

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science in
Ökologische Landwirtschaft und Ernährungssysteme (HNEE)
und **Umwelt und Natürliche Ressourcen (ZHAW)**

Eine multifunktionale Nutztierhaltung als Zukunftskonzept

Kriterien zur Bewertung und Konzipierung
einer nachhaltigen Nutztierhaltung mit Fokus Rind



Vorgelegt von: Alexander Greiner
Matrikelnummern: 18212044 (HNEE) | 22551147 (ZHAW)

Erstgutachter (HNEE): Prof. Dr. Jens Pape
Zweitgutachter (ZHAW): Dr. Roman Grüter

Eingereicht am: 04. Dezember 2023

Summary

The global demand for animal products is on the rise, driven by the expanding world population and increasing economic wealth. The social, ecological and animal ethical problems of modern livestock farming and human consumption patterns are already apparent today. Existing strategies for sustainable agriculture focus primarily on technology and breeding as a solution, and rarely break away from the current agricultural structures of intensive farming and the high product demand.

While livestock play an important role in the global and German food system, not all livestock systems increase overall efficiency and make a positive contribution to human nutrition. It depends largely on the feed used, the housing environment and the type of animal. In Germany, intensive housing systems with geographically concentrated livestock have become established. Only a few animals have access to their natural habitat. Although they are legally protected and recognized as sentient beings, economic factors often override animal welfare. Consequently, farm animals only occupy a marginal position in anthropocentric thinking.

In this study, an alternative system was defined and tested in the form of multifunctional livestock farming (MFT). It places the functions of the animals at the center of the sustainability assessment and is based on the natural husbandry environment of the specific animal species and breed. This is a fundamental difference to other sustainability models. A high level of animal welfare is a prerequisite for the unrestricted performance of these functions. The nutritional-physiological requirements and the sustainable production potential in Germany serve as guidelines. Cattle were selected as an example for consideration due to their important position in circular food systems.

The MFT was compared with four dairy and fattening cattle systems using selected sustainability criteria, which represent current production practice and possible future target systems. The basis for the calculated minimum and maximum production potential of MFT was the human-edible biomass derived from (1) permanent grassland, (2) plant by-products and residues from the food industry and (3) rotational crops as a necessary element for soil fertility.

In comparison, MFT showed the highest sustainability potential for society, ecology and animal welfare. It could solve sustainability problems and increase the overall efficiency of the food system. The nutritional requirements and current consumption of milk and beef could be met in Germany in the minimum and maximum scenarios.

Zusammenfassung

Die Weltbevölkerung steigt und mit ihr der Konsum tierischer Produkte. Bereits heute zeigen sich die gesellschaftlichen, ökologischen und tierethischen Probleme der modernen Nutztierhaltung und menschlichen Konsummuster. Es fehlen ganzheitliche Nachhaltigkeitsstrategien, die eine Fokussierung auf Effizienzsteigerungen durch Technik und Züchtung als Lösung aufbrechen und unabhängig von aktuellen landwirtschaftlichen Strukturen, Produktionsprozessen mit Intensivhaltung und der heutigen Produktnachfrage sind.

Im weltweiten und deutschen Ernährungssystem nehmen die Nutztiere zwar eine wichtige Rolle ein, doch nicht alle Nutztiersysteme erhöhen die Gesamteffizienz und leisten einen positiven Beitrag zur menschlichen Ernährung. Es hängt maßgeblich von den eingesetzten Futtermitteln, der Haltungsumgebung und Tierart ab. In Deutschland haben sich intensive Stallsysteme mit geographisch konzentrierten Viehbeständen etabliert. Nur wenige Tiere haben Zugang zu ihrem natürlichen Lebensraum. Obwohl sie rechtlich geschützt sind und als fühlende Wesen anerkannt werden, überlagern ökonomische Faktoren häufig das Tierwohl. Im anthropozentrischen Denken nehmen Nutztiere folglich nur eine Randstellung ein.

In der Arbeit wurde mit der Multifunktionalen Nutztierhaltung (MFT) ein alternatives System definiert und geprüft. Es stellt die Funktionen der Tiere in den Mittelpunkt der Nachhaltigkeitsbewertung und orientiert sich an der natürlichen Haltungsumgebung der spezifischen Tierart und -rasse. Dies ist ein grundlegender Unterschied zu anderen Nachhaltigkeitsmodellen. Ein hohes Tierwohl ist die Voraussetzung für eine uneingeschränkte Ausübung dieser Funktionen. Als Leitplanken dienen der ernährungsphysiologische Bedarf und das nachhaltige Produktionspotential in Deutschland. Das Rind wurde durch seine wichtige Stellung in zirkulären Ernährungssystemen als Beispiel für die Betrachtung ausgewählt.

Die MFT wurde anhand ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien mit vier Milch- und Mastviehsystemen verglichen, die sowohl die heutige Produktionspraxis und als auch mögliche zukünftige Zielsysteme repräsentieren. Die Grundlage für das berechnete minimale und maximale Produktionspotential der MFT bildete die nicht-essbare Biomasse, die aus (1) Dauergrünland, (2) pflanzlichen Nebenprodukten und Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie und (3) Fruchtfolgekulturen, als notwendiges Element für die Bodenfruchtbarkeit, stammt.

Im Vergleich zeigte die MFT das höchste Nachhaltigkeitspotential für Gesellschaft, Ökologie und Tierwohl. Sie könnte die Nachhaltigkeitsprobleme lösen und die Gesamteffizienz des Ernährungssystems erhöhen. Der ernährungsphysiologische Bedarf und aktuelle Konsum von Milch und Rindfleisch könnte in Deutschland im Minimal- und Maximalszenario gedeckt werden.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Forschungsfragen	3
2 Grundlagen zur Nutztierhaltung	4
2.1 Die Rolle von Nutztieren im Ernährungssystem.....	4
2.1.1 Allgemeiner Hintergrund.....	4
2.1.2 Überblick über die deutsche Nutztierhaltung.....	10
2.1.3 Betriebsstruktur der deutschen Rinderhaltung	11
2.1.4 Produktion und Konsum von Rindfleisch und Milch	13
2.2 Natürliche Lebensumwelt von Rindern	16
2.2.1 Sozialstrukturen	16
2.2.2 Hungern im Winter.....	17
2.2.3 Hitzestress	18
2.3 Probleme der modernen Nutztierhaltung.....	19
2.3.1 Artenvielfalt der Fauna	19
2.3.2 Zoonosen.....	20
2.3.3 Antibiotikaresistenzen	20
2.3.4 Feinstaub.....	21
2.3.5 Treibhausgase	22
2.3.6 Erosion.....	25
2.4 Tierschutz in Gesellschaft und Politik.....	27
2.4.1 Tierwohl und Tiergerechtigkeit.....	27
2.4.2 Bevölkerungsumfragen	30
3 Hintergrund zu Begriffen und Methoden	31
3.1 Definition von Nachhaltigkeit.....	31
3.2 Definition von Multifunktionalität.....	32
3.3 Verfahren der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung	34
3.3.1 Ermittlung der Kriterien	34
3.3.2 Nutzwertanalyse	35
3.3.3 SMART-Methode.....	35
3.3.4 Hierarchische Gewichtung von Kriterien	35
4 Methodik.....	36
4.1 Auswahl und Definition von Funktionsbereichen und Nachhaltigkeitskriterien	36
4.1.1 Funktionen von Tieren	36
4.1.2 Auswahl von Kriterien und Indikatoren	37

4.2	Systemvergleich über Nachhaltigkeitsmatrix und Funktionsindikatoren	37
4.2.1	Annahmen zu Vergleichssystemen	38
4.2.2	Berechnung des Nachhaltigkeitswertes.....	42
4.2.3	Berechnung des Multifunktionalitätsgrades.....	42
4.3	Produktionspotential.....	43
5	Ergebnis.....	48
5.1	Nachhaltigkeitskreis der Multifunktionalen Nutztierhaltung.....	48
5.2	Systemvergleich.....	50
5.3	Produktionspotential.....	54
6	Diskussion.....	59
6.1	Ergebnis	59
6.1.1	Kriterien der Multifunktionalen Nutztierhaltung.....	59
6.1.2	Systemvergleich	62
6.1.3	Staatliche Maßnahmen	70
6.1.4	Auslandsverlagerung bei höheren Inlandsstandards.....	70
6.1.5	Produktionspotential in Deutschland	71
6.1.6	Nachhaltigkeitsstrategien	80
6.1.7	Ethik und Gesetze.....	82
6.2	Methode.....	87
6.2.1	Multifunktionalitätsgrad	87
6.2.2	Nachhaltigkeitswert	87
6.2.3	Hierarchische Gewichtung	88
6.2.4	Potentialberechnung.....	88
6.2.5	Limitationen	89
7	Fazit und Ausblick.....	90
8	Literaturverzeichnis.....	94
	Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Rolle von kostengünstigen Nutztieren im Lebensmittelsystem	7
Abbildung 2: Aktuelle Proteinversorgung pro Person und Tag je Region mit tierischem Protein.....	8
Abbildung 3: Methoden zur Bestimmung der Flächeneffizienz	9
Abbildung 4: Rinderbestand nach Nutzungsrichtung und Rinderrasse (2022)	12
Abbildung 5: Zusammensetzung der deutschen Rindfleischproduktion (2022)	13
Abbildung 6: Menschlicher Fleischverzehr in Deutschland (2022)	14
Abbildung 7: Beziehung zwischen den unmittelbaren Auswirkungen von umweltbedingtem Hitzestress und den drei wichtigsten Konstrukten des Tierschutzes	18
Abbildung 8: Anteile an der weltweiten Säugetierbiomasse	19
Abbildung 9: Der Nachhaltigkeitskompass.....	32
Abbildung 10: Verknüpfung zwischen den landwirtschaftlichen Funktionen.....	33
Abbildung 11: Allgemeines Vorgehen der multikriteriellen Entscheidungsanalyse	34
Abbildung 12: Beispielhafte Kriterienhierarchie	34
Abbildung 13: Hierarchische und nicht-hierarchische Gewichtungsverfahren	35
Abbildung 14: Flussdiagramm der Methodik	36
Abbildung 15: Beispielhafte Hierarchie der Funktionen	36
Abbildung 16: Über- und Subsystem.....	37
Abbildung 17: Beispiel der hierarchischen Gewichtung zur Berechnung des Nachhaltigkeitswertes..	42
Abbildung 18: Beispielhafte Berechnung des Multifunktionalitätsgrades.....	43
Abbildung 19: Nachhaltigkeitskreis der Multifunktionalen physiozentrischen Nutztierhaltung.....	48
Abbildung 20: Geschätzte Produktionsmöglichkeitenkurve	49
Abbildung 21: Übersicht über die Nachhaltigkeitswerte der Vergleichssysteme.....	51
Abbildung 22: Detaillierte Übersicht über die Nachhaltigkeitswerte der Vergleichssysteme	51
Abbildung 23: Flussdiagramm einer multifunktionalen Nutztierhaltung	54
Abbildung 24: Proteinpotential für die Multifunktionale Nutztierhaltung in Deutschland.....	56
Abbildung 25: Energiepotential für die Multifunktionale Nutztierhaltung in Deutschland.....	56
Abbildung 26: Potential der jährlichen Rindfleischproduktion in Deutschland im Vergleich zum ernährungsphysiologischen Bedarf nach DGE und Verzehr in 2022.....	57
Abbildung 27: Potential der jährlichen Milchproduktion in Deutschland im Vergleich zum ernährungsphysiologischen Bedarf nach DGE und Verzehr in 2022.....	57
Abbildung 28: Rinder- und Milchviehbestand in Deutschland (Deutsches Reich) zwischen 1860-2023	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umwandlungsverhältnis von Futtermitteln und Proteinen	4
Tabelle 2: Übersicht mit Futtermitteln für Rinder	5
Tabelle 3: Übersicht über gebräuchliche Verwendungen von tierischen Nebenprodukten	6
Tabelle 4: Futterumwandlungsverhältnis und Flächenbedarf im Vergleich	9
Tabelle 5: Ammoniakemissionen in Abhängigkeit vom Haltungsverfahren	21
Tabelle 6: Erwärmungspotential (GWP) ausgewählter Gase nach IPCC AR6.....	22
Tabelle 7: Übersicht über die Welfare Quality Kriterien.....	29
Tabelle 8: Bewertungsskala in Nachhaltigkeitsmatrix.....	38
Tabelle 9: Übersicht über MFT und Vergleichssysteme.....	41
Tabelle 10: Dauergrünland (2022) nach Art der Nutzung.....	44
Tabelle 11: Vereinfachter Multifunktionalitätsgrad im Vergleich.....	50
Tabelle 12: Übersicht des Systemvergleichs der Nachhaltigkeitskriterien	52
Tabelle 13: Übersicht über pflanzliche Nebenstoffe in Deutschland (Durchschnitt von 2017/18-2021/22).....	55

Abkürzungsverzeichnis

Akh	Arbeitskraftstunden
C	Kohlenstoff
CO _{2eq}	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
DALYs	Verlorene gesunde Lebensjahre (engl. Disability-Adjusted Life Years)
dt	Dezitonne
ECM	Energiekorrigierte Milch (engl. Energy Corrected Milk)
EF	Emissionsfaktor
EROI	Energierendite
ET	Evapotranspiration
FCR	Futterumwandlungsrate (engl. Feed Conversion Ratio)
FM	Frischmasse
GJ	Gigajoule (10 ⁹)
GLASOD	Globale Bewertung der durch den Menschen verursachten Bodendegradation (engl. Global Assessment of Human-induced Soil Degradation)
Gt	Gigatonne
i.e.S.	im engeren Sinne
LG	Lebendgewicht
LUR	Landnutzungsverhältnis (engl. Land Use Ratio)
MCDCA	Multikriterielle Entscheidungsanalyse (engl. Multiple-Criteria Decision Analysis)
ME	Umsetzbare Energie (engl. Metabolizable Energy)
MFT	Multifunktionale Nutztierhaltung
MJ	Megajoule (10 ⁶)
N	Stickstoff
NEL	Netto-Energie-Laktation
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO ₃ ⁻	Nitrat
nXP	nutzbares Rohprotein im Dünndarm (Mikrobenprotein und im Pansen nicht abgebaut-tes Futterrohprotein)
P	Phosphor
PCR	Proteinumwandlungsrate (engl. Protein Conversion Rate)
PCU	Populationskorrigierte Einheit (engl. Population Correction Unit)
PJ	Petajoule (10 ¹⁵)
PM _{2,5}	Feinstaub (engl. Particulate Matter) kleiner 2,5 µm
SOC	organisch gebundener Kohlenstoff im Boden (engl. Soil Organic Carbon)
t	Tonnen
THG	Treibhausgase
TJ	Terajoule (10 ¹²)
TM	Trockenmasse
UBA	Umweltbundesamt
XP	Rohprotein

1 Einleitung

Weltweit steigt die Nachfrage nach Fleisch, Milch und Eiern. In 2021 wurden rund 918,2 Mio. Tonnen Milch, 92,6 Mio. Tonnen Eier und 357,4 Mio. Tonnen Fleisch erzeugt – davon alleine 314,4 Mio. Tonnen von Huhn, Schwein und Rind. In 20 Jahren ist die Menge um 51-64 % angestiegen (FAOSTAT 2023) und übersteigt damit das Bevölkerungswachstum von rund 27 % im selben Zeitraum (UN 2022). Besonders in Schwellen- und Entwicklungsländern hat ein wirtschaftlicher Aufschwung zu einem höheren Pro-Kopf-Konsum tierischer Lebensmittel geführt (Whitton et al. 2021; Vranken et al. 2014; Sans & Combris 2015). Doch ist das ein Problem?

Nach Prognosen der Vereinten Nationen (2022: 28) wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9,7 Mrd. wachsen, mit ihr steigt der Bedarf an Nahrungsmitteln. Bereits 2021 waren bis zu 828 Mio. Menschen von Hunger betroffen. Unter einem unsicheren Zugang zu Lebensmitteln bzw. fehlenden finanziellen Ressourcen für eine gesunde Ernährung litten rund 2,3 Mrd. (FAO et al. 2022). Die Anzahl übergewichtiger Erwachsener hat sich gleichzeitig zwischen 2000 und 2016 auf 676 Mio. verdoppelt. Auch die Zahl übergewichtiger Kinder nahm weltweit zu (ebd.). Doch nicht nur die Ernährungssicherheit und Gesundheit der Menschen ist im aktuellen Ernährungssystem gefährdet.

Schon heute übersteigen unsere Konsummuster die planetaren Grenzen (vgl. Rockström et al. 2020). Es ist am anthropogenen Klimawandel und einem Verlust der Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit abzulesen (vgl. Benton et al. 2021). Die moderne Landwirtschaft wird als einer der Treiber gesehen. Besonders die Erzeugung tierischer Produkte steht in der Kritik. Dies liegt u.a. am Ausstoß von Treibhausgasen oder der hohen Süßwasser- und Flächennutzung – 76 % der weltweit landwirtschaftlich genutzten Flächen werden für die Tierhaltung verwendet (Mottet et al. 2017: 5) –, aber auch an Überweidung, der Konzentration von Viehbeständen und Nährstoffüberschüssen, die zu Eutrophierung von Gewässern führen können, der Verfütterung von Ackerkulturen wie Soja oder Getreide, die als menschliche Nahrungsmittel verloren gehen, oder der Umwandlung von tropischen Wäldern in Lateinamerika zu Acker- und Weideflächen (vgl. Benton et al. 2021 und Steinfeld et al. 2006).

Auch die gesundheitlichen Folgen eines zu hohen Fleischkonsums (siehe Sun et al. 2021, Song et al. 2016 und Battaglia Richi et al. 2015) und das Tierwohl rücken vermehrt ins Blickfeld von Gesellschaft und Politik. Laborfleisch, Insekten, Pilze und pflanzliche Alternativen werden als mögliche Zukunft der Proteinversorgung diskutiert (siehe Jetzke et al. 2019). Doch hat die traditionelle Nutztierhaltung auch noch eine Zukunft und wie müsste sie aussehen, um vorteilhaft für Mensch, Tier und Umwelt zu sein?

1.1 Problemstellung

Die Folgen einer intensiven Nutztierhaltung zeigen sich auch in Deutschland. Die Nutztiere stehen hauptsächlich in Ställen (BMEL 2019: 9ff.) und sind von ihrem ursprünglichen Lebensraum getrennt.

Sie übernehmen folglich nur isolierte Funktionen und bleiben fundamental reine Rohstofflieferanten von Milch, Eiern und Fleisch. Entsprechend gibt es spezielle Züchtungen für maximale Legeleistung, Fleischansatz und Milchproduktion. Die Artenvielfalt nimmt ab und es bleibt ein System zurück, in dem die Tiere statt als Lebewesen nur noch als Ware erscheinen. Dies zeigt auch die Entmenschlichung der Arbeitsprozesse durch Maschinen und die Fließbandarbeit in Schlachthöfen. Ob ein solches System jemals nachhaltig sein kann, welche Ebenen der Nachhaltigkeit vergessen werden und ob es einen multifunktionalen Ansatz bedarf, sind entscheidende Fragen, um eine Lösung zu finden.

Politisch wurde bereits 2015 ein Gutachten über „Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung“ vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik (WBA) beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft angefertigt. Die Haltungsbedingungen eines Großteils der Nutztiere wurden als nicht zukunftsfähig bewertet (WBA 2015: 284). Weitere Zielkonflikte zwischen Umwelt- und Verbraucherschutz sowie der Wettbewerbsfähigkeit wurden aufgeführt. Als Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls, Umwelt- und Verbraucherschutzes schlägt der WBA (2015) u.a. eine stärkere Kontrolle über Tierwohl-Monitoring, Informationsprogramme für Verbraucher, Ergänzungen im Tierschutzrecht und eine Erhöhung der Mindeststandards, Forschungs- und Innovationsprogramme, Umschichtungen von Finanzmitteln und Anpassungen im Düngerecht vor.

Auch in der Nutztierstrategie von 2019 werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie mehr Umweltschutz und Tierwohl realisierbar wären, ohne die Versorgung der Verbraucher mit nachhaltig erzeugtem Fleisch oder die ökonomische Sicherheit der Betriebe zu gefährden. Eines der Ziele ist es, Vorreiter im Tierwohl zu werden (BMEL 2019: 6). Als langfristig vielversprechendste Option, um verbesserte Haltungsbedingungen umzusetzen, werden Kosteneinsparungen durch Innovation und technischen Fortschritt gesehen (ebd.: 23). Die „Ställe der Zukunft“ sollen als Modell- und Demonstrationsvorhaben in den kommenden Jahren neue Erkenntnisse liefern (BMEL 2019: 39).

Doch es fehlen klare Zielwerte, wie genau eine nachhaltige, zukunftssichere Nutztierhaltung aussehen sollte, die tatsächlich mehr Umweltschutz, Biodiversität, Tierwohl und Ernährungssicherheit bringen könnte. Die steigende Effizienz und der Traum von moderneren Ställen mit mehr Technisierung existieren bereits seit Jahrzehnten, ohne bisher eine langfristige Lösung gewesen zu sein. Durch den Rebound-Effekt dürfte es die aktuelle Situation bedingt und die Steigerung des Fleisch-, Eier- und Milchkonsums ermöglicht haben.

Diese Berichte zeigen nicht nur, dass das aktuelle Nutztierhaltungssystem unnachhaltig und eindimensional ist, sondern auch, dass die Probleme seit Jahren bekannt sind. In veröffentlichten Lösungskonzepten fehlt eine ganzheitliche Sicht, wenn nur die Symptome eines Problems behandelt werden und mehr Industrialisierung als Lösung stilisiert wird. Die kurzfristige ökonomische Perspektive nimmt häufig einen zentralen Stellenwert ein. Die Effizienz des Systems wird über die Maximierung der Produktionsleistung und Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt beurteilt, statt sich am tatsächlichen

ernährungsphysiologischen Bedarf oder Umweltkriterien zu orientieren. Dies verursacht Tierleid und weitere externe Effekte. Ein weites politisches Maßnahmenpaket könnte Fortschritte bewirken. Doch könnte auch ein alternatives System, das das Tier und seine vielfältigen Funktionen – statt Mensch, Umwelt und Wirtschaft – in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt, gleichzeitig:

1. die Nachhaltigkeitsprobleme lösen,
2. eine Ableitung für Zielwerte einer zukunftsfähigen Nutztierhaltung ermöglichen
3. und eine pragmatischere und zielführendere Lösung als aktuelle staatliche Maßnahmen sein?

Eine Darstellung des Potentials, der Kosten und der Folgen eines multifunktionalen und physiozentrischen Systems in Deutschland – im Gegensatz zum aktuellen anthropozentrischen Handeln – fehlt. Könnte es gar die Zukunft der traditionellen Nutztierhaltung sein?

1.2 Zielsetzung

In der folgenden Arbeit soll das Konzept einer multifunktionalen Nutztierhaltung (MFT) für Rinder entwickelt und geprüft werden. Es soll im Hinblick auf seine Nachhaltigkeit auf den Ebenen *Tierwohl*, *Gesellschaft*, *Ökologie* und *Ökonomie* mit dem aktuell gängigsten Haltungssystem in Deutschland verglichen werden. Dafür werden Kriterien ermittelt, um die Nachhaltigkeit des Nutztierhaltungssystems bewerten zu können. Abschließend werden mögliche Vor- und Nachteile der MFT benannt, Handlungsanweisungen abgeleitet und eine nationale Etablierung diskutiert.

Das Hauptziel ist die Beurteilung der MFT als nachhaltige Alternative zum bestehenden nationalen System und die möglichen Folgen.

1.3 Forschungsfragen

1. Welche Kriterien können zur Definition und Bewertung einer multifunktionalen Nutztierhaltung (MFT) verwendet werden?
2. Wie schneidet die MFT im Vergleich zur aktuellen Nutztierhaltung in Deutschland bezüglich ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien ab?
3. Welche Einteilungskriterien der MFT von Rindern können auf andere Tierarten übertragen werden?
4. Wie kann das Produktionspotential der MFT bestimmt werden und wie groß ist es in Deutschland?
5. Welche Zielwerte sollten für eine nachhaltige Nutztierhaltung definiert werden?

2 Grundlagen zur Nutztierhaltung

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die Nutztierhaltung und ihre Rolle im Ernährungssystem auf globaler und nationaler Ebene präsentiert. Als Überleitung zur Multifunktionalität und Nachhaltigkeit wird die natürliche Lebensumwelt der Rinder (Kapitel 2.2) und verknüpfte Umwelt- und Gesellschaftsprobleme (Kapitel 2.3) beschrieben und eine ethische und rechtliche Wissensgrundlage (Kapitel 2.4) geschaffen. Die Informationen dienen zur späteren Einordnung der Ergebnisse.

2.1 Die Rolle von Nutztieren im Ernährungssystem

Um die Rolle von Nutztieren im Ernährungssystem zu erläutern, wird ein allgemeiner Hintergrund zur weltweiten Nutztierhaltung, zirkulären Ernährungssystemen und der Bestimmung der Ernährungssicherheit gegeben und die Strukturen in Deutschland, vor allem der Rinderhaltung, vorgestellt.

2.1.1 Allgemeiner Hintergrund

Weltweit stehen rund 4,7 Mrd. Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche zu Verfügung. 1,6 Mrd. Hektar sind Ackerland und zwei Drittel Wiesen und Weiden (FAO 2020). Davon werden jedoch rund 1,5 Mrd. Hektar an marginalen Weideflächen und buschigen Ökosystemen nicht für die Nutztierhaltung verwendet. Weitere rund 685 Mio. ha Grünland könnten theoretisch in Ackerland umgewandelt werden, was fast der Hälfte des aktuellen Ackerlands entspricht (Mottet et al. 2017: 5). Insgesamt werden 33-40 % des Ackerlands für Futtermittel verwendet (Steinfeld et al. 2006: 74; Mottet et al. 2017: 5) bzw. 53 % der Agrarflächen, obwohl tierische Lebensmittel nur 37 % der Proteine und 18 % der Kalorien liefern (Poore & Nemecek 2018: 16).

Effizienz tierischer Produktion

Die Produktion eines Kilogramms Fleisches (ohne Knochen) von Wiederkäuern benötigt schätzungsweise 2,8 kg Futtermittel, die für den menschlichen Verzehr geeignet wären, und von Monogastriern (Schweine und Hühner) 3,2 kg (Mottet et al. 2017: 7; siehe Tabelle 1). Wenn der Sojakuchen mit einbezogen wird, der aus einem menschenverzehrbaren Produkt stammt oder sogar für die

Tabelle 1: Umwandlungsverhältnis von Futtermitteln und Proteinen

	Wiederkäuer	Monogastrier	Rinder und Büffel		Hinterhofhaltung	
			Feedlot	Weide	Geflügel	Schweine
Menschennutzbare Futtermittel (in kg TM/pro kg Fleisch ohne Knochen)	2,8	3,2	7,9 - 9,4	0,1 - 3,9	1,5 - 0,0	0,1 - 0,0
inkl. Sojakuchen	6,7	20,3	39,6 - 45,4	0,5 - 5,5	8,8 - 1,0	7,8 - 1,4
Proteinumwandlungsverhältnis (in kg Protein aus menschennutzbaren Futtermitteln/kg Protein im Endprodukt)	0,6	2,0	3,5 - 4,1	0,2 - 0,5	3,5 - 0,5	3,7 - 0,6
inkl. Sojakuchen	1,0	4,2	4,8 - 4,7	0,3 - 0,9	3,5 - 0,5	3,7 - 0,7

Doppelte Werte: Trennung nach Nicht-OECD und OECD Mitgliedstaat

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten von Mottet et al. 2017: 3

menschliche Ernährung genutzt werden könnte (Singh & Krishnaswamy 2022; Ontario Grain Farmer Magazine 2016), steigt die Menge bei Wiederkäuern auf 6,7 kg und bei Monogastriern auf 20,3 kg. Die Ernährung von Monogastriern (Schweinen und Geflügel) besteht in der Regel überwiegend aus Weizen (*Triticum* spp.) und Mais (*Zea mays*), wobei Sojaschrot (*Glycine max*) die Hauptquelle für zusätzliches Protein ist (Wilkinson & Lee 2017: 1736).

Im Gegensatz zu Monogastriern haben Wiederkäuer weltweit eine positive bis ausgeglichene Proteinbilanz (siehe Tabelle 1). Dies gilt nicht für Rinder und Büffel aus Feedlots (Intensivmast), die höhere relative Futtermengen als Monogastrier benötigen. Die höchste Umwandlungsrate hat die Weidehaltung und die „Backyard“ (dt. Hinterhof) Haltung von Geflügel und Schweinen (Mottet et al. 2017: 3).

Nebenprodukte und Reststoffe

Nach Mottet et al. (2017: 4) handelt es sich jedoch bei aktuell 86 % der in der Nutztierhaltung weltweit eingesetzten Futtermittel um Biomasse, die noch nicht für die menschliche Ernährung genutzt werden kann. Zahlreiche Futtermittel sind Nebenprodukte aus der Verarbeitung von Rohwaren zu Zucker, Öl, Mehl, Bier, Alkohol oder Stärke (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht mit Futtermitteln für Rinder

Herkunft	Futtermittel
Grünland	Kurzrasenweide, Grascobs, Grassilage, Klee gras, Heu, Luzerne
Ackerbau (z.B. Zwischenfrüchte, Produkte minderer Qualität oder Überschusswaren)	Ackerbohnen, Erbsen, Ganzpflanzensilage (GPS), Lupinen, Kartoffeln, Karotten, Auswuchsgetreide, Senf, Rübsen, Raps, Sojabohnen, Zuckerhirse/Hirse-GPS, Silomais, Grünlandkulturen wie Klee gras
Mühlenebenprodukte	Weizen- und Roggenkleie, Weizennachmehl
Ölpressung	Sojaextraktionsschrot, Sojakuchen, Sonnenblumenkuchen, Rapsextraktionsschrot, Rapskuchen, Leinkuchen, Leinextraktionsschrot, Hanfkuchen, Futterfett
Stärkegewinnung	Maiskleber, Kartoffel presspülpe
Zuckerfabrikation	Trockenschnitzel, Pressschnitzel, Melasse
Bierproduktion	Biertreber, Bierhefe, Malzkeime, Malzstaub
Treibstoff-/Alkoholherstellung	Schlempen (Weizen, Gerste, Mais), Propylenglykol und Glycerin
Sonstige	Altbrot, Futterharnstoff

Quelle: Eigene Darstellung mit Futtermittelliste von LfL 2023: 60-72

Tierische Nebenprodukte

Tierische Produkte dienen nicht nur zur menschlichen Ernährung. Rund 44 % des Lebendgewichts von Rindern und 30 % von Schweinen sind Nebenprodukte (Marti et al. 2011: 2), die im Schlachtprozess anfallen wie Fett, Blut, Haut, Hufe oder Knochen (siehe Tabelle 3). Sie werden u.a. zu pharmazeutischen Zwecken, in der Modeindustrie, als Düngemittel oder zur Treibstoffherstellung genutzt (vgl. Alao et al. 2017: 2, Irshad & Sharma 2015). Auch wenn es heutzutage Alternativen für einige Verwendungszwecke gibt, wie synthetische Substitute, Kunststoff, rekonstituierte Kollagene und Zellulose

(ebd.: 695), stellen tierische Nebenprodukte natürliche Rohstoffe dar, die in der Nutztierindustrie anfallen und einem menschlichen Nutzen zugeführt werden können.

Tabelle 3: Übersicht über gebräuchliche Verwendungen von tierischen Nebenprodukten

Tierische Nebenprodukte	Wiederaufbereitete Produkte	Wichtige Verwendungszwecke
Häute und Felle	Gegerbte Häute und Felle Leder und Textilien	Lederbekleidung, Gürtel, Auto- und Haushaltspolsterung, Taschen, Schuhe, Trommeln, Taschen, Briefaschen, Sportartikel, Gelatine usw.
Hufe und Hörner	Huf- und Hornmehl Gelatine und Keratinextraktion	Kämme, Knöpfe, Teller, Souvenirs, Düngemittel, Kollagen, Klebstoff, gelierte Lebensmittel, Schaumbildung in Feuerlöschern
Knochen	Gewinnung von Kollagen Knochenmehl	Besteckgriffe, Backfett, Knochengelatine, Knochenmehl, Kollagen, Kalzium, Phosphor
Blut	Pharmazeutische Produkte Blutmehl	Blutwurst oder -pudding, Düngemittel, Tierfuttermittel, Emulgator und Stabilisator
Därme	Wurstdärme Chirurgisches Nahtmaterial Musikinstrumente, Pharmazeutika	Catgut, Kollagenblätter, Saiten für Musikinstrumente, Wurstdärme, menschliche Nahrung, Tierfutter, Fleischmehl, Talg, Heparin, chirurgische Ligaturen
Organe und Drüsen	Pharmazeutika Medizinische Xenotransplantation	Herzstimulans, Heparin, Kortikotrophine, Enzyme, Steroide, Östrogen, Progesteron, Insulin, Trypsin, Parathormon, Kortison, Heparin, Lab, Pepsin
Haar/Wolle	Textilien Extraktion von Keratin	Tücher oder Gewebe, Matratzen, Keratin, Teppiche, Strickwaren, Isoliermaterial

Quellen: Alao et al. 2017: 8; Irshad & Sharma 2015: 685f.; Marti et al. 2011

Nutzung als Arbeitstiere und Transportmittel

Die Wichtigkeit von Nutztieren geht über die vielfältigen essbaren und nicht essbaren Rohstoffe, die sie liefern hinaus. Auf der Welt sind Rinder die am häufigsten eingesetzten Arbeitstiere – neben Wasserbüffeln in den Tropen und Eseln, Pferden, Maultieren und Kamelen in den trockeneren und gemäßigten Zonen. Sie werden besonders in kleinen gemischten Betrieben mit Regenfeldanbau für die Nahrungsmittelproduktion eingesetzt. Die menschliche und tierische Arbeit erbringt einen großen Teil des Energieeinsatzes in landwirtschaftlichen Betrieben im globalen Süden. Ein höherer Mechanisierungsgrad lohnt sich ökonomisch aufgrund der Betriebsgröße häufig nicht oder wird von Boden- und Geländebeschaaffenheit erschwert (Lawrence & Pearson 2002; Pearson 2011: 297).

Auch für den Transport nutzen nach Schätzungen 20 % der Weltbevölkerung überwiegend Tiere (ebd.). In Ländern und Regionen wie Äthiopien, Ägypten, Indien, Nepal, Südost-Asien, Nordafrika und Lateinamerika ist die Nutzung von Tieren zu Arbeit und Transport ein Teil der traditionellen Landwirtschaft. Die Materialien, notwendigen Fähigkeiten zur Haltung von Tieren und Herstellung und Reparatur von Geräten sind lokal verfügbar. Es besteht eine geringe Abhängigkeit von größeren Produzenten und Händlern, was die Kosten reduziert (ebd.: 297f.). Laut Pearson (2011: 299) kann die Tierkraft in Betrieben mit weniger als 3 ha wirtschaftlich mit Traktoren konkurrieren.

Insgesamt sparen Arbeitstiere Millionen Maschinen und Millionen Tonnen fossiler Energie ein. Alleine in Indien waren es 2003 nach Berechnungen von Dikshit & Birthal (2010) 6 Mio. Traktoren und

19,5 Mio. Tonnen Diesel, was 6,14 Mio. Tonnen CO₂ entspricht. Sie können, besonders wenn die Beiprodukte wie Fleisch oder Milch einbezogen und bergige Regionen genutzt werden, die Treibhausgase bzw. Nutzung fossiler Energien und Landnutzung des Ernährungssystems reduzieren wie auch die Übersichtsarbeit von Mota-Rojas et al. (2021) festhält.

Nutztiere in einem zirkulären Ernährungssystem

In einem Kreislaufsystem werden existierende Materialien und Produkte möglichst lange und sinnvoll genutzt, um Abfälle zu reduzieren und die Wertschöpfung zu erhöhen. Es steht im Gegensatz zum traditionellen, linearen Handeln und Wirtschaften, das auf günstige, leicht verfügbare Materialien und Energie angewiesen ist. In Europa ist eine zirkuläre Wirtschaft eines der Ziele, um Menschen, Wohlstand und Umwelt zu schützen (European Parliament 2023). Auch die Erzeugung von tierischen Produkten in einem zirkulären System (siehe Abbildung 1) kann positive Auswirkungen haben. Sie kann bei einer richtigen Umsetzung die Effizienz des Nahrungssystems erhöhen und ein Viertel des weltweiten Ackerlands für andere Zwecke nutzbar machen (van Zanten et al. 2018: 4188).

Die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen ist bei einem moderaten Verbrauch von tierischen Eiweiß aus Systemen mit geringen Opportunitätskosten der Biomasse (LCB, engl. Low-Cost Biomass) wie Reststoffe und Gras als Futtermittel am effizientesten – auch im Vergleich zu einer veganen Ernährung –, wie die Übersichtsarbeit von Van Zanten et al. (2018) zeigt. Diese Systeme können einen erheblichen Teil (9-23 g) des weltweiten täglichen Proteinbedarfs (ca. 50-60 g) decken (ebd.: 4192). Das Potential von Milch und Rindfleisch aus grasbasierter Haltung und Schweinefleisch durch die Verwertung von niedrigqualitativen Reststoffen ist am größten (van Selm et al. 2022: 71).

Die empfohlenen Nährstoffmengen der EAT-Lancet Diät können erreicht werden, auch wenn größere Mengen Geflügel statt Rind- und Schweinefleisch empfohlen werden (ebd.: 69). Es könnten 7-135 g Schweinefleisch, 2-55 g Rindfleisch, 2-14 g Hühnerfleisch, 138-519 g Milch und 2-24 g Eier pro Person und Tag produziert werden (van Zanten et al. 2018: 4193).

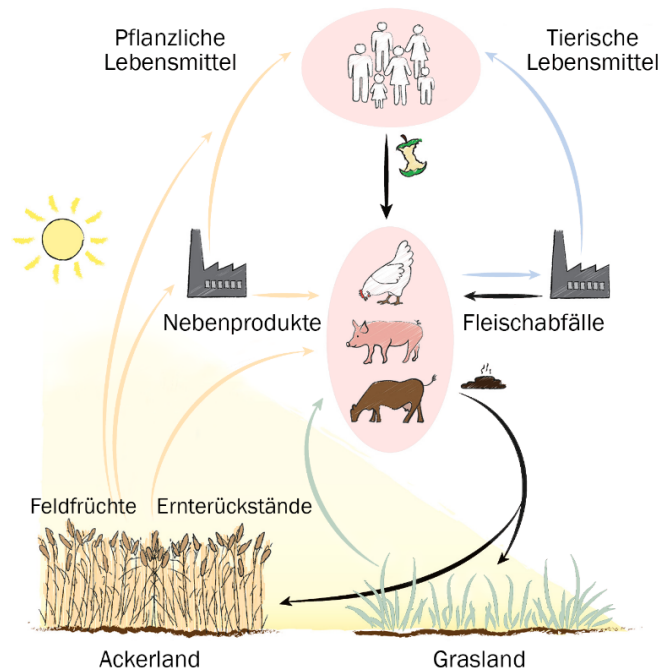


Abbildung 1: Die Rolle von kostengünstigen Nutztieren im Lebensmittelsystem (Modifiziert nach Van Zanten et al. 2018: 4189)

In einem “Food – not Feed”-Szenario (dt. Nahrung, nicht Futtermittel) von Schader et al. (2015: 5) können nicht nur die landwirtschaftliche Fläche für die Tierproduktion gesenkt werden, sondern auch der Stickstoff- und Phosphorüberschuss, die Treibhausgase, die Nutzung fossiler Energien, Urwaldabholzung, Bodenerosion und der Pestizideinsatz reduziert werden.

Auch wenn die heutige Nutztierhaltung insgesamt einen wichtigen Stellenwert in der weltweiten Proteinversorgung einnimmt, besonders im globalen Norden und Lateinamerika, übersteigt sie die Menge, die zirkuläre Systeme liefern können (siehe Abbildung 2). Dies kann negative Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit haben.

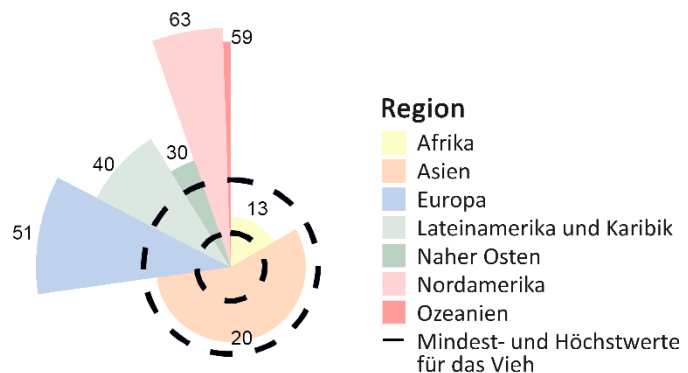


Abbildung 2: Aktuelle Proteinversorgung pro Person und Tag je Region mit tierischem Protein im Vergleich zum minimalen und maximalen globalen Durchschnittswert der kostengünstigen Tierhaltung (Modifiziert nach Van Zanten et al. (2018: 4190) basierend auf FAOSTAT (2017), verglichen mit dem minimalen globalen Durchschnittswert der kostengünstigen Tierhaltung von Schader et al. (2015) von 9 g Protein/Kopf/d und dem maximalen Wert eines kostengünstigen Viehbestands auf der Grundlage von Rööös et al. (2017) von 23 g Protein/Kopf/d)

Ernährungssicherheit

Um die Ernährungssicherheit zu bestimmen, existierten nach FAO (2008) vier Dimensionen:

- *Verfügbarkeit* von Nahrung: ausreichende Nahrungsmittelproduktion, Lagerbestände und Nettohandel
- *Zugang* zu Nahrung: ausreichende ökonomische Ressourcen zum Erwerb von Nahrungsmitteln
- *Verwendung* von Nahrung: Zubereitung und Auswahl von Nahrungsmitteln für ausreichende Energie- und Nährstoffaufnahme
- *Stabilität*: Ungünstige Wetterbedingungen, politische Instabilität und wirtschaftliche Faktoren (Arbeitslosigkeit, Inflation etc.) gefährden die drei anderen Dimensionen

Zur Bestimmung der Nahrungs- bzw. Flächenkonkurrenz tierischer Produkte können unterschiedliche Maßstäbe herangezogen werden. Dies kann durch die Futtermittelverwertung bzw. Futterumwandlungsrate (FCR=Feed Conversion Ratio) ausgedrückt werden. Die Nutztierhaltung versucht u.a. durch entsprechende Züchtungen die Futtermittel stetig effizienter einzusetzen und die Produktivität zu steigern (Neeteson-van Nieuwenhoven et al. 2013). Ein Rückschluss auf die Nettoproduktion von Proteinen oder Energie durch die Nutzung der Futtermittel ist nicht möglich.

Protein- (PCR) und Energieumwandlungsverhältnisse fokussieren sich auf die Effizienz in der Umwandlung von für den Menschen theoretisch essbaren Futtermitteln in tierische Produkte (siehe Tabelle 4). Lebenszyklusanalysen (LCA, engl. Life-Cycle Assessment) betrachten die insgesamt benötigte

Fläche zur Erzeugung einer Einheit tierischer Produkte (LO) und kann auch zum Vergleich mit pflanzlichen Produkten herangezogen werden (van Zanten et al. 2016: 749).

