erhebliche Emissionsminderungen ermöglichen könnte. Eine Ernährung nach den Empfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung würde die ernährungsbedingten Emissionen um etwa 28 % senken, eine ovo-lacto-vegetarische Ernährung²¹ um 48 % und eine vegane Ernährung sogar um bis zu 70 % (Schlatzer und Lindenthal 2022, S. 33). Darüber hinaus könnten mögliche Ertragsrückgänge wegen der Umstellung auf Biolandbau durch einen geringeren Fleischkonsum vollständig kompensiert werden (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 44). Bei der Förderung nachhaltiger Ernährungsweisen spielen öffentliche Einrichtungen wie Kantinen oder Schulküchen durch die bewusste Auswahl regionaler, saisonaler und biologischer Produkte eine wichtige Rolle (BMLRT 2021, S. 18).

Zusätzliche Modellrechnungen auf europäischer Ebene unterstreichen dieses Potenzial. Westhoek et al. (2014, S. 196) zeigen, dass bereits eine Halbierung des Konsums von Fleisch, Milchprodukten und Eiern in der Europäischen Union zu einer Reduktion der THG-Emissionen um 25-40 % sowie zu einer Verringerung der pro Kopf benötigten Ackerfläche für die Lebensmittelproduktion um etwa 23 % führen würde. Folglich können bereits moderate Veränderungen der Konsummuster grundlegende Klima- und Umweltwirkungen entfalten.

Die Reduktion des Fleischkonsums ist eine der wirkungsvollsten Maßnahmen zur Verringerung der ernährungsbedingten Treibhausgasemissionen. Eine Reduktion um ein Fünftel würde bereits ausreichen, um sämtliche Sojafuttermittelimporte durch

²¹ eine vegetarische Ernährungsform, bei der auf Fleisch und Fisch verzichtet wird, der Konsum von Eiern und Milchprodukten jedoch erlaubt ist.

heimischen Anbau zu ersetzen, ohne zusätzliche Flächen zu beanspruchen (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 18). Nach Kappas (2024, S. 229) ist die Begrenzung des Fleischkonsums in Industrieländern der dringendste und effektivste Schritt, um die Ernährungssicherheit zu gewährleisten und natürliche Ressourcen sowie das Klima zu schützen.

Auch aus gesundheitlicher Perspektive bietet eine Ernährungsumstellung Vorteile. Eine Verringerung des Konsums tierischer Produkte zugunsten pflanzlicher Proteinquellen kann Übergewicht vorbeugen und das Risiko ernährungsbedingter Krankheiten senken (de Schutter et al. 2015, S. 8). Laut dem IPCC (2023a, S. 30) können ausgewogene, nachhaltige Ernährungsweisen nicht nur Emissionen reduzieren, sondern gleichzeitig die menschliche Gesundheit, die Biodiversität und die Resilienz von Ernährungssystemen stärken.

Neben individuellen Verhaltensänderungen sind politische Rahmenbedingungen entscheidend, um diese Transformation zu unterstützen. Informationsbasierte Maßnahmen wie Informationskampagnen, transparente Kennzeichnungssysteme und gezielte Verbraucherkommunikation können dazu beitragen, Konsumententscheidungen in Richtung nachhaltiger Ernährungsweisen zu lenken (Frey und Bruckner 2021, S. 36f; Antony et al. 2021, S. 27). Gleichzeitig beeinflussen strukturelle Rahmenbedingungen wie die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) die Wettbewerbsbedingungen unterschiedlicher Produktionssysteme und können nachhaltigere Alternativen entweder fördern oder benachteiligen (Kortleve et al. 2024, S. 290). Für einen integrierten Ansatz sind daher sowohl verhaltensbezogene als auch strukturelle Maßnahmen erforderlich, etwa eine Reduktion des Fleischkonsums, eine Ausweitung des Biolandbaus und gezielte Anpassungen in der Förderpolitik (Lindenthal und Schlatzer 2020, S. 9).

Über diese informations- und strukturbezogenen Ansätze hinaus zeigen aktuelle Studien, dass auch ökonomische Instrumente eine zentrale Rolle bei der Veränderung von Konsummustern spielen können. Finanzielle Anreize gelten als effektiver Ansatz, um bestehende Marktverzerrungen zu korrigieren, da die gesellschaftlichen Kosten von Ernährung, etwa durch Klimawirkungen oder gesundheitliche Folgekosten, bislang

nicht vollständig in den Preisen von Lebensmitteln abgebildet sind (Springmann et al. 2025, S. 161). Springmann et al. (2025) zeigen, dass eine Anpassung der Mehrwertsteuersätze, insbesondere durch eine Erhöhung auf Fleisch- und Milchprodukte bei gleichzeitiger Senkung auf Obst und Gemüse, sowohl ökologische als auch gesundheitliche Vorteile erzielen kann. Während die gesundheitlichen Effekte vor allem durch einen erhöhten Konsum pflanzlicher Lebensmittel entstehen, werden die Umweltwirkungen primär durch eine Reduktion tierischer Produkte erreicht (Springmann et al. 2025, S. 161). Insgesamt können dadurch Emissionsreduktionen von rund 6 % erzielt werden, begleitet von positiven volkswirtschaftlichen Effekten und einer Verringerung ernährungsbedingter Gesundheitskosten (Springmann et al. 2025, S. 165). Die Ergebnisse verdeutlichen, dass differenzierte Preissignale ein wirksames Instrument darstellen können, um Konsummuster in Richtung nachhaltiger Ernährungssysteme zu lenken.

Die zukünftige Entwicklung des Fleisch- und Milchkonsums wird maßgeblich durch Einkommens- und Bevölkerungswachstum in Ländern mit mittleren und niedrigen Einkommen bestimmt. Bis 2034 wird der globale Konsum landwirtschaftlicher Produkte um rund 13 % steigen, wobei nahezu das gesamte Wachstum in diesen Regionen stattfindet (OECD/FAO 2025, S. 13). Mit steigenden Einkommen verschieben sich Ernährungsweisen hin zu einem höheren Anteil tierischer Produkte, insbesondere in bevölkerungsreichen Schwellenländern wie China sowie in Teilen Süd- und Südostasiens, des Nahen Ostens und Nordafrikas. Auch für Indien wird im Zuge der wirtschaftlichen Entwicklung ein zunehmender Konsum tierischer Produkte prognostiziert (OECD/FAO 2025, S. 13, 25). In einkommensstarken Ländern hingegen ist eine weitgehende Sättigung erreicht, sodass sich der Konsum nur geringfügig verändert (OECD/FAO 2025, S. 25).

Seit den 1990er-Jahren ist der Fleischkonsum insbesondere in China stark angestiegen, während er in vielen Industrieländern Europas und in Nordamerika auf hohem Niveau stagniert oder nur leicht rückläufig ist (Ritchie et al. 2017). Parallel dazu verlagert sich auch die Produktion. Während Rinderbestand und Rindfleischproduktion in Europa deutlich zurückgehen, verzeichnen Regionen wie Asien, Afrika und Südamerika

teils starke Zuwächse. Besonders ausgeprägt ist der Anstieg der Rindfleischproduktion, ausgehend von einem niedrigeren Niveau, seit dem Jahr 1990 in Asien (+219 %) sowie in Südamerika (+77 %) (Ritchie et al. 2017).

Sowohl Konsum- als auch Produktionsentwicklungen werden zunehmend durch wachstumsstarke Regionen wie China, Indien, Südostasien sowie Teile Afrikas und Lateinamerikas geprägt, während Industrieländer eine eher stagnierende Rolle einnehmen. Nationale Maßnahmen zur Reduktion des Konsums tierischer Produkte sind zwar klimapolitisch relevant, ihre globale Wirkung hängt jedoch maßgeblich davon ab, wie sich Konsummuster in diesen bevölkerungsreichen Wachstumsregionen entwickeln. Gleichzeitig kommt Industrieländern aufgrund ihres historisch hohen Konsumniveaus eine besondere Vorbildfunktion zu, da sie sowohl die strukturellen Voraussetzungen als auch den politischen Handlungsspielraum für eine Transformation der Ernährungssysteme besitzen.

Laut Spengler (2020, S. 5) wäre eine vollständige Abkehr von tierischen Produkten wäre nicht sinnvoll. Wiederkäuer können Graslandflächen nutzen, die für den direkten Anbau von Nahrungsmitteln nicht geeignet sind, und damit einen wichtigen Beitrag zur globalen Ernährungssicherung leisten. Modellrechnungen des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau (FiBL) zeigen, dass eine angepasste Grünlandnutzung kombiniert mit dem Verzicht auf die Verfütterung von Ackerfrüchten eine weltweite Ernährungssicherung bis 2050 ermöglichen und gleichzeitig zentrale Umweltparameter verbessern könnte, sofern Lebensmittelverschwendung reduziert und der Konsum tierischer Produkte auf etwa ein Drittel des heutigen Niveaus gesenkt wird (Spengler 2020, S. 5f).

6.2.4 Chancen, Trade-offs und Grenzen

Pauschale Empfehlungen zur Flächennutzung sind nicht zielführend, weil die Klimawirkungen von Weidenutzung und Wiederbewaldung je nach Standortbedingungen und Bewirtschaftungsintensität deutlich variieren. Alpine Weiden in Österreich wirken überwiegend als Netto-THG-Senken. Eine Wiederbewaldung erhöht zwar die Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse, kann jedoch durch die verringerte Albedo den

positiven Klimaeffekt teilweise aufheben (APCC 2024a, S. 35). Ein pauschales „Wald statt Weide“ greift deshalb zu kurz.

Wiederkäuer werden in der Klimadebatte häufig wegen enterischer Methanemissionen kritisiert. Für die Berglandwirtschaft ist diese Bewertung jedoch zu relativieren, weil eine Aufgabe der Viehwirtschaft nicht automatisch zu einer CO₂-Senke führt. Spengler (2020, S. 2f) weist darauf hin, dass sich bei Nutzungsaufgabe in alpinen Regionen Grünerlenbestände ausbreiten können, die durch Stickstoffbindung und nachfolgende mikrobielle Prozesse relevante N₂O-Emissionen verursachen. Angepasste Beweidung kann die Etablierung solcher Pioniergehölze begrenzen und ist damit auch aus klimapolitischer Sicht als Standortmanagement zu bewerten.

Historisch ist außerdem zu berücksichtigen, dass Rinderzucht seit Jahrtausenden Teil menschlicher Ernährungssysteme ist (Dachler 2023, S. 297). Die heutigen klimapolitischen Herausforderungen entstehen daher nicht allein durch die Existenz von Tierhaltung, sondern vor allem durch ihre Einbettung in intensivisierte, fossil gestützte und globalisierte Produktionssysteme. Klimapolitisch relevant werden Emissionen insbesondere dort, wo hohe Tierbestände, importierte Futtermittel, externe Energieinputs und entkoppelte Stoffkreisläufe zusammenwirken. Die heutige Klimawirkung ist damit weniger auf die Tierhaltung an sich als auf ihre strukturelle Gestaltung im modernen Agrarsystem zurückzuführen.

Methanemissionen sind kein ausschließliches Problem der Rinderhaltung, sondern treten in verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionssystemen auf. Neben Wiederkäuern stellt insbesondere der Reisanbau eine global bedeutende Quelle dar und trägt mit etwa 10-12 % zu den weltweiten Methanemissionen bei. Gleichzeitig zeigt die Entwicklung im Reisanbau, dass durch angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen substanzielle Emissionsreduktionen möglich sind (Xuan et al. 2025, S. 20242). Ergänzend dazu spielen ökonomische und politische Instrumente eine zentrale Rolle: Finanzielle Mechanismen wie CO₂-Zertifikate, Programme im Rahmen des Clean Development Mechanism (CDM) oder Zertifizierungssysteme wie die Sustainable Rice Platform (SRP) schaffen gezielte Anreize für Landwirt:innen, emissionsarme

Produktionsmethoden umzusetzen. Dadurch werden Anpassungen im Wasser-, Nährstoff- und Bodenmanagement verstärkt umgesetzt und die Effizienz der Methanreduktion verbessert (Xuan et al. 2025, S. 20232).

Diese Entwicklungen verdeutlichen, dass Methanemissionen nicht ausschließlich sektorspezifisch zu betrachten sind, sondern als systemisches Phänomen landwirtschaftlicher Produktionsprozesse verstanden werden müssen. Gleichzeitig zeigen sie, dass sowohl technische als auch ökonomische Rahmenbedingungen entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung von Minderungsmaßnahmen sind.