Tabelle 4: Futterumwandlungsverhältnis und Flächenbedarf im Vergleich

Produkt	Futterumwandlungsverhältnis								Landwirtschaftlicher Flächenbedarf			
	Total				(mensen)essbar				Output Tierprotein/Input essbares Protein (kg/kg)	ha/t tierisches Protein		
	TM kg/kg	Kraftfutter kg Frischmasse/kg Produkt	Energie MJ/MJ	Protein kg/kg	Kraftfutter kg Frischmasse/kg Produkt	Energie MJ/MJ	Protein kg/kg essbares Protein	Ackerfläche		Grasland	Total	
	in tierischem Produkt											
Milch (Gras)	1,1	0,27	4,5	5,6	0,1	0,47	0,71	1,41	0,62	2,50	3,12	
Rindfleisch	Mutterkuh (Hochland)	27,5	2,7	40,0	26,3	1,3	1,9	0,92	1,09	0,94	17,50	18,44
	Mutterkuh (Flachland)	24,8	5,9	37,0	23,8	2,8	4,2	2,0	0,50	2,04	14,20	16,24
	Gras, 18-20 M	15,5	4,6	23,3	14,9	2,2	3,2	1,6	0,63	1,62	7,26	8,88
	Getreide	7,8	8,8	13,2	8,3	4,1	6,2	3,0	0,33	3,05	0,19	3,24
Lamm (Hochland)	34,2	3,9	62,5	35,7	2,0	3,6	1,6	0,63	1,58	26,00	27,58	
Lamm (Flachland)	29,2	2,9	52,6	30,3	1,4	2,5	1,1	0,91	1,10	21,40	22,50	
Schweinefleisch	3,6	4,0	9,3	4,3	2,3	6,3	2,6	0,38	3,80	-	3,80	
Geflügelfleisch	2,0	2,3	4,5	3,0	1,7	3,3	2,1	0,48	3,13	-	3,13	
Eier	2,2	2,5	4,9	3,2	1,7	3,6	2,3	0,43	3,74	-	3,74	

Anmerkung: Vollmilch, Schlachtgewicht oder Ei mit Schale

Quelle: Modifiziert nach Wilkinson 2011: 1020 und Wilkinson & Lee 2017: 1736

Die Opportunitätskosten von landwirtschaftlichen Flächen für den Ackerbau werden bei diesen Betrachtungen jedoch nicht einbezogen. Eine Kombination aus Umwandlungsrate, Pflanzenproduktivität und die Opportunitätskosten der Fläche zur Bestimmung der Flächennutzungseffizienz wird über das Landnutzungsverhältnis (LUR) ausgedrückt (van Zanten et al. 2016: 749). Es berücksichtigt u.a., dass nicht alle landwirtschaftlichen Flächen in gleicher Weise für den Ackerbau bzw. die Lebensmittelproduktion geeignet sind. Das LUR ist die Höchstmenge an für den Menschen verdaulichem Protein aus Nahrungspflanzen auf allen Anbauflächen für Futtermittel, die zur Erzeugung von 1 kg tierischen Produkt erforderlich sind, über die Menge an verdaulichem Protein in diesem 1 kg tierischem Produkt (ebd.). Werte unterhalb von 1 zeigen, dass der Viehbestand zur Netto-Nahrungsmittelversorgung und damit zur Ernährungssicherheit beiträgt (van Zanten et al. 2016: 757). Die Unterschiede dieser Methoden, die tatsächliche Differenzen im Hinblick auf die Effizienz nivellieren oder herausstellen können, werden in Abbildung 3 aufgezeigt mit entsprechenden Implikationen für die Nachhaltigkeitsbewertung.

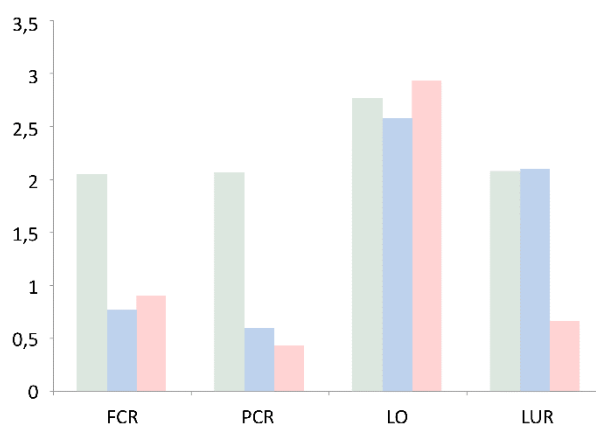


Abbildung 3: Methoden zur Bestimmung der Flächeneffizienz mit Futtermittelverwertung (FCR in kg TM/kg Produkt), Proteinumwandlungsrate (PCR in kg für Menschen essbares Protein/kg Protein in Produkt), Landnutzung (LO, 10m² a/ kg Protein in Produkt) und Landnutzungsverhältnis (LUR) von Legehennen (grün), Milchkühen auf Sandböden (blau) und Milchkühen auf Torfböden (rosa) in den Niederlanden (Modifiziert nach Van Zanten et al. 2016: 755)

2.1.2 Überblick über die deutsche Nutztierhaltung

In Deutschland werden 70 % der landwirtschaftlichen Fläche – von insgesamt 11,7 Mio. Hektar Ackerland und 4,7 Mio. Hektar Dauergrünland (BMEL 2022a: 5) – für Nutztiere oder den Futteranbau (inklusive Exportprodukte) verwendet (Jungmichel et al. 2020: 13). Alleine 53,6 % oder 20,9 Mio. t des Getreides werden als Futtermittel genutzt (BMEL 2022b). Gleichzeitig reicht die inländische Agrarfläche nicht für den eigenen Lebensmittelkonsum. Zwischen 2011 und 2013 mussten laut einer WWF-Studie durch Nettoimporte von Lebensmitteln theoretisch durchschnittlich 5,2 Mio. ha Fläche im Ausland in Anspruch genommen werden (Noleppa & Carlsburg 2015: 26). Nach Statistischem Bundesamt machten die Importe für den Inlandsverbrauch zwischen 2010 und 2017 sogar rund 62 % bzw. 11,6 Mio. ha der benötigten Flächen für Ernährungsgüter aus. Davon werden 60 % für tierische Erzeugnisse gebraucht (Destatis 2020). Den größten Anteil hatte Südamerika mit 2,6 Mio. ha durch Sojaexporte (Noleppa & Carlsburg 2015: 19), weil im Inland u.a. nicht ausreichende Mengen an eiweißreichen Futtermitteln erzeugt werden.

Nur ein Viertel der insgesamt 7.940 Tsd. t erzeugten Ölkuchen und Schrote stammt aus inländischen Ölsaaten. Mehr als die Hälfte wird aus Raps- und Rübsensamen gewonnen, gefolgt von Sojabohnen (39 %) und Sonnenblumenkernen (6 %; BLE 2022a). Die Eiweißlücke betrug 2020/21 18 % für Rohprotein (BLE 2022b) bzw. 25 % beim verdaulichen Eiweiß (BLE 2023a). Dies betrifft besonders die Schweine- und Hühnerhaltung, weil in der Rinderhaltung überwiegend heimisches Grundfutter wie Gras, Silage, Heu, Stroh oder Rüben genutzt werden kann.

Landwirtschaftlicher Produktionswert

Der landwirtschaftliche Produktionswert in Deutschland (2022) betrug rund 74,5 Mrd. €, davon entfielen 47,3 % auf tierische Erzeugnisse. Mehr als ein Viertel vom Gesamtwert und über 60 % der tierischen Erzeugnisse geht auf die Rinderhaltung zurück. 4,7 Mrd. € entfielen auf Rinder und Rindfleischprodukte und 16,5 Mrd. € auf Milch (BMEL 2022c). Die Rinderhaltung – und innerhalb dessen die Milcherzeugung und -verarbeitung – bildet somit den wichtigsten Produktionszweig. Innerhalb der Europäischen Union ist Deutschland mit 31,9 Mio. Tonnen in 2021 (22 % der EU-weiten Jahresproduktion) der größte Kuhmilcherzeuger (Destatis 2022a).

Flächenkonkurrenz in Deutschland

Auch für Siedlungs- und Verkehrszwecke geht landwirtschaftliche Fläche verloren. In Deutschland sank die landwirtschaftliche Nutzfläche von 2016 bis 2021 um 204.700 Hektar (Wilke 2022). Durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf knapp 2,6 Mio. Hektar bzw. 16 % der landwirtschaftlichen Fläche – besonders von Energiepflanzen (2,3 Mio. ha) – wird die Flächenkonkurrenz in Deutschland weiter erhöht (FNR 2023: 3).

2.1.3 Betriebsstruktur der deutschen Rinderhaltung

In Deutschland wurden 2022 rund 11 Mio. Rinder gehalten, davon 3,8 Mio. Milchkühe (Destatis 2023a). Die strukturelle Entwicklung im letzten Jahrhundert zeigt eine stetige Zunahme der Betriebsgröße mit Konzentration eines sinkenden Rindviehbestands. Alleine zwischen 2010 und 2020 ist die Anzahl der Betriebe um 25 % auf 108.000 gesunken, während der Rinderbestand um lediglich 10 % abnahm (Destatis 2011; Destatis 2021a). Über drei Viertel aller Rinder leben in Betrieben mit mindestens 100 Tieren und über die Hälfte in Betrieben mit mindestens 200 Tieren (Destatis 2023a). Entsprechend werden auch die meisten Milchkühe in Großbetrieben gehalten. 20 % der Betriebe haben mehr als 100 Milchkühe mit insgesamt 59 % des Bestandes und 6 % mehr als 200 Milchkühen mit einem Anteil von 31 % der Kühe (Destatis 2023a). Auf 100 ha landwirtschaftlicher Fläche bzw. Hauptfutterfläche (Dauergrünland und Ackerfläche mit Futterpflanzen) gibt es durchschnittlich 66 bzw. 147 Milchkühe (BLE 2023b). Obwohl zwischen 2010-2020 auch die Anzahl an Milchkühen um 6 % und Milchviehbetrieben um 40 % rückläufig ist, ist die produzierte Milchmenge um 12 % gestiegen (Destatis 2021b; BLE 2023c).

Räumliche Verteilung

Es gibt eine räumlich inhomogene Verteilung mit starken strukturellen Unterschieden. In Bayern und Niedersachsen befinden sich fast 50 Prozent der Vieh- und Milchviehbestände. Die größten Herden leben allerdings in den neuen Bundesländern mit durchschnittlich 196 Milchkühen pro Betrieb im Vergleich zu 64 Milchkühen pro Betrieb in den alten Bundesländern. Bayern hat mit 44 Kühen pro Betrieb die kleinsten Herden, bei fast der Hälfte der deutschen Milchviehbetriebe (Destatis 2023a).

Rinderrassen

Die häufigsten Rinderrassen in Deutschland (2022) sind die Deutsche Holstein (schwarz- und rotbunt) mit einem Anteil von rund 41 % (95 % der Milchnutzungsrasen) und das Fleckvieh mit 27 % (67 % der Doppelnutzungsrasen für die Fleisch- und Milchproduktion; Destatis 2023a). Diese zwei Rassen haben somit insgesamt einen Anteil von mehr als zwei Dritteln am deutschen Rinderbestand (siehe Abbildung 4).

Haltungsverfahren

Das dominierende Haltungsverfahren ist der Laufstall mit 83 % der Haltungsplätze (bzw. 87 % bei Milchkühen) in 2020 und die Anbindehaltung (10 % bzw. 12 %) mit rückläufiger Tendenz (Destatis 2021c; Destatis 2021d). Seit 2010 hat sich der Anteil der Haltungsplätze in Anbindehaltung von 21 % mehr als halbiert (Destatis 2011: 15). In Bayern befinden sich 64 % der verbliebenen Anbindehaltungsplätze in verhältnismäßig kleinen Betrieben (Tergast et al. 2022:10). Die wenigsten Rinder haben Zugang zu einem Laufhof mit 7,3 % bzw. 12 % der Milchkühe und auch der Weidegang ist rückläufig.

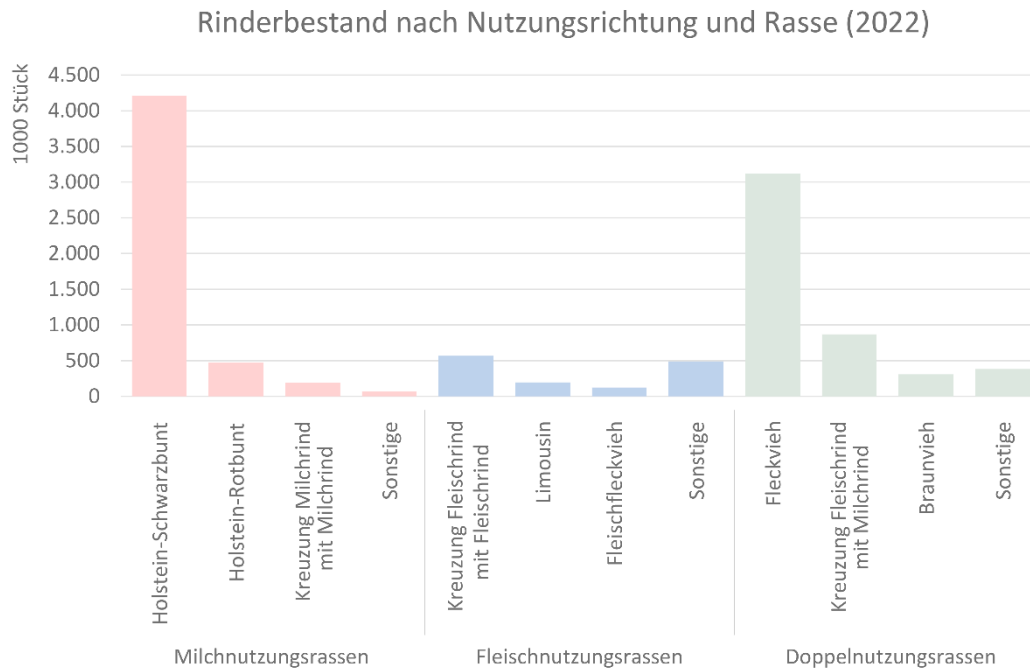


Abbildung 4: Rinderbestand nach Nutzungsrichtung und Rinderrasse (2022)
(Eigene Darstellung mit Daten von Destatis 2023a)

Weidegang

Zwischen 2009-2019 ist bei Milchkühen ein Rückgang des Weidegangs um 11 %-Punkte auf 31 % zu verzeichnen, mit einer durchschnittlichen Dauer von 25 Wochen pro Jahr und 13 Stunden pro Tag (Destatis 2010: 49, 57; Destatis 2021c: 141). Mit steigender Betriebsgröße sinkt der Zugang zur Weide. In Beständen mit über 100 Kühen haben 24 % Weidegang und in Betrieben mit mehr als 500 Tieren sind es nur noch 5 % (Destatis 2021c: 141). Besonders verbreitet ist er in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein mit 68-77 % Weidegang in den Sommermonaten (ebd.). Bei den übrigen Rindern – inkl. Mutterkühen – ist der Zugang zu Weiden von 35 % auf 32 % gesunken (Destatis 2010: 49, 57; Destatis 2021c: 141).

Aktuelle Produktionspraxis

Die Milchviehhaltung und Rindermast sind zwei stark verknüpfte Wirtschaftszweige. Die Kuhkälber verbleiben häufig als eigene Nachzucht im Betrieb, um abgegangene Milchkühe zu ersetzen. Die männlichen Kälber werden nach zwei Wochen (z.B. Holstein) bei grenzüberschreitendem Transport (von unter acht Stunden) nach EU-Tierschutztransportverordnung (EG) Nr. 1/2005 bzw. vier Wochen (seit 01.01.2023 bei innerstaatlichem Transport nach §10 Abs. 4 TierSchTrV) bis 8 Wochen (z.B. Simmental oder Fleckvieh) zur Mast verkauft. Sie dürfen regulär, auch ohne gesundheitliche oder verhaltensbedingte Gründe, die dies rechtfertigen würden, bis zur achten Lebenswoche alleine gehalten werden (§9 Abs. 1 TierSchNutzTV) und sind meistens in Kälberboxen oder Kälberglus mit Auslauf untergebracht (Tergast et al. 2022: 11).

In der Mutterkuhhaltung werden die Rinder den saisonalen Bedingungen entsprechend ganzjährig oder möglichst lange auf der Weide gehalten. In Regionen mit nassen Wintern kommen sie gewöhnlich in den Stall. Das verhindert die Zerstörung der Grasnarbe bei nassen und matschigen Bedingungen und reduziert den Aufwand bei der späteren Ernte von Heu und Silage (Deblitz 2022: 2). Die Kälber werden erst nach dem Absetzen mit sechs bis neun Monaten (teils zwölf Monaten) in Mastbetrieben ausgemästet (Deblitz 2022: 2).

Vegetationsperiode

Die Vegetationsperiode nahm in Deutschland im mittleren Trend seit 1961 durch Klimaveränderungen und steigende Temperaturen um über zwei Wochen zu. In 2021 lag sie bei 220 Tagen (DWD 2022 nach UBA 2022).

2.1.4 Produktion und Konsum von Rindfleisch und Milch

Dieses Unterkapitel beschäftigt sich mit Erzeugung, Konsum und Bedarf von Rindfleisch und Milch in Deutschland und einer kurzen Darstellung der Verarbeitungsstrukturen.

Schlachtung

Die inländische Rindfleischproduktion mit einer Schlachtmenge von 970 Tsd. Tonnen, gemessen an den gewerblichen Schlachtungen (2022), wird von zwei Tierkategorien geprägt (siehe Abbildung 5). Fast die Hälfte der Rindfleischproduktion entfällt auf Bullenfleisch, hauptsächlich aus der Jungbullenmast, und ein knappes Drittel auf (Alt-)Kuhfleisch aus Milchvieh- und Mutterkuhbetrieben (Destatis 2023b).

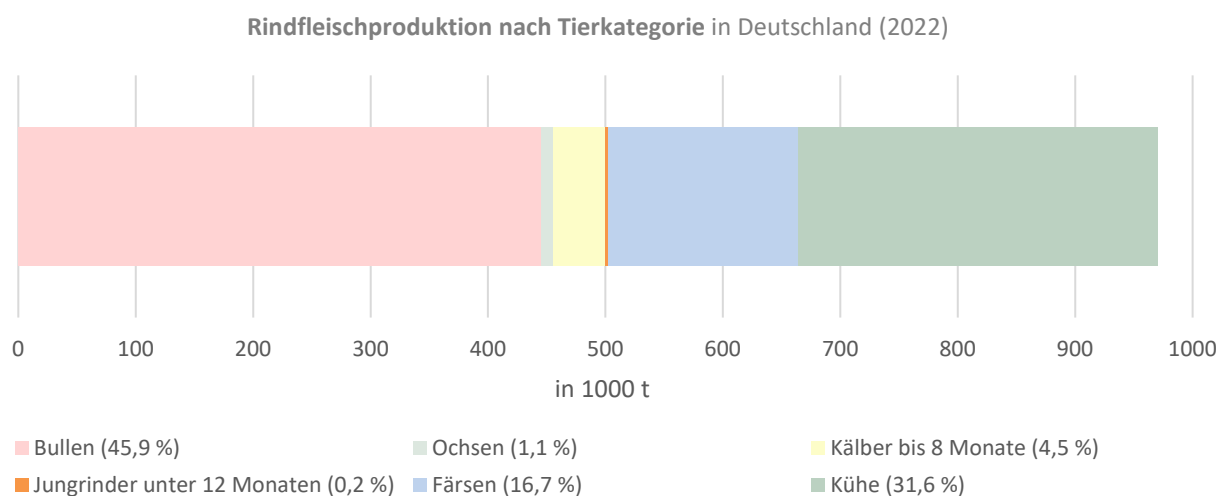


Abbildung 5: Zusammensetzung der deutschen Rindfleischproduktion (2022) aus inländischer Herkunft (Eigene Darstellung mit Daten von Destatis 2023b, für die ausländische Erzeugung wurden dieselben durchschnittlichen Schlachtmengen pro Tier angenommen)

Die Schlachtung der meisten Rinder erfolgt durch eine Konzentration auf wenige Schlachtunternehmen in Großschlachthöfen. Die zehn größten Rinder-Schlachtunternehmen haben einen Anteil von 77 % an den gesamten Schlachtungen (Deutscher Bauernverband 2022).

Nur ganzjährig im Freien gehaltene Rinder dürfen seit 2011 mit Genehmigung des zuständigen Veterinäramts auch am Herkunftsort geschlachtet werden (§12 Abs. 2 EU-Hygieneverordnung). Es wird vorausgesetzt, dass die Tiere zur Vermeidung eines Risikos für den Transporteur oder aus Gründen des Tierschutzes nicht transportiert werden können (Anhang III Abschnitt III Nr. 3 (EG) Nr. 853/2004). Abweichend von der EU-Verordnung darf der Transport des Schlachtkörpers zum Schlachthof nach deutschem Recht nur eine und nicht zwei Stunden betragen (§12 Abs. 2 Tier-LMHV).

Fleischkonsum

Der berechnete Pro-Kopf-Verbrauch von Fleisch (2022) liegt bei 70,8 kg. Der menschliche Verzehr ohne Knochen, Tierfutter, industrielle Verwertung und Verluste wird auf 52,1 kg pro Kopf geschätzt, davon sind 9,9 kg Rind- und Kalbfleisch (BLE 2023d). Den größten Anteil hat Schweinefleisch mit 28,5 kg pro Jahr, gefolgt von Geflügelfleisch mit 11,4 kg (siehe Abbildung 6; BLE 2023d).

Es entspricht einem täglichen Verzehr von rund 142 g bzw. 27 g Rindfleisch pro

Menschlicher Fleischverzehr
in Deutschland (2022)

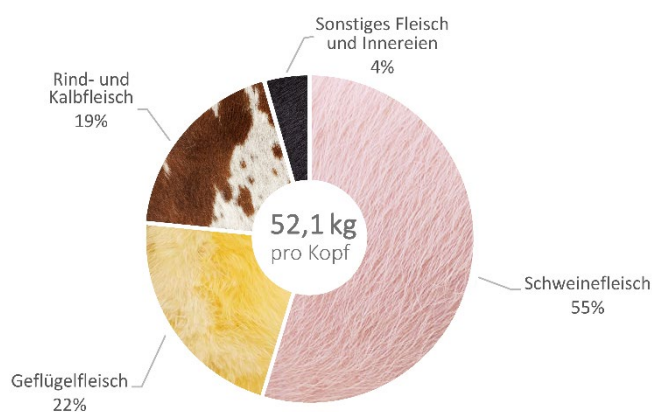


Abbildung 6: Menschlicher Fleischverzehr in Deutschland (2022)
(Eigene Darstellung mit Daten von BLE 2023d)

Kopf (inkl. Abfälle in Haushalten und Handel). Die DGE empfiehlt für eine vollwertige Ernährung zwischen 43-86 g (bei einer Energiezufuhr von 1600-2400 kcal/d; Breidenassel et al. 2022: 64). Der Konsum in Deutschland übersteigt somit die ernährungsphysiologischen Empfehlungen.

Milcherzeugung

In 2022 wurden 32,4 Mio. t Milch erzeugt und 31,0 Mio. t an Molkereien abgeliefert. Die durchschnittliche jährliche Milchleistung pro Kuh liegt bei rund 8.500 kg bzw. 27,9 kg/d bei einer Laktationsdauer von 305 Tagen (BLE 2023c).

Ähnlich wie bei den Schlachthöfen fand bei den milchverarbeitenden Betrieben eine Konzentration auf 138 größere Molkereien (2021) statt (BLE 2022c). Die zehn größten Unternehmen haben rund die Hälfte der Milch in Deutschland verarbeitet (Deutscher Bauernverband 2022).

Milchkonsum

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Konsummilch (2022) beträgt 46,1 kg (BLE 2023e), bei einem gesamt Nettoverbrauch von 29,8 Mio. t Milchäquivalenten (354,7 kg/a bzw. 971 g/d; MVI 2023). Die DGE empfiehlt 596-728 g/d (bei einer Energiezufuhr von 1600-2400 kcal/d; Breidenassel et al. 2022: 61f.).

Ernährungsphysiologischer Bedarf

Ernährungsphysiologisch kann der Bedarf eines Menschen bei einer ausgewogenen Ernährung mit entsprechender Supplementierung (z.B. von Vitamin B12) oder angereicherten Produkten theoretisch auch ohne tierische Produkte gedeckt werden (Schüpbach et al. 2015; Davey et al. 2003). Die unterschiedlichen Ernährungsweisen (omnivor, vegetarisch und vegan) zeigen unterschiedliche Nährstoff-, Vitamin- und Mineralienprofile, die einen Mangel für ausgewählte Mikronährstoffe begünstigen können (ebd.). Nach den Ergebnissen einer britischen epidemiologischen Studie haben Vegetarier und Veganer im Vergleich zu Fleischessern eine Reihe von gesundheitlichen Vorteilen, selbst wenn andere Variablen des Lebensstils wie Bewegung und Nichtrauchen berücksichtigt werden. Dazu gehören ein niedrigerer BMI, Blutdruck und Serumcholesterin, eine geringere Inzidenz ischämischer Herzkrankheiten, eine niedrigere Gesamtkrebsinzidenz und niedrigere Raten von Typ-2-Diabetes. Die Nachteile liegen in einem höheren Risiko von Schlaganfällen und – insbesondere bei Veganern – Knochenbrüchen, v.a. Hüftfrakturen (ebd.).

Auch wenn die DGE – wegen einer unzureichenden Datenlage – für ausgewählte Gruppen (wie Säuglinge, Kinder, Schwangere und Stillende) keine vegane Ernährung empfiehlt (Richter et al. 2016; Richter et al. 2020), hält u.a. die US-amerikanische *Academy of Nutrition and Dietetics* eine gut geplante vegetarische oder vegane Ernährungsweise für gesundheitsfördernd und ernährungsphysiologisch angemessen (Melina et al. 2016).

2.2 Natürliche Lebensumwelt von Rindern

„Das Rind erscheint uns heute als das unentbehrlichste aller Haustiere. Es ist uns während seines Lebens wie nach seinem Tode nutzbar, indem es uns seinen Organismus leiht zur Verrichtung von Arbeit, uns in der Milch (und auch im Dünger) ein Erzeugnis dieses Organismus gewährt, und endlich nach seinem Tode uns gestattet, jeden Teil seines Körpers auszunutzen.“

(Wilkens 1885 nach LfL 2006: 12)

Die heutigen Hausrinderrassen stammen vom ausgestorbenen Auerochsen (*Bos primigenius*) ab (Felius et al. 2014: 706). Ihre gesamte Anatomie und Physiologie ist auf eine bestimmte Ernährung und Lebensumwelt abgestimmt. Wiederkäuer besitzen über die vier Kammern ihres Magens und Fermentationsprozesse die Fähigkeit, Zellulose aufzuspalten und Mikrobenprotein zur Eiweißversorgung zu nutzen. Sie können aus minderwertigen Fasermaterialien u.a. ernährungsphysiologisch hochwertige Produkte wie Fleisch oder Milch erzeugen (Burns 2008; Castillo-González et al. 2014; Broderick 2018).

Die natürliche Ernährung der Rinder besteht zu 70 % aus Gras, 20 % Kräutern und 10 % Blättern und Baumbewuchs (Bell 1997 nach Brade & Brade 2017a: 5). Ganzjährig sind Wasserflächen von herausragender Bedeutung. Bei ausreichendem Futterangebot wählen sie feuchte bzw. nasse Standorte mit viel Biomasse von niedrigerer Qualität (Putfarken et al. 2008; Rivero et al. 2021). Abgesehen von Uferbereichen, Teichen und Seggensümpfen nutzen Rinder vor allem Feuchtwiesen, mesophytisches Grasland und Wälder (Putfarken et al. 2008: 60). Waldränder und Baumgruppen helfen besonders im Sommer durch Beschattung bei der Thermoregulation (vgl. ebd.). Ihre Klauen haben sich evolutionär über Jahrtausende an weiche Untergründe angepasst (u.a. van der Tol et al. 2004: 1737; Kilian 2007: 26).

2.2.1 Sozialstrukturen

In der Natur leben Rinder in festen Herdenstrukturen und bilden besonders enge persönliche Beziehungen zu einzelnen Mitgliedern – zwischen Geschwistern, Kühen und ihren Kälbern, aber auch zwischen nicht verwandten Tieren –, was sich u.a. im gemeinsamen Grasen oder Belecken zeigt (Reinhardt & Reinhardt 1981). Die Rangordnung innerhalb der Herde bildet sich über soziale Auseinandersetzungen (Kämpfe, Drohungen etc.) aus. Die Hierarchie zeigt sich besonders in Konkurrenzsituationen, zum Beispiel wenn das Platz- oder Futterangebot abnimmt. Auf der Weide zeigen sich durch ein größeres Platzangebot folglich weniger soziale Auseinandersetzungen als in Stallhaltung (Buchenauer 1999 nach Brade & Brade 2017b: 3). Bereits bei Jungtieren bildet sich eine soziale Hierarchie aus. Durch gleichbleibende Herden gibt es weniger aggressive Auseinandersetzungen (ebd.: 4).

Durch die Herde war das Risiko vor Fressfeinden bei wilden Rindern reduziert. Da die Tiere nicht über eine Fläche verteilt waren, konnten sie schlechter gesehen und ihre Spur aufgenommen werden. Doch auch ein gemeinsames Fluchtverhalten kann ein Raubtier verwirren (Phillips 2002: 84).

2.2.2 Hungern im Winter

Kälte und Hitzestress sind wichtige Umweltstressfaktoren, die die Leistung und das Wohlbefinden von Rindern beeinflussen können. Durch Homöostase bzw. Thermoregulation kann ein Rind seine Körpertemperatur bis zu einem gewissen Grad beeinflussen (Silanikove 2000: 10). Wildtiere wie Rehe und Hirsche nutzen ihre Fett- und Energiereserven bei unzureichendem Futtersvorkommen im Winter und können über ein Drittel ihres Gewichts verlieren. Dies bedeutet somit einen Verlust von Fett und Protein (Torbit et al. 1985: 82). Ähnlich wäre es bei freilebenden Rindern.

Ein niedrigerer Körperkonditionsindex lässt allerdings bei Kühen die Zwischenkalbezeit steigen und die Fruchtbarkeit sinken. Die Folgen wären eine geringere Produktivität mit niedrigeren ökonomischen Einnahmen (Kunkle et al. 1998: 7). Für eine optimale Produktivität sind Umwelt und Fütterung zu berücksichtigen (Fuquay 1981: 171). Durch Rau- und Kraftfutter kann die Winterweide ergänzt werden, um einen Gewichtsverlust oder den Beweidungsdruck zu reduzieren (Kozak et al. 1994: 155). In einer Studie mit trächtigen Mutterkühen zeigte sich, dass Gewichtsverluste durch eine reduzierte Winterfütterung in der Weideperiode kompensiert werden können (Jordan et al. 1968: 151).

Kältestress

Niedrige Umgebungstemperaturen können das Wachstum, die Produktionseffizienz (Kang et al. 2016: 439; Wang et al. 2023: 6), die Reproduktionsleistung bzw. Fruchtbarkeit (Sasaki et al. 2016) und die Immunantwort (Nakajima et al. 2019: 7) von Rindern stark beeinträchtigen. Auch wenn die angeborene Immunität im Winter durch Weidehaltung gefördert werden kann, kann die erworbene Immunität über die Aktivität des sympathischen Nervensystems unterdrückt werden, der oxidative Stress (ebd.) und der Cortisol-Level steigen (Kim et al. 2023: 6). Außerdem sind Verhaltensänderung wie längeres Stehen zu beobachten (Kim et al. 2023: 6).

Die metabolische Wärmeproduktion, die Wärme aus dem Muskelstoffwechsel, ist bei niedrigen Temperaturen erhöht, um die Körpertemperatur aufrechtzuhalten. Um bei niedrigeren Temperaturen entsprechend weniger anfällig für Kältestress zu sein, ist eine stärkere Fütterung bzw. Futteraufnahme durch einen höheren Erhaltungsbedarf notwendig (Young 1981: 1604f.; Jordan et al. 1968). Hitze- und Kältestress kann folglich ein größeres Problem für die Ökonomie als für das Tierwohl sein.

2.2.3 Hitzestress

Hitzestress hat vielfältige negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden und kann zu sinkenden Leistungen führen (Polsky & von Keyserlingk 2017; Becker et al. 2020; Winders et al. 2023: 5). Mit zunehmender Körper- bzw. Umgebungstemperatur verringert sich auch die Liegedauer und die Stehzeit nimmt zu (Allen et al. 2015: 121; Cook et al. 2007: 1678), um über eine größere Körperoberfläche mehr Wärme abzugeben. Kühlere Untergründe können helfen, die Körpertemperatur zu reduzieren (Silanikove 2000: 4, 7). Eine längere Stehzeit auf harten Untergründen wie Beton kann Lahmheit bedingen.

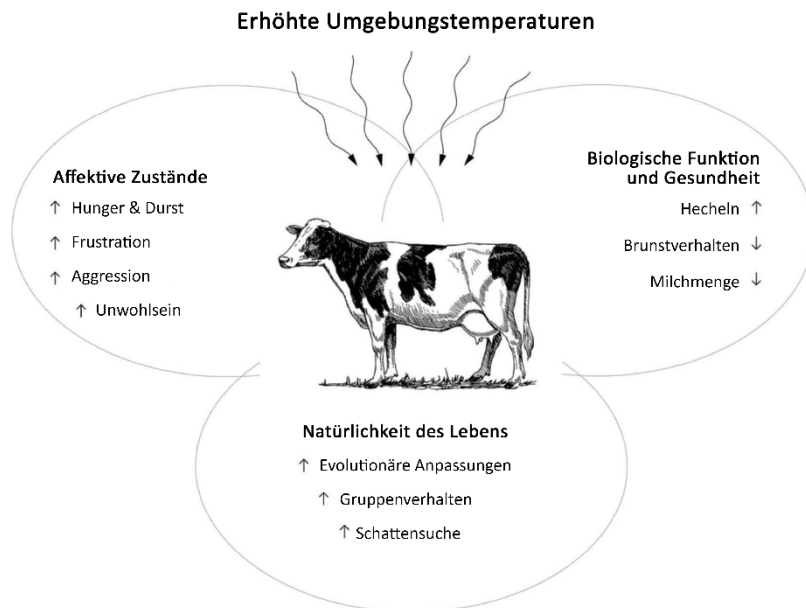


Abbildung 7: Beziehung zwischen den unmittelbaren Auswirkungen von umweltbedingtem Hitzestress und den drei wichtigsten Konstrukten des Tierschutzes: (1) die biologische Funktion und Gesundheit des Tieres, (2) die affektiven Zustände des Tieres und (3) die Natürlichkeit des Lebens des Tieres unter aktuellen Wärmemanagement-Strategien

(Modifiziert nach Polsky & von Keyserlingk 2017: 8647)

Rassenunterschiede

Die Hitzetoleranz ist rasseabhängig (Gaughan et al. 2010: 622f.). Folglich können Rinder unter denselben thermischen Bedingungen unterschiedlich in ihrem physiologischen Verhalten und Reaktion auf Hitzestress reagieren (Stone et al. 2017). Besonders dunkelhaarige Rinder absorbieren die thermische Strahlung und suchen vermehrt den Schatten auf, obwohl ihre Haut – verstärkt bei dunkler Haut – besser gegen die Sonnenstrahlung geschützt ist (da Silva et al. 2022: 05; Tucker et al. 2008: 150; da Silva et al. 2001: 1943). Hellhaarige Rinder mit dunkler Haut wären folglich am besten für tropische bzw. warme Umgebungen mit hoher Sonneneinstrahlung geeignet (ebd.: 1944). Eine fehlende Beschattung kann den zirkadianen Rhythmus stören, durch eine Verschiebung der Ruhezeiten in den Tag und eine stärkere nächtliche Aktivität (Barreto et al. 2022). Die Beschattung durch Bäume verbessert den thermalen Komfort der Rinder (Vieira Junior et al. 2019: 407; Winders et al. 2023: 5; Tucker et al. 2008).

2.3 Probleme der modernen Nutztierhaltung

Im Folgenden Kapitel wird eine Übersicht zu den Hintergründen ausgewählter ökologischer und gesellschaftlicher Probleme gegeben – abseits der Ernährungssicherheit (siehe Unterkapitel 2.1.1) –, von denen die moderne Nutztierhaltung betroffen ist.

2.3.1 Artenvielfalt der Fauna

Die Zunahme an menschlicher Biomasse hat zu einem Rückgang der Biomasse der Megafauna (>44 kg) geführt, besonders beim Artensterben im Quartär zwischen 50.000 und 7000 vor unserer Zeit (Barnosky 2008: 228). Es sind von ursprünglich mehr als 350 Megafauna Arten neben dem Menschen nur 183 Arten übrig geblieben, rund die Hälfte davon ist heute vom Aussterben bedroht oder in den letzten Jahrzehnten bereits ausgestorben (ebd.: 236). Durch die Nutzung von fossiler Energie seit der industriellen Revolution konnte der Mensch die Biomasse der Megafauna (inkl. Nutztiere und Menschen), die von Sonnenenergie abhängig war, über die geschichtliche Basislinie heben und in den letzten zehntausend Jahren versiebenfachen (Barnosky 2008: 235f.). Der Großteil der globalen Energie ist heute auf wenige Arten konzentriert. 60 % der Säugetier-Biomasse bilden domestizierte Nutztiere und weitere 36 % sind Menschen (siehe Abbildung 8), bei den Vögeln sind 71 % Geflügel, davon sind mehr als dreiviertel Hühner (Bar-On et al. 2018).

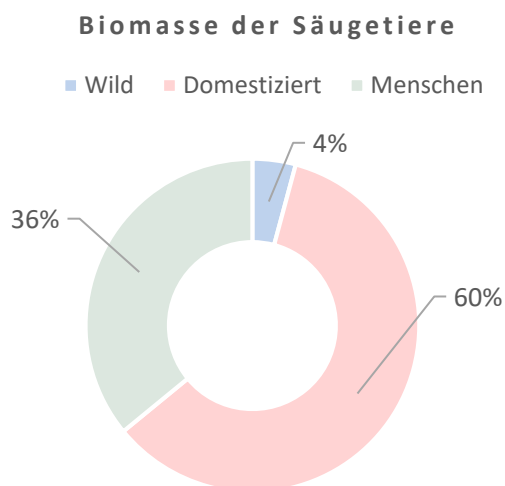


Abbildung 8: Anteile an der weltweiten Säugetierbiomasse (Quelle: Bar-On et al. 2018)

Innerhalb der Nutztierarten werden nur wenige Rassen genutzt, die die höchsten Leistungen (bezogen auf den Rohstoff-Output) erzielen. Drei Viertel der 27 heimischen Rinderrassen werden als gefährdet eingestuft (BLE o. J.). Zum Erhalt der Nutztierassen kann zwischen zwei Maßnahmen differenziert werden: (1) Erhalt in der Landwirtschaft und Landschaftspflege (On-farm- und In-situ-Erhaltung) und (2) Erhaltung außerhalb einer landwirtschaftlichen Nutzung wie Genbanken oder Zoos (Ex-situ-Erhaltung; GENRES o. J.)

Weitere Informationen zur Einteilung als heimische Rasse und Einstufung in Gefährdungskategorien werden in Anhang 1, Tabelle 14 aufgeführt.

2.3.2 Zoonosen

Neu auftretende Infektionskrankheiten sind Belastung für die Volkswirtschaft und öffentliche Gesundheit. Zwischen 1940-2004 resultieren 60,3 % dieser Krankheiten auf Zoonosen, davon stammen 71,8 % von Wildtieren (Jones et al. 2008). Doch sowohl wilde als auch domestizierte Tiere können als Reservoir von Erregern dienen und tragen beide in einem komplexen Ökosystem zum Erhalt des heimischen Reservoirs bei (Meurens et al. 2021: 13).

Historisch stammen die meisten Humanpathogene, die einen tierischen Ursprung haben, von warmblütigen Wirbeltieren, in erster Linie von Säugetieren und speziell Primaten, die durch eine geringere phylogenetische Distanz die Artenschanke bei der Pathogenübertragung leichter überwinden. Primaten bilden nur 0,5 % der Wirbeltierarten, aber sind für 20 % der menschlichen Infektionskrankheiten verantwortlich. In den gemäßigten Zonen war allerdings mit Beginn der Landwirtschaft das Risiko durch Nutztiere und den engeren Kontakt höher. Acht von 15 ansässigen epidemischen Krankheiten (Diphtherie, Influenza A, Masern, Mumps, Pertussis, Rotavirus, Pocken, Tuberkulose) dürften von Nutztieren stammen (Wolfe et al. 2007: 281). Krankheiten, in denen Rinder als Überträger oder Reservoir dienen, sind Wesselsbron-Krankheit, Rifttalfeiber-Virus, Tuberkulose, Brucellose, Q-Fieber und Anthrax (Meurens et al. 2021: 7).

2.3.3 Antibiotikaresistenzen

Die Gesundheitskosten durch resistente Keime betragen in 2017 alleine in den USA \$4,6 Mrd. (Nelson et al. 2021). Die Zahl an Todesfällen und verlorenen Lebensjahren durch antibiotikaresistente Bakterien ist zwischen 2016-2019 in der EU/EEA um 26 % auf 38.710 Todesfälle bzw. 11 % auf 1.101.288 DALYs gestiegen (ECDC 2022: 5). Auch wenn nach Schätzungen 70,9 % der Infektionen im Zusammenhang mit der Gesundheitsversorgung stehen (ebd.: 4), stellt auch der Einsatz in der Nutztierhaltung ein Risiko dar. Der zu hohe oder falsche Einsatz von antimikrobiellen Mitteln in Menschen und Tieren trägt zur Resistenzbildung bei. Eine Übertragung zwischen Menschen, Tieren und der Umwelt kann über die Nahrungskette oder den direkten Kontakt kommen (EMA 2022: 61; ECDC et al. 2021). Der Einsatz von mikrobiellen Mitteln im Menschen betrug in EU/EEA₂₉ (2017) 130,0 mg/kg – davon wurden 10 % im Krankenhaussektor eingesetzt – und in Tieren 108,3 mg/kg (ECDC et al. 2021: 15). In Deutschland wurden für Nutztiere 39,5 % mehr antimikrobielle Mittel/kg als für Menschen eingesetzt (ebd.). Weltweit ist es relativ ausgeglichen. Doch die Biomasse der Nutztiere übersteigt die der Menschen bei weitem, dadurch ist es wahrscheinlicher, dass neue resistente Mutationen bei Tieren entstehen (van Boeckel et al. 2017: 1351).

Obwohl in Europa zwischen 2011-2021 ein negativer Trend beim Verkauf von antimikrobiellen Mitteln für den Einsatz an Nutztieren festzustellen ist, liegt die Reduktion um 18,3 % auf 96,6 mg/PCU in

2021 (EU₂₇) noch immer über den Zielvorgaben der europäischen Farm-To-Fork-Strategie von 59,2 mg/PCU in 2030 (EMA 2022: 11). Auch in Deutschland liegt der Wert mit 73,2 mg/PCU über dem Zielwert und im europäischen oberen Mittelfeld (ebd.: 23). Weltweit wird der Einsatz in der Nutztierhaltung laut Tiseo et al. (2020) bis 2030 um 11,5 % steigen, weiterhin mit China an der Spitze (43 % Anteil).

2.3.4 Feinstaub

Weltweit sind jährlich rund 9 Mio. Todesfälle auf Umweltverschmutzung zurückzuführen (Fuller et al. 2022). Dreiviertel aller Todesfälle geht auf Luftverschmutzung zurück. Mit 6,7 Mio. Todesfällen liegt sie laut der Studie „Global Burden of Disease“ auf Platz vier bei Risikofaktoren für Todesfälle (Männer Platz vier und Frauen Platz drei bei DALYs; Murray et al. 2020: 1232f.). Das Risiko geht hauptsächlich auf Ozon und Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 2,5 µm (PM_{2.5}) zurück, die klein genug sind, um tief in die Atemwege und Blutbahn einzudringen (Chen et al. 2008: 288; Krewski et al. 2009; Thangavel et al. 2022). Die Exposition gegenüber Luftverschmutzung erhöht das Risiko für ischämische Herzkrankheiten, zerebrovaskuläre Erkrankungen, Infektionen der unteren Atemwege wie zum Beispiel Lungenentzündungen, chronische Lungenerkrankungen und Lungenkrebs (ebd.; Lelieveld et al. 2018). Es ist auf eine Vielzahl natürlicher und anthropogener Quellen zurückzuführen wie der Verbrennung fossiler Brennstoffe, Biokraftstoffe und Biomasse, Produktionsprozessen, Boden- und Straßentaub oder Düngern und Ausscheidungen aus der Viehhaltung (Thangavel et al. 2022: 4). In der Landwirtschaft trägt Ammoniak (NH₃) hauptverantwortlich zur Feinstaubbildung bei. Es hat den größten Anteil am Verlust von reaktivem Stickstoff im Produktionsprozess bei Rindern (Rotz et al. 2019: 10) mit Unterschieden im Haltungssystem (siehe Tabelle 5). In Europa könnte eine Reduktion der Ammoniakemissionen um 50 % die oberflächennahe PM_{2.5}-Konzentration um 11 % (1,0) bzw. in der Spitze um 34 % und die luftverschmutzungsbezogene Mortalität um 19 % (52.000 Todesfälle a⁻¹) senken. Eine vollständige Reduktion würde in Europa 222.000 Todesfälle a⁻¹ und weltweit 801.000 Todesfälle a⁻¹ verhindern (Pozzer et al. 2017: 12821f.). Zusätzlich kann Ammoniak durch höhere Stickstoffeinträge auch negative Folgen für Ökosysteme und die Zusammensetzung haben.