Neben technischen Lösungen braucht es in der Rinderhaltung laut Kirchner et al. (2021, S. 35) auch Veränderungen beim Konsum. In Ländern mit hohem Pro-Kopf-Konsum (z. B. Österreich) ist eine drastische Reduktion des Fleischkonsums erforderlich, da Rindfleisch durchschnittlich das Lebensmittel mit dem höchsten Carbon Footprint (CFP) ist. Das bedeutet jedoch nicht, dass Rinderhaltung pauschal abgeschafft werden muss, insbesondere nicht in alpinen Grünlandregionen, in denen Beweidung auch klimaschutzrelevante Funktionen der Flächenoffenhaltung übernehmen kann (Spengler 2020, S. 2f). In einer ganzheitlichen Bewertung sind auch positive Wirkungen zu berücksichtigen, zum Beispiel als Beitrag zur regionalen Wertschöpfung, zur Verwertung für Menschen nicht verdaubarer Biomasse mit Proteinerzeugung sowie die Effekte extensiver Weidesysteme auf Biodiversität und Kulturlandschaft.

Technische Minderungsoptionen sind mit Trade-offs verbunden und dürfen nicht isoliert betrachtet werden. Eine höhere Kraftfutterquote senkt enterisches CH_4 , erhöht aber vorgelagerte Emissionen aus Futtermittelproduktion. Der Wechsel von Gülle- zu Festmistmanagement reduziert das bei der Lagerung entstehende CH_4 , aber kann Ammoniak- und nachgelagert N_2O -Emissionen erhöhen, wenn das Stickstoff-Management nicht angepasst wird. Das realistische technische Einsparpotenzial liegt, je nach Standort und System, bei etwa 15-19 %. Die Wechselwirkungen zwischen Tierhaltung, Futterbau und Landnutzung sind allerdings entscheidend (Kirchner et al. 2021, S. 37f). Die dargestellten Zielkonflikte lassen sich dabei grob in produktionsbezogene, tierwohlbezogene, landnutzungsbezogene und globale Trade-offs gliedern.

Ein besonders deutlicher Zielkonflikt zeigt sich bei der Trennung von Kalb und Kuh in der Milchviehhaltung. Die in der Praxis übliche frühe Trennung am ersten oder zweiten Lebenstag dient vor allem dazu, die Kühe regulär melken und die Milch vermarkten zu können. Gleichzeitig verhindert dieses Vorgehen die Ausbildung einer natürlichen Mutter-Kalb-Beziehung (Spengler Neff et al. 2023, S. 2). Systeme der mutter- oder ammengebundenen Kälberaufzucht ermöglichen demgegenüber ein artgemäßeres Verhalten, eine intensivere soziale Bindung sowie Vorteile für die Kälbergesundheit und das Sozialverhalten. Zugleich sind sie mit deutlichen betrieblichen und ökonomischen Herausforderungen verbunden. Dazu zählen ein höherer Beobachtungs- und Managementaufwand, notwendige Anpassungen im Stallbau, eine oftmals geringere verkaufte Milchmenge, erschwerte Milchkontrollen sowie Einschränkungen im Melkablauf (Spengler Neff et al. 2023, S. 8ff). Hinzu kommt, dass auch alternative Systeme nicht frei von Zielkonflikten sind, da abruptes oder schlecht gestaltetes Absetzen mit erheblichem Stress für Mutter und Kalb verbunden sein kann (Spengler Neff et al. 2023, S. 5, 7). Die Diskussion um frühe Trennung ist daher nicht nur eine Tierwohlfrage, sondern zugleich eine Frage von Arbeitsorganisation, Stallstruktur, Vermarktung und Produktionseffizienz.

In Bezug auf Emissionsminderungs- und Anpassungsmaßnahmen zeigt sich, dass in der Milchproduktion nicht ein einzelner Hebel die große Wirkung erzielt, sondern dass mehrere Hebel kombiniert werden müssen. Auf betrieblicher Ebene reichen diese von Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Remontierungsmanagement über Fütterungsstrategien und die Nutzung regionaler Eiweißquellen bis hin zu technischen und organisatorischen Maßnahmen im Wirtschaftsdüngermanagement. Hörtenhuber et al. (2010) verweisen insbesondere auf eine Verbesserung der Grundfutterqualität und eine höhere Energiedichte im Grundfutter, den Einsatz regionaler Eiweißquellen anstelle importierter Sojaprodukte aus Regionen mit Landnutzungsänderungen sowie auf Optimierungen im Wirtschaftsdüngermanagement, etwa durch den Wechsel von Gülle- zu Festmist- oder Einstreusystemen oder die Vergärung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen. Darüber hinaus können weidebasierte Systeme Emissionen reduzieren, sofern Weideanteil und Management an die Standortbedingungen angepasst sind. Ein weiterer zentraler Hebel liegt in der Erhöhung der Lebensleistung bei gleichbleibender

Laktationszahl, da sich die Emissionen der Aufzuchtphase dadurch auf mehr erzeugte Milch verteilen (Hörtenhuber et al. 2010, S. 7ff).

Darüber hinaus hat das Kapitel gezeigt, dass Klimaschutz und Anpassung auch über Landnutzung und Grünlandbewirtschaftung entschieden werden. Weideintensität, Tragfähigkeit, Almmanagement sowie Maßnahmen zur Stabilisierung von Bodenstruktur, Wasserhaushalt und Kohlenstoffspeicherung sind zentrale Stellgrößen, deren Wirkung standort- und systemabhängig ist und die Zielkonflikte auslösen können (APCC 2024b, S. 15, 2024a, S. 35). Ebenso wurde deutlich, dass die betriebliche Ebene allein nicht ausreicht: Konsumseitige Veränderungen und geeignete politische Rahmenbedingungen beeinflussen, ob Minderungsstrategien tatsächlich umgesetzt werden und ob Emissionsreduktionen im Inland nicht durch Verlagerungseffekte kompensiert werden (Kirchner et al. 2021, S. 35; Frey und Bruckner 2021, S. 36f; Kortleve et al. 2024, S. 290). Diese Kapitel zeigt, dass weder technische Einzelmaßnahmen noch pauschale Forderungen nach Produktionsreduktion ausreichen, um die Klimawirkung der Milchviehhaltung angemessen zu bewerten. Entscheidend ist vielmehr, Zielkonflikte zwischen Emissionsminderung, Tierwohl, Flächennutzung, wirtschaftlicher Tragfähigkeit und globalen Verlagerungseffekten im Systemzusammenhang zu berücksichtigen.

6.2.5 Abschätzung des Minderungspotenzials in Österreich

Vor dem Hintergrund der dargestellten Minderungsmaßnahmen und Zielkonflikte stellt sich die Frage, welche Emissionsreduktionen in der österreichischen Rinderhaltung unter der Annahme einer langfristig weitgehend konstanten Milch- und Fleischproduktion realistisch erreichbar erscheinen. Zur Einordnung ist zunächst ein Vergleich mit nationalen Emissionsprojektionen erforderlich. Im Bericht des Umweltbundesamtes zu *Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion in der Landwirtschaft zur Erreichung der Ziele des Klimaschutzgesetzes* von Anderl et al. (2023) werden für die Landwirtschaft Emissionsentwicklungen bis 2050 in vier Szenarien: WEM (*with existing measures*), WAM^{vorgl} (*with additional measures, vorläufig*), WAM+ und WAM++ beschrieben (Anderl et al. 2023, S. 8).

Im Zeitraum 2005-2040 ergeben sich für den Sektor Landwirtschaft laut Anderl et al. (2023, S. 9) Emissionsreduktionen von 9,2 % im WEM, 18 % im WAM^{vort}, 26 % im WAM+ und 41 % im WAM++-Szenario. Erwartungsgemäß sind die Abnahmen im WEM-Szenario am geringsten und im WAM++-Szenario am größten. Die ambitionierten Minderungen im WAM+ und insbesondere im WAM++-Szenario beruhen jedoch nicht ausschließlich auf Effizienzsteigerungen, sondern auch auf strukturellen Anpassungen der Produktionskapazitäten. Im WAM++-Szenario wird eine Verringerung der Stallplatzkapazitäten um 30 % gegenüber dem Referenzniveau angenommen. Diese Annahme führt zu einer strukturellen Begrenzung der Tierbestände und ist mit einer unterstellten stärkeren Nachfragereduktion nach tierischen Produkten begründet (Anderl et al. 2023, S. 33-34).

Der Rinderbestand zeigt in allen Szenarien abnehmende Trends. Im WAM++-Szenario verringert sich der Rinderbestand zwischen 2021 und 2030 um 33 % und bis 2040 um 36 % (Anderl et al. 2023, S. 62). Gleichzeitig wird in allen Szenarien ein kontinuierlicher Anstieg der Milchleistung pro Kuh angenommen (+11 % von 2021 bis 2030, +21 % bis 2040) (Anderl et al. 2023, S. 62). Methan aus der enterogenen Fermentation stellt den Hauptverursacher der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen dar, wobei der Rinderbestand in Kombination mit steigenden Milchleistungen als zentraler Treiber der Emissionsentwicklung identifiziert wird (Anderl et al. 2023, S. 65).

Unter der Annahme einer weitgehend konstanten Milch- und Fleischproduktion erscheinen Reduktionsraten im Ausmaß des WAM++-Szenarios nur bedingt realistisch, da sie maßgeblich mit sinkenden Tierbeständen verknüpft sind. Werden hingegen primär Effizienzmaßnahmen innerhalb bestehender Produktionssysteme betrachtet, ergeben sich deutlich geringere Minderungspotenziale.

Die Addition der nationalen Minderungswirkungen der in Tabelle 4 (S. 84) dargestellten Maßnahmen nach Fritz et al. (2022) ergeben ein rechnerisches Potenzial von rund 421 kt CO₂e pro Jahr im Zeitraum 2030-2040. Dabei handelt es sich um die gesamtösterreichische Minderungswirkung der ausgewiesenen Maßnahmen, die inhaltlich jedoch überwiegend auf Veränderungen in der Rinderhaltung und der

Grünlandbewirtschaftung beruhen. Dazu zählen insbesondere der Erhalt von Dauergrünland, die Verbesserung von Grundfutterqualität und Fütterungsmanagement, eine standortangepasste Milchleistung, eine bessere Tiergesundheit und längere Nutzungsdauer, ein höherer Weideanteil, Maßnahmen zur direkten Reduktion der Methanbildung im Pansen sowie teilweise auch Bestandsverlagerungen. Konkrete Einzelpotenziale entfallen dabei etwa auf die Verbesserung von Tiergesundheit und Nutzungsdauer mit rund 115 kt CO₂e pro Jahr, auf Maßnahmen zur direkten Reduktion der Methanbildung im Pansen mit rund 90 kt CO₂e pro Jahr sowie auf die Optimierung von Grundfutterqualität und Grundfuttermenge am Standort mit rund 76 kt CO₂e pro Jahr. 421 kt CO₂e pro Jahr stellen jedoch kein vollständig realisierbares Maximum dar, sondern eine theoretische Größenordnung, da sich einzelne Maßnahmen überschneiden und nicht vollständig additiv wirken. Bezogen auf die landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen des Jahres 2023 in Höhe von 7.477 kt CO₂e (11 % der nationalen Gesamtemissionen) (Umweltbundesamt 2025a, S. 100) entspräche dieses Maßnahmenbündel rund 5-6 % der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen. Bereits diese Einordnung zeigt, dass betriebliche und managementbezogene Maßnahmen ein relevantes, aber begrenztes nationales Minderungspotenzial aufweisen.

Auf Basis der dargestellten Maßnahmen und Szenarien erscheint ein Minderungspotenzial von etwa 5-10 % der landwirtschaftlichen Emissionen bei gleichbleibender Produktionsmenge als plausible Größenordnung. Diese Abschätzung stützt sich einerseits auf das rechnerische Maßnahmenpotenzial von 421 kt CO₂e, das rund 5-6 % der landwirtschaftlichen Emissionen des Jahres 2023 entspricht, und andererseits auf die Annahme, dass bei weitgehend konstanter Milch- und Fleischproduktion zusätzliche Minderungen nur durch die breite Umsetzung mehrerer Effizienz- und Managementmaßnahmen erreichbar sind, nicht jedoch durch jene strukturellen Bestandsrückgänge, die den ambitionierten Szenarien zugrunde liegen.