Tabelle 5: Ammoniakemissionen in Abhängigkeit vom Haltungsverfahren

Tierkategorie, Nutzungsrichtung, Aufstallung	Emissionsfaktor (kg NH ₃ /Tierplatz/a)
Milch- und Mutterkühe (inklusive Aufzuchtälber bis 6 Monate)	
Anbindehaltung, Fest- oder Flüssigmistverfahren	4,86
Liegeboxenlaufstall, Fest- oder Flüssigmistverfahren	14,57
Laufstall, Tiefstreuverfahren	14,57
Laufstall, Tretmistverfahren	15,79
Mast- und Jungrinder (0,5 bis 2 Jahre)	
Anbindehaltung, Fest- oder Flüssigmistverfahren	2,43
Laufstall, Flüssigmistverfahren	3,04
Laufstall, Tretmistverfahren	3,64
Schweine *	3,64-8,30
Hühner *	0,035-0,680

* abhängig von Kategorie, Produktionsschritt und Haltungsverfahren
Quelle: Modifiziert nach VDI 2017 nach KTBL 2018: 41

In Deutschland ist die Landwirtschaft für rund 94 % der Ammoniakemissionen verantwortlich. Zwischen 1990-2021 sind die Gesamtemissionen um 29 % gesunken (UBA 2023a). Hauptsächlich entweicht Ammoniak aus den Wirtschaftsdüngern Stallmist und Gülle, die auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden, doch auch mineralische und organische N-Düngemittel und Gärreste verursachen neben Weidetieren (mit einem geringen Anteil) Emissionen. Die Tierhaltung verursacht über 70 % der gesamten Ammoniakemissionen, 43 % stammen aus der Rinderhaltung, 19 % aus der Schweinehaltung und 8 % aus der Geflügelhaltung (UBA 2023b).

2.3.5 Treibhausgase

Die drei relevantesten Klimagase sind Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Sie unterscheiden sich in ihrer Klimawirksamkeit und Lebensdauer in der Atmosphäre (siehe Tabelle 6). In Deutschland lag der Anteil an den Emissionen (berechnet in CO_{2eq} = Kohlendioxid-Äquivalenten) in 2021 von CO₂ bei 89,3 %, CH₄ bei 6 % und N₂O bei 3,3 % (UBA 2023c: 936). Im Zusammenhang mit der Nutztierhaltung ist biogenes Methan aus der enterischen Fermentation und der anaeroben Zersetzung des organischen Materials in ihren Ausscheidungen ausschlaggebend für die höheren Treibhausgasemissionen von Rindfleisch im Vergleich zu Schweinefleisch und Geflügel (vgl. Poore & Nemecek 2018: 5). Es bildet den größten Anteil der THG im Produktionsprozess von Rindfleisch (Rotz et al. 2019: 10; National Trust 2012: 8; Battagliese et al. 2015: 33) und ist daher auch für schlechtere THG Bilanzen zwischen Weidehaltung und Intensivmast mit höheren Tageszunahmen und Endgewichten verantwortlich (Pelletier et al. 2010: 386; Stanley et al. 2018: 255). In einem Weidesystem können die Methanemissionen pro kg Fleisch doppelt so hoch sein wie in der Intensivmast (ebd.: 256). Entsprechend sind die Methanemissionen pro Liter bei höheren Milchleistungen, auch durch eine mögliche Reduktion der Kuhzahl, niedriger.

Tabelle 6: Erwärmungspotential (GWP) ausgewählter Gase nach IPCC AR6

Quelle	Lebensdauer	GWP ₂₀	GWP ₁₀₀
CO ₂	Unterschiedlich	1,0	1,0
CH ₄ -fossil	11,8 ± 1,8	82,5 ± 25,8	29,8 ± 11
CH ₄ -biogen	11,8 ± 1,8	79,7 ± 25,8	27,0 ± 11
N ₂ O	109 ± 10	273 ± 118	273 ± 130

Quelle: Modifiziert nach IPCC 2021: 1017

Methan

Das Methan aus der Rinderhaltung ist Teil vom biogenen Kohlenstoffkreislauf. Im Unterschied zu CO₂ aus fossiler Energie kumuliert sich biogenes Methan nicht in der Atmosphäre und verursacht auch nach Abbau anders als fossiles Methan aus der Öl- und Gasförderung keinen Anstieg der CO₂-Konzentration. Der ursprünglich von der Pflanze aufgenommene Kohlenstoff im Methan wird nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 11,8 ± 1,8 Jahren zurück in CO₂ umgewandelt (IPCC 2021: 1017; Liu et al. 2021; Mitloehner et al. 2020: 5). Ein jährlich gleichbleibender Ausstoß von biogenem Methan, z.B. aus weltweit konstanten Rinderbeständen, hat folglich nach 12-20 Jahren keinen oder kaum einen

erwärmenden Effekt (vgl. Liu et al. 2021) und kann als klimaneutral bewertet werden. Das tatsächliche Erwärmungspotential und die Kurzlebigkeit von Methan wird durch die häufig verwendete Metrik GWP_{100} im Unterschied zum GWP^* nicht korrekt abgebildet (vgl. Allen et al. 2018, Liu et al. 2021, IPCC 2021: 101 und Lynch et al. 2020: 6). In einem Zeitraum von 20 Jahren wird die Wirkung unterschätzt und in einem Zeitraum von 100 Jahren überschätzt (ebd.: 6; Howarth et al. 2011).

Die weltweiten biogenen Methanemissionen der heutigen Nutztiere liegen auf einem ähnlichen Niveau wie die der Megafauna ($147.5 \text{ Tg CH}_4 \text{ a}^{-1}$ vs. $138.5 \text{ Tg CH}_4 \text{ a}^{-1}$) im späten Pleistozän vor ca. 12.000 Jahren. Die Emissionen der Wildtiere sind auf $13 \text{ Tg CH}_4 \text{ a}^{-1}$ zurückgegangen (Smith et al. 2016: 875). Die anthropogenen fossilen Methanemissionen betragen zwischen 2003-2012 $177 \pm 37 \text{ Tg CH}_4 \text{ a}^{-1}$ (Hmiel et al. 2020: 411). In Deutschland sind die Methanemissionen seit 2003 auf einem ähnlichen Stand wie 1892 bedingt durch einen Rückgang der Rinderpopulation und der gesteigerten Produktivität (Kuhla & Viereck 2022). Das enterische Methan aus der Nutztierhaltung ist folglich auch bei einer landesweiten Betrachtung nicht verantwortlich für den weiteren Anstieg der Temperaturen. Eisbohrkerne zeigen, dass die CO_2 - und CH_4 -Konzentrationen mit der industriellen Revolution und der stärkeren Nutzung fossiler Energie zunahmten (MacFarling Meure et al. 2006). Da die fossilen Brennstoffe Hauptursache für Treibhausgasemissionen sind, muss eine Reduktion der Emissionen bei fossilen Brennstoffen beginnen (Howarth 2014: 11). In den nächsten 200 bis 300 Jahren wird Kohlenstoffdioxid maßgeblichen Einfluss auf die Klimaerwärmung haben und nicht Methan, außer Methanemissionen sorgen für die Überschreitung von Kipppunkten und grundlegenden Veränderungen im Klimasystem (Howarth 2014: 8f.). Doch auch hierbei spielt fossiles Methan eine größere Rolle als angenommen. Die anthropogenen fossilen Methanemissionen machen laut Hmiel et al. (2020: 411) rund 30 % des globalen CH_4 aus. Auch Schiefergas bzw. Erdgas zeigen eine schlechtere Treibhausgasbilanz als angenommen und können stärkere negative Wirkung haben als die Nutzung von Öl oder Kohle, besonders in einem Zeitraum von 20 Jahren (Howarth 2014: 9; Alvarez et al. 2018; Howarth et al. 2011). Laut Alvarez et al. (2018) könnten die Gasemissionen entlang der Versorgungskette um 60 % höher sein als im Inventar der Environmental Protection Agency angegeben und durch die Methanfreisetzung in einem Zeitraum von 20 Jahren denselben Strahlungsantrieb haben wie das freigesetzte CO_2 durch die Verbrennung des Gases.

Lachgas

Vielfältige Faktoren wie Klima, Bodeneigenschaften (Textur, Abfluss, SOC, pH) und Bewirtschaftungsweise (Art, Düngung) haben einen Einfluss auf die N_2O -Emissionen. Die Emissionen von Grünland sind geringer als bei Ackernutzung (Bouwman et al. 2002: 4f.).

Kohlenstoffspeicherung im Boden

Ein fruchtbarer Boden ist die Grundlage der menschlichen Nahrungsmittelversorgung und spielt eine wichtige Rolle für die Resilienz und Produktivität eines Ökosystems. Der organisch gebundene Bodenkohlenstoff (SOC) ist ein wichtiger Indikator für die Bodendegradation. Mit ihm sind wichtige Ökosystemdienstleistungen des Bodens wie Wasserreinigung und -pufferung, Erosionskontrolle, Lebensraum für Bodenorganismen, Minderung des Klimawandels als Kohlenstoffsенке, Abbau von Schadstoffen und Sicherung der Nährstoffversorgung verbunden (Lorenz & Lal 2016: 10ff.).

In den oberen zwei Metern terrestrischen, aufgetauten Boden ist mit bis zu 2400 Gt C rund dreimal so viel Kohlenstoff gespeichert wie in der Atmosphäre und bis zu sechsmal so viel wie in der Vegetation (Batjes 1996; Friedlingstein et al. 2020: 3273). Doch die Landnutzungsänderungen haben in sechs Jahrzehnten (1960-2019) fast ein Fünftel der weltweiten Landfläche betroffen, mit einer veränderten Nutzung (mehrere Nutzungsänderungen) auf einem Äquivalent von fast ein Drittel der Landfläche. Es sind 0,8 Mio. km² Wald verloren gegangen und 1,9 Mio. km² landwirtschaftliche Flächen (1,0 Mio. km² Ackerland und 0,9 Mio. km² Weideland) erschlossen worden (Winkler et al. 2021: 2). Diese Veränderungen gehen besonders bei einem Wandel von Wäldern, Grasland, Feuchtgebieten und Mooren zu Ackerland mit einem starken Verlust vom SOC einher nach einer Metaanalyse von Beillouin et al. (2023: 3) und verursachen folglich einem Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre.

Die Effekte dieser Landnutzungsänderungen waren besonders stark bei einem Wandel von Wald und Grasland zu einjährigen Kulturen (-32 % und -19 % SOC Verlust) im Vergleich zu Agroforstsystemen (-12 % und +1,7 %) und mehrjährigen Kulturpflanzen (-7,2 % und - 4,7 %). Ein Wandel zurück ließ den SOC entsprechend steigen, mit besonders starken Effekten auf degradierten Ackerflächen. Die Änderungen von Wald zu Grasland und umgekehrt verursachte insgesamt keine große Veränderung, hängt aber von den spezifischen lokalen Gegebenheiten ab. Agroforstsysteme zeigen ein besonders hohes Potential, sowohl in Weide- als auch Ackerlandssystemen (Beillouin et al. 2023: 3f.).

Das Management, z.B. eine pfluglose Bodenbewirtschaftung (+9,3 %) oder eine reduzierte Bodenbearbeitungsintensität (+12 %), kann den SOC bis zu einem gewissen Grad erhalten oder aufbauen (ebd.; Griscom et al. 2017). Auch die Weidehaltung kann eine Strategie zur Eindämmung des Klimawandels darstellen (ebd.). In der nördlichen gemäßigten Zone kann eine moderate Beweidungsintensität in mineralischen Böden die SOC-Konzentration der obersten 30 cm erhöhen oder erhalten (Hewins et al. 2018: 7). Positive Effekte zeigte auch Machmuller et al. (2015: 2) mit einem Aufbau von 8,0 t ha⁻¹ a⁻¹ SOC in den obersten 30 cm Boden durch einen Wandel von Ackerland zu managementintensiven Beweidungssystemen wie der Umtriebsweide.

Beweidungsmanagement

Die Art der Beweidung kann einen Einfluss auf den Bodenkohlenstoffaufbau haben. Das größte Potential zur Kohlenstoffbindung (-sequestration) in trockenen Gebieten hat laut Wang et al. (2015: 13516)

die Umtriebsweide ($129,2 \text{ t ha}^{-1}$ bis 60 cm) im Vergleich zur Standweide mit hohem Viehbesatz (-27 %), gefolgt von einer Standweide mit geringem Viehbesatz (-5 %). Die Effekte sind nicht zu verallgemeinern. Nach Schuman et al. (1999: 68) und Liebig et al. (2010: 804) hatte die Besatzintensität keinen signifikanten Einfluss auf den SOC. Einen signifikanten Unterschied beobachteten Conant et al. (2017: 667) auch nicht zwischen Weiden und natürlicher Vegetation. In tibetischen Alpenweiden hatte die unbeweidete Fläche die höchste SOC-Speicherung, leichte und moderate Beweidung führte ebenfalls zu einem SOC-Aufbau, nur die starke Beweidung zeigte eine negative SOC-Speicherung. Dies könnte an einer veränderten Pflanzenkomposition und der reduzierten ober- und unterirdischen Biomasse und liegen, die mit stärkerer Beweidung insgesamt abnimmt (Sun et al. 2011: 277; Deng et al. 2014: 6).

Die Effektstärke und Richtung hängt am Ende von den spezifischen Faktoren (Bodentyp, Niederschlagsmenge, dominanter Grastyp, C_3/C_4 Gräser, Weideintensität) ab. Diese bestimmen das ideale Managementsystem (McSherry & Ritchie 2013: 1355). Die Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden korreliert stark positiv mit der oberirdischen Restbiomasse und der Wurzelbiomasse (Sun et al. 2011: 274).

Der Aufbau von SOC erfolgt allerdings nur bis zu einem neuen Gleichgewicht, das sich im Boden spätestens nach rund 100 Jahren einstellt. Entsprechend kann eine Landnutzungsänderung auch über ein Jahrhundert negative Effekte auf den SOC haben (Smith 2014). Die anschließende Bewirtschaftung dient dem Erhalt der Senke, da die Effekte reversibel sind. Durch den Aufbau an SOC erhöhen sich gleichzeitig weitere Ökosystemleistungen des Bodens. In einer unbewirtschafteten Weide, Standweide mit geringerem Viehbesatz und einer Umtriebsweide ist die Aggregatsstabilität, Kationenaustauschkapazität und Bodenfeuchtigkeit erhöht und der Eindringwiderstand und Sedimentabtrag reduziert gegenüber einer Standweide mit hoher Besatzdichte (Teague et al. 2011: 313f.; Machmuller et al. 2015: 3).

In einer untersuchten Wiesensteppe hatte eine moderate Beweidung selbst das Potential, die negativen Auswirkungen von Stickstoffeinträgen auf den CH_4 -Fluss zu verringern und die Kapazität der CH_4 -Senke im Boden zu erhöhen (Ren et al. 2019). Es bedeutet, dass die Auswirkungen von der Verbrennung fossiler Energien in Verkehr und Industrie, die neben der Landwirtschaft hauptsächlich zu N-Einträgen (NO_3^- , NH_4^+) führt (Liu et al. 2016; UBA 2015: 23), besser abgepuffert werden können.

2.3.6 Erosion

Die weltweite Bodenerosion nimmt durch die Ausweitung der Anbauflächen potentiell zu. Nach Borrelli et al. (2017: 4) ist die Bodenerosion in Ackerland mit $12,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ 77-mal höher als in Wäldern ($0,16 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) und siebenmal höher als in anderer (halb)natürlicher Vegetation ($1,84 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) wie Savannen oder Grasland. Es stellt ein Risiko für die Ernährungssicherheit, Produktivität der Böden, biologische Diversität und den Kohlenstoffkreislauf dar (Borrelli et al. 2017).

Die Hauptgründe für Erosion weltweit sind Abholzung, Überweidung und landwirtschaftliche Tätigkeiten (Oldeman 1994: 24). Auch durch die Nutztierhaltung wird die Abholzung der tropischen Regenwälder vorangetrieben. In Süd-Amerika sind Weideflächen für die Rinderhaltung und der Sojaanbau zwei der größten Treiber (Fearnside 2005; Picoli et al. 2020; Veiga et al. 2002; Santos et al. 2021).

Der Regenwald reguliert durch seine Wasser- und Energiekreisläufe das regionale Klima. Die Abholzung verringert die Evapotranspiration (ET) und erhöht die Oberflächentemperatur durch eine geringere Oberflächenstrahlung. Die Effekte sind bei einem Wandel von Wald zu Ackerland (ET verringert um 32 %) größer als von Wald zu Weide (ET verringert um 24 %; Silvério et al. 2015: 4ff.). Bei gleichbleibenden Niederschlägen bedeutet eine geringere ET einen höheren Abfluss von Wasser in Bäche und Flüsse. Ackerkulturen wie Soja zeigten entsprechend durch eine geringere kumulative ET bei kürzerer Vegetationsdauer einen höheren Abfluss (ebd.: 6). Das Erosionsrisiko wäre in diesem Fall ebenfalls erhöht.

Insgesamt sind laut GLASOD-Ansatz fünf ursächliche Faktoren für Bodendegradation zu nennen (Oldeman 1994: 24):

- (1) Abholzung oder Beseitigung der natürlichen Vegetation für die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen, großflächige kommerzielle Forstwirtschaft, Straßenbau und Urbanisation
- (2) Überweidung, die einen Rückgang der Vegetation, Bodenverdichtung, Wind- und Wassererosion verursachen kann
- (3) landwirtschaftliche Tätigkeiten, z.B. ein unzureichender oder übermäßiger Einsatz von Düngemitteln, Nutzung von Bewässerungswasser schlechter Qualität, unsachgemäßer Einsatz von schweren Maschinen, fehlende Erosionsschutzmaßnahmen von exponierten Flächen
- (4) Übernutzung der Vegetation für den Eigenbedarf, z.B. Brennmaterial, Zäune usw., sodass kein ausreichender Schutz gegen Erosion, Versiegelung oder Verkrustung verbleibt
- (5) bioindustrielle und industrielle Tätigkeiten z.B. Bodenverschmutzung

2.4 Tierschutz in Gesellschaft und Politik

In Europa sind Nutztiere laut Artikel 13 im Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union als fühlende Wesen anerkannt. Auch im deutschen Tierschutzgesetz wird die Verantwortung des Menschen gegenüber einem Tier als Mitgeschöpf, dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen ist, hervorgehoben. „Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen“ (§1 TierSchG). Selbst im Grundgesetz (Artikel 20a) ist neben dem Umweltschutz der Schutz von Tieren als Staatsziel aufgeführt. Das Töten eines Wirbeltieres ohne vernünftigen Grund oder das Zufügen von länger anhaltenden oder sich wiederholenden erheblichen Schmerzen oder Leiden ist ein Straftatbestand, der mit Geld- oder Freiheitsstrafen von bis zu drei Jahren bestraft werden kann (§17 TierSchG).

Ein Wirbeltier darf nur unter Betäubung oder bei Minimierung der vermeidbaren Schmerzen, z.B. bei der Schädlingsbekämpfung und weidgerechter Jagd ausübung, getötet werden (§4 Abs. 1). Folgende vier Gründe für die Tötung von Tieren gehen hervor: (1) Ernährung, (2) Nottötungen bei Krankheit, Alter und Verletzungen, (3) Schädlingsbekämpfung und weidgerechte Jagd ausübung und (4) Forschung.

Eine Verhältnismäßigkeitsprüfung wiegt die unvermeidbaren, alternativlosen Nachteile (Schmerzen, Leiden und Schäden) für Tiere gegen die Vorteile für Menschen ab. Es bezieht die Überprüfung von wirtschaftlich tragfähigen Alternativen ein (Bolliger & Gerritsen 2010: 6-10; Luy 2018: 139). Vier Elemente müssen in diesem Zusammenhang überprüft werden, um einen vernünftigen Grund eingrenzen zu können (Bolliger & Gerritsen 2010: 6-10):

- (1) Legitimität:** Es liegt ein schutzwürdiges und legitimes Interesse für den Hauptzweck vor.
- (2) Eignung:** Der für ein Tier belastende Eingriff ist geeignet, um den angestrebten Zweck ganz oder zumindest teilweise zu erreichen.
- (3) Erforderlichkeit:** Es steht keine geeignete Alternative zur Zweckerreichung zur Verfügung, die weniger stark in das Leben, Wohlbefinden und die Unversehrtheit der betroffenen Tiere eingreift.
- (4) Angemessenheit/Verhältnismäßigkeit i.e.S.:** Der angestrebte Nutzen überwiegt die Belastung für die betroffenen Tiere.

2.4.1 Tierwohl und Tiergerechtigkeit

Die Begriffe *Tierwohl* und *Tiergerechtigkeit* sind rechtlich nicht geschützt. Unter Tierwohl kann der physische und psychische Zustand eines Tieres in Bezug auf die Bedingungen, unter denen es lebt und stirbt, bezeichnet werden (OIE 2022: 1). Dieses kann positiv oder negativ ausfallen. Wenn die natürlichen Bedürfnisse in Bezug auf das Haltungssystem erfüllt sind, kann von Tiergerechtigkeit gesprochen werden (BLE o. J.).

Als Orientierung zur Beurteilung des Tierwohls werden häufig – wie von der Weltorganisation für Tiergesundheit (OIE) – die international anerkannten Fünf Freiheiten des britischen Farm Animal Welfare Councils (FAWC) verwendet, die in ihrer aktuellen Ausführung seit 1993 bestehen (Vapnek & Chapman 2010: 6):

1. **Freiheit von Hunger, Durst und Fehlernährung** – durch leichten Zugang zu frischem Wasser und eine Ernährung, die darauf ausgerichtet ist, Gesundheit und Vitalität zu erhalten
2. **Freiheit von Unbehagen** – durch die Bereitstellung einer angemessenen Umgebung, z.B. eines Unterschlupfes und eines bequemen Ruhebereichs
3. **Freiheit von Schmerz, Verletzung und Krankheit** – durch Vorbeugung oder durch rasche Diagnose und Behandlung
4. **Freiheit zum Ausleben normalen Verhaltens** – durch die Bereitstellung von ausreichend Platz, angemessenen Einrichtungen und Gesellschaft von Artgenossen
5. **Freiheit von Angst und Leiden** – durch die Gewährleistung von Bedingungen, die psychisches Leiden vermeiden

Ein weiterer Leitfaden ist das Fünf-Domänen Modell von Mellor (2016), das auch positive Erfahrungen in die Bewertung mit einbezieht. Es hat die Ebenen: (1) Ernährung, (2) Haltungsumwelt, (3) Gesundheit, (4) Verhaltensinteraktionen und (5) mentaler Zustand. Aus den ersten vier Ebenen bildet sich das subjektive Wohlbefinden bzw. der mentale Zustand des Tieres. Durch die menschliche Obhut wird auch die Interaktion zwischen Tier und Mensch verstärkt mit einbezogen.

Es zeigen sich auch Überschneidungen mit den drei Elementen des Tierschutzes nach Fraser et al. (1997): (1) biologische Funktion und Gesundheit, (2) affektive Zustände (Gefühle, Emotionen) und (3) die Natürlichkeit des Lebens der Tiere. Ähnlich ist es im Konzept von Reimert et al. (2023: 5) mit drei Leveln, in dem die externen Faktoren (Umwelt) und internen Faktoren (Gesundheit, Resilienz, Robustheit, adaptives Potential) auf erster Ebene und der affektive Zustand (Emotionen, Gefühle, subjektive affektive Erfahrungen) auf zweiter Ebene ausbalanciert mit negativen und positiven Erlebnissen zum subjektiven Wohlbefinden, Glück bzw. Lebensqualität auf dritter Ebene führen.

Eine praktischere Umsetzung findet sich in den zwölf Kriterien des europäischen Forschungsprojekts *Welfare Quality*[®] (siehe Tabelle 7), mit dem Ziel ein standardisiertes System zur Bewertung und Verbesserung des Tierwohls zu schaffen (Blokhuis et al. 2010: 132; Blokhuis et al. 2013: 92f.). Die einzelnen Kriterien können im Betrieb durch Tierbeobachtungen und standardisierte Bewertungsbögen für unterschiedliche Tierarten erhoben werden.

Tabelle 7: Übersicht über die Welfare Quality Kriterien

Grundsätze	Kriterien
Gute Fütterung	1 Fehlen von anhaltendem Hunger 2 Fehlen von anhaltendem Durst
Gute Unterbringung	3 Komfort beim Ausruhen 4 Thermischer Komfort 5 Leichtigkeit der Bewegung
Guter Gesundheitszustand	6 Abwesenheit von Verletzungen 7 Abwesenheit von Krankheiten 8 Abwesenheit von Schmerzen, ausgelöst durch Managementverfahren
Angemessenes Verhalten	9 Ausprägung sozialer Verhaltensweisen 10 Ausdruck anderer Verhaltensweisen 11 Gute Beziehung zwischen Mensch und Tier 12 Positiver emotionaler Zustand

Quelle: Modifiziert nach Welfare Quality® Research Project 2009: 16

Auch über das Projekt *Nationales Tierwohl-Monitoring* (NaTiMon) wurde zwischen 2019-2023 eine mögliche Grundlage zur fundierten Dokumentation geschaffen und tier-, management- und ressourcenbezogene Indikatoren auf den Ebenen Gesundheit, Verhalten und Emotionen für unterschiedliche Tierarten geprüft (Magierski et al. 2023). Die empfohlenen 45 Indikatoren fürs Rind für ein nationales Tierwohl-Monitoring sind in Anhang 2, Tabelle 18 aufgeführt. Für 85 % aller ermittelten Indikatoren werden oder wurden in Deutschland noch keine Daten erhoben (Bergschmidt et al. 2023: 21). In der Web-Anwendung *Literaturdatenbank Tierwohlintikatoren* von KTBL (o. J.) werden insgesamt mehr als 2000 verfügbare Indikatoren für Rinder, Schweine, Hühner, Puten, Regenbogenforellen und Karpfen aus Aquakultur vorgestellt. Ein Teil der Indikatoren stammt aus den Bewertungsprotokollen von Welfare Quality®.

Tierwohlintikatoren

Über **tierbezogene Indikatoren** können Gesundheitszustand und Verhalten von Nutztieren bestimmt und direkte Rückschlüsse auf die Auswirkungen von Haltung, Fütterung und Management gezogen werden.

Ressourcen und managementbezogene Indikatoren stellen die baulich-technischen Gegebenheiten von Haltungsbedingungen (z.B. Platzangebot oder Bodenbelag) und Management (z.B. Reinigungsmaßnahmen) dar, die als Voraussetzung für eine tierwohlgerechte Haltung angenommen werden. Es sind nur indirekte Rückschlüsse auf das Tierwohl möglich.

(Brinkmann et al. 2020: 7)

Letztlich existiert noch kein wissenschaftlich fundiertes, standardisiertes Verfahren zur Erhebung des Tierwohls auf mehreren Ebenen (siehe Mellor 2016, Reimert et al. 2023 und Fraser et al. 1997) mit objektivem Bewertungssystem, das global oder national angewendet wird (vgl. BMEL 2019: 24, Bergschmidt et al. 2023 und Magierski et al. 2023) und für unterschiedliche Haltungssysteme und Rassen diskriminierungsfrei nutzbar ist, um die aktuelle Entwicklung des Tierwohl- und Tierschutzzustands auf

betrieblicher Ebene oder aggregiert für Regionen oder Deutschland abbilden und vergleichen zu können. In der Milchviehwirtschaft hat sich zumindest deutschlandweit mit dem Q Check ein nationaler Standard etabliert, der die Eutergesundheit (z.B. über Zellzahlen oder Mastitisrate), Stoffwechsel (Fett-Eiweiß-Quotient), Nutzungsdauer und Mortalitätsrate über die Milchkontrolle bewertet und einen überbetrieblichen Vergleich ermöglicht (March et al. 2021; DLQ 2022). Es werden jedoch nur die Funktionen und körperliche Gesundheit der Rinder einbezogen, die individuellen affektiven und natürlichen Bedürfnisse werden vernachlässigt.

Tierschutzleitlinien

Als Leitlinien im Tierschutz zur Entwicklung einer zukunftsfähigen und gesellschaftlich akzeptierten Tierhaltung in Ställen wurden folgende Punkte definiert (WBA 2015: 285f.):

- (1) Zugang aller Nutztiere zu verschiedenen Klimazonen (vorzugsweise Außenklima; bei Milchkühen Weidegang, wenn möglich)
- (2) Angebot unterschiedlicher Funktionsbereiche mit verschiedenen Bodenbelägen
- (3) Angebot von Einrichtungen, Stoffen und Reizen zur artgemäßen Beschäftigung, Nahrungsaufnahme und Körperpflege
- (4) Angebot von ausreichend Platz und Struktur, ohne dauerhafte Fixierung
- (5) Verzicht auf Amputationen zur Anpassung der Tiere an Haltungssysteme; andere Eingriffe ausschließlich mit Betäubung
- (6) Routinemäßige betriebliche Eigenkontrollen anhand tierbezogener Tierwohlintikatoren
- (7) Deutlich reduzierter Arzneimitteleinsatz
- (8) Verbesserter Bildungs-, Kenntnis- und Motivationsstand der im Tierbereich arbeitenden Personen
- (9) Stärkere Berücksichtigung funktionaler Merkmale in der Zucht

2.4.2 Bevölkerungsumfragen

Auch in der Bevölkerung ist der Wunsch nach Tierwohl weit verbreitet. Im Eurobarometer (442) von 2015 geben 94 % der Europäer und 95 % der Deutschen an, dass das Wohlergehen von Nutztieren zu schützen sei, und 82 % (83 %) glauben, dass es besser geschützt werden sollte (TNS Political & Social 2015). Ähnliche Ergebnisse präsentieren Zühlsdorf et al. (2016: 3), 73 % der Befragten glauben, dass die Politik mehr für den Tierschutz tun sollte. Das Tierwohl ist Verbrauchern als Grund für die Einführung von höheren Abgaben auf Fleisch wichtiger als der Klimaschutz (Perino & Schwickert 2023). Doch die tatsächliche Zahlungsbereitschaft der Verbraucher für Produkte mit höheren Tierwohlstandards fällt niedriger aus als die Befragungsergebnisse und sinkt mit einem Anstieg der Preisdifferenz (Enneking 2019).

3 Hintergrund zu Begriffen und Methoden

Um die in dieser Arbeit verwendeten zwei Begriffe *Nachhaltigkeit* und *Multifunktionalität* voneinander abzugrenzen, werden sie in den folgenden Abschnitten definiert. Als wissenschaftliche Grundlage für die Methodik werden anschließend Verfahren der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung dargestellt.

3.1 Definition von Nachhaltigkeit

Unter Nachhaltigkeit versteht sich nach Brundtland-Bericht ein *Handeln, dass die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können* (WCED 1987). Eingeschlossen ist die Befriedigung der Grundbedürfnisse aller Menschen unter Wahrung der planetaren Grenzen, mit einer Priorisierung der ärmsten Bevölkerungsschichten, denen diese verwehrt sind, um eine faire Verteilung der Chancen und Ressourcen zu erzielen (vgl. ebd.). Es sind folglich ökologische, soziale und ökonomische Dimensionen betroffen.

Auf betrieblicher Ebene gehören folgende Aspekte zu einer nachhaltigen Nutztierhaltung, die es dem Nutztierhalter über Generationen ermöglichen soll, unter Nutzung und Schonung der tierischen und pflanzlichen Ressourcen und Achtung der Nutztiere wirtschaftlich sichere Nahrungsmittel zu produzieren (LfL 2006: 11):

1. Wirtschaftlichkeit
2. Leistungsvermögen und Tiergesundheit
3. Nachvollziehbarkeit und Rückverfolgbarkeit
4. Arbeitsschutz
5. Ressourcenschutz (Schutz der Nutztierpopulation z.B. vor Seuchen, des genetischen Potentials und der Umwelt, um sie für die Nutztierhaltung zu erhalten)
6. Lebensmittelsicherheit

Die Nachhaltigkeit kann folglich auf unterschiedlichen Ebenen verglichen werden. Es kann ein betrieblicher Vergleich aufgestellt oder das Gesamtsystem, z.B. über einen Ländervergleich wie im Nachhaltigkeitskompass von Hebinck et al. (2021; siehe Abbildung 9), bewertet werden.

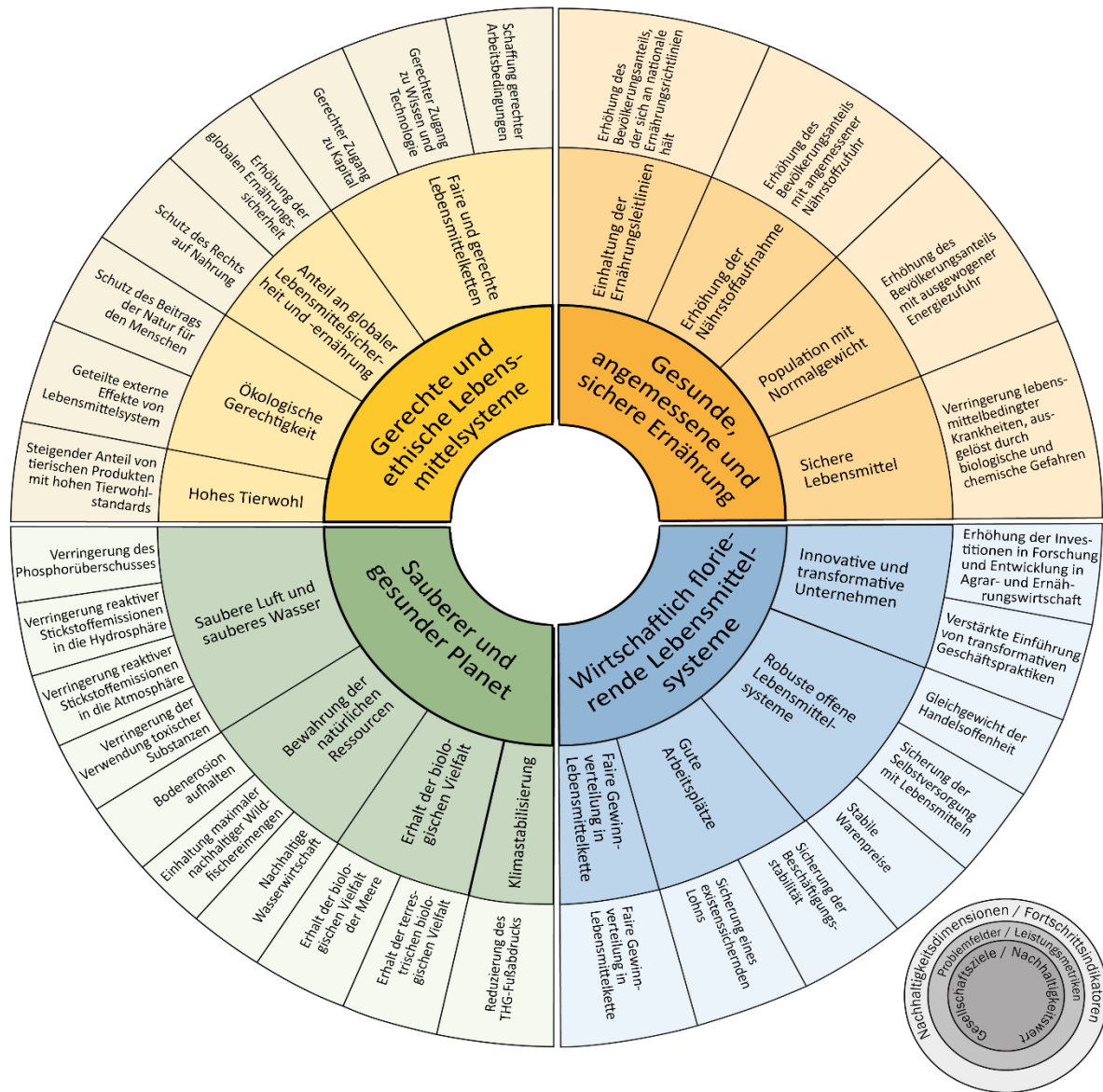


Abbildung 9: Der Nachhaltigkeitskompass (Modifiziert nach Hebinck et al. 2021: 7)

3.2 Definition von Multifunktionalität

Der Begriff der *Multifunktionalität* bezieht sich darauf, dass eine Aktivität mehrere Leistungen erbringen und folglich verschiedene Ziele erfüllen kann. Die Landwirtschaft liefert nicht nur Nahrungsmittel und Faserstoffe, sondern ist auch eine Quelle öffentlicher Güter und externer Effekte (Abler 2004; Bohman et al. 1999). Dies kann ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Dimensionen einschließen (siehe Abbildung 10).

Definition: „Die Schlüsselemente der Multifunktionalität sind: (1) die Existenz vielfältiger Waren und nicht warenbezogener Güter und Leistungen, welche gemeinsam durch die Landwirtschaft produziert werden; und (2) die Tatsache, dass einige der nicht warenbezogenen

Leistungen Eigenschaften von Externalitäten oder öffentlichen Gütern aufweisen, mit der Folge, dass Märkte für diese Güter nicht existieren bzw. kaum funktionieren.“ (OECD 2001: 10)

Auch wenn der Begriff der Multifunktionalität erst ab den 1990er Jahren genutzt wurde (Bohman et al. 1999), ist die Idee einer multifunktionalen Landwirtschaft im Kern nichts Neues. Sie war bis zur Technisierung und Hochspezialisierung die Norm. Die Tiere wurden auf der Weide gehalten, zur Arbeit vor dem Pflug eingesetzt oder mit Lebensmittelresten gefüttert.

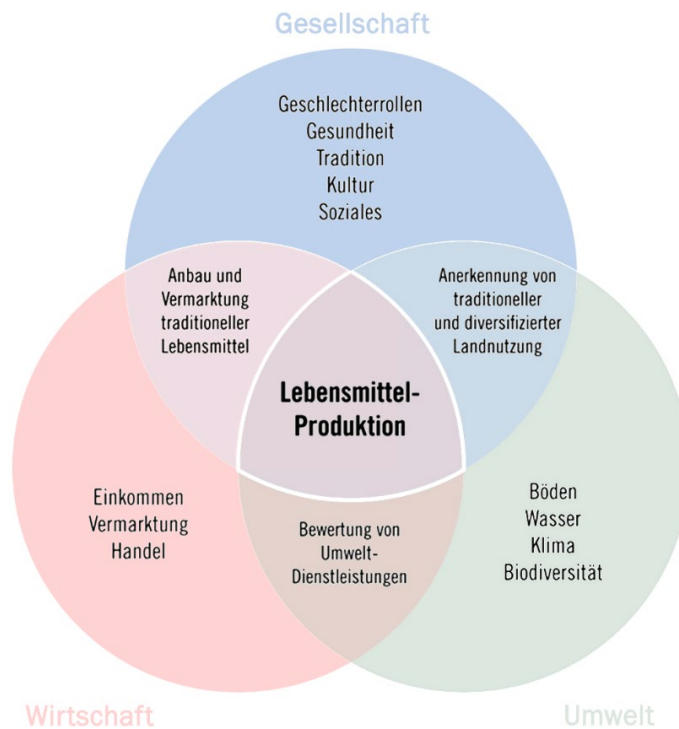


Abbildung 10: Verknüpfung zwischen den landwirtschaftlichen Funktionen
(Modifiziert nach Weltagrarbericht o. J. basierend auf IAASTD 2009: 243)

Um eine Überschneidung mit dem Begriff der Nachhaltigkeit zu vermeiden, wird in dieser Arbeit der Fokus auf die direkten Funktionen der Tiere gelegt. Es entspricht einem *normativen Konzept der Multifunktionalität*, der zweiten Interpretationsmöglichkeit des Begriffs nach OECD (2001:11). Demnach hat die Landwirtschaft zugewiesene vielfältige Rollen und ist mit der Erfüllung definierter gesellschaftlicher Aufgaben beauftragt. Die Multifunktionalität ist somit keine reine Eigenschaft des Produktionsprozesses, sondern hat selbst einen Wert. Das Ziel der Politik kann es folglich sein, die Multifunktionalität einer Aktivität zu bewahren oder zu erhöhen (ebd.).

3.3 Verfahren der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung

Zur multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA) gehören unterschiedliche Methoden, um komplexe Entscheidungsprobleme mit konfliktären Zielsetzungen zu lösen. Allgemein werden im ersten Schritt mögliche Alternativen festgelegt und Ziele definiert (siehe Abbildung 11). Anschließend werden Bewertungskriterien ermittelt, deren Kriteriengewichtung von der subjektiven Einschätzung des Entscheidungsträgers abhängt. Die Gewichtungsfaktoren werden auf einer Kardinalskala von 0-100 % oder 0-100 Punkte angegeben. Über die Präferenzen des Entscheidungsträgers werden positive, neutrale oder negative Einstellungen gegenüber den Alternativen auf Basis der gestellten Ziele abgebildet. Der Prozess der Entscheidungsfindung kann folglich objektive und subjektive Bestandteile einbeziehen (Geldermann & Lerche 2014: 4-8).

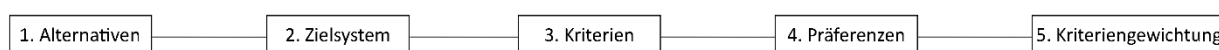


Abbildung 11: Allgemeines Vorgehen der multikriteriellen Entscheidungsanalyse
(Eigene Darstellung nach Geldermann & Lerche 2014: 4-8)

Die Kriterien können in einer Kriterienhierarchie dargestellt (siehe Abbildung 12) und die Oberziele (Zielebene 1) in weitere Unterziele (Zielebene n) unterteilt werden. Jedes Ziel erhält messbare Attribute bzw. Indikatoren mit Maßeinheit und einer Zielrichtung (z.B. Maximierung oder Minimierung; ebd.).

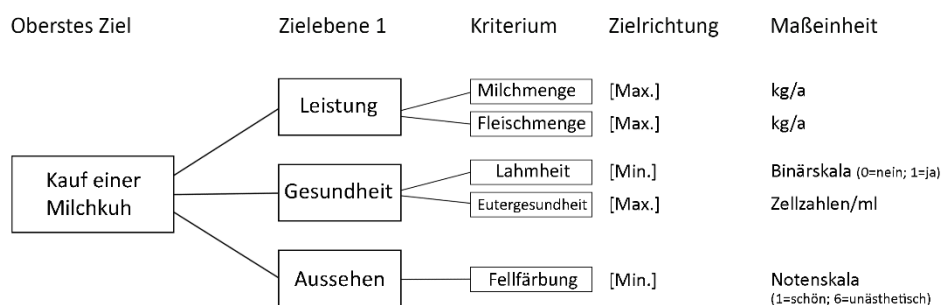


Abbildung 12: Beispielhafte Kriterienhierarchie
(Eigene Darstellung angelehnt an Geldermann & Lerche 2014: 7)

3.3.1 Ermittlung der Kriterien

Beim Top-Down-Ansatz wird auf das formulierte Zielsystem zurückgegriffen und die Kriterien werden hierarchisch ermittelt. Das bedeutet, dass die Probleme über mehrere Ebenen detaillierter untergliedert werden und die Unterziele in den Oberzielen zusammengefasst sind. Es stellt sicher, dass ein logischer Zusammenhang zwischen den Kriterien existiert. Anschließend erfolgt eine Operationalisierung für die Kriterien, die auf Grundkennzahlen (absolute Größen) und Verhältniszahlen (relative Zahlen) in den drei Skalenniveaus (nominal, ordinal und kardinal) zurückgreifen kann (ebd.: 24).

3.3.2 Nutzwertanalyse

Eine Methode ist die MADM (Multi-Attribute Decision Making) mit dem klassischen Ansatz der Nutzwertanalyse, bei der der Entscheidungsträger seine Präferenz klar benennen kann. Für jede Alternative wird hierbei ein Gesamtnutzwert gebildet, der sich aus den einzelnen (gewichteten) Teilnutzwerten der Kriterien bildet (Geldermann & Lerche 2014: 11f.).

3.3.3 SMART-Methode

Die SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) -Methode ist ein Verfahren zur Gewichtung. Der Entscheidungsträger gibt dem wichtigsten Kriterium einen Wert von 100 Punkte, andere Kriterien werden anschließend über die relative Wichtigkeit im Verhältnis zum wichtigsten Kriterium bewertet. Die vergebenen Punktezahlen werden am Ende durch die Gesamtpunktezahl geteilt, um die Endgewichtung zu erhalten (Geldermann & Lerche 2014: 35).

Beispiel Milchkuh: Leistung ($100/(100+80+20)=50\%$), Gesundheit ($80/(100+80+20)=40\%$), Aussehen ($20/(100+80+20)=10\%$)

3.3.4 Hierarchische Gewichtung von Kriterien

Es gibt zwei Wege, um die Kriterien innerhab der Hierarchie zu gewichten (Marttunen et al. 2018: 6; siehe Abbildung 13):

(1) Hierarchische Gewichtung (bottom-up): ① Die Unterziele im individuellen Ast der Hierarchie erhalten eigene lokale Gewichtungen. ② Die oberste Zielebene bekommt anschließend eine Gewichtung zugewiesen. ③ Um die globale Gewichtung für die Unterziele zu erhalten, werden die lokalen Gewichtungen mit der Gewichtung auf oberster Ebene des Hierarchieastes multipliziert.

(2) Nicht-hierarchische Gewichtung: ① Globale Gewichtungen werden den Kriterien auf unterster Ebene zugewiesen. ② Die Summe bildet die Gewichtung auf oberster Zielebene.