Deutlich höhere Reduktionsraten würden strukturelle Anpassungen der Tierbestände oder substanzielle Veränderungen der Nachfrage nach tierischen Produkten voraussetzen. Die folgende bewusst vereinfachte Szenarioabschätzung dient daher dazu, die Größenordnung möglicher konsumseitiger Effekte näherungsweise zu

veranschaulichen: Betragen die gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen im Jahr 2023 ohne LULUCF 68,7 Mt CO₂e (Umweltbundesamt 2025a, S. 91) und entfielen davon 5,9 % auf Methan-Emissionen aus dem Verdauungstrakt von Rindern (Umweltbundesamt 2025b, S. 204), ergibt sich für diesen Emissionsblock eine Größenordnung von rund 4,05 Mt CO₂e. Würde der Konsum von Produkten aus der Rinderhaltung langfristig um die Hälfte sinken und sich dies näherungsweise in einer entsprechenden Reduktion der rinderbezogenen Produktion niederschlagen, entspräche dies rechnerisch einer Emissionsminderung von rund 2,03 Mt CO₂e. Bezogen auf die landwirtschaftlichen Emissionen des Jahres 2023 in Höhe von 7.477 kt CO₂e entspräche dies etwa 27 % der landwirtschaftlichen Emissionen. Diese Abschätzung ist jedoch nicht als Prognose, sondern lediglich als überschlägige Orientierung zu verstehen, da Marktreaktionen, Import- und Exporteffekte sowie Veränderungen in Produktionsstruktur und Fütterung unberücksichtigt bleiben.

Die Szenarien verdeutlichen zudem die starke Abhängigkeit der Emissionsentwicklung von Aktivitätsdaten wie Tierbeständen, Milchleistung und Düngemengen sowie von der Implementierung emissionsmindernder Maßnahmen in Fütterung, Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement (Anderl et al. 2023, 9f). Maßnahmen im Bereich der Fütterung, insbesondere der Einsatz phytogener und synthetischer Futterzusatzstoffe, weisen ein relevantes technisches Potenzial zur Reduktion der enterogenen Methanemissionen auf, wobei deren tatsächliche Wirkung über den gesamten Lebenszyklus noch mit Unsicherheiten behaftet ist (Anderl et al. 2023, S. 10, 143).

Aufgrund der enterischen Methanbildung ist eine vollständige Dekarbonisierung des Agrarsektors, insbesondere der Rinderhaltung, nach heutigem Stand nicht absehbar. Auch bei konsequenter Umsetzung von Effizienz- und Minderungsmaßnahmen verbleiben systembedingte Restemissionen, die nicht vollständig vermieden werden können. Klimaneutralität in der Rinderhaltung bedeutet daher nicht zwingend vollständige Emissionsfreiheit, sondern erfordert den Ausgleich verbleibender Emissionen durch zusätzliche Kohlenstoffsenken oder stärkere Emissionsreduktionen in anderen Sektoren.

6.3 Best-Practice-Beispiele

Die Anpassung an den Klimawandel erfordert betriebliche Strategien, die ökologische Resilienz, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Verantwortung verbinden. Praxisbeispiele aus Österreich zeigen, dass angepasste Bewirtschaftungssysteme nicht nur die Umweltbelastung senken, sondern auch zur Stabilität bäuerlicher Betriebe beitragen können.

Der Mühlbergerhof in Grein (Oberösterreich) zeigt, wie durch extensive Weidehaltung und naturnahe Bewirtschaftung ein landwirtschaftlicher Betrieb zu einem Hotspot der Artenvielfalt werden kann. Hier wird auf schottische Hochlandrinder gesetzt, die robust, genügsam und für ganzjährige Freilandhaltung geeignet sind. Durch gezielte Flächenpflege, den Erhalt alter Obstsorten und den Verzicht auf Intensivierung konnte auf rund 12 ha Grünland über 1.300 Insektenarten nachgewiesen werden, darunter zahlreiche gefährdete Arten (Vo-Papis 2017). Die extensive Beweidung fördert den Strukturreichtum der Flächen, stabilisiert die Bodenfruchtbarkeit und stärkt die ökologische Resilienz gegenüber Witterungsextremen. Trotz geringerer Produktionsintensität ist der Betrieb durch Eigenvermarktung und Kooperationen mit Naturschutzorganisationen wirtschaftlich tragfähig. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass Biodiversität und Bewirtschaftung in Einklang gebracht werden können, wenn betriebliche Entscheidungen langfristig und standortangepasst getroffen werden.

Der Bio-Betrieb Gruber in St. Lambrecht (Steiermark) steht für eine erfolgreiche Umsetzung einer ressourcenschonenden Weidestrategie. Der Betrieb nutzt Kurzrasenweiden, verzichtet weitgehend auf Kraftfutter und setzt auf Kühe mit moderater Milchleistung. Mit etwa 6.000 kg Milch pro Kuh und Jahr, überwiegend aus Grundfutter, erreicht der Betrieb ein hohes Maß an Futterautarkie und niedrige Produktionskosten. Die Umstellung auf das Weidesystem wurde mit baulichen Anpassungen und Maschinenkooperationen flankiert und führte zu einer positiven wirtschaftlichen Bilanz (Neumann 2024). Das Beispiel zeigt, dass Low-Input-Systeme bei standortangepasster Umsetzung sowohl ökologisch als auch ökonomisch tragfähig sind.

Die Milchmarke *Reine Lungau* (Salzburg) gilt als Vorzeigeprojekt einer regionalen, klimafreundlichen Milchproduktion. In Kooperation mit der *SalzburgMilch* erzeugen 54 biologisch wirtschaftende Betriebe im Biosphärenpark Lungau Milch auf rund 1.100 m Seehöhe. Die Tiere weiden überwiegend auf artenreichen Alm- und Talflächen, erhalten ausschließlich betriebseigenes Futter und nur geringe Mengen Getreide. Mit Leistungen von unter 5.000 kg Milch pro Kuh und Jahr wird bewusst auf Effizienz durch Ressourcenschonung gesetzt. Die lange Lebensdauer der Tiere, die regionale Futtergrundlage und die faire Preisgestaltung schaffen ökologische wie soziale Mehrwerte. Modellrechnungen zeigen, dass dieses Produktionssystem zu den ökoeffizientesten Milchsystemen Österreichs zählt (Guggenberger et al. 2022).

Agroforstsysteme eröffnen zusätzliche Perspektiven für klimaangepasste Milchviehhaltung. Sie kombinieren Weidewirtschaft mit Baum- und Strauchpflanzungen und schaffen so Mikroklimata, die Hitzeextreme abmildern und die Bodenfeuchtigkeit erhalten. In Österreich befinden sich agroforstliche Systeme noch in der Entwicklungsphase, einzelne Betriebe erproben sie jedoch bereits erfolgreich. Ein Biobetrieb im Bezirk Perg (Oberösterreich) pflanzte Baumreihen aus Nuss, Linde, Ulme, Ahorn und Elsbeere auf 45 ha Fläche. Die Bäume dienen als Schattenspender, verbessern das Mikroklima und fördern die Wasserhaltefähigkeit der Böden (Markut et al. 2023, S. 9). Solche silvopastoralen Systeme steigern nicht nur das Tierwohl, sondern leisten auch einen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung und zur landschaftlichen Vielfalt.

Diese Praxisbeispiele verdeutlichen, dass erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel vor allem durch eine konsequente Orientierung an ökologischen Kreisläufen und regionalen Ressourcen gelingt. Ob durch extensive Beweidung, Futterautarkie oder die Integration von Gehölzen, in allen Fällen zeigt sich, dass ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit keine Gegensätze darstellen, sondern sich gegenseitig verstärken können.

7 Fazit

7.1 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

Diese Arbeit ging der Frage nach, wie die österreichische Milchwirtschaft ihre Treibhausgasbilanz verbessern und zugleich einen nachhaltigen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise leisten kann. Ausgangspunkt war die Feststellung, dass die Milchviehhaltung in Österreich in einem Spannungsfeld zwischen Klimaschutz, Ernährungssicherung, Biodiversität, Tierwohl und regionaler Wertschöpfung steht. Zwischen romantisierten Bildern bäuerlicher Tradition und Schlagzeilen über die „Klimasünderin Kuh“ spannt sich ein breites Spektrum gesellschaftlicher Deutungen. Die öffentliche Debatte um die „Klimasünderin Kuh“ greift dabei zwar reale Probleme wie Methanemissionen, Flächenverbrauch, Ressourcenverbrauch und Tierwohl auf, neigt jedoch häufig zu Vereinfachungen. Die Milchkuh kann jedoch nicht isoliert als Ursache der Klimaproblematik verstanden werden. Entscheidend ist vielmehr, in welchem Produktionssystem sie gehalten wird, wie die Fütterung organisiert ist, welche Flächen genutzt werden und wie politische Rahmenbedingungen sowie gesellschaftliche Konsummuster auf diese Systeme einwirken. Gleichzeitig wurde sichtbar, dass die Milchviehhaltung nicht nur eine relevante Emittentin von Treibhausgasen ist, sondern selbst in hohem Maß von den Folgen der Klimakrise betroffen ist, etwa durch Hitzestress, veränderte Futterverfügbarkeit, Trockenperioden und standortabhängige Anpassungszwänge.

Die erste Unterforschungsfrage zielte darauf ab, zu klären, welche positiven und negativen Auswirkungen verschiedene Haltungs- und Fütterungssysteme von Milchkühen in Bezug auf Treibhausgasemissionen, Nachhaltigkeit und Biodiversität haben. Die Analyse zeigt, dass sich hierzu klare Tendenzen ableiten lassen. Besonders günstig erscheinen unter österreichischen Bedingungen standortangepasste, grünlandbasierte Systeme mit hoher Grundfutterqualität, guter Tiergesundheit und längerer Nutzungsdauer, weil sie Emissionsminderung, geringeren Remontierungsbedarf und eine bessere Nutzung betrieblicher Ressourcen verbinden können. Auch die Nutzung von Zweinutzungsrassen kann in diesem Zusammenhang ein relevanter Ansatz sein, weil

sie die starke Trennung von Milch- und Fleischproduktion abschwächen und damit zu einer ausgewogeneren Nutzung tierischer Leistungen beitragen können.

Kritischer zu bewerten sind hingegen Systeme, die stark auf externe Betriebsmittel, hohe Kraftfutteranteile, importierte Futtermittel und entkoppelte Stoffkreisläufe angewiesen sind. Dennoch entscheidet letztlich der jeweilige Systemzusammenhang darüber, ob diese Vorteile tatsächlich wirksam werden oder durch andere Belastungen relativiert werden. Die Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung ist nicht allein von der Höhe der Milchleistung abhängig, sondern vom Zusammenspiel von Haltungsform, Fütterungsintensität, Zukauf von Betriebsmitteln sowie Tiergesundheit und Nutzungsdauer. Produktbezogene Kennzahlen können irreführend sein, wenn vorgelagerte Emissionen, zusätzliche Inputs oder Zielkonflikte mit Tierwohl und Standortanpassung unberücksichtigt bleiben. Damit wird deutlich, dass weder intensive noch extensive Systeme automatisch nachhaltig sind. Ausschlaggebend ist vielmehr, wie gut ein System an Standort, Flächenbasis und Management angepasst ist.

Als besonders relevant erwies sich die Rolle des Dauergrünlands. Die österreichische Milchviehhaltung verfügt dort über einen strukturellen Vorteil, wo Wiederkäuer Grasland nutzen, das für den direkten Ackerbau kaum oder gar nicht geeignet ist. Dies gilt insbesondere für Berggebiete, benachteiligte Standorte und extensive Almwirtschaft. Gleichzeitig dürfen die positiven Wirkungen auf Biodiversität, Bodenfunktionen, Wasserhaushalt und Kulturlandschaft nicht pauschal verallgemeinert werden, da sie stark von Nutzungsintensität, Besatzdichte und regionalen Bedingungen abhängen.

Im Bereich der Fütterung zeigte sich, dass Emissionsminderung nicht einfach mit Leistungssteigerung gleichgesetzt werden kann. Ein höherer Kraftfutteranteil kann zwar die Emissionen je Kilogramm Milch senken, erhöht jedoch häufig ökologische und ökonomische Folgekosten, etwa durch stärkere externe Abhängigkeiten, vorgelagerte Emissionen und Flächenkonkurrenz mit der menschlichen Ernährung. Entscheidend sind daher nicht maximale Leistung, sondern Systemeffizienz und Standortpassung.

Die zweite Unterforschungsfrage zielte darauf ab, wie die Milchviehhaltung in Österreich nachhaltig gestaltet werden kann, um ihre negativen Umweltauswirkungen zu

verringern. Die Analyse zeigt, dass dafür eine Kombination aus betrieblicher Optimierung, standortangepasster Landnutzung, politischen Anreizen und Veränderungen im Konsum erforderlich ist. Besonders geeignet erscheinen Maßnahmen, die ökologische und ökonomische Vorteile verbinden, etwa eine längere Nutzungsdauer, eine bessere Grundfutterqualität, eine standortangepasste Weideführung sowie Verbesserungen im Nährstoff- und Wirtschaftsdüngermanagement. Gleichzeitig wird deutlich, dass nachhaltige Milchviehhaltung nicht allein durch technische Effizienzsteigerungen erreicht werden kann, sondern nur dann, wenn auch Biodiversität, Tierwohl, Flächennutzung und gesellschaftliche Rahmenbedingungen mitberücksichtigt werden. Die Abschätzung des Minderungspotenzials zeigt zudem, dass die Emissionsreduktion unter der Annahme einer weitgehend konstanten Milch- und Fleischproduktion begrenzt bleibt. Das rechnerische Maßnahmenpotenzial von 421 kt CO₂e pro Jahr setzt sich aus mehreren Einzelmaßnahmen zusammen. Besonders hohe Beiträge entfallen dabei auf die Verbesserung von Tiergesundheit und Nutzungsdauer mit rund 115 kt CO₂e pro Jahr, auf Maßnahmen zur direkten Reduktion der Methanbildung im Pansen mit rund 90 kt CO₂e pro Jahr sowie auf die Optimierung von Grundfutterqualität und Grundfuttermenge am Standort mit rund 76 kt CO₂e pro Jahr. Insgesamt entspricht dieses Maßnahmenbündel rund 5-6 % der landwirtschaftlichen Emissionen des Jahres 2023. Vor diesem Hintergrund erscheint ein Minderungsbeitrag in der Größenordnung von etwa 5-10 % der landwirtschaftlichen Emissionen als plausible Abschätzung, während deutlich höhere Reduktionsraten in der Regel strukturelle Veränderungen der Tierbestände oder substanzielle Veränderungen der Nachfrage nach tierischen Produkten voraussetzen.

Zugleich wurde deutlich, dass die Handlungsmöglichkeiten der Betriebe wesentlich durch politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen mitbestimmt werden. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Ausgestaltung der GAP und des ÖPUL, weil sie über Förderanreize mitentscheiden, ob etwa Weidehaltung, Grünlanderhalt, tiergerechtere Haltungsformen, Biolandbau oder biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung wirtschaftlich tragfähig sind. Ebenso beeinflussen Preisstrukturen, Vermarktungsbedingungen, Verbraucherkommunikation und Kennzeichnungssysteme, welche Produktionsweisen sich am Markt durchsetzen. Auch die Nachfrage nach

tierischen Produkten bleibt ein zentraler Faktor. Nationale Maßnahmen zur Reduktion des Konsums tierischer Produkte sind deshalb klimapolitisch relevant, auch wenn ihre globale Wirkung von internationalen Entwicklungen abhängt. Die Transformation der Milchwirtschaft entscheidet sich daher nicht nur auf Betriebsebene, sondern ebenso in Förderpolitik, Marktstrukturen und Konsummustern.

Die österreichische Milchwirtschaft kann ihre Treibhausgasbilanz vor allem dann verbessern und zugleich einen nachhaltigen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise leisten, wenn die Potenziale der Standorte konsequenter genutzt, externe Abhängigkeiten reduziert und Klimaschutz nicht isoliert, sondern als Teil einer umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie verstanden werden. Dazu gehören emissionsärmere und standortangepasste Produktionsweisen ebenso wie der Erhalt von Grünland, die Förderung von Biodiversität, die Berücksichtigung von Tierwohl sowie die Einbettung betrieblicher Maßnahmen in geeignete politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen. Gleichzeitig stellt sich heraus, dass die Minderungspotenziale bei weitgehend konstanter Produktionsmenge begrenzt bleiben und deutlich höhere Reduktionsraten in der Regel strukturelle Veränderungen der Tierbestände oder substantielle Veränderungen der Nachfrage nach tierischen Produkten voraussetzen.

7.2 Die Kuh als Klimasünderin?

Der Untertitel dieser Arbeit, „Die Kuh als Klimasünderin?“, lässt sich weder mit einem einfachen Ja noch mit einem einfachen Nein beantworten. Die Kuh ist im Hinblick auf ihre Klimawirkung nicht unschuldig, denn Wiederkäuer verursachen über die enterische Fermentation relevante Methanemissionen und tragen damit zur Erderwärmung bei. Ebenso wäre es jedoch verkürzt, die Kuh selbst zur Hauptverantwortlichen zu erklären. Entscheidend ist nicht das Tier an sich, sondern die Art und Weise, wie Menschen das jeweilige Produktionssystem gestalten.

Damit verschiebt sich der Blick von der symbolischen Zuschreibung zur konkreten Systemfrage. Von zentraler Bedeutung ist dabei insbesondere die Fütterung. Wird die Kuh vorwiegend mit Raufutter gefüttert und auf Grünland gehalten, verwertet sie Biomasse und Flächen, die für die direkte menschliche Ernährung kaum geeignet sind. Steigt

dagegen der Anteil an Kraftfutter aus Getreide, Mais oder Soja, gerät sie stärker in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung. Zugleich nehmen vorgelagerte Emissionen aus Anbau, Düngung, Verarbeitung und Transport dieser Futtermittel zu. Die klimapolitische Problematik liegt daher nicht in der Kuh selbst, sondern in den von Menschen geschaffenen Produktions- und Fütterungssystemen.

Eine pauschale Zuschreibung blendet zudem aus, dass Wiederkäuer in bestimmten Produktionssystemen nicht für den Ackerbau geeignetes Grünland für die Nahrungsmittelproduktion nutzbar machen, Kulturlandschaften offenhalten und unter geeigneten Bedingungen auch Beiträge zu Biodiversität, regionaler Wertschöpfung und zum Erhalt touristisch bedeutender Almlandschaften leisten können. Gerade in alpinen Regionen ist dies von Bedeutung, weil eine Aufgabe der Beweidung langfristig zur Verbuschung bis hin zur Verwaldung von Almen beitragen und damit das charakteristische österreichische Landschaftsbild deutlich verändern könnte.

Die Frage, ob die Kuh eine Klimasünderin ist, führt damit letztlich zu einer grundsätzlicheren Frage: Unter welchen Bedingungen ist Milchviehhaltung ökologisch vertretbar, und ab wann werden ihre negativen Wirkungen dominant? Diese Grenze verläuft nicht abstrakt an der Existenz des Tieres, sondern an der konkreten Ausgestaltung des Systems. Nicht die Kuh allein ist das Problem, sondern eine Form der Tierhaltung, die hohe Tierbestände, externe Betriebsmittel, importierte Futtermittel und entkoppelte Stoffkreisläufe miteinander verbindet. Entscheidend ist daher nicht die symbolische Zuschreibung, sondern die konkrete Ausgestaltung des Produktionssystems.

7.3 Ausblick

Für die österreichische Milchwirtschaft ergibt sich daraus kein einfacher Reduktionspfad, sondern ein differenzierter Transformationsauftrag. Künftig wird es stärker darauf ankommen, Systeme zu fördern, die an Standortbedingungen, Klimaentwicklung und regionale Flächenpotenziale angepasst sind. Dazu zählen insbesondere Strategien, die Grundfutterqualität, Tiergesundheit, Futterautarkie, Grünlanderhalt, klimaangepasste Weideführung und resiliente Stall- und Herdenmanagementsysteme miteinander verbinden. Besonders in Berg- und Grünlandregionen liegt ein Potenzial

darin, die Nutzung von Dauergrünland nicht als Rückstand gegenüber intensiveren Systemen zu verstehen, sondern als eigenständige Stärke eines klimaangepassten Agrarsystems. Praxisbeispiele zu extensiver Beweidung, regionaler Futterbasis und agroforstlichen Elementen deuten darauf hin, dass ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit unter bestimmten Bedingungen keine Gegensätze sein müssen.

Gleichzeitig bleiben wesentliche Herausforderungen offen. Dazu zählen die zukünftige Rolle leistungsbetonter Zuchtlinien, die weitere Verringerung der Abhängigkeit von importierten Futtermitteln, die politische Ausgestaltung von Förderanreizen für emissionsärmere und biodiversitätsfreundlichere Produktionsweisen sowie die gesellschaftliche Akzeptanz veränderter Konsummuster. Auch die Frage, wie Tierwohl, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit künftig besser miteinander verbunden werden können, wird weiter an Bedeutung gewinnen. Die Diskussion um die frühe Trennung von Kalb und Kuh zeigt beispielhaft, dass Verbesserungen in einem Bereich häufig mit Zielkonflikten in anderen Bereichen verbunden sind, etwa bei Stallbau, Arbeitsaufwand, Vermarktung und Produktionsorganisation.

Darüber hinaus bleibt die Bewertung der Klimawirkung methodisch anspruchsvoll. Emissionsbilanzen hängen stark davon ab, welche Systemgrenzen gezogen werden und ob vorgelagerte Emissionen, Landnutzungsänderungen, Biodiversität, Tierwohl oder Kohlenstoffspeicherung ausreichend berücksichtigt werden. Zukünftige Forschung sollte daher verstärkt integrierte Bewertungsansätze entwickeln, die ökologische, ökonomische und soziale Dimensionen gemeinsam erfassen. Offen bleibt insbesondere, wie groß das realistische Minderungspotenzial der Milchviehhaltung unter österreichischen Bedingungen tatsächlich ist, wenn Produktion, Tierwohl, Biodiversität und wirtschaftliche Tragfähigkeit gleichzeitig berücksichtigt werden. Ebenso besteht weiterer Forschungsbedarf bei der Bewertung technischer Minderungsmaßnahmen über den gesamten Lebenszyklus sowie bei der Frage, welche politischen Instrumente langfristig die wirksamsten und gesellschaftlich tragfähigsten Anreize setzen.

Eine vollständige Dekarbonisierung der Milchviehhaltung erscheint nach heutigem Stand nicht realistisch. Aufgrund biologischer Prozesse wie der enterischen

Methanbildung werden selbst bei konsequenter Umsetzung von Minderungsmaßnahmen systembedingte Restemissionen verbleiben. Zugleich deutet die Auswertung der Maßnahmen und Szenarien darauf hin, dass bei weitgehend konstanter Milch- und Fleischproduktion nur begrenzte Emissionsreduktionen realistisch erscheinen. Deutlich größere Emissionswirkungen wären vor allem bei strukturellen Veränderungen der Produktion und des Konsums zu erwarten. So ergibt eine bewusst vereinfachte Szenarioabschätzung, dass eine langfristige Halbierung des Konsums von Produkten aus der Rinderhaltung rechnerisch einer Emissionsminderung von rund 2,03 Mt CO₂e beziehungsweise etwa 27 % der landwirtschaftlichen Emissionen entsprechen könnte. Diese Abschätzung ist jedoch nicht als Prognose, sondern als überschlagsmäßige Orientierung zu verstehen. Daraus folgt, dass nachhaltige Milchviehhaltung nicht emissionsfrei sein kann. Vielmehr setzt Klimaneutralität in diesem Bereich voraus, dass verbleibende Emissionen entweder durch zusätzliche Kohlenstoffsinken oder durch noch stärkere Emissionsreduktionen in anderen Sektoren ausgeglichen werden. Die Potenziale natürlicher Senken und einer standortangepassten Landbewirtschaftung gewinnen damit weiter an Bedeutung.

Gerade in diesem Zusammenhang kommt auch der Weide- und Grünlandwirtschaft eine wichtige Rolle zu. Gut bewirtschaftete Weidesysteme können nicht nur zur Offenhaltung der Kulturlandschaft, zur Biodiversität und zur Nutzung benachteiligter Standorte beitragen, sondern auch Bodenstruktur, Wasseraufnahme und Wasserspeicherung verbessern. Damit gewinnen sie im Kontext zunehmender Trockenperioden und intensiver Starkregenereignisse auch für die Klimaanpassung an Bedeutung. In alpinen Regionen ist dies besonders relevant, weil eine Aufgabe der Beweidung langfristig zur Verbuschung bis hin zur Verwaldung von Almen beitragen und damit sowohl ökologische als auch landschaftsprägende Funktionen dieser Flächen verändern könnte.