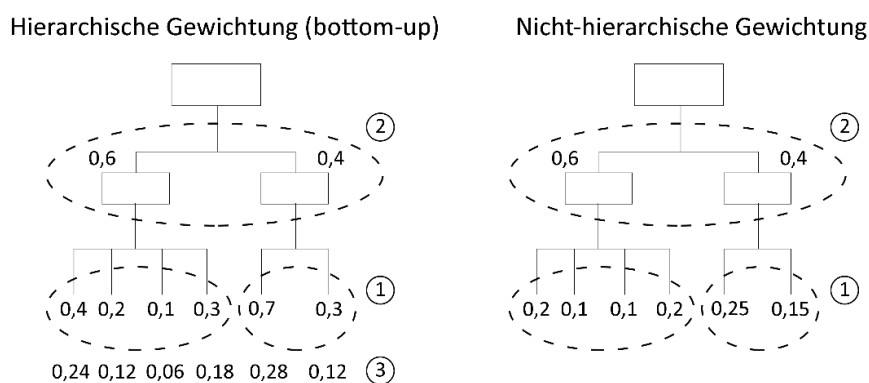


Abbildung 13: Hierarchische (links) und nicht-hierarchische Gewichtungsverfahren (rechts) mit einem numerischen Beispiel
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Marttunen et al. 2018: 6)

4 Methodik

In diesem Kapitel werden die Methoden und das Vorgehen zur Beantwortung der Fragestellungen beschrieben. Es ist in die drei Teile (1) Definition von Funktionsbereichen und Nachhaltigkeitskriterien, (2) Systemvergleich über Nachhaltigkeitsmatrix und ausgewählte Funktionsindikatoren und (3) Produktionspotentialberechnung unterteilt.

4.1 Auswahl und Definition von Funktionsbereichen und Nachhaltigkeitskriterien

Auf Basis einer ausgiebigen Literaturrecherche und eines explorativen, nicht-linearen Ansatzes (siehe Abbildung 14) werden Funktionen der Tiere ermittelt, die MFT definiert und Kriterien (Indikatoren) zur Bewertung der (1) Funktionstiefe und -breite der Multifunktionalität (siehe Abbildung 15) und (2) Nachhaltigkeit der Nutztierhaltung identifiziert und beschrieben. Das grundsätzliche Vorgehen orientiert sich an der MCDA mit einem Top-Down-Ansatz (siehe Kapitel 3.3).

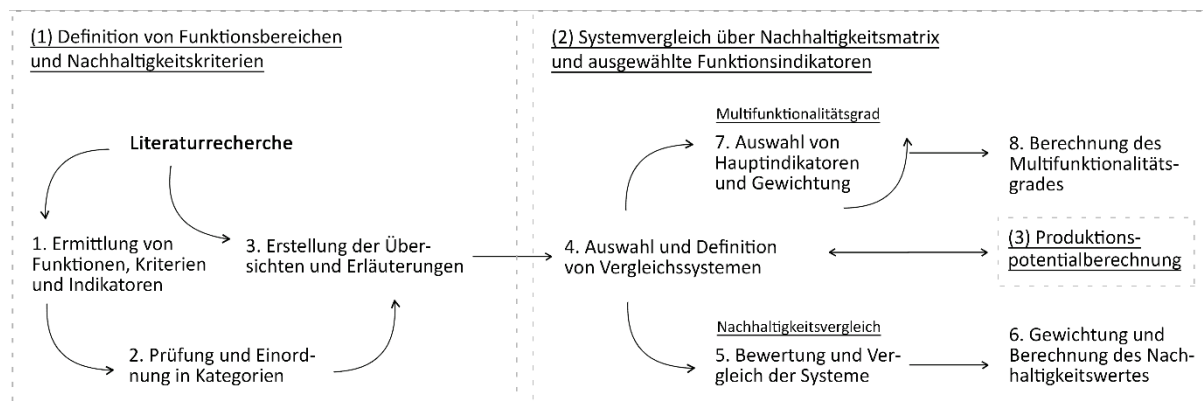


Abbildung 14: Flussdiagramm der Methodik (Eigene Darstellung)

4.1.1 Funktionen von Tieren

Um von einer multifunktionalen Nutztierhaltung auszugehen, müssen nach Wortbedeutung mindestens zwei Funktionsbereiche abgedeckt werden. Die möglichen Rollen der Nutztiere sollen auf einer zweiten Ebene neben den Nachhaltigkeitsdimensionen abgebildet werden. Der Funktionsumfang kann in Tiefe (Anzahl an Stufen) und Breite (Anzahl an Produkten bzw. Funktionen pro Stufe) unterteilt werden und sich zwischen den Tierarten

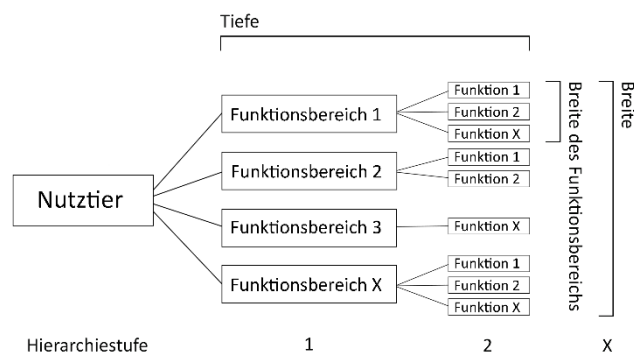


Abbildung 15: Beispielhafte Hierarchie der Funktionen (Eigene Darstellung)

unterscheiden. Das Rind wird als Anwendungsbeispiel ausgewählt, da es in einem zirkulären Ernährungssystem als Wiederkäuer, vor allem für die Grünlandnutzung, eine zentrale Rolle einnimmt und die höchste Effizienz bei Futtermitteln, die für den menschlichen Verzehr nicht geeignet sind, hat (siehe Unterkapitel 2.1.1).

4.1.2 Auswahl von Kriterien und Indikatoren

Die einzelnen Systeme bzw. Subsysteme sind in ein Übersystem aus nationaler und globaler Politik, Gesetzen und Handel eingefasst, auf das die Systeme (z.B. unterschiedliche Betriebe) keinen direkten Einfluss haben (siehe Abbildung 16). Die ermittelten Kriterien aus der Literatur werden daher auf ihre Verwendbarkeit für einen (Sub-)Systemvergleich innerhalb eines Landes geprüft. Es müssen Unterschiede zwischen den Systemen zu erwarten oder theoretisch möglich sein, indem beispielsweise das Übersystem ein Subsystem präferiert oder das Subsystem direkten Einfluss auf Nachhaltigkeitsaspekte hat.

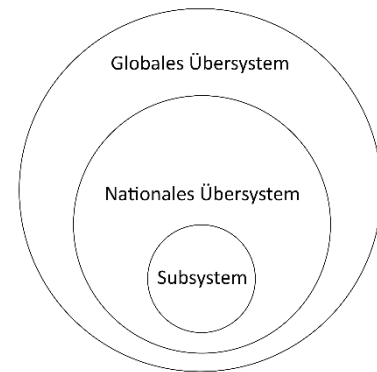


Abbildung 16: Über- und Subsystem
(Eigene Darstellung)

Die ausgewählten Kriterien für den Nachhaltigkeitsvergleich werden in Kategorien eingeteilt und mit Indikatoren versehen. Sie sollen die heutige Situation und mögliche zukünftige Entwicklungen und Risiken abbilden. Es wird bei der Ermittlung von Kriterien keine Rücksicht darauf genommen, ob bereits Daten für die Indikatoren existieren. Analog zu Hebinck et al. (2021: 7) werden bei der Entwicklung der Indikatoren folgende Eigenschaften priorisiert: (1) *pragmatisch* (pragmatische Lösungen, evtl. Notwendigkeit von Proxys, falls Daten nicht verfügbar oder zugänglich sind), (2) *eindeutig* (Vermeidung von Redundanz) und (3) *relevant* (Erfassung des Wesens des Problems durch Indikatoren, evtl. Notwendigkeit von zusammengesetzten Indikatoren). Abweichend von Punkt 2 werden Doppelnennungen zwischen den Nachhaltigkeitsdimensionen gestattet, aber nicht innerhalb der Dimensionen.

Abschließend wird die Eignung der ermittelten Nachhaltigkeitsindikatoren zur Bewertung von ausgewählten Funktionsbereichen der Nutztiere geprüft. Alternativ werden eigene Indikatoren festgelegt.

4.2 Systemvergleich über Nachhaltigkeitsmatrix und Funktionsindikatoren

Für den Vergleich zwischen der MFT und der deutschen Rindviehhaltung werden als repräsentative Produktionssysteme von Milch und Fleisch die am weitesten verbreiteten Betriebsstrukturen in Deutschland herangezogen. Eine zukünftige Alternative unter den heutigen tierwohlrechtlichen Haltungszielen wird ebenfalls einbezogen. Die entsprechenden Annahmen zu den Systemen werden im nächsten Unterkapitel aufgeführt.

Über ein sechsfarbiges Ampelsystem ähnlich zu Koster et al. (2022: 7) werden die fünf Systeme verglichen. Es wird die geschätzte Wirkung auf die einzelnen Kriterien im Verhältnis zueinander (bei fehlender absoluter Referenz) von positiv bis negativ dargestellt (siehe Tabelle 8). Dafür werden die ermittelten Nachhaltigkeitskriterien und Indikatoren bzw. Proxys aus Kapitel 4.1 verwendet. Die Einordnung erfolgt auf Basis von Literaturangaben zu vergleichbaren Systemen und Schätzungen bei qualitativen Daten und systemischen Abweichungen. Die entsprechenden Quellen und Bewertungsgrundlagen werden in einem technischen Abschnitt in Anhang 5 festgehalten.

Für einen abschließenden Vergleich wird das Ampelsystem mit sechs Farben in eine Zahlenskala von 1-5 übersetzt (siehe Tabelle 8). Daraus bildet sich der Nachhaltigkeitswert (Unterkapitel 4.2.2). Über die ermittelten Parameter wird für die ausgewählten Systeme zusätzlich ein vereinfachter Multifunktionalitätsgrad, der die Hauptfunktionen einschließt, berechnet (Unterkapitel 4.2.3).

Tabelle 8: Bewertungsskala in Nachhaltigkeitsmatrix

Positiv	Eher positiv	Neutral	Eher negativ	Negativ	Keine Angabe
5	4	3	2	1	Nicht einbezogen

Quelle: Eigene Darstellung

4.2.1 Annahmen zu Vergleichssystemen

Es werden für die (1) Mast- und (2) Milchrinder jeweils zwei Systeme definiert. Das System „Basis“ ist die heutige gängige Praxis. Das System „Premium“ entspricht weitgehend einer möglichen Haltungsstufe 4 (Premium) bzw. haltungstechnisch der EU-Öko-Verordnung. Die Vergleichssysteme orientieren sich an den Systemen Stufe 0 und 3 (entsprechen den Haltungsstufen 1 und 4) aus dem Thünenbericht zur *Politikfolgeabschätzung zu den Empfehlungen des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung* von Deblitz et al. (2021).

Hinweis: Die Haltungsstufe 4 gehört zu einer vierstufigen einheitlichen Haltungsform-Kennzeichnung im Handel, die über verbesserte Haltungskriterien mehr Tierwohl ermöglichen soll (Haltungsform 2022).

(1) Mastrinder

(1.1) Basis

Zur Beurteilung der Mastrinder wird die Jungbullenmast mit 288 Bullen auf Basis von Fleckviehfressern, Vollspaltenboden mit Gülle und Maissilage als Futtergrundlage verwendet mit einem Tier-Fressplatzverhältnis zwischen 1:1-1,5 (Deblitz et al. 2021: 20). Das Platzangebot liegt bei 3,07 m² pro Mastbulle. Die Kälber kommen mit 5 Monaten und einem Gewicht von 190 kg in den Betrieb und werden 14 Monate (423 Tage, Tageszunahmen: 1322 g je Masttag) bis 750 kg LG (450 kg SG) gemästet. Weitere Futtermittel sind Biertreber, Pülpe, Rapsschrott und Soja (<5 %). Es wird nicht von gummierten Böden ausgegangen.

Die genaue angesetzte Futtermischung basiert auf der Gruber Tabelle (LfL 2023: 38) mit einem Futterverbrauch über 14 Monate von 70,8 dt Maissilage (36 % TM), 14,9 dt Biertreber (25 % TM), 1,5 dt Stroh, 4,2 dt Rapsextraktionsschrot, 7,5 dt Getreideschrot und 0,33 dt Mineralfutter. Das eingesetzte Getreideschrot wird gedanklich vollständig durch die genannten Reststoffe ausgetauscht.

(1.2) Premium

Es handelt sich um einen Tretmiststall (5,03m²/Bulle) mit Auslauf (0,75 m²/100 kg LG). Die Laufgänge sind mind. 50 % planbefestigt (perforiert max. 50 %). Der Raufutteranteil an der Gesamtration beträgt 60 %. Die Tageszunahmen liegen wie beim Basissystem bei 1322 g je Masttag. Weidegang ist aus praktischen Managementproblemen mit Bullen auf der Weide nicht realisierbar (Deblitz et al. 2021: 20). Außerdem gibt es Ventilatoren. Diese Stufe erfüllt EU-Ökovorgaben. Die Vollkosten pro kg SG sind 14 % höher (Deblitz et al. 2021: 46). Jährlich wird eine Fortbildung zu Tierschutzthemen und eine verstärkte Dokumentation als Eigenkontrolle durchgeführt.

Das Futter besteht nach Gruber Tabelle (LfL 2023: 40) aus 59,7 dt Maissilage, 21,7 dt Grassilage, 3,7 dt Rapsextraktionsschrot, 8,5 dt Getreideschrot und 0,29 dt Mineralfutter. Das eingesetzte Getreideschrot wird gedanklich durch die im Basissystem genannten Reststoffe ersetzt.

(2) Milchrinder

(2.1) Basis

Das vorherrschende Haltungssystem für Milchkühe ist die Laufstallhaltung (Destatis 2021d). Es wird ein Boxenlaufstall in dreireihiger Bauweise mit Außenklima, 140 Milchkühen, 9.200 kg Milch/Kuh/a und einer nutzbaren Gesamtfläche pro Milchkuh von 6,23 m² angenommen. Die Entmistung erfolgt über Spaltenböden. Das Liegeplatzverhältnis liegt bei 1:1 und das Tier-Fressplatzverhältnis bei 1,5:1 (Deblitz et al. 2021: 19, 40).

Die angesetzte Futtermischung besteht aus Raufutter (70 % Mais- und 30 % Grassilage (13,4 kg TM/d)) und Kraftfutter (8,4 kg/d mit 30 % Raps- oder Sojaextraktionsschrot, 15 % Trockenschlempe, 49 % Gerste, Körnermais und Weizen/Triticale und 6 % Trockenschnitzel) und orientiert sich an LK Oberösterreich (2016a).

(2.2) Premium

Es wird ein vierreihiger Neubau mit planbefestigtem oder perforiertem Boden (max. 50 %), Schieber-Entmistungssystem, eingestreuten Tiefboxen, innenliegendem Futtergang und äußeren Laufhöfen eingesetzt. Das Platzangebot im Stall steigt von 6,23 m² auf 10,49 m² (zusätzlich 3,89 m² im Laufhof), das Tier-Fressplatzverhältnis erhöht sich auf 0,9:1. Außerdem wird den Kühen Weidegang (120 Tage mit 6h/d) geboten. Es wird durch geringere Futterverwertung mit mind. 60 % Raufutter und sinkendem Kraftfuttereinsatz von 1.000 kg ECM/Kuh/a weniger Milch als im Basis-Szenario

ausgegangen. Es gibt Kuhbürsten und -putzautomaten, Ventilatoren und Sprühkühlanlagen ab 22 °C. Mind. 2-mal pro Jahr wird eine Routine-Klauenpflege durchgeführt. Der Arbeitszeitbedarf ist durch Weidehaltung leicht reduziert. Weitere Kosten für Elektrozäune, Treibwege, Tränken und Wasserzuleitungen entstehen (Deblitz et al. 2021: 39). Die Investitionen für den Stall steigen um 64 % und die Vollkosten um rund 19 % (Deblitz et al. 2021: 39ff.). Der Stall entspricht der EU-Öko-Verordnung. Züchterisch wird versucht, die leistungsassoziierten Probleme zu verringern. Jährlich wird eine Fortbildung zu Tierschutzthemen und eine verstärkte Dokumentation als Eigenkontrolle durchgeführt.

Die angesetzte Futtermischung unterscheidet sich zum Basissystem beim Raufutter (30 % Mais- und 70 % Grassilage (15,4 kg TM/d)) und weniger Kraftfutter (6,4 kg/d, 30 % Raps- oder Sojaextraktions-schrot, 15 % Trockenschlempe, 49 % Gerste, Körnermais und Weizen/Triticale und 6 % Trockenschnitzel).

(3) Kälber

(3.1) Basis

Die Kälber werden bis zur sechsten Lebenswoche nach §5 Abs. 3 S.2 TierSchG enthornt bzw. die Hornanlagen werden entfernt und bis zur achten Lebenswoche in Einzelhaltung gehalten. Zusätzlich werden die männlichen Kälber (falls durchgeführt) nach §5 Abs. 3 S. 1 TierSchG bis zur vierten Lebenswoche ohne Betäubung kastriert.

(3.2) Premium

Abweichend vom Basisszenario werden die männlichen Kälber nur mit Sedierung, Lokalanästhesie und Schmerzmitteln kastriert (falls durchgeführt) und in Gruppenhaltung (nach erster Woche) in Außenklimaställen gehalten. Sie werden bis zur 16. Lebenswoche mit Vollmilch oder Milchaustauschern versorgt.

(4) MFT

Die Grundlage der MFT sind zwei Prämissen: (1) das Wohl und die Gesundheit der Tiere haben für die maximale Multifunktionalität und langfristige Funktionsausübung die oberste Priorität und (2) das höchste Wohl ist in einer natürlichen Lebensumgebung und Sozialstruktur zu erzielen. Das definierte System wird darauf ausgerichtet.

Folglich müssen die natürlichen Funktionen und Bedürfnisse der Tiere erfüllt sein. Bei Rindern bedeutet es eine Versorgung der Kälber mit ausreichend Vollmilch – idealerweise eine kuhgebundene Kälberaufzucht – und Weidehaltung mit festen Herdenstrukturen (vgl. auch Kapitel 2.2). Die Rinder

werden mit Weideschuss getötet und nur im Notfall transportiert, um Stress zu verhindern. Alle Rinder sind züchterisch auf die jeweilige Umwelt angepasst.

Die Milch- und Mastviehhaltung wird als ein System betrachtet (siehe Tabelle 9). Es erfolgt kein Verkauf von (Bullen-)Kälbern an Mastbetriebe. Die Mastbullen und Milchrinder (inkl. Kälber) werden während der Vegetationsperiode unter denselben Haltungsbedingungen gehalten. Sie leben in separaten festen Gruppen auf der Weide. Organische oder lehmige Böden werden im Winter nicht genutzt, um eine Zerstörung der Grasnarbe und Verschlammung zu verhindern. Die Mastrinder werden im Winter auf einer sandigen Fläche mit natürlichem Witterungsschutz und einfachen Unterständen gehalten. Bei niedrigen Temperaturen wird vermehrt Stroh als wärmegeämmte Liegefläche ausgestreut. Die Milchrinder kommen im Winter in einen Tretmist- oder Außenklimastall mit ganztägigem Zugang zu einer sandigen Grünlandfläche. Nur in Moorgebieten und auf Standorten mit schweren Böden wird auf den Weidezugang im Winter oder nach extremen Niederschlägen verzichtet.

Es gibt kurze Laufwege zwischen Weide und Melkstand, um Klauenverletzungen auf unebenen, harten Untergründen zu vermeiden, oder es wird ein Weidemelkstand verwendet. Lediglich für den natürlichen Klauenabrieb existieren vereinzelt Flächen mit Betonboden, z.B. bei Tränken oder auf kurzen Wegabschnitten. Die Klauenpflege erfolgt nach Bedarf, mindestens einmal jährlich gibt es eine optische Kontrolle.

Tabelle 9: Übersicht über MFT und Vergleichssysteme

	MFT	Vergleichssysteme
Haltungsform	Weidehaltung oder ganztägiger Weidezugang in Vegetationsperiode	Boxenlaufstall (Milchvieh), teilweise Weidegang; Vollspaltenböden oder Tretmiststall (Mastvieh) ohne Weidegang
Intensität	Extensiv bis intensiv Low Input	Intensiv High Input
Begrenzende Faktoren	Lokales Flächenangebot (Grünland), Fruchtfolgekulturen und Reststoffverfügbarkeit	Kapital, Absatz
Viehbesatz auf Weide	0,3-2,1 GVE/ha	0 oder 10,5 GVE/ha
Kälberaufzucht	Kuhgebundene Aufzucht 5-8 Monate, innerbetriebliche Kälberaufzucht und -mast	Kälberglus, Verkauf der Bullenkälber nach 14/28 Tagen an Kälber-/Bullenmast
Tötungsprozess	Weideschuss	Transport zum Schlachthof, Bolzenschuss
Rasse	Vielfältig	Fleckvieh, Holsteiner Schwarzbunte

Quelle: Eigene Darstellung

4.2.2 Berechnung des Nachhaltigkeitswertes

Um den Nachhaltigkeitswert zu berechnen, wird analog zur Nutzwertanalyse ein gewichtetes Mittel aus den einzelnen Hierarchiestufen für die jeweiligen Vergleichssysteme gebildet. Alle vier Nachhaltigkeitsebenen (Ökologie, Ökonomie, Tierwohl und Gesellschaft) und die Kriterien innerhalb der Ebene werden gleichwertig einbezogen (siehe Abbildung 17). Individuelle Gewichtungen der Subkriterien werden angegeben. Sie können über die SMART-Methode ermittelt werden. Messbare Effekte erhalten eine höhere Gewichtung als Wahrscheinlichkeiten für mögliche Effekte.

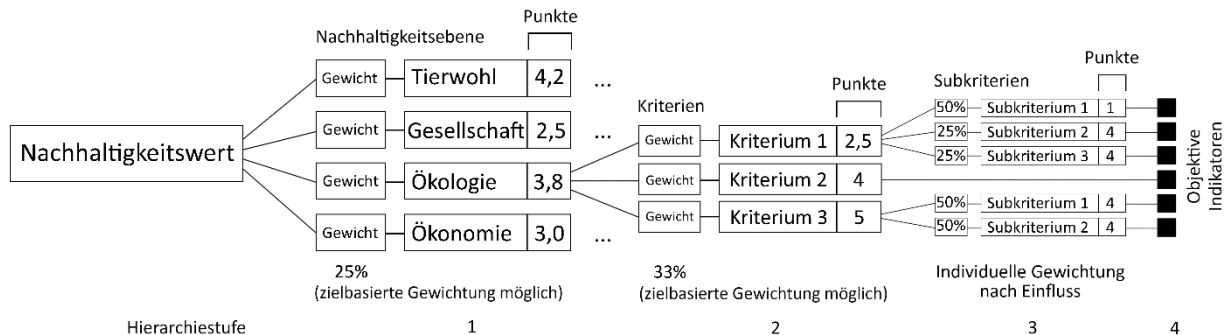


Abbildung 17: Beispiel der hierarchischen Gewichtung zur Berechnung des Nachhaltigkeitswertes (Eigene Darstellung)

4.2.3 Berechnung des Multifunktionalitätsgrades

Der Multifunktionalitätsgrad drückt die Höhe der gewichteten Kombination der Nutzfunktionsbereiche aus. Die einbezogenen Funktionsbereiche für das Rind sind *Rohstoffe, Naturschutz und Landschaftspflege, Grünland- und Reststoffverwertung* und *Arterhaltung der Nutz- und Haustiere*. Die ausgewählten Hauptindikatoren zur Bewertung der jeweiligen Funktionsbereiche stammen aus der erstellten Übersicht über die Funktionen einer Multifunktionalen Nutztierhaltung (siehe Anhang 4, Tabelle 22).

Im ersten Schritt werden die notwendigen Parameter für die einzelnen Funktionen bzw. Indikatoren der fünf Systeme ermittelt. Als Grundlage dienen die getroffenen Annahmen (siehe Unterkapitel 4.2.1) und Betriebsstrukturen in Deutschland (siehe Unterkapitel 2.1.3). Falls notwendig werden die Werte auf eine Skala von 0-1 normalisiert (siehe Abbildung 18).

Für die Rohstoffmenge wird ein nationales Produktionsmaximum für Milch und Fleisch angesetzt. Anschließend werden sie zum Vergleich (1) mit und (2) ohne gewählten Gewichtungsfaktor multipliziert und über die ausgewählten Funktionsbereiche hierarchisch gewichtet summiert, mit einem maximalen Wert pro Funktion von 100 % (vgl. Jacobi & Hobbs 2007: 203). Die Gewichtung legt einen stärkeren Fokus auf die Funktionen, die einen direkten Beitrag zum Ernährungssystem leisten.

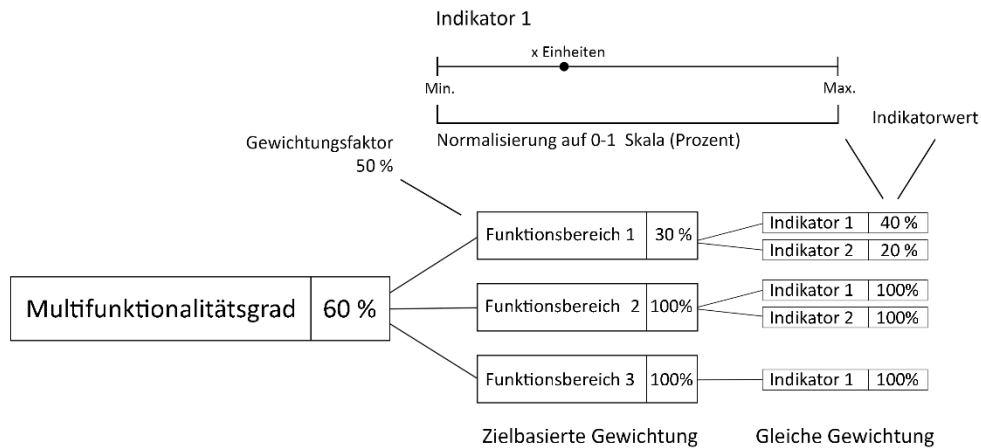


Abbildung 18: Beispielhafte Berechnung des Multifunktionalitätsgrades (Eigene Darstellung)

Zur besseren Vergleichbarkeit mit der MFT wird eine kombinierte Kategorie für Basis und Premium ergänzt. Die jeweiligen Rohstoffmengen werden hierbei addiert, bei Kriterien der restlichen Funktionen wird ein Durchschnitt gebildet. Es verbindet Milch- und Mastvieh zu einer gemeinsamen Produktionseinheit und nimmt an, dass alle Tiere voll ausgemästet werden wie bei der MFT.

4.3 Produktionspotential

Das Produktionspotential der multifunktionalen Nutztierhaltung in Deutschland wird über den (1) Grünlandanteil und -ertrag, (2) die pflanzlichen Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie, die bei der Produktion von Mehl, Stärke, Speiseöl, Bier und Zucker anfallen und für den Menschen nicht verzehrbar sind, und (3) notwendige nicht-essbare Fruchtfolgekulturen bestimmt. Vereinfacht lautet die Formel:

$$(5) \text{ Produktionspotential} = \frac{(1) \text{ Grünlandpotential} + (2) \text{ Nebenstoffpotential} + (3) \text{ Fruchtfolgepotential}}{(4) \text{ Futterbedarf}}$$

Es werden zwei Szenarien für das Grünland- und Fruchtfolgepotential erstellt. Die erste Berechnung stellt das *Minimalpotential* und die zweite Rechnung das *Maximalpotential* der Multifunktionalen Nutztierhaltung dar.

(1) Grünlandpotential

Die gemeinsame Basis der zwei Berechnungen ist die vorhandene Dauergrünlandfläche in Deutschland (siehe Tabelle 10). Sie wird vollständig für Rinder genutzt, andere Großtiere wie Pferde werden ausgeblendet. Die Ernte-, Lager- und Futterverluste werden mit 20 % angesetzt.

Tabelle 10: Dauergrünland (2022) nach Art der Nutzung

	Anbaufläche in 1000 ha
Dauergrünland insgesamt	4733,4
Wiesen (Schnittnutzung)	1973,1
Weiden (einschließlich Mähweiden und Almen)	2519,5
Ertragsarmes Dauergrünland	227,1
Aus der Erzeugung genommenes Dauergrünland mit Beihilfe-/Prämienanspruch	13,6

Quelle: Destatis 2022b

(1.1) Minimalpotential

Der geschätzte Ertragswert von Grünland in 2022 betrug 26,1 Mio. t Trockenmasse (TM), davon sind 14,3 Mio. t TM von Weiden (55 % Flächenanteil) und 11,9 Mio. Tonnen von Wiesen (Destatis 2023c). Durchschnittlich werden zwischen 55-60 dt TM/ha erzielt. Es wird folglich von insgesamt extensiver Nutzung ausgegangen mit durchschnittlich 2-3 Schnitten bzw. extensiver Beweidung und ca. 55 dt TM/ha, 13,75 % (12,5-15,0 %) Rohprotein in TM (vgl. LWK NRW 2021: 619f.), 15 % UDP und 5,9 MJ NEL/kg TM bzw. 9,9 MJ ME/kg TM (Beginn Blüte; vgl. LK Oberösterreich 2016b und LfL 2023: 91).

(1.2) Maximalpotential

Das Maximalpotential bildet sich aus einer Kombination aus zwei Haltungssystemen. Es wird angenommen, dass die Hälfte der Grünlandfläche intensiv und die Hälfte extensiv bewirtschaftet wird. Der durchschnittliche Ertragswert wird auf 82,71 dt TM/ha erhöht und soll einen Mittelwert aus realistischen Ertragswerten der zwei Systeme bilden. Die Schnittnutzung liegt bei 3-4; 15,0 % Rohprotein in TM; 15 % UDP und 6,2 MJ NEL/kg TM bzw. 10,4 MJ ME/kg TM (Ähren-, Rispenschieben 1. Aufwuchs und Folgeaufwüchse; vgl. LK Oberösterreich 2016b und LfL 2023: 91).

(2) Pflanzliche Nebenprodukte und Reststoffe

Zur Erfassung der pflanzlichen Nebenprodukte und Reststoffe werden statistische Daten zu anfallenden Reststoffmengen aus der verarbeitenden Industrie oder Daten zum Inlandanbau und den Importmengen von Rohwaren für 2017/18-2021/22 (aus Versorgungsbilanzen vom BLE und Statistischen Bundesamt) verwendet. Die Quantifizierung der anfallenden Mengen erfolgt bei Rohwaren über durchschnittliche Lebensmittelausbeuten. Es wird angenommen, dass (1) die importierten Rohwaren im Inland verarbeitet werden, (2) alle anfallenden Reststoffe für den Menschen nicht verzehrbar sind und (3) mögliche weitere Lebensmittelabfälle aus dem Ernährungssystem (wie z.B. Altbroten) nicht vorhanden oder für Rinder nicht verwertbar sind.

Für alle ausgewählten Futtermittel werden aus der Gruber Tabelle (LfL 2023: 60-72) die Energie- und Proteingehalte und die Trockenmasse entnommen.

(3) Fruchtfolgekulturen

Weitere Futtermittel wie Klee gras, Luzerne oder Leguminosengemenge können in einer Ackerfruchtfolge zur Unkrautregulierung, Humusanreicherung und Stickstofffixierung eingebunden sein (SMUL 2008). Im Minimalpotential wird von einem einjährigen Klee gras- oder Luzerneanbau (jeweils 50 %, Unterschiede wegen Bodeneigenschaften und Trockenheit) in einer fünfgliedrigen Fruchtfolge (jährl. Anbau auf $\frac{1}{5}$ der Ackerfläche) ausgegangen. Im Maximalpotential wird es auf einen zweijährigen Klee gras- oder Luzerneanbau in einer sechsgliedrigen Fruchtfolge (jährl. Anbau auf $\frac{1}{3}$ der Ackerfläche) ausgeweitet. Als Basis dient der Ackerflächenanteil (2022) in Deutschland nach Destatis 2022b. Die Erträge werden mit durchschnittlich 82,7 dt TM/ha angesetzt. Mittlere Jahreserträge von 88-130 dt TM/ha sind auf Sand- und Lehmböden bei Klee gras möglich (Leisen 2017: 200).

Es werden für Klee gras (in Knospe) im Mittel 6,1 MJ NEL/10,2 MJ ME und 20,8 % Rohprotein in TM angenommen und bei Luzerne (Beginn Blüte) 5,44 MJ NEL/9,31 MJ ME und 13,8 % Rohprotein in TM (LfL 2023: 60f.). Die Annahme zu Ernte-, Lager- und Futtermittelnverlusten liegt wie beim Grünlandpotential bei 20 %.

(4) Futterbedarf

(4.1) Milchvieh

Der Energiebedarf der Milchkühe wird über den Leistungs- und Erhaltungsbedarf kalkuliert (LfL 2021: 30). Es werden eine Milchleistung von 4.500 kg/Jahr mit 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß – dies entspricht auch dem Gehalt von energiekorrigierter Milch (ECM) – und ein durchschnittliches Lebendgewicht von 600 kg angenommen. Es ergibt bei 3,3 MJ NEL/kg Milch und 35,5 MJ NEL/d Erhaltungsbedarf an 305 Melktagen einen Wert von 84 MJ NEL/d. Für Früh trockensteher und Vorbereiter werden durchschnittlich 60 MJ NEL/d angesetzt. Die Färsen zur Remontierung sind im Mastvieh mit einbezogen.

Durch Kraft- und Saftfutter (1,38-2,21 kg TM/Kuh/d bzw. 5,05-8,08 dt TM/Kuh/a), das auch als Lockmittel dient, werden weitere 1000 kg Milch angesetzt.

(4.2) Kälber

Die Kälber werden mit mittleren Zunahmen von 800 g zwischen Monat 2-5 mit durchschnittlich 35 MJ ME und 410 g nXP einbezogen (LfL 2021: 13). Die Absetzerquote wird mit 80 % angenommen. Alle Kälber werden voll ausgemästet und unter normalen Markt- und Klimabedingungen nicht als Kalbfleisch verkauft. Der Verbrauch an Vollmilch pro Kalb für zwei Monate wird mit 293 kg angesetzt (LfL 2021: 15).

(4.3) Mastvieh

Beim Mastvieh (Färsen, Ochsen und Bullen) wird eine Mastdauer von 19 Monaten nach Absetzen mit 5 Monaten (150 kg), ein mittleres Lebendgewicht von 400 kg und Tageszunahmen von 800 g (Bedarf: 81,9 MJ ME und 942 g XP) angesetzt (LfL 2023: 51).

Der summierte Bedarf von Kälbern und Mastvieh wird abschließend halbiert, um den Jahresbedarf zu erhalten. Die Bestandsergänzung der Milchkühe ist in diesem Bedarf enthalten.

(4.4) Gesamtviehbestand

Um den gemeinsamen Energie- und Proteinbedarf von Mastvieh und Milchvieh zu berechnen, werden die Daten vom Milchvieh auf eine gemeinsame Einheit (ME und XP) umgerechnet. Dazu wird die Formel zur Schätzung des nXP-Wertes nach Köppchen 2021 verwendet:

$$[11,93 - (6,82 \times (UDP/XP))] \times ME + (1,03 \times UDP)$$

XP = Rohprotein ohne Harnstoff (g/kg TM)

ME = Umsetzbare Energie (MJ/kg TM)

UDP = unabbaubares Rohprotein (g/kg TM)

Der Milchviehbestand wird über folgende Formel berechnet:

$$X = \frac{Y}{K_1 + A * 2 * K_2}$$

X = Anzahl Milchvieh

K1 = Bedarfskoeffizient von Milchvieh

Y = Verfügbare Energie/Protein

K2 = Bedarfskoeffizient von Mastvieh,

A = Absetzerquote (Abkalberate abzüglich Kälber-
Verendungen und Totgeburten)

Kälbern und Bestandsergänzung

Der Mastviehbestand ist der doppelte Milchviehbestand multipliziert mit der Absetzerquote (inkl. Totgeburten).

(5) Fleisch- und Milchpotential

Im letzten Schritt werden die Milch- und Fleischmenge ermittelt:

(5.1) Milchmenge

Die verkaufsfähige Milchmenge setzt sich aus der ermittelten Milchkuhzahl multipliziert mit der Milchmenge pro Kuh abzgl. 293 kg Milch/Kuh/a für Kälber und 1,25 % Milchverlusten entlang der Wertschöpfungskette bei Verarbeitung (0,5 %) und Distribution bis zum Einzelhandel (0,75 %) zusammen (Müller-Lindenlauf et al. 2014: 104). Es wird von einer Zwischenkalbezeit von 365 Tagen (als Idealwert), einer Abkalberate von 90 % und 5 % Totgeburten ausgegangen.

Formel der verkaufsfähigen Milchmenge:

$$VM = [X * M * AR - (K * X * AR * (1 - T))] * (1 - V)$$

VM = Verkaufsfähige Milchmenge
X = Anzahl Milchvieh
M = Milchmenge pro Kuh und Jahr
AR = Abkalberate

K = Milchbedarf pro Kalb
T = Totgeburtenrate
V = Verluste entlang der Wertschöpfungskette

(5.2) Fleischmenge

Im ersten Schritt wird die halbe Mastviehzahl mit dem angesetzten Endgewicht von 600 kg multipliziert, um das Gewicht aller in einem Jahr geschlachteten Tiere zu erhalten. Es wird eine mittlere Ausschachtung von 53 % angenommen und weitere 4 % werden wegen möglicher Tierverluste abgezogen. Davon werden 70 % als verkaufsfähige Menge nach Abzug von Flüssigkeits- und Zerteilungsverlusten (Fleischabfällen) angesetzt. Weitere 5,7 % werden wegen Verlusten durch Lagerung (0,7 %) und Verarbeitung und Verpackung (5 %) abgezogen (auf Basis von Kranert et al. 2012: 334).

Formel der verkaufsfähigen Fleischmenge:

$$VF = \frac{N * L * G}{2} * (1 - T) * W * (1 - V)$$

VF = Verkaufsfähige Fleischmenge
N = Anzahl Mastvieh
L = Lebendgewicht (Endgewicht)
G = Ausschachtungsgrad

T = Tierverluste
W = Anteil verkaufsfähiger Ware an Schlachtgewicht
V = Verluste entlang der Wertschöpfungskette

Die weiteren Verluste im Handel und Haushalt werden nicht betrachtet. Der mögliche durchschnittliche Konsum pro Kopf wird auf Grundlage des Zensus 2011 (Stichtag 30.06.2022) berechnet. Die Reststoffe werden nur zum Ausgleich möglicher Energie- und Proteindefizite eingesetzt und als eine Reserve gesehen.

5 Ergebnis

Die Ergebnisse der Arbeit werden entsprechend ihrer Reihenfolge im Methodenteil aufgeführt. Es beginnt mit den Nachhaltigkeitskriterien, gefolgt vom Systemvergleich und dem Produktionspotential.

5.1 Nachhaltigkeitskreis der Multifunktionalen Nutztierhaltung

Es wurden für domestizierte Tiere – Nutz- und Haustiere eingeschlossen – insgesamt sieben Funktionsbereiche ermittelt (siehe Abbildung 19). Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Anhang 4, Tabelle 22. Im westlichen Kontext der Rinderhaltung liegt der Fokus auf den ersten vier Funktionen: *Rohstoffe*, *Landschaftspflege und Naturschutz*, *Grünland- und Reststoffverwertung* und *Arterhalt der Nutz- und Haustiere*. Die Rohstofffunktion ist in drei hierarchische Untergruppen getrennt und ermöglicht eine

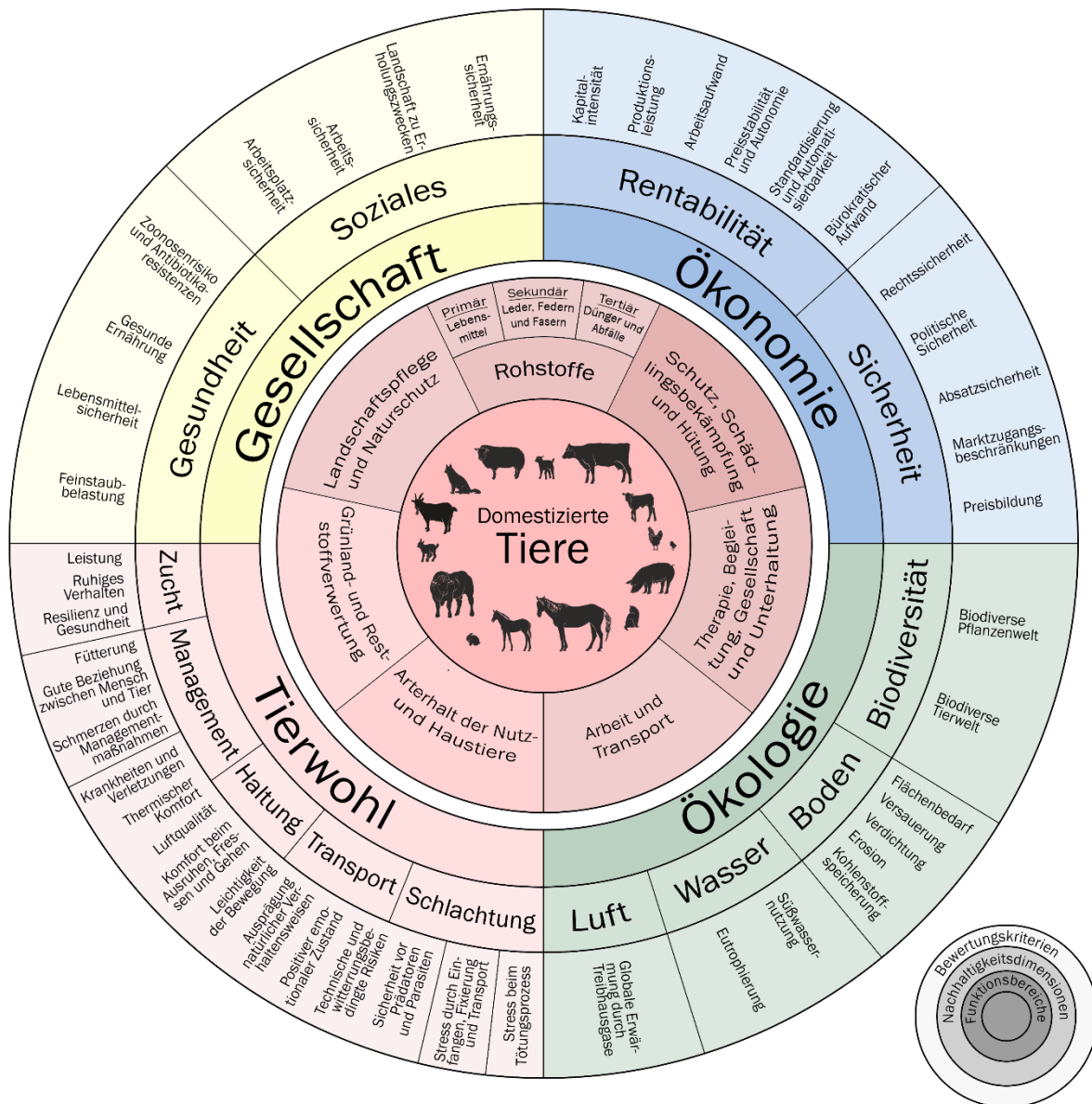


Abbildung 19: Nachhaltigkeitskreis der Multifunktionalen physiozentrischen Nutztierhaltung (Eigene Darstellung mit Kriterien von u.a Lfl 2006, Hebinck et al. 2021, Weltagrarbericht o. J., IAASTD 2009, Korteland et al. 2023, Blokhuis et al. 2010 und graphischer Inspiration von Hebinck et al. 2021)

weitere Differenzierung in Tiefe (Anzahl an Hierarchiestufen) und Breite (Anzahl an Produkten bzw. Funktionen pro Stufe). Die Milchkuh hat beispielsweise im Funktionsbereich *Rohstoffe* eine Breite von mindestens fünf Subfunktionen: Milch, Fleisch (primär), Leder (sekundär), Dünger und Abfälle (tertiär). Die Abfälle auf tertiärer Ebene könnten weitergehend in einzelne Stoffe unterteilt werden.

Der äußere Kreis zur Nachhaltigkeitsbewertung ist in die vier Ebenen der Nachhaltigkeit mit 13 Dimensionen und 46 Kriterien unterteilt (vollständige Tabelle siehe Anhang 4, Tabelle 23).