Die österreichische Milchwirtschaft kann nicht pauschal als Teil des Problems oder als Teil der Lösung beschrieben werden. Ihre Zukunft wird nicht durch einfache Zuschreibungen entschieden, sondern durch die Fähigkeit, Zielkonflikte offen zu benennen, Standortvorteile sinnvoll zu nutzen und ökologische, wirtschaftliche und soziale Anforderungen im Systemzusammenhang zusammenzuführen.

Literaturverzeichnis

- Alexander, Peter; Brown, Calum; Arneth, Almut; Finnigan, John; Rounsevell, Mark D.A. (2016): Human appropriation of land for food: The role of diet. In: *Global Environmental Change* 41, S. 88–98. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.09.005.
- AMA (Hg.) (2024a): Mastrinderhaltung: Haltung & Bedürfnisse. Agrarmarkt Austria. Online verfügbar unter <https://amainfo.at/de-at/tiere/nutztierhaltung-haltungsformen/rinder/mastrinder>, zuletzt geprüft am 15.04.2024.
- AMA (2024b): Milchkühe: Haltung & Bedürfnisse. Hg. v. Agrarmarkt Austria. Online verfügbar unter <https://amainfo.at/de-at/tiere/nutztierhaltung-haltungsformen/rinder/milchkuehe>, zuletzt geprüft am 15.04.2025.
- Anderl, Michael; Bürgler, Manuela; Mayer, Simone; Moldaschl, Erwin; Schwaiger, Elisabeth; Schwarzl, Bettina et al. (2023): Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion in der Landwirtschaft zur Erreichung der Ziele des Klimaschutzgesetzes. Emissionsszenarien. Umweltbundesamt. Wien (REP-0856). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0856.pdf>, zuletzt geprüft am 17.02.2026.
- Antony, Florian; Teufel, Jenny; Liu, Ran; Bieler, Cuno; Sutter, Daniel; Spescha, Gina et al. (2021): Sichtbarmachung versteckter Umweltkosten der Landwirtschaft am -Beispiel von Milchproduktionssystemen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-06-13_texte_129-2021_sichtbarmachung_umweltkosten.pdf, zuletzt geprüft am 25.08.2024.
- APCC (Hg.) (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. Austrian Panel on Climate Change. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- APCC (2024a): APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich. Hg. v. Robert Jandl, Ulrike Tappeiner, Cecilie Birgitte Foldal und Karlheinz Erb. Austrian Panel on Climate Change. Berlin, Heidelberg. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-662-67864-0>, zuletzt geprüft am 02.10.2024.
- APCC (2024b): Zusammenfassung für Entscheidungstragende. In: Robert Jandl, Ulrike Tappeiner, Cecilie Birgitte Foldal und Karlheinz Erb (Hg.): APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich. Austrian Panel on Climate Change. Berlin, Heidelberg, S. 1–28.
- APCC (2025): Second Austrian Assessment Report on Climate Change. AAR2 : Full Report. Hg. v. Daniel Huppmann, Margreth Keiler, Keywan Riahi und Harald Rieder. Austrian Panel on Climate Change. Wien. Online verfügbar unter doi.org/10.1553/aar2.
- Auer, Matthias; Böhm, Wolfgang (2023): Die Klimasünde Fleisch - in fünf Aspekten. In: *Die Presse*, 23.06.2023. Online verfügbar unter <https://www.diepresse.com/13434419/die-klimasuende-fleisch-in-fuenf-aspekten>, zuletzt geprüft am 07.04.2024.

- Bahn, Michael; Schaumberger, Andreas; Pötschm Erich M.; Bednar-Friedl, Birgit; Birk, Stefan; Herndl, Markus et al. (2023): Auswirkungen von Dürre auf Grünland unter aktuellen und künftigen Klimabedingungen. CCCA Fact Sheet #44. Climate Change Center Austria (Klimawandel - Vermeidung und Anpassung). Online verfügbar unter https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/44_climgrasshydro_202306.pdf, zuletzt geprüft am 18.08.2024.
- Bai, Yongfei; Cotrufo, M. Francesca (2022): Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. In: *Science (New York, N.Y.)* 377 (6606), S. 603–608. DOI: 10.1126/science.abo2380.
- Baumgarten, Andreas; Lapin, Katharina; Schüler, Silvio; Freudenschuss, Alexandra; Grüneis, Heidi; Konrad, Heino et al. (2024): Kapitel 4. Anpassungsoptionen in der Landnutzung an den Klimawandel. In: Robert Jandl, Ulrike Tappeiner, Cecilie Birgitte Foldal und Karlheinz Erb (Hg.): APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich. Austrian Panel on Climate Change. Berlin, Heidelberg, S. 217–274.
- Baur, Dominik (2022): Landwirtschaft und Klima: Klimaretterin Kuh. In: *taz*, 15.06.2022. Online verfügbar unter <https://taz.de/Landwirtschaft-und-Klima/!5860158/>, zuletzt geprüft am 02.08.2025.
- Bettel, Sonja (2025): Imagepolitik für Methanschleuder Kuh: Ist sie gesund, schadet sie dem Klima weniger. In: *Der Standard*, 29.01.2025. Online verfügbar unter <https://www.derstandard.at/story/3000000253865/imagepolitik-fuer-methanschleuder-kuh-ist-sie-gesund-schadet-sie-dem-klima-weniger>, zuletzt geprüft am 29.02.2025.
- BIO AUSTRIA (Hg.) (2024): Muttergebundene Kälberaufzucht. Online verfügbar unter <https://www.bio-austria.at/a/bauern/muttergebunden-kalberaufzucht/>, zuletzt aktualisiert am 07.06.2024, zuletzt geprüft am 09.03.2025.
- BLE (Hg.) (2024): Muttergebundene Kälberaufzucht. Kälber bei den Milchkühen - geht das? Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.nutztierhaltung.de/rind/milch/management/muttergebundene-kaelberaufzucht/>, zuletzt aktualisiert am 18.07.2024, zuletzt geprüft am 09.03.2025.
- Blühendes Österreich (Hg.) (o.J.): Mutterkuhhaltung. Online verfügbar unter <https://www.bluehendesoesterreich.at/bauernlexikon/mutterkuhhaltung>, zuletzt geprüft am 09.03.2025.
- BMK (Hg.) (2024a): Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1 – Kontext. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien. Online verfügbar unter https://www.bundestkanzleramt.gv.at/dam/jcr:07cd9750-9ea2-48d8-b632-b88e4c6364c4/93_14_beilage_3_nb.pdf, zuletzt geprüft am 01.05.2024.
- BMK (Hg.) (2024b): Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 2 – Aktionsplan. Handlungsempfehlungen für die Umsetzung. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien. Online verfügbar unter https://www.bundestkanzleramt.gv.at/dam/jcr:084d09af-dcb9-43d7-adf2-10aacf7b0e56/93_14_beilage_1_nb.pdf, zuletzt geprüft am 01.05.2024.

- BML (Hg.) (o.J.): Fact-Sheet Agrarumweltprogramm ÖPUL 2023. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Online verfügbar unter https://info.bml.gv.at/dam/jcr:47bafb09-be5a-4987-beb4-4875bd6d03ff/230109_Kurzdarstellung_%C3%96PUL%202023.pdf, zuletzt aktualisiert am 07.04.2024, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- BML (Hg.) (2023): Grüner Bericht 2023. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Wien. Online verfügbar unter <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/send/2-gr-bericht-terreich/2586-gb2023>, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- BML (Hg.) (2024a): Grüner Bericht 2024. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Wien. Online verfügbar unter <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/send/2-gr-bericht-terreich/2591-gb2024>, zuletzt geprüft am 30.10.2024.
- BML (Hg.) (2024b): Zukunft schaffen für das Land. Der GAP-Strategieplan Österreich 2023–2027. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Wien.
- BMLRT (Hg.) (2021): Österreichische Eiweißstrategie. Abschlussbericht. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Wien.
- BMNT (Hg.) (2019): Ökologische Bewertung der Bewirtschaftung von Grünlandflächen hinsichtlich Nutzungsintensivierung und Nutzungsaufgabe. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Online verfügbar unter <https://info.bml.gv.at/dam/jcr:656ab490-dabb-471b-9cbd-7f4eb7f52cc1/Studie%204:%20Evaluierung%20Gr%C3%BCnland.pdf>, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Böhm, Wolfgang (2023): Ein Plädoyer für die Kuh. In: *Die Presse*, 23.06.2023. Online verfügbar unter <https://www.diepresse.com/13434408/ein-plaedoyer-fuer-die-kuh>, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Böhm, Wolfgang; Grimm, Oliver (2023): Rinder schlachten für den Klimaschutz? In: *Die Presse*, 19.06.2023. Online verfügbar unter <https://www.diepresse.com/13432142/rinder-schlachten-fuer-den-klimaschutz>, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Bonse, Eric (2025): Europäische Union: Omnibus gegen bessere Arbeitsbedingungen. In: *taz*, 26.02.2025. Online verfügbar unter <https://taz.de/Europaeische-Union/!6068575/>, zuletzt geprüft am 08.03.2025.
- Borer, Elizabeth T.; Seabloom, Eric W.; Gruner, Daniel S.; Harpole, W. Stanley; Hillebrand, Helmut; Lind, Eric M. et al. (2014): Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. In: *Nature* 508 (7497), S. 517–520. DOI: 10.1038/nature13144.
- Borger, Sebastian (2023): Irische Bauern auf den Barrikaden, weil Regierung erwägt, 200.000 Kühe zu töten. In: *Der Standard*, 12.07.2023. Online verfügbar unter <https://www.derstandard.at/story/3000000178415/iris>, zuletzt geprüft am 09.05.2024.

- Bossio, D. A.; Cook-Patton, S. C.; Ellis, P. W.; Fargione, J.; Sanderman, J.; Smith, P. et al. (2020): The role of soil carbon in natural climate solutions. In: *Nature Sustainability* 3 (5), S. 391–398. DOI: 10.1038/s41893-020-0491-z.
- Brade, Wilfried (2014): CO₂-Fußabdrücke für Milch und Milchprodukte. In: *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 92 (1). DOI: 10.12767/buel.v92i1.43.
- Bunzel-Drüke, M.; Böhm, C.; Finck, P.; Kämmer, G.; Luick, R.; Reisinger, E. et al. (2008): Wilde Weiden. Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung. 2. Aufl. Bad Sassendorf-Lohne: Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest.
- Central Statistics Office (Hg.) (2025): Livestock Survey December 2024. Online verfügbar unter <https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-lsd/livestocksurveydecember2024/>, zuletzt aktualisiert am 04.03.2025, zuletzt geprüft am 20.07.2025.
- Chimani, Barbara; Ganekind, Manfred; Olefs, Marc (2021): Temperaturentwicklung in Österreich im globalen Kontext. CCCA Fact Sheet #35. Climate Change Center Austria (Klimawandel - Einflussfaktoren und Ausprägungen). Online verfügbar unter https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/35_temperaturentwicklung_in_oesterreich_202110.pdf, zuletzt geprüft am 18.08.2024.
- Cowpassion (Hg.) (2020): Mutterkuhhaltung ist nicht das gleiche wie muttergebundene Kälberaufzucht. Online verfügbar unter <https://cowpassion.ch/2020/11/mutterkuhhaltung/>, zuletzt aktualisiert am 06.11.2020, zuletzt geprüft am 09.03.2025.
- Dachler, Michael (2023): Welternährung. Status Quo und Ausblick zur globalen Ernährungslage. 1. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Dallago, Gabriel M.; Wade, Kevin M.; Cue, Roger I.; McClure, J. T.; Lacroix, René; Pellerin, Doris; Vasseur, Elsa (2021): Keeping Dairy Cows for Longer: A Critical Literature Review on Dairy Cow Longevity in High Milk-Producing Countries. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 11 (3). DOI: 10.3390/ani11030808.
- Dallhammer, Erich; Gaugitsch, Roland; Gaugitsch, Florian; Meier, Clemens; Messinger, Isabella; Schönhart, Martin (2021): Umweltbericht. zur strategischen Umweltprüfung (SUP) des Österreichischen Strategieplans für die Gemeinsame Agrarpolitik 2021-2027. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. Wien. Online verfügbar unter https://info.bml.gv.at/dam/jcr:06c51eb0-28ee-44f7-84e2-e27f6c317d43/Umweltbericht_SUP%20GSP%20GAP%202020+.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Danzer, Andreas; Pflügl, Jakob (2025): Mit diesen drei Maßnahmen will die EU-Kommission die Industrie retten. In: *Der Standard*, 26.02.2025. Online verfügbar unter <https://www.derstandard.at/story/3000000259045/mit-diesen-drei-massnahmen-will-die-eu-kommission-die-industrie-retten>, zuletzt geprüft am 08.03.2025.
- de Schutter, Liesbeth; Bruckner, Martin (2016): HUNGER AUF LAND. Flächenverbrauch der österreichischen Ernährung im In- und Ausland. WWF Österreich. Wien. Online verfügbar

- unter https://www.wwf.at/wp-content/cms_documents/wwf_2016_landstudie_folder_final.pdf, zuletzt geprüft am 18.07.2025.
- de Schutter, Liesbeth; Bruckner, Martin; Giljum, Stefan (2015): ACHTUNG: HEISS UND FETTIG – KLIMA & ERNÄHRUNG IN ÖSTERREICH. Auswirkungen der österreichischen Ernährung auf das Klima. WWF Österreich. Online verfügbar unter https://www.zobodat.at/pdf/WWF-Studien_101_2015_0001-0008.pdf, zuletzt geprüft am 17.07.2025.
- DNR (Hg.) (2021): LULCF – Grünrechnen oder Klimarettung durch natürliche CO₂-Senken? Deutscher Naturschutzring. Online verfügbar unter https://www.dnr.de/sites/default/files/Publikationen/Steckbriefe_Factsheets/2021-09-Steckbrief_LULUCF.pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Egger-Danner, C.; Fuerst-Waltl, B.; Fuerst, C.; Gruber, L.; Hoertenhuber, S.; Koeck, A. et al. (2017): Efficient Cow Abschlussbericht. Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft. Hg. v. ZAR. Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter. Online verfügbar unter <https://dafne.at/content/publication/612f376f-8cae-4b00-a884-5ef8434a9828.pdf>, zuletzt geprüft am 20.04.2024.
- EK (Hg.) (o.J.a): Die Gemeinsame Agrarpolitik auf einen Blick. Europäische Kommission. Online verfügbar unter https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_de, zuletzt geprüft am 03.01.2025.
- EK (Hg.) (o.J.b): Wichtigste politische Ziele der GAP 2023–2027. Europäische Kommission. Online verfügbar unter https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27/key-policy-objectives-cap-2023-27_de#nineobjectives, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- EK (Hg.) (2024): Der europäische Grüne Deal. Europäische Kommission. Online verfügbar unter https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, zuletzt geprüft am 30.10.2024.
- Falkner, Katharina; Sinabell, Franz; Streicher, Gerhard; Schönhart, Martin (2023): Faktencheck Klimawandel im Agrar- und Ernährungssystem. Konsum- und produktionsbasierte Ansätze zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen des Agrar- und Ernährungssektors in Österreich. Hg. v. WIFO. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung; Universität für Bodenkultur Wien. Wien.
- Formayer, Herbert; Jandl, Robert; Böhner, Andreas; Eitzinger, Josef; Erb, Karl-Heinz; Haas, Willi et al. (2024): Kapitel 1. Ziele, Herangehensweise und Kontext. In: Robert Jandl, Ulrike Tappeiner, Cecilie Birgitte Foldal und Karlheinz Erb (Hg.): APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich. Austrian Panel on Climate Change. Berlin, Heidelberg, S. 57–105.
- Frey, Verena; Bruckner, Martin (2021): The global carbon footprint of Austria's consumption of agricultural (food and non-food) products. In: *Ecological Economic Papers* 41. DOI: 10.57938/7CD7EE70-111E-4784-80E9-84965BF2A371.

- Fritz, C.; Brettschuh, Sigrid; Finotti, E.; Grassauer, Florian; Guggenberger, T.; Heidinger, B. et al. (2022): Maßnahmen THG-Reduktion. Endbericht zum Projekt Nr. 101324 / 2. Analyse der Effizienz von Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen. HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Irdning-Donnersbachtal. Online verfügbar unter https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=FO-DOK%2F2022%2Ffodok_3_27681_fritz_bericht_thgreduktion_20220909.pdf, zuletzt geprüft am 27.05.2024.
- Fritz, Christian; Grassauer, Florian; Guggenberger, Thomas; Terler, Georg (2020): Welche Klimawirkungen entstehen auf österreichischen Grünlandbetrieben? HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Irdning-Donnersbachtal. Online verfügbar unter https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file/files.html?path=Tagung%252FViehwirtschaftstagung%252FViehwirtschaftstagung%2B2020%252F1v_2020_fritz.pdf, zuletzt geprüft am 25.08.2024.
- Fuglie, Keith (2021): Climate change upsets agriculture. In: *Nature Climate Change* 11 (4), S. 294–295. DOI: 10.1038/s41558-021-01017-6.
- Gaube, Veronika; Schneider, Stefan; Thaler, Thomas; Borsky, Stefan; Kirchner, Mathias; Loibl, Wolfgang et al. (2024): Kapitel 3. Sozioökonomische und klimatische Treiber der Änderung der Landnutzung in Österreich. In: Robert Jandl, Ulrike Tappeiner, Cecilie Birgitte Foldal und Karlheinz Erb (Hg.): APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich. Austrian Panel on Climate Change. Berlin, Heidelberg, S. 163–216.
- Global 2000 (Hg.) (2022): Green Deal oder gar kein Deal? Eingehende Analyse der GAP-Strategiepläne am Beispiel von sieben Ländern. Wien. Online verfügbar unter <https://www.global2000.at/sites/global/files/report-gap-strategieplaene.pdf>, zuletzt geprüft am 01.05.2024.
- Grassberger, Martin (2020): Das leise Sterben. Warum wir eine landwirtschaftliche Revolution brauchen, um eine gesunde Zukunft zu haben. 3. Auflage. Salzburg, Wien: Residenz Verlag.
- Grossi, Giampiero; Goglio, Pietro; Vitali, Andrea; Williams, Adrian G. (2019): Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. In: *Animal frontiers : the review magazine of animal agriculture* 9 (1), S. 69–76. DOI: 10.1093/af/vfy034.
- Gruber, Leonhard; Häusler, Johann; Terler, G.; Velik, Margit; Haiger, Alfred (2021): Notwendiger Blick auf das gesamte System. Erste Ergebnisse aus einem langfristigen Forschungsprojekt zur Gesamteffizienz des Produktionssystems »Rinderhaltung«. In: *Der kritische Agrarbericht*, S. 164–168. Online verfügbar unter https://kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten_KAB/KAB-2021/KAB_2021_157_168_Juergens_Gruber_et_al.pdf, zuletzt geprüft am 02.04.2026.
- Gruber, Leonhard; Terler, Georg (2023): MilchEffizienz Abschlussbericht. Einfluss der Nutzungsrichtung und Lebendmasse von Milchkühen auf die Nährstoffeffizienz, Umweltwirkung und Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion. HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Irdning-Donnersbachtal. Online verfügbar unter <https://raumberg->

- gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download.html?path=Forschungsberichte%252FAbschlussbericht_Milcheffizienz.pdf, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- Guggenberger, T.; Terler, G.; Herndl, M.; Fritz, C. und Grassauer, F. (2022): Langzeitbewertung von Treibhausgasemissionen in Österreich. HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Online verfügbar unter https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file/files.html?path=Forschungsberichte%2F1_2022_LangzeitbilanzierungTHG_HBLFARaumbergGumpenstein.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2024.
- Haiger, Alfred (1995): Wenn die Kuh zur Sau gemacht wird. In: *Die Furche*, 30.11.1995. Online verfügbar unter <https://www.furche.at/bildung/wenn-die-kuh-zur-sau-gemacht-wird-7110345>, zuletzt geprüft am 12.07.2025.
- Hayek, Matthew N.; Piipponen, Johannes; Kumm, Matti; Resare Sahlin, Kajsa; McClelland, Shelby C.; Carlson, Kimberly (2024): Opportunities for carbon sequestration from removing or intensifying pasture-based beef production. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 121 (46), Artikel e2405758121, 1-9. DOI: 10.1073/pnas.2405758121.
- HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Hg.) (2023): Klimawandel-Anpassung. Empfehlungen für die Landwirtschaft. Eine Ergänzung zur Podcast-Serie. Irdning-Donnersbachtal. Online verfügbar unter https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download.html?path=Podcast%252FPraesentationen%2Bzu%2Bden%2BPodcasts%252FKlimawandel_Anpassungsstrategien%252FBroschuere_Klimawandel-Anpassung_Empfehlungen_feur_die_Landwirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 13.05.2024.
- Heinrich-Böll-Stiftung (Hg.) (2021): Fleischatlas 2021. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel. 1. Auflage. Berlin. Online verfügbar unter https://www.boell.de/sites/default/files/2022-01/Boell_Fleischatlas2021_V01_kommentierbar.pdf, zuletzt geprüft am 08.04.2024.
- Heinrich-Böll-Stiftung (Hg.) (2024): Bodenatlas 2024. Daten und Fakten über eine lebenswichtige Ressource. 2. Auflage. Berlin. Online verfügbar unter https://www.boell.de/sites/default/files/2024-05/bodenatlas2024_ii_v03_b.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2024.
- Helden, Alvin J.; Anderson, Annette; Sheridan, Helen; Purvis, Gordon (2010): The role of grassland sward islets in the distribution of arthropods in cattle pastures. In: *Insect Conservation and Diversity* 3, S. 291–301. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2010.00106.x.
- Hörtenhuber, Stefan; Gröbner, Verena; Weissensteiner, Roswitha; Veit, Martin; Zollitsch, Werner (2021): Mitigation potential for greenhouse gases and ammonia of a commercial phytogenic feed additive for dairy cows.
- Hörtenhuber, Stefan; Lindenthal, Thomas; Amon, Barbara; Markut, T.; Kirner, L.; Zollitsch, Werner (2010): Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—model calculations considering the effects of land use change. In: *Renewable Agriculture and Food Systems* 25 (4), S. 1–14. DOI: 10.1017/S1742170510000025.

- Idel, Anita (2024): Die Kuh ist kein Klima-Killer! Wie die Agrarindustrie die Erde verwüstet und was wir dagegen tun können. 10. Auflage. Marburg: Metropolis-Verlag.
- IPCC (Hg.) (2021): Climate change 2021. The physical science basis : Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.
- IPCC (Hg.) (2023a): Climate Change 2023. Synthesis Report. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf, zuletzt geprüft am 27.05.2024.
- IPCC (Hg.) (2023b): Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf, zuletzt geprüft am 24.07.2024.
- Jürgens, Karin; Bettin, Katharina; Isselstein, Johannes; Poppinga, Onno; Thomas, Frieder (2023): Verbesserung der Grünlandbiodiversität durch kraftfutterreduzierte Milcherzeugung. Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit und Pflanzenartenvielfalt und Empfehlungen für die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik ab 2020 (BioDivMilch). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Schriften, 670).
- Jürgens, Karin; Poppinga, Onno; Sperling, Urs (2016): Wirtschaftlichkeit einer Milchviehfütterung ohne bzw. mit wenig Kraftfutter. Arbeitsergebnisse 08/2016. Kasseler Institut für ländliche Entwicklung e.V. Online verfügbar unter https://www.kasseler-institut.org/fileadmin/Arbeitsergebnisse/AE_08-2016_-_KI_-_Endbericht_KFarme_Fuette-rung_Langfassung.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Jürgens, Karin; Thomas, Frieder; Poppinga, Onno (2020): Für mehr Artenvielfalt im Grünland: Die Wettbewerbsfähigkeit der kraftfutterreduzierten Milchviehhaltung stärken! Arbeitsergebnisse 14/2020. Kasseler Institut für ländliche Entwicklung e.V. Gleichen/Konstanz/Göttingen. Online verfügbar unter https://www.kasseler-institut.org/fileadmin/Arbeitsergebnisse/AE_14/PolicyPaper14_2020_final_highres.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Kappas, Martin (2024): Klimatologie. Klimaforschung im 21. Jahrhundert - Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum (Lehrbuch).
- Kirchner, Mathias; Pölz, Werner; Mayrhofer, Hans; Hickersberger, Michaela; Sinabell, Franz (2021): Resilienz: Corona-Krise und land- und forstwirtschaftliche Wertschöpfungsketten – Lessons Learnt. Teilprojekt: Regionale versus internationale Bereitstellung von Agrargütern: eine Fallstudie zur Klimabilanz. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen. Wien. Online verfügbar unter https://dafne.at/content/report_release/f218b6d7-a31f-4d3a-baca-4923c19a6dad_2.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2025.
- Kletzan-Slamanig, Daniela; Köppl, Angela; Sinabell, Franz; Kirchmayr, Sabine; Müller, Stella; Rimböck, Alexander et al. (2022): Analyse klimakontraproduktiver Subventionen in