Zielkonflikte der Funktionen

Es besteht ein Zielkonflikt zwischen dem Funktionsbereich *Rohstoffe* und den drei anderen Funktionen *Pflege*, *Verwertung* und *Arterhalt*, zwischen denen eine Zielharmonie erkennbar ist. Grafisch kann dieser Zusammenhang als Produktionsmöglichkeitskurve veranschaulicht werden. Auf der horizontalen Achse werden die Rohstoffe (z. B. Menge an Fleisch und

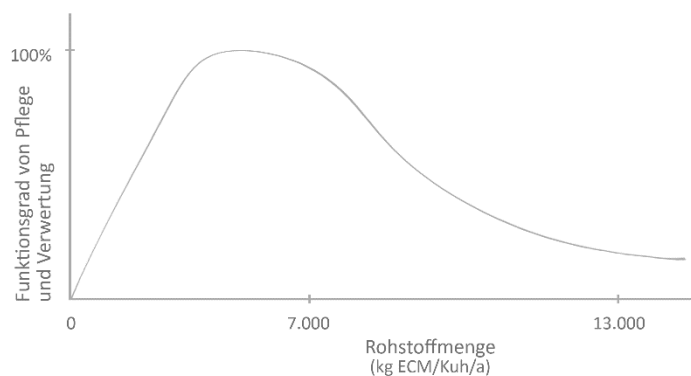


Abbildung 20: Geschätzte Produktionsmöglichkeitskurve auf Basis der maximalen Milchmenge aus Grundfutter (Eigene Darstellung)

Milch) und auf der vertikalen Achse die Funktionen *Landschaftspflege*, *Grünland- und Reststoffverwertung* und *Arterhalt der Nutztiere* abgebildet (siehe Abbildung 20). Die Kurve zeigt, dass eine Maximierung der Rohstoffmenge zu einer Reduktion der anderen Funktionen führt und umgekehrt.

Diese ökonomischen oder ökologischen Zielkonflikte können wie folgt beschrieben werden:

- (1) Rohstoffe vs. Landschaftspflege und Naturschutz:** Um mehr Rohstoffe zu produzieren, ist ein intensiveres Haltungssystem notwendig. Die Tiere werden im Stall gehalten, statt die Weiden durchs begrasen zu pflegen.
- (2) Rohstoffe vs. Grünland- und Reststoffverwertung:** Eine hohe Kraftfuttergabe ist für die Maximalleistung notwendig, die zu einer sinkenden Grundfutterleistung führt. Es müssen Hochleistungsrassen eingesetzt werden, die eine geringere Raufutterverwertung haben.
- (3) Rohstoffe vs. Arterhalt der Nutz- und Haustiere:** Es sind Hochleistungsrassen notwendig, weshalb weniger Arterhalt der anderen Rassen betrieben wird.

5.2 Systemvergleich

Das System der Multifunktionalen Nutztierhaltung (Rind), unter den definierten Parametern, erzielt den höchsten Multifunktionalitätsgrad mit rund 67 % bzw. 62 % (gewichtet). Eine gewichtete Kombination vom Basis- und Premiumsystem folgt mit 50-53 % (siehe Tabelle 11). Die vollständige Tabelle mit möglichen Indikatoren findet sich in Anhang 4, Tabelle 22.

Tabelle 11: Vereinfachter Multifunktionalitätsgrad im Vergleich

Funktion	Milchkühe			Mastbullen		Kombination	
	MFT	Basis	Premium	Basis	Premium	Basis	Premium
Rohstoffe (50 %)							
Milchmenge (kg) ^c	5.500	9.200	8.200	0	0	9.200	8.200
Schlachtgewicht (kg)	318	371	371	450	450		
Fleischmenge pro Jahr (kg SG/a) ^c	127	74,2	74,2	260	260	334	334
Verkaufsalter (Tage)	730 ^d	1.825 ^d	1.825 ^d	570	570		
Zwischenwert (%)	43,4	45,3	41,5	37,1	37,1	82,4	78,6
Naturschutz und Landschaftspflege (15 %)							
Weidedauer (d/a; h/d) ^c	220; 24	0	150; 6	0	0	0	75; 6
Weideintensität (GVE/ha)	2,1	0	10,0	0	0	0	5,0
Zwischenwert (%)	75,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	8,5
Grünland- und Reststoffverwertung (25 %)							
Anteil (TM) Grünland und pflanzlicher Nebenprodukte und Reststoffe an Ration (%)	100	38,1	64,4	40,2	45,8	39,2	55,1
Zwischenwert (%)	100,0	38,1	64,4	40,2	45,8	39,2	55,1
Arterhalt der Nutz- und Haustiere (10 %)							
Anteil an gefährdeten Rassen (%) ^a	50	3	3	6	6	4,5	4,5
Zwischenwert (%)	50,0	3,0	3,0	6,0	6,0	4,5	4,5
Multifunktionalitätsgrad							
ungewichtet	67,1	21,6	31,5	20,8	22,2	31,5	36,7
gewichtet ^b	61,7	30,6	37,3	27,2	28,3	49,5	52,5

^a Maximale Schätzung nach Auswertung von Viehbestand nach Rassen 2022 (Destatis)

^b Der Gewichtungsfaktor steht in Klammern hinter der Funktion

^c Das angesetzte Produktionsmaximum liegt bei der Milch bei 13.270 kg Milch/Kuh/a und bei Fleisch bei 350 kg SG/a. Die Weidedauer für das angesetzte Maximum beträgt 2640 h/a (220 Tage x 12 h) und orientiert sich an der Vegetationsdauer in Deutschland in 2021 (DWD 2022 nach UBA 2022).

^d Bei der MFT handelt es sich nicht wie beim Milchvieh Basis und Premium um die Nutzungsdauer der Milchkühe, sondern um das Schlachtalter vom Mastvieh. Die Färsen ersetzen entweder nach zwei Jahren die Milchkühe oder werden geschlachtet. Die Nutzungsdauer der Milchkühe in der MFT liegt höher.

Quelle: Eigene Darstellung

Im Nachhaltigkeitsvergleich schneidet die MFT mit einem gewichteten Gesamtwert von 3,9 insgesamt am besten ab, auch wenn sie mit 2,5 die schlechtesten ökonomischen Werte erzielt (siehe Abbildung 20 und Tabelle 12). Es folgen das Premiumsystem Milch- und Mastvieh mit 3,4 bzw. 3,1. Die Unterschiede in dieser Skala zum Basissystem mit 3,1 bzw. 3,0 sind gering. Ohne ökonomische Ebene steigt der Wert der MFT auf 4,4 (respektive 3,4; 3,1; 3,0; 2,8; siehe Abbildung 21 und Abbildung 22).

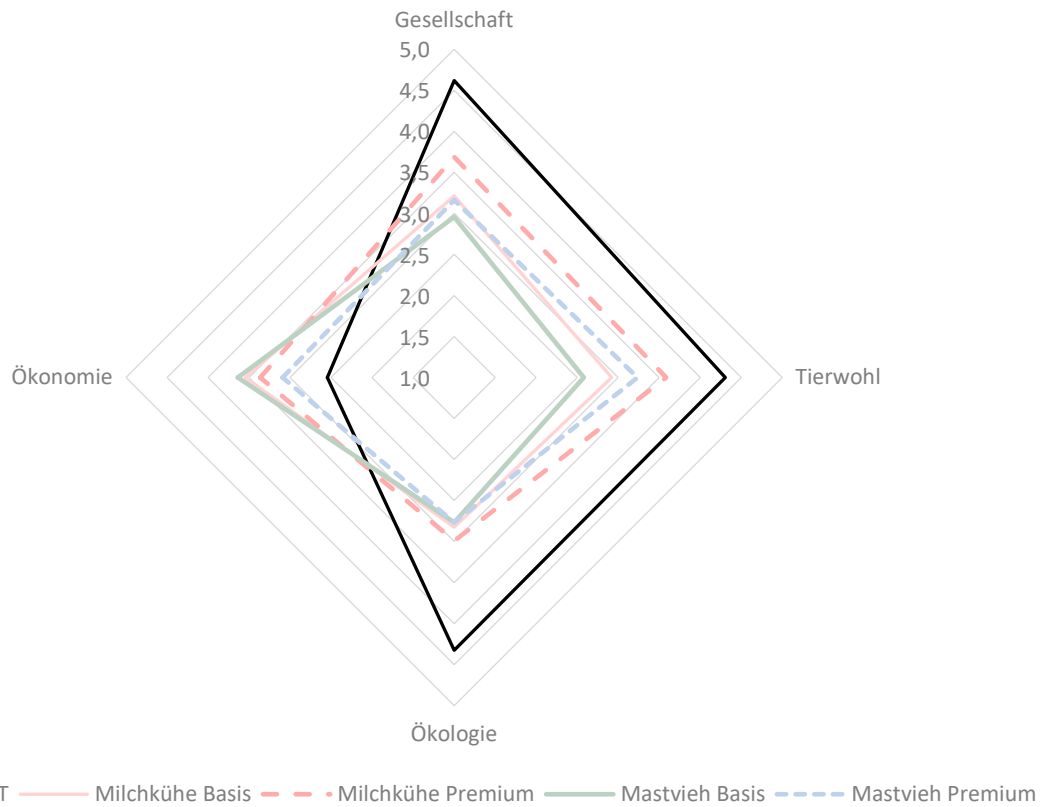


Abbildung 21: Übersicht über die Nachhaltigkeitswerte der Vergleichssysteme
(Eigene Darstellung)

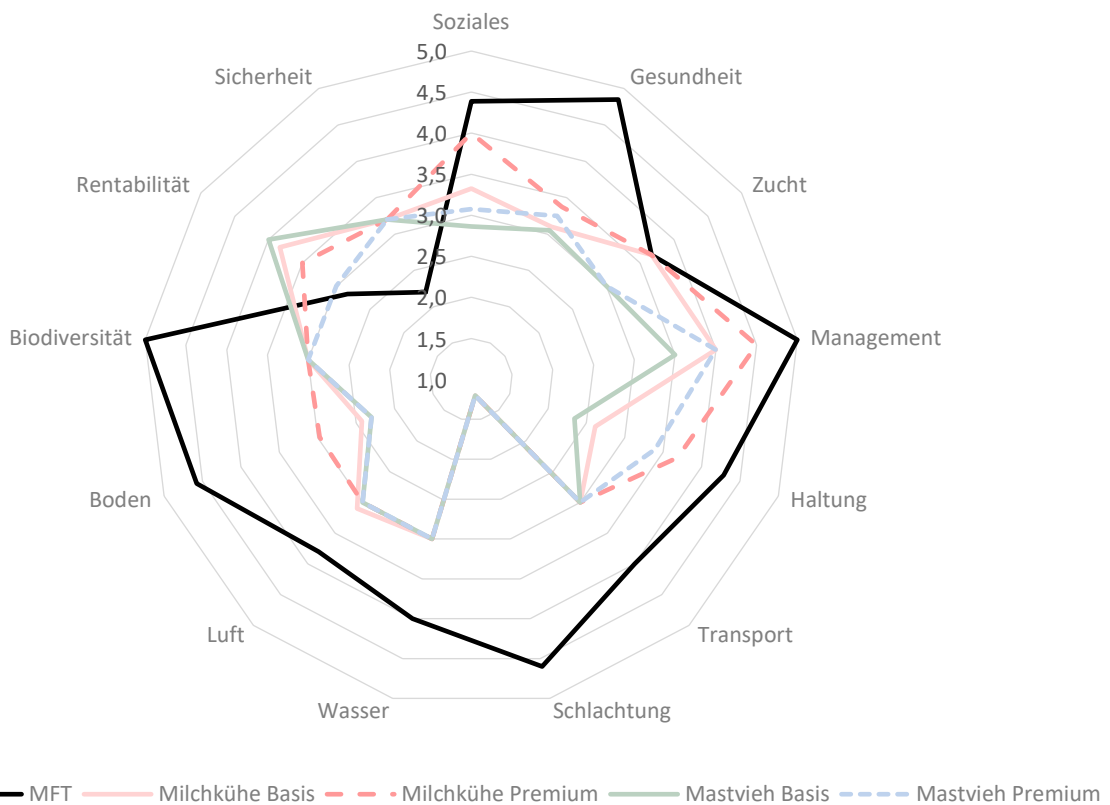


Abbildung 22: Detaillierte Übersicht über die Nachhaltigkeitswerte der Vergleichssysteme
(Eigene Darstellung)

Tabelle 12: Übersicht des Systemvergleichs der Nachhaltigkeitskriterien
(Begründung der Beurteilung siehe Anhang 5)

Dimension	Kriterium	Richtung	MFT	Milchkühe		Mastrinder			
				Basis	Premium	Basis	Premium		
Gesellschaft	Soziales	Ernährungssicherheit	↑	++	o	+	-	-	
		Nahrungs- und Flächenkonkurrenz	↑	++	o	+	-	-	
		Verfügbarkeit und ökonomischer Zugang	↑	-	++	+	++	+	
		Landschaft zu Erholungszwecken	↑	++	-	o	-	-	
		Arbeitsicherheit	↑	o	++	++	+	+	
	Gesundheit	Arbeitsplatzsicherheit	↑	++	o	+	o	+	
		Zoonoserisiko und Antibiotikaresistenzen	↑	+	-	o	-	o	
		Eintrittsrisiko	↑	o	+	o	+	o	
		Expositionsrisiko und Ausbreitung	↑	+	-	o	--	o	
		Antibiotikaeinsatz	↑	++	-	o	-	o	
		Gesunde Ernährung	↑	++	o	+	-	-	
		Gesundheitsschäden durch Verzehrmenge	↑	++	o	o	--	--	
		Gesundheitliche Vorteile	↑	++	o	+	o	o	
		Lebensmittelsicherheit	↑	++	++	++	++	++	
Feinstaubbelastung	↑	++	-	-	o	o			
Tierwohl	Zucht	Leistung	Ziel	-	++	++	++	++	
		Ruhiges Verhalten		+	o	o	-	-	
		Resilienz und Gesundheit		++	o	o	-	-	
	Management	Haltung	Fütterung	↑	++				
			Gute Beziehung zwischen Mensch und Tier	↑	++	++	++	+	+
			Schmerzen durch Managementmaßnahmen	↑	++	o	+	o	+
			Krankheiten und Verletzungen	↑	++	-	+	-	+
			Klauen- und Gliedmaßenkrankungen	↑	++	-	++	-	+
			Eutergesundheit	↑	++	o	+		
			Stoffwechselstörungen	↑	o	-	o	o	o
			Atemwegserkrankungen	↑	++	o	+	-	o
			Fruchtbarkeitsstörungen	↑					
			Verletzungen und Integumentschäden	↑	++	-	+	--	+
			Thermischer Komfort	↑	+	o	+	+	++
			Hitzestress	↑	+	--	o	-	++
		Kältestress	↑	o	++	++	++	++	
		Luftqualität	↑	++	o	+	o	+	
		Komfort beim Ausruhen, Fressen und Gehen	↑	++	--	o	--	o	
		Liegeflächen	↑	++	-	o	--	+	
		Fressplatz	↑	++	--	-	--	--	
		Laufgänge	↑	++	--	o	--	o	
		Leichtigkeit der Bewegung	↑	++	-	+	--	-	
		Rutschfestigkeit	↑	++	-	+	-	+	
		Platzangebot	↑	++	-	+	--	-	
		Ausprägung sozialer und natürlicher Verhaltensweisen	↑	++	-	o	--	-	
		Herdenstabilität und Konkurrenz	↑	++	o	o	-	-	
		Weidezugang	↑	++	--	o	--	-	
		Positiver emotionaler Zustand	↑	++	-	+	--	o	
		Technische und witterungsbedingte Risiken	↑	+	o	o	o	o	
		Sicherheit vor Prädatoren und Parasiten	↑	-	++	++	++	++	
	Schutz vor Prädatoren	↑	--	++	++	++	++		
	Sicherheit vor Parasiten	↑	-	++	+	++	++		
	Transport	Schlachtung	Stress durch Einfangen, Fixierung und Transport	↑	+	o	o	o	o
Stress und Leid beim Tötungsprozess			↑	++	--	--	--	--	
Ruhe und Vertrautheit der Umgebung			↑	++	--	--	--	--	
Stressfreie Betäubungs-/Tötungsmethode			↑	++	--	--	--	--	
Fehleranfälligkeit			↑	o	-	-	-	-	

Ökologie	Wasser	Süßwassernutzung	↑	+	o	o	o	o	
		Eutrophierung	↑	+	o	o	o	o	
	Luft	Globale Erwärmung durch Treibhausgase	↑	+	o	o	o	o	
		Fossile Energienutzung	↑	+	o	o	o	o	
		Methanausstoß	↑	-	+	o	o	o	
	Boden	Biodiversität	Bodendegradation	↑	++	-	o	-	-
			Kohlenstoffspeicherung	↑	++	-	o	-	-
		Erosion	↑	++	-	o	-	-	
		Versauerung	↑	++	o	o	-	-	
		Verdichtung	↑	+	-	-	-	-	
		Flächenbedarf	Flächenbedarf	↑	+	+	+	+	+
			Ackerflächenbedarf	↑	++	-	o	-	-
			Landwirtschaftliche Flächen	↑	-	++	+	++	++
	Biodiversität	Biodiversität	↑	++	o	o	o	o	
		Biodiverse Pflanzenwelt	↑	++	o	o	o	o	
Biodiverse Tierwelt		↑	++	o	+	o	o		
		↑	++	o	+	o	o		
Ökonomie	Rentabilität	Kapitalintensität	↑	++	o	-	o	-	
		Produktionsleistung	↑	--	++	+	++	++	
		Preisstabilität und Autonomie	↑	++	-	o	-	-	
		Arbeitsaufwand	↑	o	+	o	++	-	
		Standardisierung und Automatisierbarkeit	↑	--	++	++	++	o	
		Bürokratischer Aufwand	→	-	+	+	+	+	
	Sicherheit	Rechtssicherheit	→	-	+	+	+	+	
		Politische Sicherheit	→	o	-	+	-	+	
		Absatzsicherheit	→	+	-	+	-	+	
		Marktzugangsbeschränkungen	→	--	+	-	+	-	
		Preisbildung	→	--	+	-	+	-	
			→	--	+	-	+	-	

Legende: Effekt auf Kriterium/Indikatoren (↑) / Einfluss von Kriterium/Indikatoren auf System (→)

++	Positiv (entspricht Zielrichtung des Indikators)
+	Eher positiv
o	Neutral
-	Eher negativ
--	negativ
	Keine Angabe / geteilte Meinung

Anmerkung: Ein System kann Einfluss auf die jeweiligen Nachhaltigkeitskriterien haben (↑). Es wird jedoch vom Übersystem präferiert oder diskriminiert, d.h. es verändert das Übersystem nicht (→). Dies wird über die Richtung dargestellt.

Quelle: Eigene Darstellung

5.3 Produktionspotential

Die möglichen Zuflussströme von nicht-essbaren pflanzlichen und tierischen Produkten ins Nutztier-system und Abflüsse aus dem Ernährungssystem als Nebenprodukte und Abfälle sind in Abbildung 23 dargestellt. Die berechneten Futtermittel für das Produktionspotential einer multifunktionalen Nutztierhaltung aus (1) Grünland, (2) pflanzlichen Nebenprodukten und Reststoffen und (3) Fruchtfolgekulturen sind entsprechend enthalten.

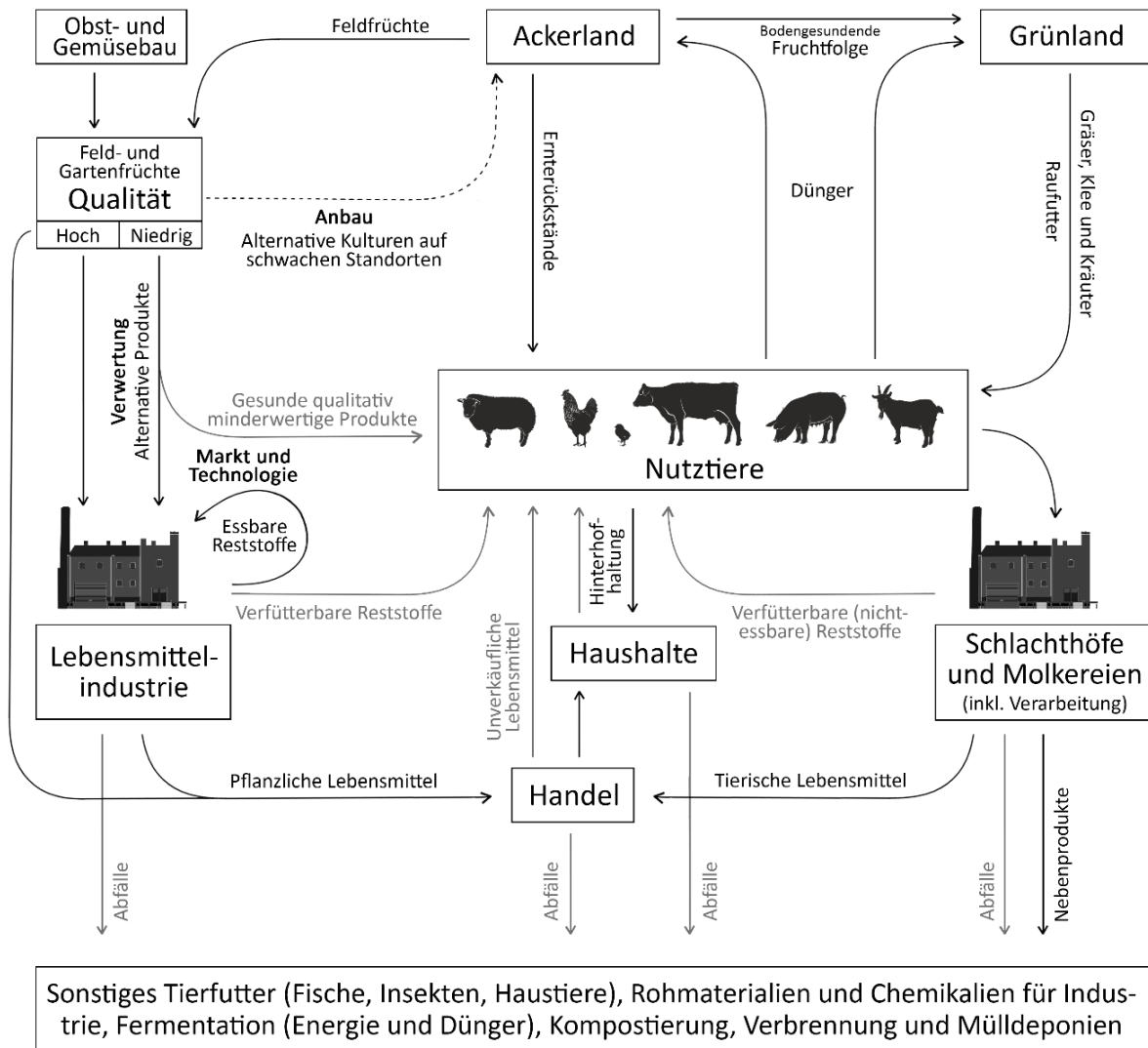


Abbildung 23: Flussdiagramm einer multifunktionalen Nutztierhaltung als Teil einer zukünftigen, zirkulären Wirtschaft mit aussch. Verwendung von nicht-essbarer Biomasse als Futtermittel und einer Minimierung (graue Pfade) der Abfall- und Reststoffströme (durch Technologie, Markt, Verwertung und Anbau) sowie Abflüsse aus dem Ernährungssystem (Eigene Darstellung erweitert nach Van Zanten et al. 2018: 4189)

(1) Grünland

Das Dauergrünland erzeugt 758-1241 kg XP (713-1147 kg nXP) und 54,5-86,0 GJ ME (33,1-51,3 GJ NEL) pro Hektar und Jahr. Im Maximalpotential sind es bei 50 % höheren Erträgen pro Hektar zwischen 55-64 % mehr Energie und Protein.

(2) Pflanzliche Nebenprodukte und Reststoffe

In Deutschland fielen in der Nahrungsmittelindustrie im fünfjährigen Mittel zwischen 2017/18-2021/22 bei den einbezogenen Produkten insgesamt 21,2 Mio. t (FM) bzw. 11,7 Mio. t TM Reststoffe an (siehe Tabelle 13) mit einer Gesamtenergie- und Proteinmenge von 152,1 PJ ME bzw. 3489 Tsd. t.

Tabelle 13: Übersicht über pflanzliche Nebenstoffe in Deutschland (Durchschnitt von 2017/18-2021/22)

Produkt	Herkunft	Menge		Selbstversorgungsgrad des Ausgangsrohstoffes (%)
		(in 1000 t FM)	(in 1000 t TM)	
Ölkuchen	Öl (Ölsaaten)	7.972,7	7.095,7	24
Mühlenebenprodukte	Mehl (Getreide)	1.719,4	1.513,0	102
Kartoffelpresspülpe	Stärke (Kartoffel)	1.730,6	311,5	145
Zuckerrübenschnitzel	Zucker (Zuckerrübe)	1.891,6	1.713,8	137
Zuckerrübenmelasse	Zucker (Zuckerrübe)	837	653,2	137
Biertreber	Bier (Braumalz, v.a.)	567,3	414,1	102
Malzkeime	aus Gerste und Weizen)	29,8	27,4	102
Bierhefe		130,4	13,0	102
Total		21.206,5	11.741,7	

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Versorgungsbilanzen 2021/22; BLE 2023f; BLE 2023g; LfL 2010: 1; Destatis 2022c S. 20: 5; BLE 2022d; BMEL 2022b

(3) Fruchtfolgekulturen

Die Fruchtfolgekulturen (Klee, Luzerne, Ackergras) liefern in den Anbaujahren pro Hektar 1.384 kg XP (1065 kg nXP) und 78,0 GJ ME (46,2 MJ NEL). Der Hektarertrag von Rohprotein ist somit 12-83 % höher als vom Grünland. Auch der Energiegehalt ist 43 % höher als im Minimalpotential, aber 10 % niedriger als maximal vom Grünland (unter den Annahmen) erzielbar ist.

Zusammenfassung vom Produktionspotential

Aus Dauergrünland, Fruchtfolgekulturen (mit Ernte-, Lagerungs- und Futterverlusten) und ausgewählten Neben- und Reststoffen lässt sich in Deutschland zwischen 8,9-12,5 Mio. t XP bzw. 504,5-720,6 PJ ME beziehen. Zwischen 60-80 % der Energie- und Proteine (abhängig vom Szenario) kommen aus der direkten landwirtschaftlichen Erzeugung (Grünland und Fruchtfolgekulturen). Das theoretische Maximalpotential ist insgesamt über 40 % höher als das Minimalpotential (siehe Abbildung 24 und Abbildung 25).

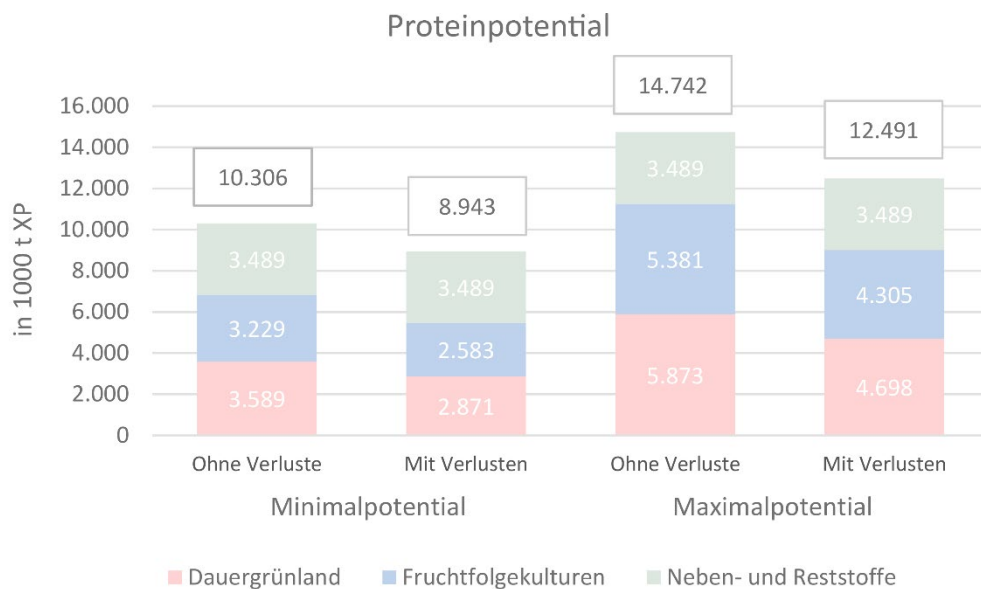


Abbildung 24: Proteinpotential für die Multifunktionale Nutztierhaltung in Deutschland
(Eigene Darstellung)

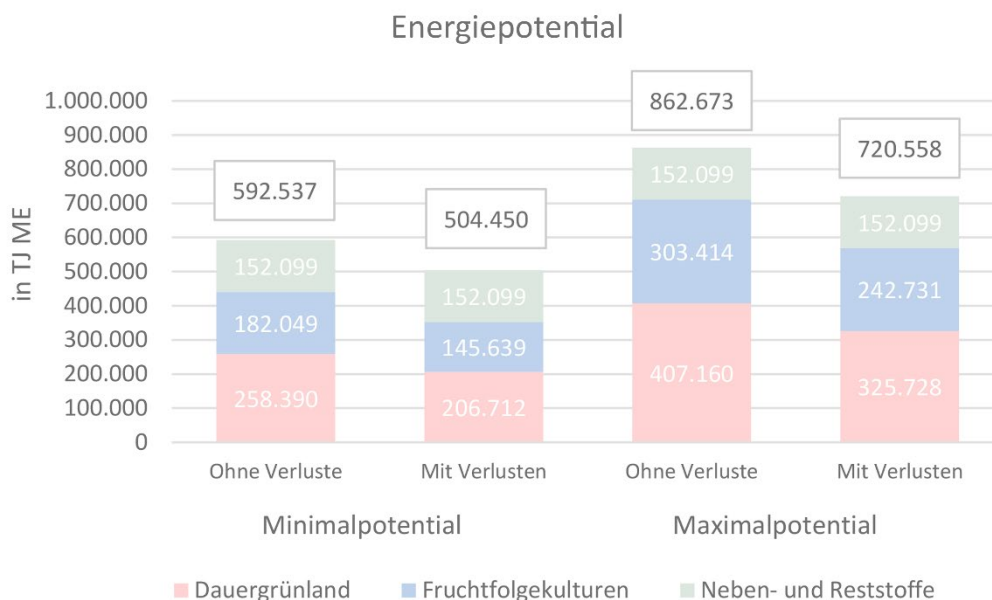


Abbildung 25: Energiepotential für die Multifunktionale Nutztierhaltung in Deutschland
(Eigene Darstellung)

Milch- und Fleischproduktion

Das Potential bei der Fleisch- und Milchproduktion in der Multifunktionalen Nutztierhaltung liegt zwischen 644,2-1030,0 Tsd. Tonnen verkaufsfähigem Rindfleisch und 18,6-42,5 Mio. Tonnen Milch. Es entspricht beim niedrigsten Szenario 220,4 kg Milch/a (603,9 g/d) und 7,7 kg/a (21,0 g/d) Fleisch pro Person. Die verfügbare Energie ist der limitierende Faktor. Das Proteinpotential ist 38-43 % höher als die Menge, die über die Energie abgedeckt wird (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27). In Deutschland wird heutzutage der empfohlene Bedarf nach DGE bei Milch um 47 % und beim gesamten Fleisch um 121 % übertroffen. Die MFT kann mindestens 77 % des Rindfleischbedarfs und 91 % der empfohlenen Milchmenge decken. Bei Milch hat sie das Potential, den heutigen Konsum zu befriedigen.

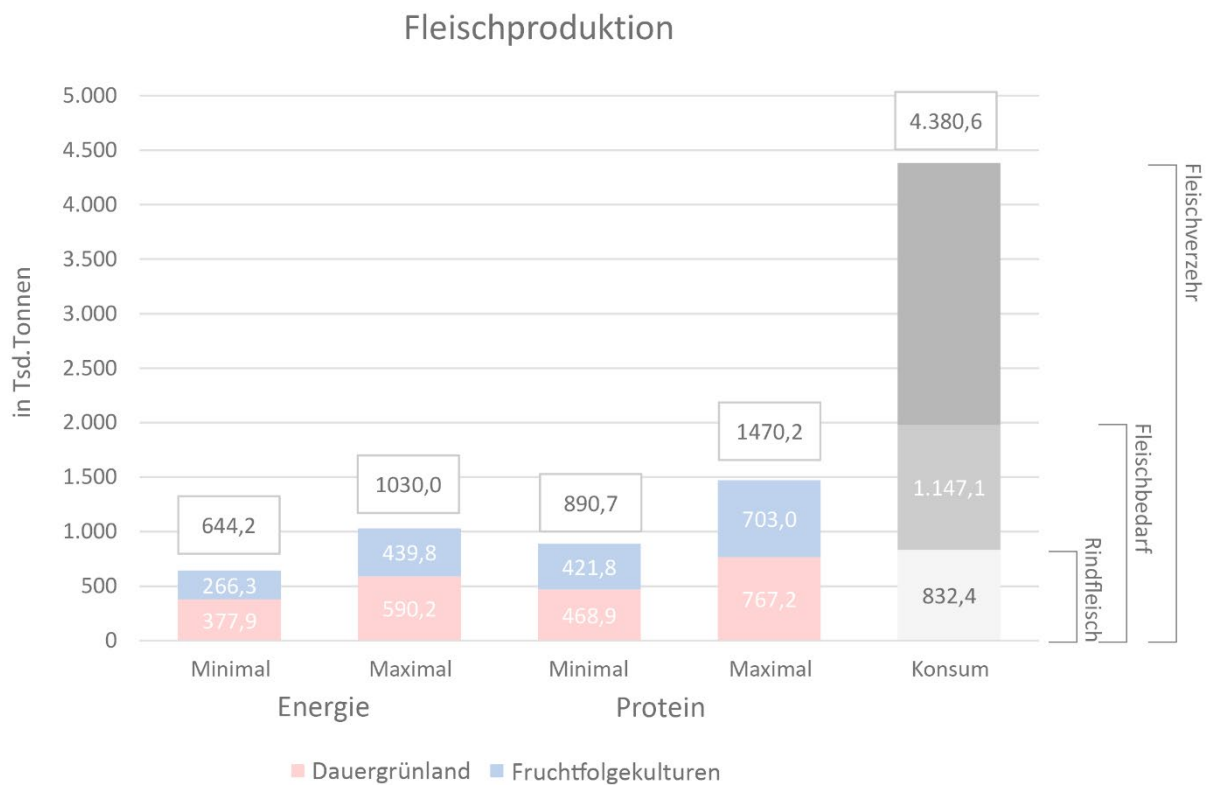


Abbildung 26: Potential der jährlichen Rindfleischproduktion in Deutschland im Vergleich zum ernährungsphysiologischen Bedarf nach DGE und Verzehr in 2022
(Eigene Berechnung mit Bedarf nach Breidenassel et al. 2022: 64 und Verzehr nach BLE 2023d)

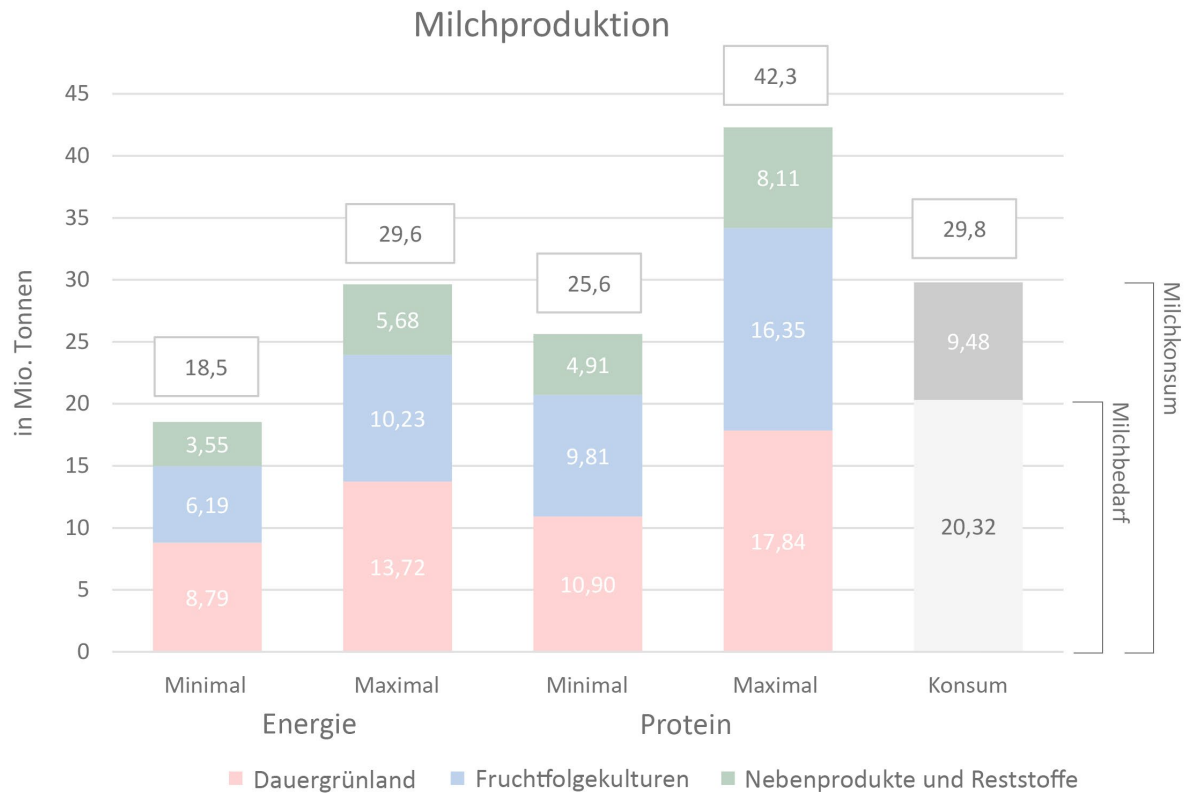


Abbildung 27: Potential der jährlichen Milchproduktion in Deutschland im Vergleich zum ernährungsphysiologischen Bedarf nach DGE und Verzehr in 2022
(Eigene Berechnung mit Bedarf nach Breidenassel et al. 2022: 64; Verzehr nach MVI 2023)

Insgesamt stehen mind. weitere 73,3 % der Energie und 88 % der Proteine aus Neben- und Reststoffen zur Verfügung. Aus den maximal verfütterten Trockenschnitzeln (4,29 dt/Kuh/a) und Weizenmehl (3,79 dt/Kuh/a) könnten theoretisch nach Inhaltsstoffen im Minimalszenario weitere 936 kg/Kuh/a erzeugt werden.

Längere Kälberfütterung

Eine längere Versorgung der Kälber mit Vollmilch über 5 Monate mit 900 kg Milchverbrauch reduziert die verkaufsfähige Milchmenge um 11,2 % auf 536,3-857,4 g/d/Kopf (195,7-313,0 kg/a/Kopf) bzw. 16,46-26,31 Mio. t pro Jahr.

Rindviehbestand

Der mögliche Rinderbestand liegt in den berechneten Szenarien zwischen 10,4-16,6 Mio. mit 4,0-6,4 Mio. Milchkühen (siehe Abbildung 28) mit 2,1-3,3 GVE pro Hektar Dauergrünland. Das untere Niveau ist auf einem vergleichbaren Level wie der heutige Bestand (-5 %) mit 6 % mehr Milchkühen. Beim höheren Niveau können 52-69 % mehr Rinder bzw. Milchkühe gehalten werden. Historisch ist der berechnete Maximalrinderbestand bis in die 1940er Jahre (2. Weltkrieg) und zwischen 1968-1991 übertroffen worden. Der maximale Milchviehbestand wurde erst nach der Wiedervereinigung unterschritten.

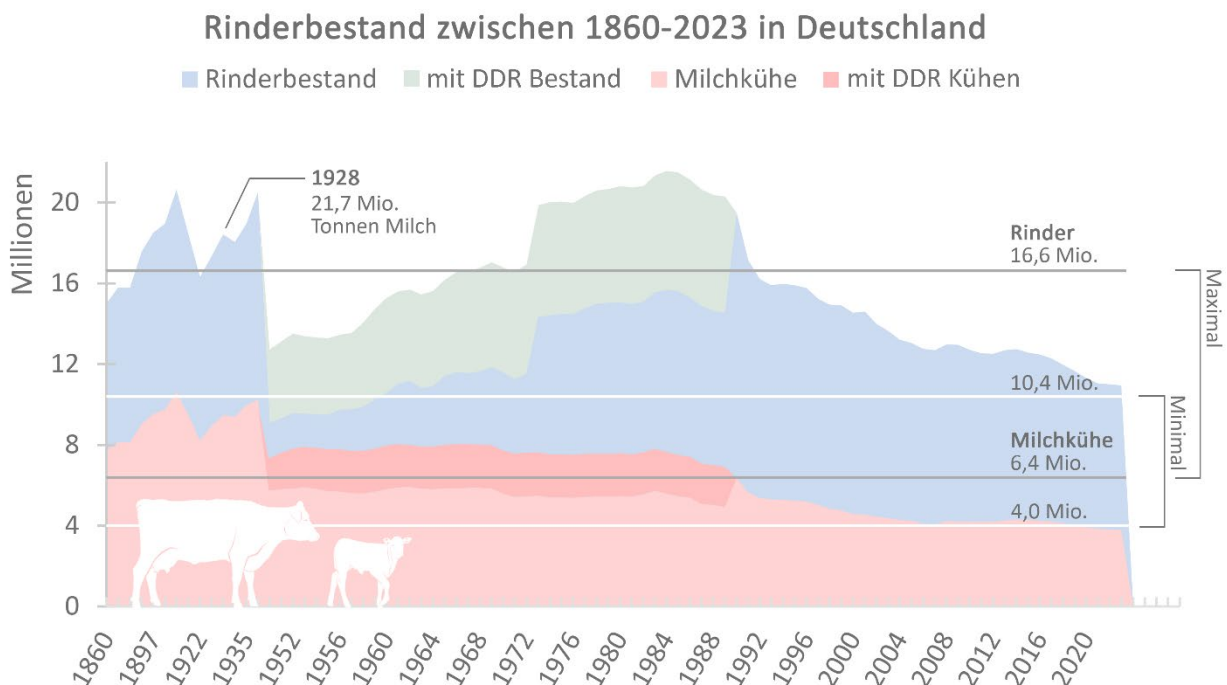


Abbildung 28: Rinder- und Milchviehbestand in Deutschland (Deutsches Reich) zwischen 1860-2023 in Millionen ohne Korrektur um die verfügbare größere landwirtschaftliche Fläche im Deutschen Reich (Eigene Darstellung mit Daten von Statistisches Reichsamtsamt 1930 (1897-1937), Statistisches Bundesamt 2023 und Statistisches Amt der DDR 1990 (1955-1990))

6 Diskussion

Das Ziel der Arbeit war die Erstellung eines Zukunftskonzeptes für eine nachhaltige, multifunktionale Nutztierhaltung mit definierten Zielwerten. Im ersten Schritt wurden dafür Kriterien zur Definition und Bewertung einer multifunktionalen Nutztierhaltung am Beispiel Rind ermittelt. Es folgten ein Vergleich der MFT mit dem aktuellen Nutztierhaltungssystem in Deutschland bezüglich ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien und die Übertragung der MFT von Rindern auf andere Tierarten. Über die Berechnung des Produktionspotentials wurde die mögliche Rolle der Nutztiere im deutschen Ernährungssystem bestimmt.

6.1 Ergebnis

Die Multifunktionale Nutztierhaltung ist ein physiozentrisches System, das die Funktionen der Tiere in den Mittelpunkt der Nachhaltigkeitsbetrachtung stellt. Dies ist ein grundlegender Unterschied zu anderen Nachhaltigkeitsmodellen (vgl. u.a. Unterkapitel 3.1 und 3.2). Unter den getroffenen Annahmen zeigt sich, dass das multifunktionale Nutztiersystem dem aktuellen System und möglichen verbesserten Haltungssystemen aus nachhaltiger Sicht überlegen sein könnte. Die MFT ist vollständig in eine Kreislaufwirtschaft integriert und entspricht dem Tierschutz- und Grundgesetz sowie den gesellschaftlichen Vorstellungen an eine nachhaltige Nutztierhaltung. Einzig die ökonomischen Kriterien müssten durch die niedrigeren Produktionsmengen im heutigen Markt- und Preisbildungssystem kritisch gesehen werden.

Die Grundlage eines gesunden Systems sind gesunde Menschen und gesunde Tiere.

6.1.1 Kriterien der Multifunktionalen Nutztierhaltung

Das Tierwohl nimmt im MFT einen zentralen Stellenwert ein. Es wurden Mindeststandards für Zucht, Haltung, Transport und Schlachtung festgelegt, um einen fairen Umgang mit den Tieren sicherzustellen und das Tierschutzgesetz einzuhalten. Dafür wird das Tierleid beim Eingreifen des Menschen minimiert und die ursprüngliche Lebensumwelt und Ernährung der Tiere als Orientierung genommen. Nach objektiven Kriterien muss es den Tieren in einer menschengeschaffenen bzw. künstlichen Umwelt mindestens so gut gehen, wie es in ihrer natürlichen Lebensumwelt der Fall wäre. Die zwei Ebenen *Nachhaltigkeitskriterien* und *Tierfunktionen* sind in einer Multifunktionalen Nutztierhaltung unweigerlich verknüpft. Ohne ein hohes Tierwohl wäre das Tier nicht in der Lage die weiteren Funktionen langfristig auszuüben. Gleichzeitig bedingt die Ausübung der weiteren Funktionen wie Landschaftspflege und Grünlandverwertung, dass mehr Tierwohl ermöglicht werden kann. Die Systeme und Tierarten können sich in Tiefe (Funktionen pro Funktionsbereich = Stufe) und Breite (Produkte und Funktionen innerhalb einer Stufe) unterscheiden.