- Österreich. Hg. v. WIFO. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung; Universität Wien. Wien. Online verfügbar unter https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=69687&mime_type=application/pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Kohler, Sarah (2024): Treibhausgasemissionen: Neuseeland verzichtet auf geplante Emissionssteuer für Rinder. In: *DIE ZEIT*, 11.06.2024. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/politik/ausland/2024-06/neuseeland-emissionen-landwirtschaft-nutztiere-rinder-klimaschutz>, zuletzt geprüft am 06.08.2025.
- Kortleve, Anniek J.; Mogollón, José M.; Harwatt, Helen; Behrens, Paul (2024): Over 80% of the European Union's Common Agricultural Policy supports emissions-intensive animal products. In: *Nature food* 5, S. 288–292. DOI: 10.1038/s43016-024-00949-4.
- Kromp-Kolb, Helga (2023): Für Pessimismus ist es zu spät. Wir sind Teil der Lösung. Wien, Graz: Molden.
- Kropshofer, Katharina (2025): Clean Deal statt Green Deal: Wird das größte Klima-Projekt der EU entwertet? In: *FALTER.at*, 25.03.2025. Online verfügbar unter <https://www.falter.at/zeitung/20250325/wird-das-groesste-klima-projekt-der-eu-entwertet>, zuletzt geprüft am 15.04.2025.
- Land schafft Leben (Hg.) (2023a): Fütterung. Online verfügbar unter <https://www.landschafttleben.at/lebensmittel/rind/herstellung/fuetterung>, zuletzt geprüft am 20.04.2024.
- Land schafft Leben (Hg.) (2023b): Haltung. Online verfügbar unter <https://www.landschafttleben.at/lebensmittel/rind/herstellung/haltung>, zuletzt geprüft am 20.04.2024.
- Land schafft Leben (Hg.) (2024): Zuchtrassen. Online verfügbar unter <https://www.landschafttleben.at/lebensmittel/rind/herstellung/zucht-rassen>, zuletzt geprüft am 29.08.2024.
- Leip, Adrian; Weiss, Franz; Wassenaar, Tom; Domínguez, Ignacio; Fellmann, Thomas; Loudjani, Philippe et al. (2010): Evaluation of the Livestock Sector's Contribution to the EU Greenhouse Gas Emissions (GGELS). Final Report. Europäische Kommission, Joint Research Centre. Online verfügbar unter https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2020-02/ext-study-livestock-gas-exec-sum_2010_en_0.pdf, zuletzt geprüft am 03.05.2024.
- Lenders, Dirk (2024): Die Weide macht den Unterschied. In: *Lebensmittel Zeitung* 76 (23), S. 34–35. Online verfügbar unter https://www-wiso-net-de.uaccess.univie.ac.at/document/LMZ__0cd639384433f688003840277833c3ed68848c15, zuletzt geprüft am 29.10.2025.
- LfL (Hg.) (2022): Mutterkuhhaltung – Artenvielfalt und Tierwohl verbinden. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/verschiedenes/presse/pms/2022/295760/index.php>, zuletzt aktualisiert am 17.02.2022, zuletzt geprüft am 09.03.2025.
- Lindenthal, Thomas; Schlatzer, Martin (2020): Risiken für die Lebensmittelversorgung in Österreich und Lösungsansätze für eine höhere Krisensicherheit. Wissenschaftliches Diskussionspapier. Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit; Universität für

- Bodenkultur. Wien. Online verfügbar unter https://boku.ac.at/fileadmin/data/H01000/H10090/H10400/H10420/Lindenthal_und_Schlatzer_2020_Lebensmittelversorgung_und_Krisensicherheit.pdf, zuletzt geprüft am 17.07.2025.
- Lorenz, Heike; Reinsch, Thorsten; Hess, Sebastian; Taube, Friedhelm (2019): Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems. In: *Journal of Cleaner Production* 211, S. 161–170. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.113.
- Maji, Sanjoy; Ahmed, Sirajuddin; Ghosh, Santu (2022): Source Apportionment of Greenhouse Gases in the Atmosphere. In: Saurabh Sonwani und Pallavi Saxena (Hg.): *Greenhouse Gases: Sources, Sinks and Mitigation*. Singapore: Springer.
- Markut, Theresia; Meindl, Peter; Kranzler, Andreas; Hörlezeder, Christine (2023): Agroforst in Österreich. Endbericht. FiBL, Forschungsinstitut für biologischen Landbau. Wien. Online verfügbar unter https://agroforst-oesterreich.at/wp-content/uploads/2023/11/Endbericht_EIP_Agroforst.pdf, zuletzt geprüft am 11.08.2025.
- Markut, Theresia; Siegl, Soja (2022): Agroforst in Österreich. im Kontext der Klimakrise und des CO₂-Bindungspotentials. FiBL, Forschungsinstitut für biologischen Landbau. Wien. Online verfügbar unter https://agroforst-oesterreich.at/wp-content/uploads/2023/01/FiBL_2022_Agroforst_in_Oesterreich_und_Klima_final.pdf, zuletzt geprüft am 11.08.2025.
- Martins, L. F.; Cueva, S. F.; Lage, C. F. A.; Ramin, M.; Silvestre, T.; Tricarico, J.; Hristov, A. N. (2024): A meta-analysis of methane-mitigation potential of feed additives evaluated in vitro. In: *Journal of dairy science* 107 (1), S. 288–300. DOI: 10.1016/S0022-0302(23)00819-6.
- McDonald, Hugh; Frelih-Larsen, Ana; Lóránt, Anna; Duin, Laurens; Pyndt Andersen, Sarah; Costa, Giulia; Bradley, Harriet (2021): Carbon farming – Making agriculture fit for 2030. Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI). European Parliament. Luxemburg. Online verfügbar unter [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695482/IPOL_STU\(2021\)695482_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695482/IPOL_STU(2021)695482_EN.pdf), zuletzt geprüft am 03.06.2024.
- Mekonnen, Mesfin M.; Hoekstra, Arjen Y. (2010a): The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Appendix V.: Water footprint of animals and animal products (m³/ton). Period 1996-2005. In: *Value of Water Research Report Series* (48). Online verfügbar unter <https://figshare.com/ndownloader/files/24063857>, zuletzt geprüft am 09.08.2025.
- Mekonnen, Mesfin M.; Hoekstra, Arjen Y. (2010b): The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Main Report. In: *Value of Water Research Report Series* (48). Online verfügbar unter <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1075&context=wffd docs>, zuletzt geprüft am 06.08.2025.
- Mekonnen, Mesfin M.; Hoekstra, Arjen Y. (2012): A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. In: *Ecosystems* 15 (3), S. 401–415. DOI: 10.1007/s10021-011-9517-8.

- Meyer, Ina; Markytan, Susanne (2022): Faktencheck Klimawandel, Landwirtschaft, Ernährung. Hg. v. WIFO. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. Wien. Online verfügbar unter https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=71231&mime_type=application/pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Meyer, Ina; Sinabell, Franz (2022): Landwirtschaft und Ernährungssicherheit im Kontext des Klimawandels. In: *WIFO-Monatsberichte* 9, S. 597–604. Online verfügbar unter https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=69827&mime_type=application/pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Milazzo, Filippo; Francksen, Richard M.; Abdalla, Mohamed; Ravetto Enri, Simone; Zavattaro, Laura; Pittarello, Marco et al. (2023): An Overview of Permanent Grassland Grazing Management Practices and the Impacts on Principal Soil Quality Indicators. In: *Agronomy* 13 (5), S. 1–16. DOI: 10.3390/agronomy13051366.
- Netzwerk Zukunftsraum Land (Hg.) (o.J.): Artenvielfalt im Grünland. Beiträge zur aktiven Förderung der Pflanzen- und Tierwelt. Online verfügbar unter <https://www.zukunftsraum-land.at//download/2663?v=1629960590>, zuletzt geprüft am 20.04.2024.
- Neumann, Georg (2024): Mit Weide und Low Input-Biomilchproduktion erfolgreich. Hg. v. Landwirtschaftskammer Steiermark. Online verfügbar unter <https://stmk.lko.at/mit-weide-und-low-input-biomilchproduktion-erfolgreich+2400+4064380>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2024, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- Nsabiyeze, Assa; Ma, Ruiqin; Li, Jun; Luo, Hailing; Zhao, Qinan; Tomka, Jan; Zhang, Mengjie (2024): Tackling climate change in agriculture: A global evaluation of the effectiveness of carbon emission reduction policies. In: *Journal of Cleaner Production* 468, S. 1–12. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.142973.
- OECD (Hg.) (2023): Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2023. Adapting Agriculture to Climate Change. OECD Publishing. Online verfügbar unter 10.1787/b14de474-en.
- OECD/FAO (2025): OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034. Paris und Rom. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1787/601276cd-en>, zuletzt geprüft am 29.03.2026.
- ORF.at (2022): Rülps-und-Furz-Steuer: Neuseeland will Preis für Methan einführen. In: *ORF.at*, 09.06.2022. Online verfügbar unter <https://orf.at/stories/3270293/>, zuletzt geprüft am 06.08.2025.
- Poppinga, Onno; Jürgens, Karin; Sperling, Urs (2016): Weniger ist mehr - Milch nur aus Grundfutter kann sich lohnen! In: *Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft* (2016), S. 5–8. Online verfügbar unter https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/Tagungen/Biotagung/Biotagung_2016/4b_2016_poppinga.pdf, zuletzt geprüft am 20.07.2025.
- Raschka, Achim; Carus, Michael (2012): Stoffliche Nutzung von Biomasse Basisdaten für Deutschland, Europa und die Welt. Erster Teilbericht zum F+E-Projekt „Ökologische Innovationspolitik – mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche

- Nutzung von Biomasse“. nova-Institut. Online verfügbar unter https://www.iwbio.de/user/pages/06.publikationen/stoffliche-nutzung-von-biomasse/Stoffliche_Nutzung_von_Biomasse_nova.pdf, zuletzt geprüft am 28.07.2025.
- Rat der EU; Europäischer Rat (Hg.) (2024a): Ein europäischer Grüner Deal. Online verfügbar unter <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/#what>, zuletzt geprüft am 30.10.2024.
- Rat der EU; Europäischer Rat (Hg.) (2024b): „Vom Hof auf den Tisch“. Online verfügbar unter <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/from-farm-to-fork/>, zuletzt geprüft am 30.10.2024.
- Rech, David (2024): Klimaneutralität: Dänemark plant Steuer auf Methanausstoß von Nutztieren. In: *DIE ZEIT*, 11.07.2024. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/politik/ausland/2024-07/daenemark-gesetzentwurf-methan-steuer-kuehe-landwirtschaft>, zuletzt geprüft am 30.10.2025.
- Resare Sahlin, Kajsa; Gordon, Line J.; Lindborg, Regina; Piipponen, Johannes; van Rysselberge, Pierre; Rouet-Leduc, Julia; Röö, Elin (2024): An exploration of biodiversity limits to grazing ruminant milk and meat production. In: *Nat Sustain* 7 (9), S. 1160–1170. DOI: 10.1038/s41893-024-01398-4.
- Ritchie, Hannah; Rosado, Pablo; Roser, Max (2017): Meat and Dairy Production. Hg. v. Our World in Data. Online verfügbar unter <https://ourworldindata.org/meat-production>, zuletzt aktualisiert am 25.02.2026, zuletzt geprüft am 29.03.2026.
- Ritchie, Hannah; Roser, Max (2019): Half of the world’s habitable land is used for agriculture. Hg. v. Our World in Data. Online verfügbar unter <https://ourworldindata.org/global-land-for-agriculture#article-citation>, zuletzt geprüft am 16.04.2025.
- Rojas-Downing, M. Melissa; Nejadhashemi, A. Pouyan; Harrigan, Timothy; Woznicki, Sean A. (2017): Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. In: *Climate Risk Management* 16, S. 145–163. DOI: 10.1016/j.crm.2017.02.001.
- Saini, Manisha; Saini, Sunil Kumar (2022): Identification of Major Sinks of Greenhouse Gases. In: Saurabh Sonwani und Pallavi Saxena (Hg.): *Greenhouse Gases: Sources, Sinks and Mitigation*. Singapore: Springer.
- Saucke, Helmut; Wojcik, Alexander; Rowold, Wolfgang; Nicol, Cornelia; Stein-Bachinger, Karin (2023): Insektenvielfalt auf Klee grasflächen: Was tragen Milchviehbeweidung versus Schnittnutzung bei? In: *One Step Ahead - einen Schritt voraus! Beiträge zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Online verfügbar unter https://orgprints.org/id/eprint/50603/1/Beitrag_223_final_b.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Schlatzer, Martin; Lindenthal, Thomas (2022): Die Auswirkungen einer Reduktion des Fleischkonsums auf Tierhaltung, Tierwohl und Klima in Österreich – unter Berücksichtigung eines 100% Bio-Szenarios. Vier Pfoten. Wien. Online verfügbar unter [---