Theriefunktion der Multifunktionalität

Die Hauptfunktion des konventionellen Systems sind Rohstoffe. Sie werden in der MFT zur Nebenfunktion. Das Ziel ist die Maximierung der Multifunktionalität unter Erhalt des Tierwohls als erwähnte Notwendigkeit für eine uneingeschränkte Funktionsausübung. Die Maximierung der Rohstofffunktion reduziert allerdings die drei anderen Funktionen der Rinder. Es stellt ein klassisches Optimierungsproblem mit sich entgegengerichteten Einflussgrößen dar. In Abhängigkeit vom Ziel könnte die optimale Lösung und Kombination der einzelnen Funktionen in Zukunft z.B. über ein Optimierungsmodell ermittelt werden. Ähnlich zu den Funktionen sind die ökonomischen Parameter auf der Nachhaltigkeitsebene den anderen Ebenen entgegengesetzt. Auch die Produktionsmöglichkeitskurve veranschaulicht das Problem, dass die maximale Leistung nicht gleichzeitig durch maximale Raufutterverwertung, Landschaftspflege mit mehr Bewegungsdrang und Arterhalt der alten (heimischen) Rassen möglich ist. Dies verdeutlicht den Kompromiss zwischen verschiedenen Zielen. Die Ermittlung einer optimalen Balance hängt letztlich von den Prioritäten ab. Durch das Pareto-Optimum könnte der Zustand, an dem eine Zieleigenschaft nicht weiter verbessert werden kann, ohne eine andere zu verschlechtern, ermittelt werden.

Insgesamt legt die Arbeit den Schluss nahe, dass durch die Maximierung der Multifunktionalität die Nachhaltigkeitsaspekte positiv beeinflusst werden. Es zeigt sich auch am jeweiligen Multifunktionalitätsgrad der einzelnen betrachteten Systeme und dem entsprechenden korrelierenden Nachhaltigkeitswerten. Eine weitergehende Quantifizierung durch belastbare Daten, z.B. aus Praxisbetrieben, und eine statistische Auswertung wären notwendig, um einen signifikanten Zusammenhang benennen zu können. Insgesamt besteht ein großes Datendefizit zur Lage der deutschen Nutztierhaltung und Indikatoren wie auch der Modellbericht Nationales Tierwohl-Monitoring von Magierski et al. (2023) bestätigt.

Reduktion auf den Funktionskreis

Ein Großteil der Nachhaltigkeitskriterien könnte folglich auf die Funktionen der Tiere bzw. Proxys reduziert werden. Ein hoher Multifunktionalitätsgrad ist beispielsweise auf die Weidenutzung und einen geringen Ackerflächenbedarf angewiesen. In der Literatur zeigen sich vielfältige positive Effekte der Weidehaltung im Vergleich zur Stallhaltung mit hohem Ackerfutteranteil, dazu zählen u.a. die Reduktion von Versauerung, Eutrophierung, Feinstaub und Erosion (Borrelli et al. 2017: 4; Battagliese et al. 2015; Ammann et al. 2019); die Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität (Beillouin et al. 2023: 3f.; Kun et al. 2021) sowie eine Verbesserung der meisten Tierwohlindikatoren. Es zeigen sich nur wenige Vorteile in einem Stallsystem, wie der Schutz vor Parasiten und Prädatoren. Auch könnte der Düngewert durch die Sammlung und gezielte Ausbringung für eine bedarfsgerechte Versorgung der Ackerkulturen höher sein. Im Weidesystem könnten sich zur Düngung evtl. Material von

Futterstellen und Liegeflächen mit vermehrtem Nährstoffeintrag oder rotierende Ackerflächen mit mehrjähriger Zwischenbeweidung anbieten.

Ausweitung der Multifunktionalität

Eine multifunktionale Nutztierhaltung könnte in Tiefe und Breite durch unterschiedliche Nutztiere erweitert werden, die gemeinsam oder rotierend die Flächen beweidet. Die räumlichen Ansprüche von Rindern und Schafen beispielsweise zeigen eine starke Komplementarität. Eine Kombination dieser Tierarten könnte sinnvoll sein, um extensive Weiden gleichmäßig abgrasen zu lassen (Putfarken et al. 2008). Es würde somit nicht nur die Funktion der Verwertung und Pflege erweitert werden, sondern auch die Funktion Rohstoffe um Schaffleisch, Abfälle und Wolle.

Die Multifunktionalität muss nicht auf die Funktionen der Tiere begrenzt sein. Das Ziel könnte auch eine möglichst hohe Flächen- bzw. Systemmultifunktionalität sein. Es kann die Kombination mit Bäumen in silvopastoralen Systemen oder die Nutzung von moderner Technik wie Agri-PV Anlagen zur Stromgewinnung, die ganzjährig als Unterstand und Witterungsschutz für Nutztiere verwendet werden könnten, bedeuten. Auch die Bäume selbst haben bereits mehrere Funktionen. Sie dienen nicht nur als Schatten, sondern können Tierfutter, Brennholz oder Baumaterial liefern und Kohlenstoff speichern.

In anderen Kulturkreisen kann die Funktionsvielfalt von Rindern durch die Nutzung zum Transport und Arbeit noch höher sein. Gleichzeitig kann es weitere fossile Energien einsparen (Dikshit & BIRTHAL 2010).

Übertragung auf andere Tierarten

Eine Übertragung der Funktionen auf andere Wiederkäuer wie Ziegen oder Schafe wäre ohne Veränderung möglich. Bei Monogastriern könnte der Funktionsbereich *Landschaftspflege und Naturschutz* ausgeblendet werden. Das Ziel bliebe weiterhin eine möglichst hohe Verwertung von Nebenprodukten und Reststoffen, um unter diesen Voraussetzungen die maximale Rohstoffmenge zu produzieren. Das Potential eines solchen Systems mit niedrigen essbaren Futtermengen und hoher Proteinumwandlungsrate (<1) existiert (Mottet et al. 2017: 3). In kleinteiliger Landwirtschaft oder im Gemüsebau könnte außerdem mit den weiteren Funktionen von Schweinen und Hühnern, aber auch anderen Nutztieren, experimentiert werden, um sie zum Umgraben, Scharren und der Schädlingsbekämpfung einzusetzen. Die maximale Produktivität müsste nicht das Ziel sein, sondern könnte beispielsweise auch die Einsparung von fossilen Ressourcen und eine Erhöhung der Arbeits- und Lebensqualität von Menschen durch den direkten Kontakt zu Tieren sein.

6.1.2 Systemvergleich

Die MFT hat den höchsten Multifunktionalitäts- und Nachhaltigkeitswert der fünf Systeme. Das kombinierte System von Milch- und Mastvieh dürfte das heute mögliche Multifunktionalitätsmaximum der Rinderhaltung in Deutschland abbilden. Der Weidegang in der gewählten Betriebsgröße liegt bei rechnerisch 546 h/Kuh/a (Destatis 2021c: 141) und deckt sich ungefähr mit dem Mittelwert der zwei Premiumsysteme.

Die Schwierigkeit am Systemvergleich ist die Abbildung der Realität, ohne eine zu starke Erhöhung der Komplexität durch zu viele Parameter. Ein hoher theoretischer Wert eines Systems sagt wenig über den individuellen Betrieb aus. Das Ergebnis stellt nur das durchschnittliche Nachhaltigkeitspotential dar. Die einzelnen Betriebe und Systeme dürften sich auf einem Spektrum zwischen vollständiger und fehlender Multifunktionalität bewegen. Die Festlegung eines vorübergehenden Zielwertes von über 60 % (wie bei der definierten MFT) könnte daher im Sinne der Nachhaltigkeit anzuraten sein. Der genaue Wert könnte auf die Ziele abgestimmt werden.

Die einzelnen konventionellen Systeme können sich durch wenige Anpassungen im Funktionswert steigern. Die Erhöhung der Funktion *Grünland- und Reststoffverwertung* ist am einfachsten umsetzbar. Mit Werten von 40-64 % müsste nur die Maissilage durch Futteralternativen wie Grassilage ersetzt werden. Es wäre jedoch ein leichter Rückgang in der Rohstofffunktion zu erwarten.

In der MFT dürften die durchschnittlichen Betriebe kleiner sein als in einem modernen Betrieb, der durch den fortschreitenden Agrarstrukturwandel weiter an Größe gewinnen dürfte. Die Größe eines Betriebes ist jedoch nicht das ausschlaggebende Kriterium für die Herdengesundheit (Lindena & Hess 2022). Am Ende hängt die tatsächliche Nachhaltigkeit vom spezifischen System mit allen lokalen Gegebenheiten ab. Folglich könnte ein konventioneller Betrieb mit Stallhaltung in der Praxis nachhaltiger und tiergerechter sein als ein schlecht geführtes Weidesystem. Doch das größte Potential für Tierwohl, Umwelt und Gesellschaft geht – wie die Arbeit zeigt – von der MFT mit Weidehaltung aus.

Probleme der Umsetzung

Die aktuelle Struktur in Landwirtschaft und Industrie ist über Jahrzehnte gewachsen und könnte die Multifunktionale Nutztierhaltung unter den gewählten Mindeststandards vor strukturelle Probleme stellen. Sie würde eine gleichmäßigere Verteilung der Tierbestände in Deutschland bedeuten. Entsprechend müssten sich neue Verarbeitungs- und Handelsstrukturen ausbilden mit einer Dezentralisierung der heutigen Molkereien und Schlachthöfe, um die Transportwege zwischen Landwirt, Verarbeitung und Handel zu reduzieren. Dies wäre für weniger Stress beim Lebendtransport und einen routinemäßigen Weideschuss notwendig, um die gesetzlich geregelte Höchsttransportdauer einzuhalten. Außerdem könnte es fossile Energie für den (gekühlten) Transport einsparen und Luftschadstoffe reduzieren.

Weitere Standortbedingungen wie die Verkehrslage und fehlende arrondierte Flächen (um die landwirtschaftlichen Betriebe) erschweren die Umsetzung. Eine Veränderung dürfte einen langen Zeithorizont benötigen. In der Zwischenzeit könnten bestehende Ställe durch einfache Maßnahmen, z.B. bei zu kleinen Liegeboxen durch Einkreuzung von kleineren Milchviehrassen wie Jerseys, tiergerechter werden, ohne dass weitere Ressourcen für Neubauten verwendet werden müssten.

Tierwohl

Die Leitlinien zum Tierschutz in einer zukunftsfähigen und gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung laut Wissenschaftlichem Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft können in der MFT erfüllt werden. Dies schließt eine stärkere Berücksichtigung von funktionalen Zuchtmerkmalen, ausreichend Platz, tiergerechte Böden und eine artgerechte Beschäftigung, Nahrungsaufnahme und Körperpflege mit ein (WBA 2015: 285f.), die in den Vergleichssystemen durch eine ganzjährige Stallhaltung nicht gegeben sind, mit Ausnahme vom Premium-Milchviehsystem im Zeitraum mit Weidegang. In den Basissystemen sind die meisten Empfehlungen, die das Tierwohl betreffen, verletzt. Die Mehrkosten einer Umsetzung für die tierhaltenden Betriebe werden auf 3 bis 5 Mrd. Euro jährlich geschätzt (WBA 2015). Ohne politische Begleitmaßnahmen würde die Kostensteigerung die internationale Wettbewerbsfähigkeit gefährden und durch Kostenführerschaft zur Verlagerung der Tierhaltung ins Ausland führen, wo niedrigere Tierschutzstandards gelten (ebd.: 305f.).

Reduktion auf einzelne Indikatoren

Neben dem Zugang zur Weide zur Ausübung der natürlichen und sozialen Verhaltensweisen, die dem emotionalen Zustand zuträglich sind, erscheint eine Reduktion auf wenige ausgewählte Tierwohl- und Krankheitsindikatoren, die einen guten Überblick über tierwohlrelevante Probleme geben, möglich. Dazu zählen die Fruchtbarkeitsrate bzw. Abkalbequote, Nutzungsdauer, Eutergesundheit, Klauengesundheit, Mortalitätsrate und rasse- und standortbezogene Leistungsparameter wie Milchleistung und beim Mastvieh die Tageszunahmen. Darüber sind Rückschlüsse auf Kälte- und Hitzestress, Stoffwechselstörungen, die Haltungsumgebung bzw. den Komfort, ernährungsphysiologische Probleme durch Fütterung bzw. (saisonale) Unter- oder Überversorgung und Stress (z.B. durch Leid und Schmerzen verursacht) möglich (siehe Kapitel 2.2 und Anhang 5). Stressauslösende Bedingungen können zur Immunsuppression führen und die Krankheitsanfälligkeit erhöhen (El-Lethey et al. 2003: 100; Rostagno 2009), entsprechend wären die Gesundheitswerte der genannten Indikatoren niedriger. Der Einbezug der Absetzerquote würde auch die Kälbergesundheit indirekt abbilden.

Über die HIT-Datenbank (Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere) ist der Großteil der Zu- und Abgänge, die innerhalb einer Woche im System gemeldet werden müssen, theoretisch dokumentiert. Es fehlen allerdings die Totgeburten (HI-Tier 2021) und auch weitere Kälberverluste innerhalb der ersten Woche oder Wochen, falls die verpflichtende Meldung freiwillig oder unfreiwillig

verzögert erfolgte. Eine Datenvernetzung zwischen HIT und Tierkörperbeseitigungsanstalten (Abdeckern) könnte diese Lücke schließen. Auch durch die Zielvorgabe der Abkalberate würden nicht gemeldete Totgeburten auffallen, da in einem definierten Zeitraum idealerweise von einem Kalb pro Mutter- oder Milchkuh ausgegangen werden kann. Außerdem würde sie Fruchtbarkeitsprobleme offenbaren, die wie die meisten Krankheitsbilder multifaktorielle Ursachen haben. Zwillingsgeburten dürften insgesamt zu keiner großen Verfälschung führen.

In einem vernetzten System könnten folglich die Mortalitätsrate, Abkalbe- und Absetzerquote einfach ermittelt und mit Zielwerten, Durchschnitten oder schwachen und starken Betrieben (vgl. DLQ 2022: 9) verglichen werden. Auffälligkeiten in einzelnen Betrieben können eine tieferegehende Inspektion der Umstände anstoßen, mit Berücksichtigung von Umwelt, z.B. bei außerordentlichen Naturereignissen, und Rasse, um genetische Prädispositionen auszuschließen. Die Notwendigkeit von weiteren Veränderungen im HIT-System, um unverfälschbare, belastbare Daten zu erhalten, könnte tiefergehend geprüft werden.

Auch die dokumentierte Verwendung von Antibiotika und Medikamenten zeigt eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit. Anders als die HIT-Daten, die über Daten von Schlachtbetrieben, Empfängerbetrieben bei Verkäufen, Landeskontrollverbänden, Molkereien und Abdeckerdaten überprüfbar wären, erscheint das Missbrauchspotential bei undokumentiertem Medikamenteneinsatz, z.B. bei illegalem Erwerb und Einsatz, tendenziell größer.

Nur die genannten tierbezogenen Indikatoren können die tatsächlichen negativen Veränderungen im Wohlbefinden des Tieres, z.B. Krankheiten oder Verletzungen, durch Haltung, Fütterung, Management und Zucht ausdrücken. Sie sind daher bei der Bewertung eines Haltungssystems und der Tiergesundheit management- oder ressourcenbezogenen Indikatoren und allgemeinen Studienergebnissen vorzuziehen, um möglichen spezifischen Rasse-, Zucht-, Fütterungs- und Haltungsunterschieden gerecht zu werden. Dies entspricht auch der Empfehlung von KTBL und Thünen-Institut, die nur auf ressourcen- und managementbezogene Indikatoren zurückgreifen, wenn keine geeigneten tierbezogenen Indikatoren vorliegen oder die Erhebung zu aufwändig wäre (Brinkmann et al. 2020). Das Ziel ist letztlich die Schaffung eines Systems mit gesunden und widerstandsfähigen Tieren und nicht die Erfüllung und Kontrolle von theoretischen Richtwerten ohne oder mit schlechter Trennschärfe und praktischer Richtigkeit im Einzelfall.

Grundsätzlich wären auch weitere Indikatoren, die beispielsweise detailliert einzelne Phasen des Produktionsprozesses wie die Neuinfektionsrate in der Laktation oder Trockenperiode beleuchten (vgl. DLQ 2022: 9), vorstellbar. Das Ziel dürfte aber zur Vereinfachung die Konzentration auf möglichst wenige, aussagekräftige Indikatoren sein.

Entbürokratisierung zur Steigerung des Tierwohls

Die Forderung nach einer flächendeckenden stärkeren Überwachung, Dokumentation und tierärztlicher Betreuung kann besonders für kleine extensivere Betriebe ein kostentechnisches Problem darstellen. Die erhöhten Personal- und Tierarztkosten pro Rind können im aktuellen Preis- und Marktsystem durch die niedrigeren Produktionsmengen im Vergleich zur Intensivhaltung schlechter ausgeglichen werden.

Ein System mit gesünderen Tieren, das objektiv durch eine vernetzte Datenbank von landwirtschaftlichen Betrieben, Schlachtunternehmen, Abdeckern und Molkereien überprüfbar wäre, sollte von zusätzlichem bürokratischen Aufwand befreit werden, um sich stärker auf die Haupttätigkeit der Tierbetreuung konzentrieren und die Ressourcen in die Tiere und Haltungsumgebung investieren zu können. Einfache Behandlungen von Tieren mit definierten Krankheitsbildern, z.B. Durchfall, die durch erfahrene Tierbetreuer und Landwirte erkannt werden können, sollten aus Kostengründen keine weitere Kontrolle durch Veterinäre bedürfen, vorausgesetzt, die objektiv überprüfbaren Gesundheitswerte der Tiere im Betrieb zeigen in einem definierten Zeitraum keine Auffälligkeiten. Die Entbürokratisierung schließt im Sinne des Tierwohls auch einen vereinfachten, kostengünstigeren Ablauf des Weideschusses ein. Die tatsächliche Notwendigkeit der Lebendbeschau (Schlachtetieruntersuchung) durch einen amtlichen Veterinär müsste geprüft werden. Mögliche tierwohlrelevante Probleme könnten auch im Schlachthof bei der Beschau des Schlachtkörpers dokumentiert werden. Der Weideschuss ist zwar aus tierindividueller Sicht zu präferieren, weitere Untersuchungen müssten die breite Anwendung der mobilen Schlachtung im Hinblick auf Tierwohl, Lebensmittel- und Arbeitssicherheit, Abfallwirtschaft und öffentliche Gesundheit betrachten (Hultgren 2018).

Eine moderne Stallhaltung bringt Vorteile im Hinblick auf Automatisierbarkeit, Produktionsmenge und -standards sowie Arbeitszeiterparnis. Bis zum Wendepunkt, an dem die ökonomischen Kosten durch Remontierung oder tierärztliche Behandlungen von kranken Tieren den Grenzgewinn überschreiten, kann Tierwohl als ein Nebeneffekt der Ökonomie gesehen werden. Es zeigt sich daran, dass weitergehende Maßnahmen, die ausschließlich Tierwohl und nicht gleichzeitig Ökonomie bzw. Leistungsfähigkeit betreffen wie der Weideschuss oder Verbote von nicht-kurativen Eingriffen am Tier wie dem betäubungslosen Schwanzkupieren oder Kastrieren, nicht umgesetzt werden. Das aktuelle Tierwohl kann folglich als minimales Tierwohl zum Erreichen einer hohen Wirtschaftlichkeit bezeichnet werden.

Auch in der rechtlichen und ethischen Handhabung von Tieren besteht eine Diskrepanz. Einerseits werden sie schlechter als Menschen behandelt, weil sie Tiere sind, andererseits lässt man sie nicht nur Tiere sein, indem die natürliche Umwelt der jeweiligen Tierart und -rasse als Maßstabsgrundlage im Hinblick aufs Minimaltierwohl herangezogen wird. Domestizierten Tieren geht es u.a. durch die Zufütterung auf der Weide bereits besser als Wildtieren, die den widrigen Umständen der Natur – Wetter,

Prädatoren, Krankheiten oder Nahrungsmangel – alleine trotzen müssen und deshalb häufig früher sterben als viele Tierarten in Gefangenschaft (vgl. Tidière et al. 2016).

Gesellschaft

Auch wenn nicht von gesundheitlichen Schäden des einzelnen Produktes in der richtigen Menge ausgegangen werden kann, trägt ein System durch eine zu hohe Produktionsmenge zu einem Überkonsum bei. Dies wird in der MFT verhindert. Der Überkonsum verursacht weitere gesellschaftliche Probleme. Die Ernährungssicherheit ist zwar aktuell in Deutschland – auch durch Importe – nicht gefährdet, Praktiken im heimischen Ernährungssystem können jedoch, z.B. durch die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen im Ausland (Destatis 2020), den Nahrungsmangel in anderen Nationen verstärken. Dies kann in politischen und gesellschaftlichen Verwerfungen, Kriegen und Flüchtlingsströmen münden, die negative Auswirkungen auf Europa und Deutschland haben können.

Die Kosten dieser Externalitäten sind nur schwer zu ermitteln. Letztlich müssten sie in die Preise der Produkte einfließen, die keinen positiven Nettobeitrag zum Ernährungssystem leisten und für den Menschen essbare Produkte verbrauchen.

Der Fokus bei der Auswahl von Bewertungsmetriken sollte daher auf den eingesetzten (menschens)essbaren Produkten oder Opportunitätskosten von landwirtschaftlichen Flächen für die Nahrungsmittelgewinnung liegen und nicht auf Gesamtfuttermengen oder -flächen. Das Landnutzungsverhältnis (LUR) ist daher der Futterumwandlungsrate (FCR) und Landnutzung (LO) vorzuziehen, da die Flächeneffizienz über eine Kombination aus Umwandlungsrate, Pflanzenproduktivität und die Opportunitätskosten der Fläche bestimmt wird. Nach Van Zanten et al. (2016: 754) nutzt ein flächeneffizientes Tierhaltungssystem folglich Flächen mit niedrigen Opportunitätskosten für den Ackerbau (z.B. steiles oder feuchtes Grünland) und/oder Nebenprodukte aus dem Ackerbau, der Lebensmittel- und Energieindustrie (wie Rübenschnitzel). Um das Land effizient zu nutzen, sollte die Produktivität der Viehhaltung erhöht und gleichzeitig der $LUR < 1,0$ sein (van Zanten et al. 2016: 756).

Um die Ernährungssicherheit zu bestimmen, bräuchte es zusätzlich einen Maßstab, der sich an Ernährungszielen und dem tatsächlichen ernährungsphysiologischen Bedarf der Bevölkerung orientiert, statt an arbiträren Kennzahlen wie dem Selbstversorgungsgrad. Dieser drückt nur das Verhältnis aus Erzeugung und Verwendung eines Produktes im Inland aus. Doch die Erzeugung eines Produktes – selbst bei einem (Netto-)Selbstversorgungsgrad von über 100 % – kann kontraproduktiv für die Ernährungssicherheit sein, wenn die langfristige Stabilität des Systems durch die Produktionspraxis gefährdet wird. Der größte Zugang und Verfügbarkeit von tierischen Produkten aus einem Intensivsystem mit höheren Leistungen bedeutet folglich nicht, dass es tatsächlich die Ernährungssicherheit eines Landes erhöht, besonders nicht, wenn Böden und andere Naturressourcen durch die landwirtschaftliche Produktion verloren gehen und mehr Nährstoffe aus der direkten pflanzlichen Ernährung zu beziehen wären.

Da sich tierische und pflanzliche Produkte u.a. in ihrer Proteinqualität und Verdaulichkeit unterscheiden, müssten theoretisch entsprechende Korrekturen, die die jeweiligen Vor- und Nachteile einbeziehen, für einen Vergleich vorgenommen werden (vgl. Ertl et al. 2016). Doch auch die Kombination verschiedener pflanzlicher Proteinquellen kann die Gesamtwertigkeit einer Mahlzeit steigern (Young & Pellett 1994). Die falsche Verwendung von Nahrungsmitteln ist eine der vier Dimensionen der Ernährungssicherheit nach FAO (2008). Entsprechende Bildungsmaßnahmen für Konsumenten und rechtliche Vorgaben für Gerichte in Gemeinschaftsverpflegung, Gastronomie und Industrie, könnten notwendig sein.

Die Eiweißlücke der deutschen Nutztierhaltung betrifft besonders Monogastrier durch die Verwendung von heimischem Grundfutter in der Rinderhaltung. Es zeigt das Potential der Wiederkäuer zur Milch- und Fleischproduktion auf.

Antibiotikaresistenzen

Um Antibiotikaresistenzen zu verhindern, ist der Einsatz in der Nutztierhaltung zum Erhalt der Gesundheit und Produktivität der Tiere auf ein Minimum zu reduzieren. Ein System, das den Einsatz von Antibiotika und das Krankheitsrisiko durch gesunde und resiliente Nutztiere minimiert, ist folglich zu präferieren. Die MFT stellt ein solches System dar.

Neben regulatorischen, gesetzlichen und betrieblichen Maßnahmen ist auch hier ein geringerer Fleischkonsum eine Lösung. Die Begrenzung des Fleischkonsums weltweit auf 40g/d könnte den globalen Einsatz von antimikrobiellen Mitteln bei Nutztieren um 66 % senken (van Boeckel et al. 2017: 1351).

Auch der Verzehr von Rindfleisch mit einem Drittel an eingesetzten antimikrobiellen Mitteln im Vergleich zu Schwein- oder Geflügelfleisch (45 mg/kg, 148 mg/kg und 172 mg/kg) senkt den Verbrauch und dadurch das Resistenzrisiko (van Boeckel et al. 2015: 5650). Insgesamt wird der geringere Fleischkonsum zur Reduktion des Zoonosen- und Resistenzbildungsrisikos empfohlen (Espinosa et al. 2020; Hayek 2022).

Ökonomie

Die Rentabilität drückt sich über die verschiedenen Kriterien im Systemvergleich aus. Es wurde eine Trennung vorgenommen, um mögliche zukünftige Risiken besser abzubilden. Insgesamt dürfte bei Milchvieh durch die im Durchschnitt angenommenen bis zu 1000 kg/Kuh/a geringeren Leistungen, z.B. wegen der Nutzung von alten Rassen, als in vergleichbaren Vollweidesystemen und bei Mastvieh durch eine längere Mast von einer geringeren Wirtschaftlichkeit ausgegangen werden, obwohl die Kosten pro Rind im Jahresdurchschnitt wie in Vollweide- oder Low-Input-Betrieben niedriger sein dürften als in Stallsystemen (vgl. Zuber & Bartmann 2021: 37). Eine einzelbetriebliche Wettbewerbsfähigkeit wird

vor allem über eine grundfutterbetonte Produktion erreicht (Kiefer et al. 2014). Mit Extensivierung dürften die Leistungen weiter sinken. Eine schlechtere Fleischqualität von Weiderindern, vor allem Bullen, im Vergleich zur Intensivmast (Klopatek et al. 2021: 8), könnte zumindest in der MFT durch die Verwendung von Nebenprodukten und Reststoffen verhindert werden.

Alternative Stallsysteme

Ein alternatives Stallsystem, das das Tierwohl verbessert, ist ebenfalls mit höheren Kosten verbunden (Deblitz et al. 2021: 41,46). Dies drückt sich auch im durchgeführten Systemvergleich aus, in dem die Wirtschaftlichkeit (basierend auf der groben Einschätzung über die sechs Kriterien) in den Premiumsystemen niedriger liegt, obwohl nicht nur aktuelle, sondern auch zukunftsgerichtete Kriterien wie die Preisstabilität und Autonomie einbezogen wurden.

Ein von Fachleuten der Landesanstalten, Landwirtschaftskammern und des KTBL konzipierter Tierwohlstall für Milchvieh wird als ökonomisch nicht tragfähig bezeichnet (BZL 2022: 93-102). Der Kompromissstall, der die drei Ebenen *Ökonomie*, *Ökologie* und *Tierwohl* abdecken soll, orientiert sich wie das Premiumsystem an der Haltungsstufe 3 des geplanten staatlichen Tierwohllabels (entsprechend zu Haltungsstufe 4 im Handel). Es setzt auf einen hohen Technisierungsgrad und Automatisierbarkeit beim Melken, Füttern und Entfernen von Kot. Das Tierwohl und die Produktionsleistung können technisch überwacht und optimiert werden. Beispielsweise können Melkroboter nicht nur die Arbeitszeit und -qualität verbessern, sondern auch die Milchkuh individuell je nach Melkleistung und Laktationsstand täglich mehrfach melken und Milchveränderungen, die ein gesundheitliches Problem darstellen können, automatisch erkennen (BZL 2022: 117ff.).

Die Vorteile eines Melkroboters könnten theoretisch auch in Weidesystemen genutzt werden. Es setzt zur ökonomischen Rentabilität jedoch eine gewisse Herdengröße bzw. Auslastung voraus. Auch müssen die Tiere den Melkstand freiwillig betreten. Dies kann besonders in (weitläufigen) Weidesystemen schwieriger sein als im Laufstall mit Futtervorlage, was den Treibeaufwand erhöhen könnte (vgl. LWK Niedersachsen o. J.).

Die Stallmodelle beschränken sich jedoch auf die Haltung. Zahlreiche Aspekte, wie z.B. eine Fütterung mit hohem Maisanteil, der ein ökologisches und gesellschaftliches Problem darstellen kann, bleiben unverändert. Der multidimensionale Blickwinkel in der MFT verhindert dies.

Arbeitsaufwand

Der Arbeitsaufwand in Weidesystemen müsste theoretisch über Verteilungsschlüssel auf die unterschiedlichen Funktionen des Systems umgelegt werden, um eindimensionale mit multifunktionalen Systemen zu vergleichen. Grundsätzlich kann ein höherer Arbeitsaufwand ein Risiko bei einem Mangel an ländlichen Arbeitskräften sein. Durch die Automatisierbarkeit und technische Kontrolle dürften

Wissen und Erfahrung in modernen Stallsystemen bei den Stallarbeiten weniger entscheidend sein. Der mögliche Arbeitskräftemarkt ist dadurch größer als für die MFT.

Zucht

In der MFT müssen die Tiere durch die idealerweise ganzjährige Weidehaltung an die natürliche Lebensumwelt angepasst sein. Die Raufutterverwertung und Gesundheit haben oberste Priorität und nicht die Maximalproduktion. Die Fokussierung auf die Leistungszucht kann im heutigen Markt als ökonomische Notwendigkeit gesehen werden, solange die Gesundheitsprobleme und steigenden Tierarztkosten nicht die Mehreinnahmen übersteigen.

Ökologie

In der Arbeit zeigte sich die Wichtigkeit, existierende Studienergebnisse richtig in den Gesamtkontext einzuordnen, um eine korrekte, realitätsgetreue Nachhaltigkeitsbewertung vorzunehmen. Beispielsweise wurde in der Studie von Tichenor et al. (2017: 12) ein um 37-144 % höheres Eutrophierungspotential bei der Weidehaltung pro kg Schlachtgewicht berechnet. Die Unterschiede drehen sich jedoch auf die Flächeneinheit bezogen um, was zu einem deutlich höheren Eutrophierungs- und Versauerungspotential der Intensivhaltung im Vergleich zum Weidesystem führt. Die Unterschiede sind sogar größer als auf das Schlachtgewicht bezogen (ebd.: 16). Nur eine zu hohe Nährstoffzufuhr stellt ein Problem für ein System dar, dies dürfte bei einer an die Fläche angepassten MFT nicht der Fall sein. Anders sieht es bei verhältnismäßig geringen Emissionen pro Produktionseinheit in Intensivsystemen aus, die aus geographisch konzentrierten Viehbeständen in Ökosysteme austreten und einen (lokalen) Überschuss mit negativen ökologischen Folgen kreieren können. Die genannten Studienergebnisse könnten dennoch falsch ausgelegt werden und als Vorteil für die Intensivhaltung genutzt werden.

Die Kritik an der Weidehaltung bezieht sich teilweise auch auf die hohe Flächennutzung. Das entscheidende Kriterium sollte allerdings der Anteil an Ackerflächen sein, der für die tierische Produktion benötigt wird, da viele Weideflächen (Dauergrünland) nicht für die direkte menschliche Ernährung nutzbar wären.

Zoonosen und Biodiversität

Theoretisch könnte eine höhere Flächenproduktivität den unberührten Naturraum erhöhen, was bestimmten Wildtieren mehr Lebensraum geben könnte und die Distanz zu Wildtieren erhöhen würde. Dies würde das Risiko von Zoonosen reduzieren (Hayek 2022). Die Realität zeigt allerdings einen Rebound-Effekt mit steigenden Produktionsmengen und eine Ausweitung der Produktionsflächen. Um mögliche Vorteile der Effizienzsteigerung für den Naturraum zu nutzen, müsste – wie in der MFT existent – eine Produktionsbegrenzung eingeführt und die landwirtschaftlichen Flächen in ausgewählte, natürliche Ökosysteme transformiert werden.

6.1.3 Staatliche Maßnahmen

Die Funktionen der Tiere könnten ein pragmatischeres Vorgehen zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen darstellen als staatliche Instrumente und Maßnahmen wie Tierwohlabgaben, Mehrwertsteuererhöhungen für tierische Produkte, Futtermittel-, Mineraldünger-, Stickstoffüberschussabgaben oder einem finanziell unterstützten Abbau des Tierbestandes (vgl. Richter et al. 2023: 18ff.). Die MFT wäre unbürokratischer und würde nicht nur die Symptome eines fehlerhaften Systems behandeln, sondern die Lösung für die Ursachen sein.

Einzelne staatliche Maßnahmen wie eine Mehrwertsteuererhöhung für tierische Produkte oder CO_{2eq}-Bepreisungen könnten sogar gegenteilige Wirkung haben, wenn extensive Rindviehbetriebe – bedingt durch höhere Erzeugungskosten und biogene Methanemissionen pro Produktionseinheit – verhältnismäßig stärker betroffen wären. Das tatsächliche Erwärmungspotential von biogenem Methan, in CO_{2eq} umgerechnet, würde die GWP₁₀₀ nicht abbilden (Liu et al. 2021) und durch das gängige Umrechnungsverhältnis die Nutzung von fossiler Energie, die für eine langfristige Klimastrategie reduziert werden müsste (Howarth 2014: 11), bevorzugen.

6.1.4 Auslandsverlagerung bei höheren Inlandsstandards

In Deutschland würde die alleinige Anpassung von Umwelt- und Tierwohlstandards im europäischen Binnenmarkt die Wettbewerbsfähigkeit schwächen und Milliardenverluste verursachen (Schmitz 2019). Es würde zu regionalen Produktionsverlagerungen führen, die Nachhaltigkeitsprobleme verstärken dürften. Doch selbst EU-einheitliche Standards können in einem liberalisierten Agrarmarkt durch die Konkurrenz auf dem Weltmarkt zu Abwanderung von Produktionsstandorten aus der EU führen (Isermeyer & Schrader 2003: 164). Die Kosten bei der Rindfleischproduktion sind in Europa bereits rund zwei- bis dreimal so hoch wie in Nord- und Süd-Amerika (Deblitz 2011: 2).

Unabhängig vom System müssen die Rahmenbedingungen der Nutztierhaltung zu Preisen führen, die ein wirtschaftliches Überleben der Erzeuger zulassen. Kurzfristig sind extensive Systeme mit niedrigeren Leistungen und/oder höheren Kosten stärker betroffen. Spätestens bei einer Verknappung von fossilen Energien dürften die Fixkosten und variablen Kosten in Intensivsystemen durch höhere Preise für Baumaterialien, Maschinen, Dünger oder Futtermittel steigen.

Als Grundlage einer nachhaltigen Wirtschaft müsste es auf eine faire Verteilung von Chancen und Risiken entlang der Wertschöpfungskette hinauslaufen, um kostendeckende Erzeugerpreise umzusetzen und Tierwohl und Umweltschutz zu finanzieren. Folglich wäre auch die MFT auf ordnungsrechtliche Instrumente angewiesen, um die heimischen Produkte über einen Außenschutz und alternative Preisbildungsmechanismen abzusichern. Dies könnte die Orientierung an Weltmarktpreisen aufbrechen.

Die Einführung von verpflichtenden höheren Mindeststandards (für inländische und ausländische Produkte) zum Schutz des Wohlergehens von Tieren und der Natur müsste auf ihre GATT-Konformität

geprüft werden. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit bestimmte Produkte vom EU-Markt auszuschließen. Dies betrifft beispielsweise das Verbot des Handels mit Robbenprodukten (2015/0028 COD).

Es könnte auch über einen Grenzausgleich für höhere Tierwohlstandards und Branchenverträge bzw. eine Vertragslandwirtschaft erfolgen, in der Lebensmittelindustrie, -handel und Landwirtschaft frühzeitig Preise und Mengen vertraglich festlegen, um Absatzgarantie und Planungssicherheit zu schaffen. Die Preise könnten sich an den mittleren Produktionskosten entsprechender Güter orientieren, um kostendeckende feste Erzeugerpreise zu erzielen, und nach Vertragsabschluss mögliche marktbedingte Unsicherheiten und Veränderungen der Direktkosten, z.B. durch steigende Energiepreise, dynamisch einbeziehen.

Nach Art. 148 Verordnung 1308/2013 (GMO) hat jeder Mitgliedsstaat bereits die Möglichkeit, vertraglich festgelegte Preise, Mengen und Laufzeiten für Rohmilchlieferungen verbindlich vorzuschreiben. In Deutschland wurde dies noch nicht umgesetzt. Auch wenn es die Planbarkeit erhöhen würde, ist fraglich, ob Art. 148 GMO isoliert bei der Marktmacht von Lebensmitteleinzelhandel und -industrie zu höheren Erzeugerpreisen führen würde.

Zusätzlich könnte der Verkauf von Produkten unterhalb der Produktionskosten (der gesamten Lieferkette) verboten werden wie in Frankreich oder Spanien, eine Maßnahme, die nach Richter et al. (2023: 22) auf den Ebenen Tierwohl, Umwelt und Klima positiv wäre und als administrativ und rechtlich umsetzbar eingeschätzt wird. Lediglich die Verbraucherpreise wären dadurch negativ beeinflusst. Günstigere pflanzliche Alternativen könnten tierische Produkte ersetzen. Eine Änderung der Mehrwertsteuer von pflanzlichen Produkten wäre möglich.

6.1.5 Produktionspotential in Deutschland

Die heutigen Produktionsmengen in Deutschland von Fleisch und Milch können in einer MFT nicht erreicht werden. Die Berechnungen vom minimalen und maximalen Produktionspotential zeigen jedoch, dass eine Deckung des ernährungsphysiologisch empfohlenen Milch- und Rindfleischbedarfs nach DGE durch eine multifunktionale Nutztierhaltung möglich sein könnte. Die verfügbare Energie ist der limitierende Faktor, da mehr Protein aus dem Grünfutter bezogen werden kann.

Ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Energie und nutzbarem Stickstoff ist notwendig, um einen funktionsfähigen Pansenstoffwechsel mit hoher mikrobieller Aktivität zu schaffen (DLG 2023: 14). Dies wird bei einer Stickstoffbilanz mit einem RNB von max. 1-6 als ausreichend erfüllt angesehen. Der Zielwert liegt zwischen 0-10 (LfL 2021: 23).

Das ermittelte Minimumpotential, das den Bedarf zu ca. 92 % bzw. 77 % bedient, wird als realistisch angesehen und könnte bis zu 50 % höher liegen. Durch den geringeren Rinderbesatz wird das Minimumpotential zur Pflege von arten- und kohlenstoffreichem Grünland empfohlen (vgl. Sun et al. 2011: 277; Deng et al. 2014: 6).

(1) Grünland

Insgesamt wurden konservative Annahmen getroffen, die im unteren Potentialbereich von Dauergrünland liegen dürften. Die starken Unterschiede in der Energiekonzentration zwischen Kurzrasenweide und extensiven Weiden, aber auch zwischen unterschiedlichen konservierten Futtermitteln wie Heu, Grascobs und (Klee)-Grassilage (LfL 2023: 60-74), wurden abgebildet. Die Zielgröße liegt beim Rohproteingehalt zwischen 15-19 % und bei der Energiedichte beim ersten Schnitt mind. 6,4 MJ NEL/kg TM und beim zweiten und den folgenden mind. 6,0 MJ NEL/kg TM (Diepolder & Raschbacher 2010: 17).

Im minimalen Grünlandpotential liegen beide Werte unterhalb, im maximalen Potential ist der Rohproteingehalt am unteren Ende. Auch die Erträge pro Hektar im minimalen Potential könnten in der Realität höher sein. In einem extensiveren Versuch liegt der Energie-Ertrag bei 42,5 GJ NEL/ha und 9,9 % Rohprotein bei TM-Erträgen von 75,4 dt/ha (LfL o.J.b). In ökologischen und konventionellen Weidetrieben wurden Grünlanderträge zwischen 63-67 dt/ha ermittelt (Kiefer et al. 2014: 41).

Leistungsfähiges Grünland kann bei intensiver Nutzung (4-5 Schnitte) sogar weit mehr als 100 dt TM/ha liefern. In einem langjährigen Versuch in Bayern wurden bis zu 129 dt TM/ha erzielt. Die Energie-Erträge in langjährigen Dauergrünlandversuchen lagen zwischen 65 bis 82 GJ NEL/ha (LfL o.J.a) und damit 96-148 % bzw. 27-60 % über den getroffenen Annahmen der Minimal- und Maximalpotentiale von Grünland.

Die Nutzungs- und nicht die Düngeintensität spielt bei der Energiedichte die entscheidende Rolle (LfL o.J.a) und könnte durch die Besatzdichte, Weidemanagement und Mähhäufigkeit erhöht werden. Selbst bei einer unterbilanzierten Nährstoffzufuhr ist leistungsfähiges Grünland (4-5 Schnitt und 3-4 Güllegaben pro Jahr) mit 100 bis 110 dt/ha TM und 1.951 kg/ha Rohprotein zu erhalten, auch wenn das Ertragspotential dadurch um 10-25 % verfehlt wird (Diepolder & Raschbacher 2010: 15).

In der Praxis können die intensiv nutzbaren Flächen für das Mastvieh (v.a. Bullen) und frühlaktierende Kühe als Kurzrasenweide genutzt werden. Besonders in den ersten Laktationswochen können die pflanzlichen Nebenprodukte und Reststoffe mögliche Energiedefizite der hochleistenden Kühe ausgleichen.

Ein Benchmarking der europäischen Grünlandproduktion und -nutzung auf nationaler und regionaler Ebene liegt nicht vor (Bailey et al. 2016). Es könnte für eine genauere Berechnung des Grünlandpotentials hilfreich sein.

(2) Nebenprodukte und Reststoffe

Die verfügbaren Saft- und Kraftfuttermittel wurden kaum in das gesamte Produktionspotential einberechnet, um Qualitätsunterschiede des Grünlands auszugleichen und als Reserven für den Winter – besonders für die Versorgung des Mastviehs – oder in Notzeiten eingesetzt werden zu können. Außerdem können die verbliebenen Futtermittel die potentiellen Tageszunahmen oder Endgewichte der

Mastrinder erhöhen oder in der Geflügel- und Schweinehaltung verwendet werden. Da der Energiebedarf von Bullen höher ist als von Färsen und Ochsen (LfL 2023), können Reststoffe wie Biertreber auch diesen Unterschied ausgleichen. Nach milderen Wintern mit großen Restvorräten könnten die kürzeren Produktionszeiten von Schweinen und Hühnern auch zum schnellen Bestandsaufbau und der Verwertung von Futterrestbeständen genutzt werden.

In die Arbeit wurden keine regionalen und jahreszeitlichen Verfügbarkeiten einbezogen. Mögliche Probleme zeigen sich am Beispiel der Kartoffelpresspülpe. Sie sind zwar verhältnismäßig preiswert, die Transportkosten von den wenigen Stärkefabriken sind allerdings durch den relativ hohen Wassergehalt erhöht. Dies reduziert den Abnehmerkreis. Außerdem handelt es sich um ein Saisonprodukt, das nur während der Kampagne von August bis max. Januar verfügbar ist (LfL o. J.).

Zusätzlich könnten nicht essbares Getreide (ausgewachsen, Pilze, nicht backfähig etc.), nicht verkaufte Lebensmittel (Brot, Obst, Gemüse), aussortierte Kartoffeln, Rübenblätter, Stroh und Obst-/Gemüse-Reststoffe (Blätter, Stiele) berücksichtigt werden. Dadurch stiege das Produktionspotential weiter an.

(3) Fruchtfolge

In die Berechnungen wurden der Feldfutterbau (über Klee gras und Luzerne) einbezogen, der in eine Ackerfruchtfolge eingebunden positive Effekte auf die langfristige Bodenfruchtbarkeit, Stickstoffversorgung und Ertragsniveaus haben kann (SMUL 2008). Auch wenn gesunde Fruchtfolgen nicht in allen Betrieben Anwendung finden, da sie im konventionellen Anbau kurzfristig u.a. durch Pflanzenschutzmittel und mineralische Stickstoffdünger einfacher kompensierbar sind, wird von einer zukünftigen festen Etablierung ausgegangen.

Andere Kulturen wie Silomais, als humuszehrende Ackerkultur, disqualifizieren sich als Futtermittel, obwohl Mais als Süßgras zum Raufutter gezählt werden kann.

Milchmenge

Auch die angenommene Milchmenge von 4500 kg/Kuh/a und zusätzliche 1000 kg/Kuh/a durch Nebenprodukte und Reststoffe (3,3-6,4 dt/Kuh/a) werden als realistisch angesehen. Es handelt sich um einen Durchschnitt aus intensiveren und extensiveren Systemen. In Vollweidebetrieben können Milchleistungen von über 6000 kg/Kuh/a mit Kraftfuttermengen unterhalb 7,5 dt/Kuh/a und Grundfutterleistungen von über 4500 kg/Kuh/a erzielt werden (Kiefer 2014: 33). Ohne Kraftfutter sind auch Milchmengen von mehr als 5000 kg/Kuh/a möglich (Notz 2019). Die Milchleistung in Weidebetrieben wird durch Kraftfutter jedoch kaum beeinflusst (Kiefer et al. 2015). Es kann allerdings eine Grundfuttermverdrängung durch Kraftfutter stattfinden (Schori et al. 2014: 78), was sich negativ auf die absolute

Milchleistungssteigerung pro kg Kraftfutter auswirkt (Kiefer et al. 2015). Dies dürfte bei den angesetzten Reststoffmengen nicht eintreten.

Auch aus ökonomischen Gründen sollte die Kraftfuttermenge begrenzt bleiben. Der Gewinn pro Kuh kann durch eine kraftfutterreduzierte Fütterung steigen. Ökonomisch entscheidender als die Kraftfuttermenge ist jedoch die Grundfutterleistung (ebd.).

Kälbersorgung

Die längere Versorgung der Kälber mit Milch, die zum Ausleben des natürlichen Saugverhaltens dient, wurde zur besseren Vergleichbarkeit mit gängigen Systemen nicht einbezogen. Der rechnerische Puffer von 936 kg/Kuh/a, durch die einbezogenen Trockenschnitzel und Weizennachmehl, übertrifft die notwendige zusätzliche Milchmenge zur Kälberaufzucht um mehr als die Hälfte. Die berechnete Konsummenge bleibt folglich bestehen oder könnte mit und ohne längerer Kälbersorgung höher liegen.

Milch- und Flächenleistung

Um die Produktivität eines Betriebes mit Vollweidehaltung zu beurteilen, könnte die Einzeltierleistung ungeeignet sein. Das Ziel ist eine möglichst effiziente Verwertung der betriebseigenen Futtermittel und Flächen (LfL 2019: 7). Eine hohe Einzeltierleistung bedeutet nicht zwangsläufig eine hohe Flächenproduktivität. Eine hohe Flächenleistung erzeugt allerdings einen höheren Gewinn pro kg Milch und eine höhere Grundfutterleistung (Weiß et al. 2008: 73f.).

Nach der Metastudie von McCarthy et al. (2011: 790) zeigen sich sogar gegenteilige Effekte zwischen Flächenleistung und Einzeltierleistung. Die Erhöhung der Besatzdichte um eine Kuh pro Hektar reduzierte die Milchleistung pro Kuh um 8,7 %, aber erhöhte die Flächenleistung um 19,6 %. In 499 bayrischen Betrieben (2005/06) lag die mittlere Milcherzeugung pro Hektar Futterfläche bei 9760 kg mit einer Spannweite von 4.300-16.000 kg (ebd.: 72). In Mitteleuropa (2014) war die Flächenproduktivität (meist Kurzrasenweide mit 3-5 cm) in ausgewählten Ökobetrieben zwischen 6.430-11.375 kg Milch/ha (rund 20 kg Milch/Kuh/d), was normalerweise bei konventioneller Schnittnutzung zwischen 91-110 dt T/ha Aufwuchs unter günstigen Bedingungen möglich wäre (Leisen 2015: 4).

Auch zwischen den Jahren existieren große Unterschiede abhängig von Witterung (Dürre oder hohe Niederschläge) und Standort. In 2017 lagen die Werte zwischen 5.532 (Moorstandort) und 17.172 kg Milch/ha (konventioneller Betrieb mit Gülle; Leisen 2018: 5).

Die durchschnittliche Flächenproduktivität in Mitteleuropa, die bei einer Zuweisung von $\frac{2}{3}$ der Fläche für Milchkühe den heutigen Milchkonsum erreicht, bestätigt ebenfalls das berechnete Produktionspotential der MFT.

Im Mittel kann der Kuhbesatz bei 100 % Weideanteil (abhängig vom Monat) bei 0,8-2,3 liegen (Leisen 2015: 7). Er ähnelt den GVE pro Hektar (für alle Rinder) im MFT mit 2,1-3,3.

Fleischmenge

Das angesetzte Schlachtgewicht liegt bei 318 kg und damit unter dem durchschnittlichen Schlachtgewicht pro Rind in Deutschland von 335 kg (Deutscher Bauernverband 2022). Die Ausschachtung wurde niedrig angesetzt. In Deblitz et al. (2021: 45) liegt sie bei Mastbullen bei 60 %. Mögliche niedrige Ausschachtungen von Färsen und Kühen werden dadurch kompensiert.

Die tatsächliche Mortalitätsrate in der MFT dürfte unter den angesetzten 4 % liegen. Der Median der deutschen Milchviehbetriebe liegt in 2022 bei 3,4 % mit einem Zielwert ≤ 2 % und einem Warnwert ≥ 5 % (Q Check 2023). Aussagekräftiger als der Betriebsmedian könnte jedoch ein Bestandsdurchschnitt sein, um eine mögliche Verzerrung durch viele kleine Betriebe mit geringen absoluten Todesfällen auszuschließen. Bei der durchschnittlichen Mortalitätsrate in der Prävalenzstudie von 3,7-6,7 % sind Unterschiede je nach Region feststellbar (Hoedemaker et al. 2020a: 64). In Biobetrieben liegt sie niedriger als in konventionellen Betrieben (Bergschmidt & Schwarze 2022: 14). Der höhere theoretische Wert stellt einen weiteren Puffer da und bedeutet tendenziell höhere Produktionsmengen in der Praxis.

Die verfügbare tägliche Rindfleischmenge von mindestens 21-34 g liegt im mittleren Bereich der Berechnung von Van Zanten et al. (2018: 4193) mit 2-55 g Rindfleisch.

Zwischenkalbezeit

Eine längere Zwischenkalbezeit kann die jährliche Milch- und Fleischmenge negativ beeinflussen. Die angesetzten 365 Tage sind erzielbar und das gewünschte Produktionsziel. In der Praxis könnten 380-390 Tage oder mehr realistischer sein (vgl. Weindl 2019: 44; LWK Niedersachsen 2020). Durch die existierenden Puffer in der Berechnung dürfte dies abgefangen werden.

Nutzungsalternativen von Grünland und Biomasse

Die Umwandlung von Grünland zu Ackerflächen für die direkte menschliche Lebensmittelproduktion – wie sie weltweit auf theoretisch rund 0,7 Mrd. ha möglich wäre (Mottet et al. 2017: 5) – kann nicht empfohlen werden. Eine Landnutzungsänderung würde u.a. Humus abbauen und CO₂ und N-Verbindungen freisetzen (vgl. Unterkapitel 2.3.5).

Die energetische Nutzung der nicht essbaren Biomasse kann Gegenstand von Diskussionen sein, auch von Befürwortern einer nutztierfreien Landwirtschaft. Dies kann aus ernährungstechnischer Perspektive nicht empfohlen werden, da es einen indirekten Verlust von Lebensmitteln bedeutet. Durch eine energetische Nutzung wären die verfügbaren Futtermittel reduziert. Beispielsweise könnten 50-70 % der Zuckerrübenschnitzel in Zukunft als Futtermittel wegfallen, wenn sie als Biogas zur Energieversorgung bei der Zuckerherstellung verwendet würden. Die Zuckerindustrie hat einen hohen

Energiebedarf, der aktuell v.a. über Erdgas und Kohle gedeckt wird. Die energetische Nutzung der Zuckerrübe ist der Versuch, bis 2045 im Sinne der EU Ziele Treibhausgasneutralität zu erreichen (BLE 2023f: 46).

Auch in Abfallhierarchien zur Vermeidung von Lebensmittelverschwendung wird die Herstellung von Tierfutter gegenüber der energetischen Nutzung präferiert – nach Ausschöpfung aller Möglichkeiten zur direkten Nutzung für die menschliche Ernährung (u.a. US EPA 2015 und EU 2016: 11). Die Verwertungsreihenfolge kann plakativ als „Teller, Trog und Tank“ bezeichnet werden und stellt eine Konsistenzstrategie dar, um die anfallenden Rohstoffe im Sinne des Kreislaufgedankens möglichst sinnvoll und lange zu nutzen.

Die erhöhte Flächenkonkurrenz durch den Anbau von Energiepflanzen verletzt diese Grundsätze ebenfalls, selbst wenn bei der Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen wie Ölsaaten und Getreide Koppelprodukte anfallen, die als Futtermittel nutzbar sind.

Aus der Verwertungshierarchie leitet sich analog die Kritik am heutigen Anbau bzw. der Nutzung von Futtergetreide und anderen Ackerkulturen, die als Tierfutter genutzt werden, ab. Unter anderem führt der Deutsche Bauernverband an, dass viele Flächen, auf denen Futtergetreide wie Roggen und Gerste angebaut werden, klimatisch oder qualitativ nicht für den Weizenanbau geeignet seien und nicht alle Feldfrüchte die Qualitätsansprüche für den menschlichen Direktverwendung erfüllen (DBV 2022). Mögliche Alternativen können (1) den Anbau und (2) die Verwertung betreffen.

(1) Anbau

Ein Teil der schwachen Ackerstandorte könnte für alternative Kulturen oder für die Grünlandnutzung mit Kohlenstoffaufbau und Erosionsschutz im Vergleich zum Ackerbau genutzt werden. Bei einem zu niedrigeren Produktionspotential könnte die Umwandlung in natürliche Ökosysteme über Aufforstung von Wäldern und Schaffung von geschützten Naturräumen erfolgen. Argumentativ könnte zumindest bei Wäldern und Naturräumen ein kurzfristiger Verlust von Lebensmitteln (durch weniger Futtermittel) angeführt werden, da von keiner vergleichbaren Jagdausbeute von Wild auszugehen wäre.

Der mögliche langfristige Nutzen dieser Maßnahmen für das regionale und globale Ernährungssystem und die Lebensmittelversorgung müsste dagegen abgewogen werden – beispielsweise durch eine größere Biodiversität mit mehr Bestäubern oder die Kohlenstoffspeicherung zur Klimastabilisation, um Ertragsausfälle durch Dürren und Starkregen zu verhindern. Alternative Anbauverfahren zum großflächigen Ackerbau könnten ebenfalls erwogen werden, um eine größere Heterogenität der Landschaft zu erzeugen und möglichen Nachhaltigkeitsproblemen zu begegnen, ohne die Flächen für die Lebensmittelgewinnung aufzugeben.

(2) Verwertung

Die erzeugten Ackerkulturen wie beispielsweise Braugerste oder Brotweizen, die nicht die qualitativen Mindestansprüche des Abnehmermarktes an die Brau- und Backqualität erreichen und heutzutage als Viehfutter dienen, könnten einer alternativen Verwendung zugeführt werden. Es könnten z.B. Produkte wie Fladen produziert werden, die keine hohe Backqualität benötigen. Dafür bräuchte es entsprechende Marktstrukturen für diese Produkte, die auf einen übersättigten Markt treffen oder ins Ausland vermarktet werden müssten. Außerdem könnte vermehrt auf anspruchslosere Getreide bzw. Kulturen wie Roggen, Hafer, Buchweizen oder andere Weizensorten, deren Backqualität weniger empfindlich auf niedrigere Proteingehalte reagiert (Saaten Union o. J.O), umgestiegen werden. Beispielsweise kann Roggen zur Brotherstellung verwendet werden, Hafer für Haferflocken oder Müsli und Buchweizen für Grütze.

Das unelastische Angebot der landwirtschaftlichen Produktion und das Nachfrageoligopol des Lebensmitteleinzelhandels setzt die Landwirtschaft ins unterste Marktglied. Handel und/oder Industrie – und nicht die Landwirte – müssten daher entsprechende Strukturen für alternative Erzeugnisse aus qualitativ minderwertigeren Rohstoffen, die andernfalls für die Tierernährung genutzt werden, schaffen. Gleichzeitig wird ein verändertes Konsumenten- und Essverhalten vorausgesetzt. Es dürfte davon ausgegangen werden, dass mehr als 14 % der Futtermittel (nach Mottet et al. 2017: 4) bzw. genutzten Ackerflächen für die menschliche Ernährung verwendbar wären, wenn Anbau und Verwendung geändert werden würden. Die Zahl vermittelt einen falschen Eindruck der Effizienz des aktuellen Systems.

Am Ende hängt die Ausgestaltung von Alternativen, politischen Zielen, wissenschaftlich fundierten Einschätzungen und finanziellen und rechtlichen Prüfungen ab, die aus nachhaltiger und ernährungstechnischer Sicht auch von landwirtschaftlichen Interessenvertretern, der Lebensmittelindustrie und dem Lebensmitteleinzelhandel angestoßen werden müssten, um die Ernährungsversorgung langfristig zu sichern.

Zusammenfassung vom Futterpotential

Das exakte Futterpotential in Deutschland hängt von vielfältigen Bedingungen ab, die Bodenart und Klima einschließen, um die Qualität und Quantität des Grünlandaufwuchses und von Feldfrüchten aus Fruchtfolgen oder für Nahrungsmittel, bei denen Nebenprodukte und Reststoffe anfallen, bestimmen zu können. Vereinfacht lautet die Formel zur Bestimmung des Futteraufkommens:

$$\text{Futterpotential} = \text{Dauergrünland} + \text{nicht essbare Biomasse}$$

Zur nicht essbaren Biomasse zählen (1) Nebenprodukte und Reststoffe aus der Produktion und Lebensmittelindustrie, (2) Feldfuttermittel, die in Fruchtfolgen zur Gesunderhaltung der Äcker notwendig sind

und nicht gleichwertig durch für den Menschen essbare Ackerkulturen oder alternative Landnutzungsverfahren mit Nettogewinn für das Ernährungssystem wie Biodiversitäts- und Klimamaßnahmen ersetzbar sind, oder (3) qualitativ minderwertige Ackerkulturen, die noch keine Verwendung für die menschliche Ernährung haben (siehe 5.3, Abbildung 23). Ein großer Teil dieser Futtermittel ist zumindest theoretisch für den menschlichen Verzehr geeignet. Es würde allerdings einen Wandel des Konsum- und Essverhaltens und evtl. ernährungstechnologische Forschung brauchen.

Dünger

Die Nutzung von organischen Düngern aus der Nutztierhaltung, die chemischen Dünger ersetzen können, gehört ebenfalls in eine vollständige Betrachtung einbezogen, um die Produktivität der Landwirtschaft zu erhalten. Die Grundlage wäre die Ermittlung der Nettodüngemenge bzw. -düngekraft nach Abzug von chemisch-synthetischen Düngemitteln zum Futtermittelanbau und möglichen Humusverlusten durch den Ackerbau.

Tierpopulation

Eine gleichbleibende bis steigende Rinderzahl in MFT auf 10,4-16,6 Mio. ist aus Ernährungssicht anzuraten, um das Produktionspotential auszuschöpfen. Die Populationsgröße sollte an das Flächen- und Futterpotential gebunden werden, um ein effizientes Ernährungssystem zu etablieren. Es wäre gegensätzlich zur aktuellen Entwicklung mit sinkenden Rinderbeständen, die weiterhin vielfach gefordert und diskutiert werden (vgl. Richter et al. 2023: 28). Die Forderung beruht meistens auf Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels, nimmt jedoch in gängigen THG-Bilanzen eine ungeeignete Metrik als Grundlage mit eindimensionaler Sicht.

Biogene Methan- und CO₂-Emissionen gehören zum natürlichen Kohlenstoffkreislauf. Dies wird in öffentlichen THG-Bilanzen und CO_{2eq}-Fußabdrücken für tierische Produkte vernachlässigt. Eine Verminderung dieser Emissionen durch einen Rückgang der Rinderpopulation, Effizienzsteigerungen oder verbesserte Technologien und Fütterung, könnte tatsächlich einen kühlenden Effekt haben und eine kurzfristige Lösung zur Abmilderung der globalen Erwärmung sein (Liu et al. 2021; Allen et al. 2018). Sie könnte jedoch langfristig negative Effekte haben, sollte eine Reduktion und die gesteigerte Produktivität mit einem Anstieg an fossiler Energie verbunden sein, da die biogenen Methanemissionen der Rinder – bei gleichbleibendem Bestand seit mehr als 12-20 Jahren – nicht ursächlich sind für eine weitere Erwärmung. Auch der historische Rinderbestand vor 100 Jahren überstieg die heutige Anzahl (siehe Kapitel 5.3, *Rindviehbestand*). Mögliche Folgen für das Klima und entsprechende Lösungen müssen langfristig und global betrachtet werden.

Der Maßstab zur Bewertung von Treibhausgasen sollten fossile Energien sein, die durch CO₂ langfristig Einfluss auf die Klimaerwärmung haben (vgl. Howarth 2014: 11). Entsprechend müssten

Reduktionsstrategien auch bei anthropogenem fossilen Methan beginnen, das zur Energiegewinnung genutzt wird, und rund ein Drittel des globalen CH₄ ausmacht (Hmiel et al. 2020: 411). Außerdem müsste die Produktionsalternative zu tierischen Produkten aus einer MFT beleuchtet werden. Eine verstärkte pflanzliche Produktion, die die tierischen Produkte ersetzen würde, ist heutzutage ebenfalls auf fossile Energie angewiesen und benötigt Ackerflächen, die langfristig Kohlenstoff freisetzen. Einzig Weiderinder, auch im Vergleich zur Mahd von Grünland, benötigen theoretisch in der Vegetationsperiode keine externe Energie. Die Minimierung des fossilen Energieeinsatzes, besonders für die Winterfutterproduktion, sollte jedoch durch effizientere Technik vorangetrieben werden.

Eine an die Umwelt angepasste Weidehaltung, auch um Überweidung zu verhindern, kann sogar durch die potentielle Kohlenstoffsенke des Graslands auf Jahre oder Jahrzehnte eine negative CO_{2eq}-Bilanz haben – trotz möglicher Nutzung von fossilen Energien für den Produktionsprozess (Wang et al. 2015: 13516; Liebig et al. 2010: 807; National Trust 2012: 8; Stanley et al. 2018: 254) und das Grünland mit vielfältigen Ökosystemfunktionen erhalten.

In diesen Systemen binden Rinder folglich mehr Kohlenstoff als sie emittieren, auch weil der Boden durch eine ganzjährige Vegetationsschicht besser gegen Erosion geschützt ist (Teague et al. 2016; Machmuller et al. 2015: 3). Eine positive Bilanz zeigt sich selbst mit biogenem Methan, das wie ein Bestandgas in diese Berechnungen mit einbezogen ist.

Weitere Möglichkeiten zur Kohlenstoffspeicherung existieren. Beispielsweise steigt die Kapazität der Kohlenstoffakkumulation in Silvopastoralensystemen durch die Pflanzung von Bäumen (Gaitán et al. 2016: 13).

Der weltweite Fleischkonsum wird in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten wegen einer wachsenden Bevölkerung und mit steigendem Wohlstand wahrscheinlich weiter steigen (vgl. OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations 2023: 188). Die Nachfrage sollte durch eine nachhaltigere Produktion abgefangen werden. Letztlich sind Länder und Regionen mit höherer Wasserverfügbarkeit und viel Grünland prädestiniert für die Rinderhaltung, dazu zählen neben Deutschland u.a. auch Irland und Neuseeland.

Historischer Vergleich

Auch im historischen Vergleich halten die Zahlen der Potentialberechnung stand. Fast hundert Jahre alte Aufzeichnungen belegen, dass die Brutto-Milch-Erzeugung 1928 mit 21,7 Mio. t Milch und rund 9,5 Mio. Milchkühen (einschließlich Arbeitstieren) den heutigen Bedarf nach DGE von 20,3 Mio. t decken könnte (Statistisches Reichsamt 1930). Korrigiert um die damals 70 % größere Grünlandfläche bleibt eine Menge von mind. 12,8 Mio. t, die mit Grünlanderträgen zwischen 39-46 dt/ha und Reststoffen erzielt wurden. Zusätzlich gab es mehrere Millionen Pferde mehr als heute, die ebenfalls auf

Futtermittel angewiesen waren. Die heutige Effizienzsteigerung durch Technik, Züchtung, Düngung und Management dürfte die Lücke schließen.

6.1.6 Nachhaltigkeitsstrategien

Eine Kombination unterschiedlicher Strategien ist notwendig, um die Nachhaltigkeit des Systems zu verbessern. Auch wenn die Produktivitätssteigerungen die Erntemengen z.B. von Zuckerrüben, Weizen oder Kartoffeln seit 1928 mehr als verdreifacht haben (Statistisches Reichsamt 1930; Destatis o. J.), zeigt sich die Effizienzstrategie nicht als die Lösung der menschlichen Probleme. Sie erzeugt einen Rebound Effekt, der die Produktion pflanzlicher und tierischer Produkte zunehmen lässt. Als Folge steigt die Weltbevölkerung und mit ihr der Bedarf an Lebensmitteln. Die Überschüsse an relativ billigen Waren werden in Supermärkten und Haushalten über die Mülltonne verschwendet.

Die Effizienzsteigerung dürfte ohne natürliche oder selbstgesetzte (wissenschaftlich fundierte) Grenzen von Produktion und Konsum einen für Menschen bewohnbaren Planeten schneller zerstören als ein ineffizientes System. Die Grenzen dienen somit lediglich zum Schutz der Menschheit und der langfristigen Nutzung von begrenzten natürlichen Gütern.

Folglich muss auch in der Nutztierhaltung die steigende züchterische Kraftfutter-Effizienz von Hochleistungsrassen, die nur zu einer relativen Reduktion von Ackerfuttermitteln führt, und mögliche Energieeinsparungen durch Digitalisierung und Technisierung durch einen gedeckelten Konsum begrenzt werden.

Der ernährungsphysiologische Bedarf an tierischen Produkten sollte somit die erste definierte Grenze darstellen. Dies stellt eine Suffizienzstrategie dar. Die Konsistenzstrategie wird über die richtige Verwertungsreihenfolge der anfallenden Lebensmittel und Reststoffe (menschliche Ernährung, Futtermittel, energetische Nutzung) erfüllt.

Die zweite Grenze wird über das nachhaltige Produktionspotential ermittelt und stellt die Menge dar, die eine tatsächliche Steigerung der Effizienz des Ernährungssystems (durch die ausschließliche Nutzung von nicht-essbarer Biomasse) bewirkt und eine Nahrungskonkurrenz zum Menschen verhindert. In der MFT werden die Strategien zwangsläufig umgesetzt. Das Effizienzargument wäre somit nur unter Einhaltung der beiden Grenzen valide.

Ernährungsphysiologischer Bedarf

Die Debatte dreht sich häufig um tierische Produkte und die Notwendigkeit einer bestimmten Protein- und Produktionsmenge, um den Bedarf zu decken, obwohl eine Vielzahl anderer Produkte einen klaren Mangel ausdrückt. Es werden in Deutschland nach DGE Empfehlungen nicht ausreichende Mengen an Gemüse, Hülsenfrüchten, Obst, Nüssen, Kartoffeln und ausgewählten Vollkorngetreiden konsumiert

(Breidenassel et al. 2022: 61f.). Dies könnte sich bei einem veränderten Ernährungsmuster mit weniger tierischen Produkten ändern.

Effizienz der verschiedenen Systeme

Die moderne Landwirtschaft wird als effizient bezeichnet, weil sie die verwendeten Ressourcen pro Einheit am effizientesten nutzt. Doch es muss hinterfragt werden, ob eine eindimensionale Sicht valide ist, wenn gleichzeitig zu viele Ressourcen eingesetzt werden und die Suffizienz vernachlässigt wird.

Die Weidehaltung und Hinterhofhaltung von Geflügel mit dem höchsten Futterbedarf zeigt die höchste Umwandlungsrate von menschnutzbaren (pflanzlichen) Proteinen zu tierischen Proteinen durch einen weitestgehenden Verzicht von (menschen)essbaren Futtermitteln. In diesen extensiven oder kleinstrukturierten Systemen werden somit mehr Funktionen abgedeckt. Im Gegensatz zum Intensivsystem hat sie dadurch eine positive Proteinbilanz (Mottet et al. 2017: 3).

Es zeigt, dass der Effizienzgrad eines Systems letztlich von der Betrachtung abhängt. Eine Kombination der zwei Effizienzgrade erscheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, um die anfallenden Futtermittel effizient zu nutzen, ohne die Gesamtnahrungsmenge für den menschlichen Verzehr zu reduzieren.

Insgesamt fehlt der Produktivitäts- und Effizienzbetrachtung die ganzheitliche Perspektive. Heute soll ein Landwirt 139 Menschen ernähren können, im Vergleich zu 4 Menschen in 1900 und 10 Menschen in 1949 (Deutscher Bauernverband 2022). Zweifelsohne ist eine starke Effizienzsteigerung in der Landwirtschaft durch moderne Maschinen und Ställe, Spezialisierung, Pflanzenschutzmittel, Mineraldünger und Züchtung zu beobachten. Doch die tatsächliche Produktivitätssteigerung dürfte geringer sein, als öffentlich verbreitet wird, denn die Wertschöpfungskette hat sich verlängert. Dadurch geht nicht nur die Wertschöpfung in der Landwirtschaft verloren, sondern es sind mehr Menschen im vor- und nachgelagerten Bereich tätig (z.B. in Düngemittelfabriken, Maschinenindustrie, Baugewerbe, IT-Unternehmen, Handel oder Lebensmittelindustrie). Früher hat ein Landwirt mehr anfallende Arbeiten selbst ausführen können, von Reparaturen der Fuhrwerke und Geräte über eine eigene Kompostwirtschaft, und höhere Erlöse für die landwirtschaftlichen Produkte erzielen können. Die tatsächliche Berechnung der Effizienzsteigerung müsste alle beteiligten Arbeitskräfte in der Wertschöpfungskette mit einbeziehen.

6.1.7 Ethik und Gesetze

Die aktuelle Produktionspraxis verletzt nach logischen und semantischen Rückschlüssen das Tierschutzgesetz. Das maximale Tierwohl wird aus ökonomischen Gründen nicht umgesetzt. Die folgende Ausführung wird dies eingehend erläutern.

Ethische Grundlage

Im moralischen und rechtlichen Kontext ist es eine entscheidende Frage, wie der Mensch mit Tieren umgehen soll oder darf. Es handelt sich bei Nutztieren um fühlende Wesen. Die Tiere sind nach europäischem und deutschem Recht geschützte Mitgeschöpfe, denen niemand ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen darf (§1 TierSchG). Es zeigt, dass das Leid von Tieren gesetzlich vermieden werden soll. Doch eine objektive Schwelle, wann von Leid und Schmerz zu sprechen ist, fehlt.

Vernunft das geistige Vermögen, Zusammenhänge zu erkennen, zu beurteilen, zu überschauen und sich dementsprechend sinnvoll und zweckmäßig zu verhalten

DWDS o. J.

Auch die fehlende Definition eines *vernünftigen Grundes* zeigt die normative Natur und den permissiven Charakter dieser Gesetze und die Notwendigkeit einer philosophischen Debatte über die moralische Pflicht und Verantwortung des Menschen im Umgang mit Tieren. Es kann als „Platzhalter für das [...] Prüfverfahren des Moral- und Gerechtigkeitsempfindens der menschlichen Vernunft“ (Luy 2018: 7) gesehen werden. Folglich könnte der Umgang mit den Tieren in der deutschen Gesellschaft als Spiegelbild der gesellschaftlichen Moral, Wertvorstellung und Vernunft gesehen werden.

Die Vagheit der Formulierung kann Einfallstor zweier Probleme sein: (1) Durch eine schwache Auslegung kann sie vermeidbares Tierleid und (2) durch die Subjektivität bei der Auslegung staatliche Willkür, beispielsweise durch Veterinärbehörden mit überzogenen Haltungsanforderungen, ermöglichen. Dies stellt ein potentiell Risiko für Tiere und Landwirte dar.

Grundlagen zur Maximierung des Tierwohls

Es dürften zwei Sichtweisen definiert werden, die als Rechtfertigung zur Maximierung des Tierwohls herangezogen werden können: (1) Ein Tier hat einen immanenten moralischen Wert und (2) das Tier ist zu schützen, um negative Folgen für den Menschen und die Gesellschaft zu vermeiden. Mögliche negative Folgen für Mensch und Gesellschaft wie Antibiotikaresistenzen oder Zoonosen wurden in den Nachhaltigkeitskriterien tiefergehend beleuchtet. Die Vernunft würde zur Sicherung der menschlichen Existenz eine Minimierung dieser negativen Effekte anstreben. Der moralische Wert der Tiere ist schwieriger zu bewerten.

Moralischer Wert von Tieren

Es gibt keine moralischen Gründe, die die Gesamtheit der Tiere unter die der Menschen stellen, die willkür- und religionsfrei sind. Die Artgrenze ist moralisch irrelevant festgelegt und kann unter dem Begriff *Speziesismus*, der eine Spezies über eine andere Spezies stellt bzw. die Diskriminierung einer Spezies aufgrund ihrer Artzugehörigkeit rechtfertigt, beschrieben werden (vgl. Luy 2018: 68). Dies zeigt sich daran, dass einzelne Kriterien wie die Intelligenz, die zu einer kognitiven Überlegenheit der menschlichen Spezies als Ganzes gegenüber anderen Tierarten führt, einzelne Individuen der menschlichen Spezies unter ausgewählte Individuen anderer Tierarten fallen lassen kann. Dies betrifft z.B. Menschen innerhalb der frühkindlichen Entwicklung und mit geistigen Einschränkungen, deren Gehirnentwicklung nicht abgeschlossen oder beeinträchtigt ist. Das moderne Moralverständnis verbietet es, diese Menschen als minderwertig zu bezeichnen oder ihnen einen intrinsischen Wert bzw. moralischen Status abzuspochen. Eine konsequente und konsistente Auslegung würde einem Tier somit auch einen moralischen Wert zu schreiben.

In einem größeren Naturverständnis existieren allerdings Kreisläufe und Nahrungsketten. Der Mensch kann sich, trotz seiner Fähigkeit bewusst Entscheidungen zu treffen – im Gegensatz zu einem Löwen auf der Jagd –, als Teil dieses Kreislaufs sehen. Dies würde allerdings voraussetzen, dass die Tierhaltung nicht vom Naturraum und natürlichen Kreisläufen entkoppelt ist. Doch erst mit der Entkopplung von natürlichen Grenzen durch die Nutzung fossiler Energie und Technik ist der menschliche Überkonsum ermöglicht worden. Außerdem ist im Tierreich die Notwendigkeit des Konsums das ausschlaggebende Kriterium.

Verhältnismäßigkeitsprüfung eines vernünftigen Grundes

Unter der Annahme, dass ein Tier einen moralischen Wert hat, was es zu einem schützenswerten Wesen macht, dürfte die Existenz dieses Wesens nur durch die Gefährdung der eigenen Existenz überlagert werden. Unter diesem Blickwinkel könnten unter einem *vernünftigen Grund* nur (1) die notwendige (alternativlose) ernährungsphysiologische Bedarfsdeckung des Menschen und (2) die Steigerung der Gesamteffizienz des Nahrungssystems bei knappen Ressourcen durch die Nutzung von Tieren fallen. Im Umkehrschluss heißt es: Wenn der Grundsatz der Erforderlichkeit tierischer Produkte nicht mehr gegeben wäre, wie es in Deutschland der Fall ist, dürfte aus ernährungsphysiologischer Sicht kein vernünftiger Grund mehr vorliegen, entsprechend wäre es bei einem System, das die Gesamteffizienz nicht steigert.

Die getroffenen Schlüsse zeigen sich auch in der Prüfung des vernünftigen Grundes über die vier Elemente Legitimität, Eignung, Erforderlichkeit und Verhältnismäßigkeit. Die Nutzung und Tötung von Tieren kann als legitim bezeichnet werden, da sie die Eignung haben, lebenswichtige Nährstoffe zu liefern. Die Erforderlichkeit wäre durch gleichwertige pflanzliche Alternativen jedoch nicht gegeben. Auch

kann es aus kulinarischen Gründen weder als erforderlich noch verhältnismäßig gewertet werden. Die menschliche Existenz wäre durch fehlende Geschmackserlebnisse nicht gefährdet, mögliche Alternativen existieren. Das einzige verbliebene Argument aus ethischer Sicht, wenn Tiere tatsächlich schützenswerte Mitgeschöpfe unserer Gesellschaft sein sollen, wäre die Steigerung der Effizienz des Ernährungssystems und die Reduktion des Einsatzes von endlichen Ressourcen durch die Funktionen der Tiere. Dies betrifft die Funktionen *Verwertung* und *Landschaftspflege*, die u.a. fossile Energie von alternativen technischen Lösungen einsparen können. Die Erhöhung der Gesamteffizienz kann im aktuellen System, anders als in der MFT, nicht bestätigt werden, weshalb bei ihr der zweite Grund ebenfalls wegfällt. Die MFT zeigt sich durch seine Effizienz, Reduktion von negativen Effekten und höheren Wertzuschreibung fürs Tier als ethisch vorteilhafter. Der Weg des geringsten Übels könnte somit neben einer Reduktion oder Vermeidung von tierischen Produkten auch die Maximierung des Tierwohls durch verbesserte Haltungssysteme, Management und Schlachtprozesse bedeuten.

Fünf Freiheiten

Die international anerkannten Fünf Freiheiten können diese rechtliche und ethische Lücke nicht schließen und kann sie zum Teil sogar vergrößern. Im Kern der Bewertung steht die Vermeidung von negativen Erfahrungen. Doch dies schafft noch keine positiven Erfahrungen und eine lebenswerte Existenz. Eine vollständige Vermeidung von negativen Reizen, inklusive Schmerz und Unwohlsein, würde den Tieren einen Teil ihres natürlichen Verhaltens rauben und eine ununterbrochene Überwachung sowie verstärkte Medikation notwendig machen.

Außerdem gehören negative Reize zu genetisch verankerten Verhaltensmechanismen, die das Überleben der Tiere sichern und Verhaltensanpassungen auslösen sollen (Mellor 2016) – beispielsweise sind Hunger und Durst die Motivation zum Fressen und Trinken. Eine Differenzierung in Intensität, Dauer und möglicher Linderung dieser Reize ist ebenfalls vorzunehmen. Unangenehme Erfahrungen, die nicht wirksam durch verhaltensmäßige und physiologische Reaktionen gelindert werden können, können einen größeren negativen Einfluss auf das Wohlergehen haben als akute, aber kurzlebige Erfahrungen (Mellor et al. 2020: 5).

Es wird auch nicht zwischen physischen/funktionalen (Unterernährung, Krankheit etc.) und affektiven (Durst, Hunger, Unbehagen, Angst etc.) Elementen unterschieden. Eine systematische und kohärente Ermittlung der Freiheitsbeeinträchtigung oder des Tierwohls ist auf dieser Basis nicht durchführbar (ebd.: 8). Zusätzlich müssten die positiven Erfahrungen eines Systems gegengerechnet werden.

Im wissenschaftlichen und rechtlichen Kontext disqualifizieren sich die Fünf Freiheiten. Sie sind nicht mess- oder operationalisierbar und können durch ihre Subjektivität u.a. gesetzliche Willkür verstärken. Die Vorstellung des FAWC, dass es sich um Idealzustände und einen logischen und umfassenden Rahmen für die Bewertung des Tierwohls handelt (FAWC 2009), kreierte die Erwartung, dass diese

Freiheitszustände tatsächlich vollständig erreichbar wären (Mellor 2016: 3). Dies ist in der Realität nicht möglich.

Die Wahrung einer Freiheit kann zum Verlust einer anderen Freiheit führen. Dies zeigt sich beispielsweise in der Fixierung eines Rindes zu Behandlungszwecken (Freiheit 3), die Angst (Freiheit 5) auslöst und das Normalverhalten (Freiheit 4) kurzfristig einschränkt. In der konventionellen Stallhaltung sind die Freiheiten der Rinder in jedem Moment ihrer Existenz verletzt, ohne die Freiheit zum Ausleben normalen Verhaltens durch eine nicht natürliche und artgerechte Umgebung, selbst wenn Komfort und Fütterung perfektioniert würden. Auch die Prävalenzstudie zeigt zahlreiche Verletzungen der fünf Freiheiten in der heutigen Milchviehhaltung, u.a. durch Nackenriegel, kleine Liegeboxen, verschmutzte Laufflächen, hohe Belegungsdichten, rutschige oder zu abrasive Böden und Lahmheit (Hodemaker et al. 2020a: 131-135).

Menschliche Analogie zur Verdeutlichung

Im menschlichen Kontext wäre der Vergleich zu einem modernen Gefängnis angebracht. Den Insassen steht Verpflegung, komfortabler Unterschlupf, Kontakt zu Mitmenschen und ausreichend Aktivität zur Verfügung, die den Fünf Freiheiten entsprechen, und doch wird die Inhaftierung in Europa als größtes Mittel der Bestrafung angesehen und als Freiheitsentziehung bezeichnet.

„Je mehr Möglichkeiten ein Haltungsverfahren den Tieren zur Ausübung ihres Normalverhaltens bietet und je besser ihr biologischer Bedarf erfüllt wird, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigt ist.“

(Brade & Flachowsky 2007: 90)

Das Beispiel zeigt, dass die Fünf Freiheiten nicht automatisch zu einem guten Leben führen und die fundamentalste Freiheit eines Wesens die freie Entscheidung bzw. Autonomiefähigkeit ist, selbst wenn es mehr Potential für Leid und Unbehagen tragen könnte. Folglich müssen die Fünf Freiheiten auch nicht das Tierwohl verbessern.

Doch durch die Einschränkung des Bewegungsraums durch Zäune und Mauern, die Krankheitsübertragungen und den Schutz von Tier und Mensch ermöglichen sollen, braucht es zwangsläufig einen geeigneten Maßstab, um das Tierwohl bzw. Tiergerechtigkeit zu bewerten, da ein Teil der Autonomie eines Tieres zwangsläufig genommen wird. Am Ende geht es um das größte Freiheitspotential. Dies bietet die MFT.

Auch das Fünf-Domänen-Modell kann nur als Leitfaden verwendet werden. Es ist dem Fünf Freiheiten überlegen, da ihm die Absolutheit in der Formulierung fehlt und es auch positive Zustände erkennt.

Wirtschaftliche Argumente

Der wirtschaftliche Nutzen als Kriterium wurde vom Bundesverwaltungsgericht bereits eingeschränkt. 2019 wurde das Töten männlicher Küken mit einer Übergangszeit untersagt, da „das wirtschaftliche

Interesse an speziell auf eine hohe Legeleistung gezüchteten Hennen für sich genommen kein vernünftiger Grund im Sinne von § 1 Satz 2 TierSchG für das Töten der männlichen Küken aus diesen Zuchtlinien“ ist (BVerwG 2019). Analog dürften beispielsweise vermeidbare Schmerzen durch die Nutzung von Hochleistungsmilchrassen (vgl. Bauer et al. 2021) ebenfalls keinen vernünftigen Grund darstellen.

Inkonsequenterweise sind andere vermeidbare Schmerzen nach TierSchG aus wirtschaftlichen Gründen gestattet wie zahlreiche Eingriffe von Kastration, Enthornung und Schwanzkürzung zeigen, obwohl diese Maßnahmen abweichend von §5 Abs. 2 TierSchG vergleichbare Eingriffe beim Menschen nicht ohne Betäubung erfolgen würden und es (teurere) schmerzfreie(re) Alternativen gibt. Dies schließt Haltungssystem, Zucht und den Tötungsprozess ein, deren Grundlage die Ökonomie und nicht die Vernunft ist. Auch der Import von Produkten mit niedrigeren Tierwohlstandards ist weiterhin in Deutschland erlaubt.

Rolle des Menschen

Die Doppelrolle des Menschen als Richter und Täter ist unüberwindbar. Es spricht jedoch für eine logisch schlüssige Handhabung. Es ist fraglich, ob dies im aktuellen System bei der gängigen Produktionspraxis und den Konsummustern gegeben ist. Ökonomische, kulinarische und prozesstechnische Gründe dürften sich, wie erwähnt, nicht als vernünftigen Grund qualifizieren, besonders nicht, wenn sie die Lebensgrundlage von Mensch und Tier durch Umweltschäden schleichend verschlechtern und es neben vollwertigen pflanzlichen Nahrungsmitteln ein zunehmendes Angebot an Fleisch- und Milchalternativen gibt.

Auch dürfte nach Logik des Utilitarismus kein vernünftiger Grund vorliegen, wenn die Tötung – und in diesem Zusammenhang einhergehende Züchtung und Haltung – eines Tieres für die Gesellschaft größere Schäden verursacht als der Nutzen, der aus den tierischen Produkten resultiert, z.B. durch ein erhöhtes Zoonoserisiko, Antibiotikaresistenzen und Fehlernährung. Es stellt auch eine inkonsistente Auslegung des Utilitarismus dar, da die Überhöhung der Interessen der gesellschaftlichen Mehrheit im menschlichen Kontext die Grundlage für die Diskriminierung von Minderheiten ermöglichen würde. Gleichzeitig wird der Grundsatz im menschlichen Kontext verletzt, wenn die Mehrheit der Weltbevölkerung unter den aktuellen Ernährungsmustern leidet und die Ernährungsunsicherheit durch einen zu hohen Konsum tierischer Produkte vergrößert wird – der globale Süden erleidet einen Mangel, der globale Norden einen Überschuss, der gesundheitliche Probleme verursacht (Sun et al. 2021).

Die Minimierung von Leid, die eine tragende gesellschaftliche Maxim ist, müsste aus Gründen der Konsistenz und Unbefangenheit beim Fehlen moralisch relevanter Unterscheidungen auf alle Lebewesen ausgeweitet werden (Kemmerer 2006: 489f.). Im Tierschutzgesetz fehlt auch die Verankerung, dass einem Nutztier eine positive Gegenleistung für die in Anspruch genommenen Leistungen geboten wird,

statt nur Leid und Schmerz zu vermeiden. Nur dann würde das inerte Moral- und Gerechtigkeitsempfinden des Menschen nicht verletzt (vgl. van Gall & Luy 2019: 152f.; Luy 2018: 141).

Am Ende überwiegen die kurzfristigen arbeits- und betriebswirtschaftlichen Interessen unter Vernachlässigung der langfristigen volkswirtschaftlichen, ökologischen und strukturpolitischen Nachteile (Bolliger & Gerritsen 2010: 12). Der Tierschutz wird zurückgestellt, um das volkswirtschaftliche Wachstum, die Wettbewerbsfähigkeit oder etablierte Ernährungsmuster nicht zu gefährden. Es bedeutet, dass der Nutzen für den Menschen oder Tierhalter – selbst bei reinen wirtschaftlichen Aspekten – die Belastung und Unversehrtheit des Tieres überlagert.

6.2 Methode

Im zweiten Abschnitt der Diskussion wird verstärkt auf die Methodik eingegangen. Mögliche alternative Vorgehen bei der Berechnung vom Multifunktionalitätsgrad, Nachhaltigkeitswert und Produktionspotential werden im Folgenden aufgeführt.

6.2.1 Multifunktionalitätsgrad

In dieser Arbeit handelt es sich nur um eine mögliche Metrik zur Berechnung des Multifunktionalitätsgrads. Sie wurde ausgewählt, um quantifizierbare Parameter verwenden zu können. Die Berechnung könnte alternativ auch über erfüllte Punkte einer Bewertungsskala für die einzelnen Funktionen erfolgen.

Die maximal angenommene Rohstoffmenge in der Funktion *Rohstoffe* bezieht sich auf den höchsten erzielbaren Produktionswert in Deutschland. Alternativ könnte auch die Leistung, die über Grundfutter (ohne Maissilage) mit und ohne essbare Biomasse (Kraft-/Saftfutter) maximal erzielbar wäre, verwendet werden. Um eine Überschneidung mit der Funktion *Verwertung* auszuschließen, wurde das deutsche Produktionsmaximum verwendet.