122](https://media.4-</p></div><div data-bbox=)

- paws.org/0/0/8/a/008a54b141a2301fb5713f8ebde0a22b8e2aa1fa/Schlat-
zer%20u%20Lindenthal_2022_Tierhaltung%20Tier-
wohl%20und%20Klima%20in%20AUT_Endber...pdf?_jtsuid=86195173600392402223075,
zuletzt geprüft am 04.01.2025.
- Schober, Silvia (2023): Auch in Österreich? - Milchkühe töten fürs Klima: „Der blanke Wahn-
sinn“. In: *Krone.at*, 21.06.2023. Online verfügbar unter <https://www.krone.at/3039034>, zu-
letzt geprüft am 30.10.2025.
- Schödel, Susanne (2024): Lachgas - das unterschätzte Treibhausgas. Hg. v. UBA. Umwelt-
bundesamt. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/fi-
les/medien/11850/publikationen/factsheet_globale_n2o-quellen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/fi-
les/medien/11850/publikationen/factsheet_globale_n2o-quellen.pdf), zuletzt geprüft am
19.04.2024.
- Schwinn, Florian (2024): Die Klima-Kuh. Von der Umweltsünderin zur Weltenretterin. Neu-
Isenburg: Westend (Pro natur).
- Shivanna, K. R. (2022): Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. In:
Proceedings of the Indian National Science Academy 88 (2), S. 160–171. DOI:
10.1007/s43538-022-00073-6.
- Sica, Julia; Kirchgatterer, Sarah (2024): EU steckt viermal so viel Geld in Fleisch wie in Pflan-
zenanbau. In: *Der Standard*, 02.04.2024. Online verfügbar unter [https://www.derstan-
dard.at/story/3000000214075/eu-steckt-viermal-so-viel-geld-in-fleisch-wie-in-pflan-
zenanbau](https://www.derstan-
dard.at/story/3000000214075/eu-steckt-viermal-so-viel-geld-in-fleisch-wie-in-pflan-
zenanbau), zuletzt geprüft am 07.04.2024.
- Smith, Pete (2014): Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? In: *Global change bio-
logy* 20 (9), S. 2708–2711. DOI: 10.1111/gcb.12561.
- Sotscheck, Ralf (2023): Irland will Kühe keulen lassen: Wem gehört hier eins übergeben?
In: *taz*, 20.06.2023. Online verfügbar unter [https://taz.de/Irland-will-Kuehe-keulen-las-
sen!/5938942/](https://taz.de/Irland-will-Kuehe-keulen-las-
sen!/5938942/), zuletzt geprüft am 20.07.2025.
- Spanischberger, Andrea; Mitterböck, Nora (2015): Boden und Klima. Einflussfaktoren, Daten,
Maßnahmen und Anpassungsmöglichkeiten. Bundesministerium für Land- und Forstwirt-
schaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien. Online verfügbar unter
[https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:252614ac-f452-4c9a-9534-8189c71438b9/34_AG_Bo-
den_Klima.pdf](https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:252614ac-f452-4c9a-9534-8189c71438b9/34_AG_Bo-
den_Klima.pdf), zuletzt geprüft am 04.08.2025.
- Spengler, Anet (2020): Wiesen, Weiden, Wiederkäuer - Was die Schweizer Berglandwirtschaft
für die Umwelt leistet. FiBL-Studie. Forschungsinstitut für biologischen Landbau. Frick.
Online verfügbar unter [https://zalp.ch/storage/zalpletter/Spengler-2020-Wiesen-Weiden-
Wiederkaeuer.pdf](https://zalp.ch/storage/zalpletter/Spengler-2020-Wiesen-Weiden-
Wiederkaeuer.pdf), zuletzt geprüft am 21.08.2024.
- Spengler Neff, Anet; Schneider, Claudia; Ivemexer, Silvia (2023): Mutter- und ammengebun-
dene Kälberaufzucht in der Milchviehhaltung. Haltungssysteme für eine artgerechte Auf-
zucht. Hg. v. FiBL, Forschungsinstitut für biologischen Landbau. Online verfügbar unter
<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1575-kaelberaufzucht.pdf>, zuletzt ge-
prüft am 29.03.2026.

- Spiekers, Hubert; Steinberger, Siegfried (o.J.): Anpassung der Beweidung auf Almen und Alpen aufgrund des fortschreitenden Klimawandels. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ite/gruenland/151569/index.php>, zuletzt aktualisiert am 08.04.2024, zuletzt geprüft am 08.04.2024.
- Springmann, Marco; Dinivitzer, Eugenia; Freund, Florian; Jensen, Jørgen Dejgård; Bouyssou, Clara G. (2025): A reform of value-added taxes on foods can have health, environmental and economic benefits in Europe. In: *Nature food* 6 (2), S. 161–169. DOI: 10.1038/s43016-024-01097-5.
- Stahr, Karl; Kandeler, Ellen; Herrmann, Ludger; Streck, Thilo (2020): Bodenkunde und Standortlehre. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- STATISTIK AUSTRIA (Hg.) (o.J.): Agrarstrukturerhebung 2020. Online verfügbar unter <https://www.statistik.at/atlas/as2020/#>, zuletzt geprüft am 25.08.2024.
- STATISTIK AUSTRIA (Hg.) (2021): Statistik der Landwirtschaft 2020. Wien. Online verfügbar unter https://www.statistik.at/fileadmin/publications/Statistik_der_Landwirtschaft_2020.pdf, zuletzt geprüft am 25.08.2024.
- STATISTIK AUSTRIA (Hg.) (2022): Agrarstrukturerhebung 2020. Land- und forstwirtschaftliche Betriebe und deren Strukturdaten. Endgültige Ergebnisse. Wien. Online verfügbar unter https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB_1-17_AS2020.pdf, zuletzt geprüft am 22.08.2024.
- STATISTIK AUSTRIA (Hg.) (2024a): Landwirtschaftliche Gesamtrechnung. Kalenderjahr 2023. Vorläufige Ergebnisse. Wien. Online verfügbar unter https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/SB_1-36_LGR_Jul24.pdf, zuletzt geprüft am 22.08.2024.
- STATISTIK AUSTRIA (Hg.) (2024b): Landwirtschaftliche Gesamtrechnung auf nationaler Ebene. Online verfügbar unter <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/land-und-forstwirtschaftliche-oekonomie-und-preise/landwirtschaftliche-gesamtrechnung/landwirtschaftliche-gesamtrechnung-auf-nationaler-ebene>, zuletzt geprüft am 24.08.2024.
- Steininger, Karl; Bednar-Friedl, Birgit; Knittel, Nina; Kirchengast, Gottfried; Nabernegg, Stefan; Williges, Keith et al. (2020): Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns: Wegener Center Verlag; Universität Graz.
- Steinwider, Andreas (2008): Untersuchungen zur Vollweidehaltung von Milchkühen unter alpinen Produktionsbedingungen. HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Irdning. Online verfügbar unter https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download.html?path=Forschungsberichte%252FAbschlussbericht%2BVollweidehaltung%252F40_2008_bericht_vollweidehaltung.pdf, zuletzt geprüft am 20.02.2025.
- Strnadl, Susanne (2024): Bringen Kühe das Klima zum Kippen? In: *Der Standard*, 20.01.2024. Online verfügbar unter <https://www.derstandard.at/story/3000000203382/bringen-kuehe-das-klima-zum-kippen>, zuletzt geprüft am 30.10.2025.

- Suske, Wolfgang (2019): Ökologische Bewertung der Bewirtschaftung von Grünlandflächen hinsichtlich Nutzungsintensivierung und Nutzungsaufgabe. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Wien. Online verfügbar unter <https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:656ab490-dabb-471b-9cbd-7f4eb7f52cc1/Studie%204:%20Evaluierung%20Gr%C3%BCnland.pdf>, zuletzt geprüft am 21.07.2025.
- Terler, Georg (2022): Einfluss von Fütterung und Genotyp auf Methanproduktion sowie Energie- und Proteinstoffwechsel von Milchkühen. Abschlussbericht. HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Irdning-Donnersbachtal. Online verfügbar unter https://dafne.at/content/report_release/5ffae4f7-120c-49c1-88a9-399c590912cc_0.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2025.
- Terrer, C.; Phillips, R. P.; Hungate, B. A.; Rosende, J.; Pett-Ridge, J.; Craig, M. E. et al. (2021): A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. In: *Nature* 591 (7851), S. 599–603. DOI: 10.1038/s41586-021-03306-8.
- Thrän, Daniela (2020): Das System Bioökonomie. Unter Mitarbeit von Urs Moesenfechtel. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- UBA (Hg.) (2022): Unterschätztes Treibhausgas Methan. Quellen, Wirkungen, Minderungsoptionen. Umweltbundesamt (Position // August 2022). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_pos_methanminderung_bf.pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2019): Gemeinsame Agrarpolitik 2020+. Grundlagen für die SWOT-Analyse der Umweltziele (d), (e) und (f) in Österreich. Wien. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0695.pdf>, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2024a): Austrias National Inventory Report 2024. Submission under the Regulation (EU) No 2018/1999. Wien. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0909.pdf>, zuletzt geprüft am 19.04.2024.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2024b): Klimaschutzbericht 2024. Wien. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0913.pdf>, zuletzt geprüft am 14.07.2025.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2025a): Austria's National Inventory Document 2025. Submission under the UNFCCC and under the Paris Agreement. Wien (REP-0964). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0964.pdf>, zuletzt geprüft am 19.02.2026.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2025b): Klimaschutzbericht 2025. Wien. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0990.pdf>, zuletzt geprüft am 17.02.2026.
- Vo-Papis, Mury (2017): Am Mühlbergerhof gedeiht Artenvielfalt. Hg. v. Blühendes Österreich. Online verfügbar unter https://austriaca.at/0xc1aa5572_0x0040b7ff.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2024.

- Wagner, Markus; Waterton, Claire; Norton, Lisa R. (2023): Mob grazing: A nature-based solution for British farms producing pasture-fed livestock. In: *Nature-Based Solutions* 3, Artikel 100054. DOI: 10.1016/j.nbsj.2023.100054.
- Wälterlin, Urs (2024): Neuseelands Wende in der Klimapolitik: Rinder-Rülpser bleiben steuerfrei. In: *taz*, 17.06.2024. Online verfügbar unter <https://taz.de/Neuseelands-Wende-in-der-Klimapolitik/!6017441/>, zuletzt geprüft am 06.08.2025.
- Westhoek, Henk; Lesschen, Jan Peter; Rood, Trudy; Wagner, Susanne; Marco, Alessandra de; Murphy-Bokern, Donal et al. (2014): Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. In: *Global Environmental Change* 26, S. 196–205. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.02.004.
- WMO (Hg.) (2021): Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2019). WMO-No. 1267. World Meteorological Organization. Geneva. Online verfügbar unter https://digitallibrary.un.org/record/3939847/files/1267_Atlas_of_Mortality_en-final_-_26-07-2021.pdf, zuletzt geprüft am 05.08.2024.
- Xuan, Tran Dang; Minh, Tran Thi Ngoc; Rayee, Ramin; Dong, Ngo Duy; Chien, Nguyen Xuan (2025): Advances in mitigating methane emissions from rice cultivation: past, present, and future strategies. In: *Environmental science and pollution research international* 32 (34), S. 20232–20247. DOI: 10.1007/s11356-025-36776-8.
- Zehetmeier, Monika; Zerhusen, Bianca (2017): Sparen klimafreundliche Betriebe Geld? In: 15. Kulturlandschaftstag, *Landwirtschaft im Klimawandel*, S. 65–70. Online verfügbar unter https://lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/15-kulturlandschaft-2017_lfl-schriftenreihe.pdf, zuletzt geprüft am 04.08.2025.
- Zollitsch, W.; Hörtenhuber, Stefan; Lindenthal, Thomas (2010): Treibhausgase aus Milchviehhaltung. Eine Systembewertung ist nötig. In: *Ökologie & Landbau* 156 (4), S. 19–21. Online verfügbar unter https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/oesterreich/arbeits-schwerpunkte/Klima/zollitsch_hoertenhuber_systembewertung_1012.pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2024.