6.2.2 Nachhaltigkeitswert

Im Nachhaltigkeitsvergleich tauchen Doppelnennungen von Kriterien in unterschiedlichen Dimensionen auf (z.B. *Arbeitsplatzsicherheit* in Gesellschaft und *Standardisierung und Automatisierbarkeit* in Ökonomie). Um Redundanzen in Hierarchien zu verhindern, hätte auf Doppelzählungen von Werten, die mit anderen Zielen in der Hierarchie verbunden sind, verzichtet werden können (vgl. Marttunen et al. 2019: 8). Durch den Einfluss auf unterschiedliche Ziele und einer möglichen zielbasierten Gewichtung der einzelnen Dimensionen wurde dies in den entsprechenden Fällen akzeptiert.

Auch ist eine klare Trennung zwischen den Dimensionen nicht immer zweifelsfrei möglich. Beispielsweise hat das Management in der Nutztierhaltung Einfluss auf Kriterien in anderen Dimensionen wie

Krankheiten (Haltung) durch ihre Multifaktorialität. Auch die einzelnen Dimensionen Luft, Wasser, Boden und Biodiversität sind, da sie Teil von natürlichen Kreisläufen sind, zwangsläufig verflochten. Abweichende Einteilungen von einzelnen Kriterien wären möglich. Dies hätte höchstens in Abhängigkeit der Gewichtungsart einen Einfluss.

Der Nachhaltigkeitswert stellt eine relative und keine absolute Bewertung zwischen den Systemen dar. Die Datenqualität des Nachhaltigkeitswertes ist durch die Transformation der Farbskala schwach. Durch die Verwendung einer Ordinalskala sind die Differenzen zwischen den Systemen nicht interpretierbar. In Zukunft könnte die Datenqualität durch Festlegung eines gemeinsamen Bewertungsstandards und Erhebung von Betriebsdaten höher liegen und eine absolute Bewertung darstellen. Entsprechend wären die Unterschiede zwischen den Systemen über erhobene metrische Daten interpretier- bzw. bezifferbar.

6.2.3 Hierarchische Gewichtung

Eine Subjektivität der Gewichtung konnte nicht vermieden werden. Es können in Abhängigkeit von der Gewichtung unterschiedliche Gesamtwerte entstehen. Dies kann dazu führen, dass einzelne Dimensionen oder Kriterien unter- oder überrepräsentiert werden. Durch die hierarchische Gewichtung auf der Nachhaltigkeitsebene wurden die Dimensionen mit mehr Kriterien abgeschwächt. Der Einfluss in dieser Arbeit war marginal. Unterschiede in der Rang- bzw. Reihenfolge der einzelnen Systeme sind nicht entstanden. Um das Problem zu umgehen, wäre es geeigneter, eine ähnliche Zahl an Kriterien pro Dimension zu haben (vgl. Marttunen et al. 2018). Es würde jede Dimension und jedes Kriterium gleichwertig in den Gesamtwert einbeziehen.

Auch die Gewichtungen vom Multifunktionalitätsgrad wurden frei festgelegt, um die Rohstofffunktion für das Ernährungssystem zu priorisieren. Sie könnten an entsprechende Ziele angepasst werden. Durch den Fokus wurden die gängigen Systeme mit hohem Rohstoffoutput bevorzugt.

6.2.4 Potentialberechnung

Mögliche Probleme der Futtermittelmischung in Bezug auf die Pansensynchronisation oder das Futterraufnahmevermögen der Tiere wurden nicht betrachtet. Es hätte auch eine genauere Unterteilung mit spezifischen Futterwerten (z.B. von Grassilage oder Heu) vorgenommen werden können. Der berechnete Futterbedarf liegt höher, da auch Milchkühe, die keine Kalbung hatten, voll einberechnet wurden. Dies könnte in einer exakteren Berechnung angepasst werden. In diesem Fall stellt es einen weiteren Puffer dar. Eine Ausweitung auf andere Tierarten (besonders Wiederkäuer) wäre ebenfalls möglich, dies erfolgte nicht.

Zusätzlich könnten weitere pflanzliche Nebenprodukte und Reststoffe aus der Industrie, Ernterückstände sowie Feld- und Gartenfrüchte, die nicht-verkäuflich bzw. qualitativ minderwertig sind (siehe 5.3, Abbildung 23), in die Berechnung mit einfließen.

6.2.5 Limitationen

Unterschiedliche Standards, Betrachtungseinheiten und Definitionen erschweren die Auswertung und Vergleichbarkeit der Studien. Dies zeigt sich beispielsweise in der genannten Studien zum Eutrophierungspotential von Tichenor et al. (2017) oder bei der Ermittlung von der idealen Beweidungsintensität zur Erhöhung der Biodiversität. In Deng et al. (2014: 3) wurde die Beweidungsintensität über die Distanz von Siedlungen bzw. Stallungen, in Hart (2001: 112) über den Abtrag von Grünmasse pro Hektar und in Liang et al. (2021: 2056) über die Anzahl an Tieren (Schafen) pro Hektar festgelegt. Auch viele andere Studienergebnisse sind theoretisch nur auf ausgewählte Standorte und spezifische Bedingungen bezogen. Sie wurden für diese Studie zum Teil verallgemeinert.

Die Einführung und Umsetzung von wissenschaftlichen Erhebungsstandards würde den Vergleich vereinfachen und bessere Rückschlüsse für die unterschiedlichen Boden- und Klimaeigenschaften ermöglichen.

Nicht einbezogen

In die Betrachtung wurden keine ernährungsphysiologischen Vorteile von tierischen Produkten wie z.B. die Aminosäurezusammensetzung einbezogen. In einer vollständigen Betrachtung ist dies notwendig, um pflanzliche und tierische Proteine und deren jeweiligen Flächen- und Ressourcenbedarf zu vergleichen.

Es wurde auch nicht betrachtet, wie sich mögliche fehlende tierische Dünger, z.B. bei Ausscheidung auf der Weide, auf die Ackerfruchtbarkeit bzw. Erträge im Ackerbau auswirken. Auch die Fleischqualität der unterschiedlichen Systeme könnte in tiefergehenden Betrachtungen einbezogen werden.

7 Fazit und Ausblick

Die Multifunktionale Nutztierhaltung kann die Effizienz des Ernährungssystems durch die ausschließliche Verwendung von nicht-essbarer Biomasse erhöhen. Diese ist über den (1) Dauergrünlandanteil, (2) pflanzliche Nebenprodukte und Reststoffe aus der Produktion und Lebensmittelindustrie und (3) notwendige Fruchtfolgekulturen, die positive Effekte auf die Bodenfruchtbarkeit haben, begrenzt. Eine Nahrungskonkurrenz zum Menschen wird dadurch verhindert. Das Nahrungsangebot der Nutztiere ist die Basis für das Produktionspotential und stellt eine natürliche Grenze des menschlichen Konsums und der Nutztierpopulation dar. In einer nachhaltigen Wirtschaft erscheinen natürliche oder künstliche Grenzen als Gegengewicht zur Steigerung der Effizienz notwendig, um einen Rebound-Effekt zu verhindern.

Die Multifunktionale Nutztierhaltung dürfte das Potential haben, die Nachhaltigkeitsprobleme auf der gesellschaftlichen, ökologischen und tierethischen Ebene zu lösen. Sie stellt das Tier über seine Funktionen in den Mittelpunkt. Das Tierwohl wird zur Notwendigkeit einer uneingeschränkten Funktionsausübung. Die Zielwerte können sich daraus folgend an den Funktionen (Rohstoffe, Pflege, Verwertung und Arterhalt) und der natürlichen Lebensumwelt der jeweiligen Tierart und -rasse orientieren, die als Mindeststandard des Haltungssystems herangezogen werden. Die Tiere wären aus züchterischer Sicht notwendigerweise an ihre Umwelt angepasst. Einzelne Kriterien wie die Milchleistung hätten einen balancierten Stellenwert.

Es würde eine pragmatischere und zielführendere Lösung darstellen als aktuelle staatliche Maßnahmen mit steigender Dokumentation und Überwachung. Denn die Erhöhung der Multifunktionalität zeigt auch positive Effekte auf die Nachhaltigkeitskriterien. Ein hoher Multifunktionalitätsgrad wäre folglich ein einfacher Proxy zur Bestimmung der Nachhaltigkeit, der durch tierbezogene Indikatoren (Abkalbequote, Mortalitätsrate, Absetzerquote, Nutzungsdauer, Eutergesundheit, Lahmheitsprävalenz und standort- und rassebezogene Leistungsparameter (Milchleistung und Tageszunahmen)) zur Überprüfung des Tierwohls ergänzt werden könnte. Ausgenommen von der Lahmheit wären diese Indikatoren theoretisch direkt über das Herkunftssicherungs- und Informationssystem Tiere (verknüpft mit Abdeckermeldungen) und Milchkontrollen ermittelbar. Einzig eine (digitale) Datenvernetzung zwischen Schlachtunternehmen, Landeskontrollverbänden, Molkereien, Tierkörperbeseitigungsanstalten und landwirtschaftlichen Betrieben (HIT) könnte zur Kontrolle notwendig sein.

Das minimale Produktionspotential von 18,5 Mio. t könnte nahezu den ernährungsphysiologisch empfohlenen Milchbedarf nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ernährung decken und mit 29,6 Mio. t maximal den heutigen Konsum erreichen. Bei Fleisch wären mit 644,2 Tsd. t mindestens $\frac{1}{4}$ des heutigen Rindfleischkonsums erzielbar und mit 1030,0 Tsd. t maximal die Hälfte des empfohlenen Fleischbedarfs. Ein geringerer Konsum tierischer Produkte und selbst ein vollständiger Verzicht wären

für den Großteil der Bevölkerung jedoch gesundheitlich unbedenklich oder sogar vorteilhaft. Dies betrifft die direkten negativen Folgen eines zu hohen Fleischkonsums (u.a. Sun et al. 2021), aber auch indirekte Effekte wie eine Reduktion des Zoonosen- und Resistenzbildungsrisikos (Espinosa et al. 2020; Hayek 2022), die gesellschaftliche und individuelle Gesundheitskosten erhöhen. In diesem Fall wäre der einzige vernünftige Grund, der die Nutzung und Tötung von Tieren rechtfertigen könnte und laut Tierschutzgesetz vorliegen muss, die Erhöhung der Effizienz des Ernährungssystems. Dies ist im heutigen Nutztiersystem anders als in einem zirkulären System (vgl. van Zanten et al. 2018) wie der MFT nicht gegeben.

Die Multifunktionalität muss nicht auf die Funktionen der Tiere begrenzt bleiben. Das Ziel könnte auch eine möglichst hohe Flächenmultifunktionalität sein. Es kann die Kombination von unterschiedlichen Tierarten wie Schafen und Rindern bedeuten oder die gemeinsame Nutzung von Bäumen oder moderner Technik wie Weide-PV Anlagen zur Stromgewinnung, die gleichzeitig als Unterstand für Nutztiere verwendet werden könnten. Die einzelnen Einteilungskriterien können auf andere Tierarten, die diese Funktionen erfüllen, übertragen werden.

Die moderne Landwirtschaft wird maßgeblich von ökonomischen Faktoren geprägt. Doch die Vernachlässigung einer Nachhaltigkeitsebene würde durch die starke Verknüpfung von Umwelt, Mensch und Wirtschaft, die von natürlichen Ressourcen und Humankapital abhängig ist, mittel- bis langfristig zur Stagnation und Minderung des Wohlstands führen. Es ist fraglich, ob Politik und Wirtschaftssystem auf die einzige nicht natürliche Komponente ausgerichtet werden sollten oder ob sich die Ökonomie zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen nicht den anderen drei Dimensionen unterordnen müsste. Auch die Tiere und ihr Wohlergehen gehören einbezogen, da ihre Vernachlässigung nicht nur negative Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und moralischen Kohärenz haben kann, sondern sie auch ökologische Ressourcen nutzen.

Nachhaltige Nutztierhaltung

Eine nachhaltige Nutztierhaltung ist eine landwirtschaftliche Praxis, die darauf abzielt, Tiere auf eine Art und Weise zu halten, die die negativen Auswirkungen auf die Umwelt minimiert, das Wohlergehen der Tiere fördert und die langfristige Lebensfähigkeit des Betriebs unterstützt.

Alternative Systeme wie die *Ställe der Zukunft*, die mehr Tierwohl umsetzen könnten, wären durch niedrigere Produktionsmengen von denselben finanziellen Problemen betroffen wie die Multifunktionale Nutztierhaltung. Sie hätten gleichzeitig höhere Produktionskosten durch die Investitionen in moderne Ställe und Technik. Das Tierwohlpotential von kostengünstigeren Weidesystemen wie der MFT würden sie verfehlen. Durch die gleichmäßigere Verteilung der Viehbestände in der MFT und den Weideschuss wäre eine Dezentralisierung der Molkereien und Schlachthöfe notwendig, um die Transportwege zu reduzieren.

Ein nachhaltiges Zukunftskonzept dürfte sich nicht an der aktuellen landwirtschaftlichen Struktur und Nachfrage orientieren, sondern müsste das natürliche Potential – ob lokal oder global – und den ernährungsphysiologischen Bedarf als Grundlage nehmen. Die Steigerung der landwirtschaftlichen und technischen Effizienz ist eine Möglichkeit, die Nachhaltigkeit zu erhöhen, doch auch ein verändertes Konsumentenverhalten stellt sich als notwendig heraus. Die richtige Verwertungsreihenfolge der anfallenden Lebensmittel und Reststoffe stellt sicher, dass die menschliche Ernährung (Stufe 1) vor Futtermitteln (Stufe 2) und der Energieerzeugung (Stufe 3) priorisiert wird.

In einer globalisierten Welt dürfte nur eine globale Perspektive eine Lösung bringen. Treibhausgase und hungrige Menschen kennen keine Grenzen. Kriege, Flüchtlingsströme und gesellschaftliche Unruhen könnten beispielsweise durch eine fehlende Ernährungssicherheit, die vom aktuellen Nutztiersystem verstärkt werden kann, ausgelöst werden. Sie könnten auch die sozialen Probleme und Brennpunkte in Deutschland vergrößern.

Wenn das moderne Agrarsystem kurzfristig und lokal gedacht wird und gleichzeitig globale Ressourcen und Märkte nutzt, entsteht unweigerlich ein Konflikt. Die Einführung von staatlichen oder überstaatlichen Mindeststandards für Umwelt und Tierwohl muss mit einer ausreichenden Finanzierung der Landwirte, die zu Planungssicherheit und kostendeckenden Erzeugerpreisen führen, und einem Außenschutz für Produkte, die diese Standards nicht erfüllen, verknüpft werden.

Eine fehlende Umsetzung des Außenschutzes dürfte zur Produktionsverlagerung ins Ausland führen und die globalen Umwelt- und Tierwohlprobleme verstärken. Auch ein Abbau der Rinderbestände, besonders in Ländern mit hohem Grünlandanteil und Wasserverfügbarkeit, dürfte im langfristigen Zeitraum, um Treibhausgase einzusparen, kontraproduktiv sein, vor allem bei einer fehlenden Fokussierung auf fossile Energie, deren Abhängigkeit in intensiven Systemen höher ist, und einem unverändert hohen Bedarf an tierischen Produkten, der die Verlagerungseffekte verstärken würde.

Eine Kritik an der Nutztierhaltung – und im Speziellen an Rindern – muss letztlich zwischen Haltungssystemen, Fütterungsweisen und Standortbedingungen differenzieren.

Die Nutztierhaltung ist nur eine Stellschraube in einem zukunftsfähigen Ernährungs- und Gesellschaftssystem. Letztlich werden zahlreiche gesellschaftliche Nachhaltigkeitsprobleme auf die Landwirtschaft abgewälzt. Die steigende Weltbevölkerung, Siedlungs- und Straßenbau, Lebensmittelverschwendung oder die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Energieproduktion, zulasten der Nahrungsmittelproduktion, erhöhen die Notwendigkeit zu immer höherer Effizienz. Dadurch ist eine Landwirtschaft entstanden, die stärker auf endliche Ressourcen wie fossile Energie angewiesen ist.

Auch die Böden sind weltweit eine stark begrenzte Ressource, deren Fruchtbarkeit u.a. durch Trockenheit, Erosion, Versalzung, Vegetationsrückgang und Humusverlust zunehmend gefährdet ist (Prävälje et al. 2021). In Zukunft dürften sich die Probleme durch Wasserknappheit und steigende

Temperaturen beim Klimawandel verstärken, die besonders den Hitzestress bei Hochleistungsmilchkühen erhöhen – die bereits an ihre physiologischen Grenzen stoßen.

Die Nutztierhaltung ist somit nicht die einzige Branche, die den Druck auf die Böden und Ressourcen erhöht. Dennoch wird sie medial und politisch als ein Hauptschauplatz verwendet, obwohl sie einen positiven Beitrag zur essentiellsten Grundlage der menschlichen Existenz liefert: der Nahrungsmittelversorgung. Es sollte nicht darüber diskutiert werden, ob die Nutztierhaltung eine Zukunft hat, sondern wie sie nachhaltig eine Zukunft haben kann. Die Multifunktionale Nutztierhaltung kann diese Lücke schließen.

Insgesamt braucht es eine bessere Datenverfügbarkeit zur deutschen Nutztierhaltung, besonders zu Mastrindern, und Tierwohlintikatoren. Um das genaue Potential eines Systems und die Effekte auf die Nachhaltigkeit zu bestimmen, wären spezifische Daten zu Klima und Bodenart für die einzelnen Kriterien notwendig. Über Praxisdaten und statistische Auswertungen müsste die festgestellte positive Verbindung zwischen Multifunktionalität der Funktionen und Nachhaltigkeitsaspekten bestätigt werden. Auch die mögliche Nutzung von Nebenprodukten und Reststoffen für die menschliche Ernährung und die Umsetzbarkeit einer standardmäßigen Einführung des Weideschusses müsste weiter untersucht werden.

Und am Ende ist zu entscheiden, wie viel Land der Natur und den Wildtieren überlassen werden sollte.

8 Literaturverzeichnis

- Abler, David (2004): „Multifunctionality, Agricultural Policy, and Environmental Policy“ *Agricultural and Resource Economics Review*. (33)Nr. 1 (2004), 8–17. doi:10.1017/S1068280500005591
- Alao, Babatunde, Falowo, Andrew, Chulayo, Amanda und Muchenje, Voster (2017): „The Potential of Animal By-Products in Food Systems: Production, Prospects and Challenges“ *Sustainability*. (9)Nr. 7 (2017), 1089. doi:10.3390/su9071089
- Allen, J. D., Hall, L. W., Collier, R. J. und Smith, J. F. (2015): „Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress“ *Journal of Dairy Science*. (98)Nr. 1 (2015), 118–127. doi:10.3168/jds.2013-7704
- Allen, Myles R., Shine, Keith P., Fuglestedt, Jan S., Millar, Richard J., Cain, Michelle, Frame, David J. et al. (2018): „A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation“ *npj Climate and Atmospheric Science*. (1)Nr. 1 (2018), 16. doi:10.1038/s41612-018-0026-8
- Alsaad, M., Huber, S., Beer, G., Kohler, P., Schüpbach-Regula, G. und Steiner, A. (2017): „Locomotion characteristics of dairy cows walking on pasture and the effect of artificial flooring systems on locomotion comfort“ *Journal of Dairy Science*. (100)Nr. 10 (2017), 8330–8337. doi:10.3168/jds.2017-12760
- Alvarez, Ramón A., Zavala-Araiza, Daniel, Lyon, David R., Allen, David T., Barkley, Zachary R., Brandt, Adam R. et al. (2018): „Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain“ *Science*. (2018), eaar7204. doi:10.1126/science.aar7204
- Ammann, C., Bretscher, D. und Voglmeier, K. (2018): *Einfluss des Futterprotein-Gehaltes auf die Ammoniak-Emission bei Weidehaltung von Milchkühen*. Verfügbar unter: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/wirtschaft-technik/betriebswirtschaft/publikationen/_jcr_content/par/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.html/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BllmNoL2ZyLUNIL1BhZ2UvUH/VibGlrYXRpb24_ZWluemVscHVibGlrYXRpb25jZD00MDY0NCZw/YXJlbnRVcmw9JTJmZGUtQ0glMmZQYWdJmUHVibGlrYXRpb25zbGlzdGUIMm-ZJbmRleE1pdGFyYmVpdGVyJTNmYWdyb3Njb3BI/SWQIM2Q1MDI0.html [06.10.2023].
- Ammann, Christof, Voglmeier, Karl, Münger, Andreas und Bretscher, Daniel (2019): „Reduktion der Ammoniak-Emissionen auf der Weide“ *Agrarforschung Schweiz*. (2019). Verfügbar unter: <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2019/01/reduktion-der-ammoniak-emissionen-auf-der-weide/#links> [20.08.2023].
- Amon, Barbara, Borghardt, Gabriele, Büscher, Wolfgang, Düsing, Doris, Elberskirch, Kerstin, Eurich-Menden, Brigitte et al. (2021): „Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft mindern“ (UBA & KTBL, Hrsg.) (2021). Verfügbar unter: https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Artikel/Emissionen/Ammoniakemissionen_in_Landwirtschaft_mindern.pdf [06.10.2023].
- de Andrade Kogima, Paula, Diesel, Taciana Aparecida, Vieira, Frederico Márcio Correa, Schogor, Ana Luiza Bachmann, Volpini, Alana Aparecida, Veloso, Géssica Jaine et al. (2022): „The Welfare of Dairy Cows in Pasture, Free Stall, and Compost Barn Management Systems in a Brazilian Subtropical Region“ *Animals*. (12)Nr. 17 (2022), 2215. . Multidisciplinary Digital Publishing Institute doi:10.3390/ani12172215
- Arfuso, Francesca, Zumbo, Alessandro, Castronovo, Calogero, Giudice, Elisabetta, Piccione, Giuseppe, Monteverde, Vincenzo et al. (2023): „The housing system influences daily total locomotor activity (TLA) in dairy cows“ *Biological Rhythm Research*. (54)Nr. 1 (2023), 131–139. . Taylor & Francis doi:10.1080/09291016.2022.2098447
- Bailey, John, Brandsma, Jeanet, Busqué, Juan, Elsaesser, Martin, Golinski, Piotr, Gomes Crespo, David et al. (2016): *EIP-AGRI Focus Group: Profitability of permanent grassland*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eipagri_fg_permanent_grassland_final_report_2016_en.pdf [03.07.2023].
- Bajan, Bartłomiej, Łukasiewicz, Joanna, Poczta-Wajda, Agnieszka und Poczta, Walenty (2021): „Edible Energy Production and Energy Return on Investment—Long-Term Analysis of Global Changes“ *Energies*. (14)Nr. 4 (2021), 1011. . Multidisciplinary Digital Publishing Institute doi:10.3390/en14041011
- Barnosky, Anthony D. (2008): Megafauna Biomass Tradeoff as a Driver of Quaternary and Future Extinctions. In N.R. Council (US), J.C. Avise, S.P. Hubbell & F.J. Ayala (Hrsg.), *In the Light of Evolution: Volume II: Biodiversity and Extinction*. . National Academies Press (US). Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK214869/> [01.08.2023].
- Bar-On, Yinon M., Phillips, Rob und Milo, Ron (2018): „The biomass distribution on Earth“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. (115)Nr. 25 (2018), 6506–6511. doi:10.1073/pnas.1711842115

- Barreto, Andréa Do Nascimento, Barioni Junior, Waldomiro, Pezzopane, José Ricardo Macedo, Bernardi, Alberto Carlos De Campos, Pedroso, André De Faria, Marcondes, Cintia Righetti et al. (2022): „Thermal comfort and behavior of beef cattle in pasture-based systems monitored by visual observation and electronic device“ *Applied Animal Behaviour Science*. (253) (2022), 105687. doi:10.1016/j.applanim.2022.105687
- Batjes, N.h. (1996): „Total carbon and nitrogen in the soils of the world“ *European Journal of Soil Science*. (47)Nr. 2 (1996), 151–163. doi:10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x
- Battaglia Richi, Evelyne, Baumer, Beatrice, Conrad, Beatrice, Darioli, Roger, Schmid, Alexandra und Keller, Ulrich (2015): „Health Risks Associated with Meat Consumption: A Review of Epidemiological Studies“ *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. (85)Nr. 1–2 (2015), 70–78. doi:10.1024/0300-9831/a000224
- Battagliese, Thomas, Andrade, Juliana, Vinas, Rafael, Stackhouse-Lawson, Kim, Rotz, C. Alan und Dillon, Jasmine (2015): *Submission for Verification of Eco-efficiency Analysis Under NSF Protocol P352, Part B*. Nr. ba. Verfügbar unter: <https://info.nsf.org/Certified/Sustain/ProdCert/C0023412-004.pdf> [07.09.2023].
- Bauer, A, Martens, H und Thöne-Reineke, C (2021): „Tierschutzrelevante Zuchtprobleme beim Milchvieh – Interaktion zwischen dem Zuchtziel „Milchleistung“ und dem vermehrten Auftreten von Produktionskrankheiten“ *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*. Nr. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 134, 1-9 (2021), 1–9. doi:10.2376/1439-0299-2021-5
- Becker, J., Schüpbach-Regula, G., Steiner, A., Perreten, V., Wüthrich, D., Hausherr, A. et al. (2020): „Effects of the novel concept ‘outdoor veal calf’ on antimicrobial use, mortality and weight gain in Switzerland“ *Preventive Veterinary Medicine*. (176) (2020), 104907. doi:10.1016/j.prevetmed.2020.104907
- Beillouin, Damien, Corbeels, Marc, Demenois, Julien, Berre, David, Boyer, Annie, Fallot, Abigail et al. (2023): „A global meta-analysis of soil organic carbon in the Anthropocene“ *Nature Communications*. (14)Nr. 1 (2023), 3700. . Nature Publishing Group doi:10.1038/s41467-023-39338-z
- Benson, G. John und Rollin, Bernard E. (Hrsg.) (2004): *The well-being of farm animals: challenges and solutions*. Reihe: Issues in animal bioethics series (1. ed.). Ames, Iowa: Blackwell Publ.
- Benton, Tim G, Bieg, Carling, Harwatt, Helen, Pudasaini, Roshan und Wellesley, Laura (2021): „Food system impacts on biodiversity loss“ (2021). Verfügbar unter: https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-02/2021-02-03-food-system-biodiversity-loss-benton-et-al_0.pdf [07.04.2023].
- Bergschmidt, Angela, Andersson, Robby, Bielicke, Marlen, Brinkmann, Jan, Gröner, Caroline, Heil, Nina et al. (2023): *Empfehlungen für die Einführung eines nationalen Tierwohl-Monitorings : 6 Punkte zur Umsetzung*. DE: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3220/MX1686754159000> [15.11.2023].
- Bergschmidt, Angela und Schwarze, Stefan (2022): *Analyse der Nutzbarkeit von Daten des Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere (HIT) für die Bewertung von Tierwohlwirkungen von ELER-Maßnahmen*. DE: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3220/5LE1652873075000> [05.11.2023].
- BfN (2014): „Grünland-Report | BFN“ Verfügbar unter: <https://www.bfn.de/publikationen/bfn-report/gruenland-report> [27.10.2023].
- BLE (2022a): „Versorgung mit Ölkuchen“ *BMEL-Statistik*. Verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/3090900-0000.xlsx> [17.10.2023].
- BLE (2022b): Feed Protein Balance Sheet für Deutschland. Verfügbar unter: <https://www.bzl-datenzentrum.de/agrarmarkt/futter#c6957> [05.04.2023].
- BLE (2022c): „Molkereistruktur 2021: Anzahl der Molkereien über drei Jahre nahezu konstant“ Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/2022/221014_Molkereistruktur_2021.pdf;jsessionid=52E39F78CE745025D20183D34E89D21B.internet011?__blob=publicationFile&v=2 [22.10.2023].
- BLE (2022d): „Bericht zur Markt- und Versorgungslage Ölsaaten, Öle und Fette - 2022“ Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/OeleFette/Versorgung/2022BerichtOele.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [17.10.2023].
- BLE (2022e): „Liste einheimischer Nutztierassen“ *TGRDEU 11.6*. Verfügbar unter: <https://tgrdeu.genres.de/liste-einheimischer-nutztierassen/> [16.09.2023].
- BLE (2023a): Futterraufkommen im WJ 2021/22. Verfügbar unter: <https://www.bzl-datenzentrum.de/agrarmarkt/futter#c6957> [05.04.2023].
- BLE (2023b): *Milchwirtschaft auf einen Blick*. Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/Dt_Grundlagen/Milchwirtschaft_auf_einen_Blick_406003001_11.xlsx?__blob=publicationFile&v=7 [10.09.2023].

- BLE (2023c): *Milcherzeugung in den Regionen in Deutschland*. Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/Milcherzeugung-Verwendung/2022/MilcherzeugungVerwendung2022.xlsx?__blob=publicationFile&v=3 [10.09.2023].
- BLE (2023d): *Versorgung mit Fleisch in Deutschland im Kalenderjahr 2010-2022 (Neuberechnung)*. Verfügbar unter: https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/fleisch_node.html [16.10.2023].
- BLE (2023e): „BLE - Pressemitteilungen - Bilanz 2022: Produktion und Pro-Kopf-Verbrauch von Milch, Käse und Butter nehmen ab“ Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/230414_Milchbilanz.html [14.10.2023].
- BLE (2023f): „Bericht zur Markt- und Versorgungslage Zucker“ Verfügbar unter: https://www.bzl-datenzentrum.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/Zucker/2023BerichtZucker.pdf [17.10.2023].
- BLE (2023g): „Bericht zur Markt- und Versorgungslage Kartoffeln“ Verfügbar unter: https://www.bzl-datenzentrum.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/Kartoffeln/2023BerichtKartoffeln.pdf [16.10.2023].
- BLE (o. J.): „Liste einheimischer Nutztierassen: Rind“ *TGRDEU 11.6*. Verfügbar unter: https://tgrdeu.genres.de/liste-einheimischer-nutztierassen/liste-arten/liste-genetiken?tx_sttgrdeu_roteliste%5Baction%5D=listGenetik&tx_sttgrdeu_roteliste%5Ba_id%5D=3&tx_sttgrdeu_roteliste%5Bcontrol%5D=Roteliste&cHash=7db5f935d6abee7c79df427328157491 [16.09.2023a].
- BLE (o. J.): „Tierwohl“ Verfügbar unter: https://www.ble.de/DE/Themen/Landwirtschaft/Tierwohl/tierwohl_node.html [30.10.2023b].
- Blokhuis, H. J., Veissier, I., Miele, M. und Jones, B. (2010): „The Welfare Quality® project and beyond: Safeguarding farm animal well-being“ *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*. (60)Nr. 3 (2010), 129–140. doi:10.1080/09064702.2010.523480
- Blokhuis, Harry, Miele, Mara, Veissier, Isabelle und Jones, Bryan (Hrsg.) (2013): *Improving farm animal welfare: Science and society working together: the Welfare Quality approach*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. doi:10.3920/978-90-8686-770-7
- BMEL (2019): „Nutztierstrategie - Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland“ (2019). Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Nutztierhaltungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=11 [04.03.2023].
- BMEL (2021): „Lebensmittelsicherheit verstehen“ (2021). Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Lebensmittelsicherheit-verstehen.pdf?__blob=publicationFile&v=11 [07.10.2023].
- BMEL (2022a): Daten und Fakten: Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau. Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/daten-fakten-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=8 [03.04.2023].
- BMEL (2022b): „Versorgungsbilanzen Getreide“ *BMEL-Statistik*. Verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen/getreide> [16.10.2023].
- BMEL (2022c): „Landwirtschaftliche Gesamtrechnung“ Verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/landwirtschaftliche-gesamtrechnung/produktionswert> [18.07.2023].
- van Boeckel, Thomas P., Brower, Charles, Gilbert, Marius, Grenfell, Bryan T., Levin, Simon A., Robinson, Timothy P. et al. (2015): „Global trends in antimicrobial use in food animals“ *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (112)Nr. 18 (2015), 5649–5654. doi:10.1073/pnas.1503141112
- van Boeckel, Thomas P., Glennon, Emma E., Chen, Dora, Gilbert, Marius, Robinson, Timothy P., Grenfell, Bryan T et al. (2017): „Reducing antimicrobial use in food animals“ *Science*. (357)Nr. 6358 (2017), 1350–1352. . American Association for the Advancement of Science doi:10.1126/science.aao1495
- Bohman, Mary, Cooper, Joseph, Mullarkey, Daniel, Normile, Mary Anne, Skully, David, Vogel, Stephen et al. (1999): „The Use and Abuse of Multifunctionality“ (1999). Verfügbar unter: https://www.iatp.org/sites/default/files/Use_and_Abuse_of_Multifunctionality_The.pdf [13.04.2023].
- Bolliger, Gieri und Gerritsen, Vanessa (2010): „Zum Verhältnismäßigkeitsprinzip im deutschen Tierschutzgesetz“ (2010). Verfügbar unter: https://www.tierimrecht.org/documents/1942/20100413_AufsatzTagungsbandBadBoll13.04.2010.pdf [13.07.2023].
- Bondt, Nico, Jensen, Vibeke Frøkjær, Puister-Jansen, Linda F. und van Geijlswijk, Ingeborg M. (2013): „Comparing antimicrobial exposure based on sales data“ *Preventive Veterinary Medicine*. (108)Nr. 1 (2013), 10–20. doi:10.1016/j.prevetmed.2012.07.009
- Bonsels, Thomas, Denißen, Jana, Kampf, Detlef, Koch, Christian, Meyer, Andrea, Pries, Martin et al. (2020): *Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoff- ausscheidungen von Milchkühen*. Verfügbar unter: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_444.pdf [06.10.2023].

- Boody, George, Vondracek, Bruce, Andow, David A., Krinke, Mara, Westra, John, Zimmerman, Julie et al. (2005): „Multifunctional Agriculture in the United States“ *BioScience*. (55)Nr. 1 (2005), 27. doi:10.1641/0006-3568(2005)055[0027:MAITUS]2.0.CO;2
- Borrelli, Pasquale, Robinson, David A., Fleischer, Larissa R., Lugato, Emanuele, Ballabio, Cristiano, Alewell, Christine et al. (2017): „An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion“ *Nature Communications*. (8)Nr. 1 (2017), 2013. doi:10.1038/s41467-017-02142-7
- Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M. und Batjes, N. H. (2002): „Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields“ *Global Biogeochemical Cycles*. (16)Nr. 4 (2002), 28-1-28–9. doi:10.1029/2001GB001812
- Bouwman, A. F., Lee, D. S., Asman, W. A. H., Dentener, F. J., Van Der Hoek, K. W. und Olivier, J. G. J. (1997): „A global high-resolution emission inventory for ammonia“ *Global Biogeochemical Cycles*. (11)Nr. 4 (1997), 561–587. doi:10.1029/97GB02266
- Brade, Wilfried und Brade, Edwin (2017a): „Verhaltensgenetische Aspekte bei Rindern, Teil 1“ (2017). Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi-Oqv3BqNL_AhVERfEDHfQyA3IQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Fbuel.bmel.de%2Findex.php%2Fbuel%2Farticle%2Fdownload%2F132%2Fpdf&usq=AOvVaw1Y0G0AcZeVRREjt3LokEKN&opi=89978449 [20.06.2023].
- Brade, Wilfried und Brade, Edwin (2017b): „Verhaltensgenetische Aspekte bei Rindern, Teil 2“ (2017). Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEwigVpQyptL_AhWPRvEDHZvnAocQFnoECB4QAQ&url=https%3A%2F%2Fbuel.bmel.de%2Findex.php%2Fbuel%2Farticle%2Fdownload%2F133%2Fpdf&usq=AOvVaw3br7qzbtXkH4bMkLmnbKU&opi=89978449 [20.06.2023].
- Breidenassel, Christina, Schäfer, Anne Carolin, Melanie, Micka, Richter, Margrit, Linseisen, Jakob und Watzl, Bernhard (2022): „The Planetary Health Diet in contrast to the food-based dietary guidelines of the German Nutrition Society (DGE)“ *Ernährungs Umschau*. (69)Nr. 5 (2022), 56–72. doi:10.4455/eu.2022.012
- Brinkmann, Jan, Cimer, Kornel, March, Solveig, Ivemeyer, Silvia, Pelzer, Andreas, Schultheiß, Ute et al. (2020): „Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind“ (2020). Verfügbar unter: https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/Leitfaden2020_Milchkuehe.pdf [10.10.2023].
- Broderick, G.A. (2018): „Review: Optimizing ruminant conversion of feed protein to human food protein“ *Animal*. (12)Nr. 8 (2018), 1722–1734. doi:10.1017/S1751731117002592
- Browne, N., Hudson, C. D., Crossley, R. E., Sugrue, K., Kennedy, E., Huxley, J. N. et al. (2022): „Lameness prevalence and management practices on Irish pasture-based dairy farms“ *Irish Veterinary Journal*. (75)Nr. 1 (2022), 14. doi:10.1186/s13620-022-00221-w
- Browning, S. R., Westneat, S. C., Sanderson, W. T. und Reed, D. B. (2013): „Cattle-Related Injuries and Farm Management Practices on Kentucky Beef Cattle Farms“ *Journal of Agricultural Safety and Health*. (19)Nr. 1 (2013), 37–49. doi:10.13031/2013.42541
- Burns, J. C. (2008): „ASAS Centennial Paper: Utilization of pasture and forages by ruminants: A historical perspective“ *Journal of Animal Science*. (86)Nr. 12 (2008), 3647–3663. doi:10.2527/jas.2008-1240
- Burow, E., Rousing, T., Thomsen, P. T., Otten, N. D. und Sørensen, J. T. (2013): „Effect of grazing on the cow welfare of dairy herds evaluated by a multidimensional welfare index“ *Animal*. (7)Nr. 5 (2013), 834–842. doi:10.1017/S1751731112002297
- Bussink, D. W. und Oenema, O. (1998): „Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review“ *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. (51) (1998), 19–33. Springer doi:10.1023/A:1009747109538
- BVerwG (2019): *Urteil vom 13.06.2019 - BVerwG 3 C 28.16 - Untersagung des Tötens männlicher Kühen*. Bundesverfassungsgericht Verfügbar unter: <https://www.bverwg.de/130619U3C28.16.0> [12.07.2023].
- BZL (2022): *Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Rind*. Presseinformation. Verfügbar unter: <https://www.ble-medienservice.de/0074-1-gesamtbetriebliches-haltungskonzept-rind.html> [29.03.2023].
- Canning, Patrick, Rehkamp, Sarah, Waters, Arnold und Etemadnia, Hamideh (2017): „The Role of Fossil Fuels in the U.S. Food System and the American Diet“ (2017). Verfügbar unter: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/82194/err-224.pdf> [04.09.2023].
- Capper, Judith L. (2012): „Is the Grass Always Greener? Comparing the Environmental Impact of Conventional, Natural and Grass-Fed Beef Production Systems“ *Animals*. (2)Nr. 2 (2012), 127–143. doi:10.3390/ani2020127

- Castillo-González, Ar, Burrola-Barraza, Me, Domínguez-Viveros, J und Chávez-Martínez, A (2014): „Rumen microorganisms and fermentation“ *Archivos de medicina veterinaria*. (46)Nr. 3 (2014), 349–361. doi:10.4067/S0301-732X2014000300003
- CCAC (2021): *Global Methane Pledge | Climate & Clean Air Coalition*. Climate and Clean Air Coalition Verfügbar unter: <https://www.ccacoalition.org/resources/global-methane-pledge> [05.10.2023].
- Chen, Hong, Goldberg, Mark S. und Villeneuve, Paul J. (2008): „A systematic review of the relation between long-term exposure to ambient air pollution and chronic diseases“ *Reviews on Environmental Health*. (23)Nr. 4 (2008), 243–297. doi:10.1515/reveh.2008.23.4.243
- Conant, Richard T., Cerri, Carlos E. P., Osborne, Brooke B. und Paustian, Keith (2017): „Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis“ *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*. (27)Nr. 2 (2017), 662–668. doi:10.1002/eap.1473
- Cook, N. B., Bennett, T. B. und Nordlund, K. V. (2004): „Effect of Free Stall Surface on Daily Activity Patterns in Dairy Cows with Relevance to Lameness Prevalence“ *Journal of Dairy Science*. (87)Nr. 9 (2004), 2912–2922. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73422-0
- Cook, N. B., Mentink, R. L., Bennett, T. B. und Burgi, K. (2007): „The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows“ *Journal of Dairy Science*. (90)Nr. 4 (2007), 1674–1682. doi:10.3168/jds.2006-634
- Cook, Nigel B. und Nordlund, Kenneth V. (2009): „The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics“ *The Veterinary Journal*. (179)Nr. 3 (2009), 360–369. doi:10.1016/j.tvjl.2007.09.016
- Crump, Andrew, Jenkins, Kirsty, Bethell, Emily J., Ferris, Conrad P. und Arnott, Gareth (2019): „Pasture Access Affects Behavioral Indicators of Wellbeing in Dairy Cows“ *Animals*. (9)Nr. 11 (2019), 902. . Multidisciplinary Digital Publishing Institute doi:10.3390/ani9110902
- Cutler, Sally J., Fooks, Anthony R. und van der Poel, Wim H. M. (2010): „Public Health Threat of New, Reemerging, and Neglected Zoonoses in the Industrialized World“ *Emerging Infectious Diseases*. (16)Nr. 1 (2010), 1–7. doi:10.3201/eid1601.081467
- Daley, Cynthia A., Abbott, Amber, Doyle, Patrick S., Nader, Glenn A. und Larson, Stephanie (2010): „A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef“ *Nutrition Journal*. (9) (2010), 10. doi:10.1186/1475-2891-9-10
- Davey, Gwyneth K., Spencer, Elizabeth A., Appleby, Paul N., Allen, Naomi E., Knox, Katherine H. und Key, Timothy J. (2003): „EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK“ *Public Health Nutrition*. (6)Nr. 3 (2003), 259–269. doi:10.1079/PHN2002430
- DBV (2022): *Faktencheck Teller, Trog & Tank*. Verfügbar unter: https://www.bauernverband.de/fileadmin/user_upload/dbv/faktenchecks/Teller__Trog__Tank/Faktencheck_Teller_Trog_und_Tank_Final-komprimiert_neu.pdf [28.10.2023].
- Deblitz, Claus (2011): „A new dimension for the analysis of the beef sector“ (2011). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn054623.pdf [27.09.2023].
- Deblitz, Claus (2022): „Blätterkatalog Beef and Sheep Report 2022“ Verfügbar unter: <http://catalog.agribenchmark.org/blaetterkatalog/BSR2022/> [21.07.2023].
- Deblitz, Claus, Efken, Josef, Banse, Martin, Isermeyer, Folkhard, Rohlmann, Christa, Tergast, Hauke et al. (2021): „Politikfolgenabschätzung zu den Empfehlungen des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung“ (2021). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn063574.pdf [27.09.2023].
- Deblitz, Claus, Kathes, Friederike und Brüggemann, Daniel (o. J.): „Rindfleischproduktion weltweit : Produktionskosten und Wirtschaftlichkeit in der Rindermast – wo stehen verschiedene Produktionssysteme und Länder?“ (o. J.). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn054629.pdf [10.09.2023].
- Deblitz, Claus und Zimmer, Yelto (2012): „Increasing cost of production - effects on commodity prices and the EU competitiveness : a global study based on agri benchmark data ; study on behalf of DG Agri“ (2012). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn057059.pdf [27.09.2023].
- DECC (2023): *Climate Action Plan 2023*. Department of the Environment, Climate and Communications Verfügbar unter: <https://www.gov.ie/pdf/?file=https://assets.gov.ie/270956/94a5673c-163c-476a-921f-7399cdf3c8f5.pdf#page=null> [05.10.2023].
- Deng, L., Sweeney, S. und Shangguan, Z.-P. (2014): „Grassland responses to grazing disturbance: plant diversity changes with grazing intensity in a desert steppe“ *Grass and Forage Science*. (69)Nr. 3 (2014), 524–533. doi:10.1111/gfs.12065
- Destatis (2010): „Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung - Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung - 2010“ (2010). Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen->

- Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-2032806109004.pdf?__blob=publicationFile [18.07.2023].
- Destatis (2011): *Landwirtschaftszählung 2010*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tabellen-Landwirtschaftszaehlung-2010/3-5-landwirtschaftliche-betriebe-vieh-spezialisierung-end.html> [18.07.2023].
- Destatis (2020): „Flächenbelegung“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/landwirtschaft-wald/Tabellen/flaechenbelegung.html> [05.04.2023].
- Destatis (2021a): „Viehbestand in Betrieben mit konventionellem und ökologischem Landbau“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Tabellen/oekologischer-landbau-viehbestand.html> [18.07.2023].
- Destatis (2021b): „Viehhaltung im letzten Jahrzehnt: Weniger, aber größere Betriebe“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N043_41.html [19.10.2023].
- Destatis (2021c): „Stallhaltung, Weidehaltung - Landwirtschaftszählung - 2020“ (2021). Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-tb-5411404209004.pdf?__blob=publicationFile [17.07.2023].
- Destatis (2021d): „Tierhaltung: Dominierende Haltungsformen gewinnen weiter an Bedeutung“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/08/PD21_N051_41.html [17.07.2023].
- Destatis (2022a): „Deutschland größter Kuhmilcherzeuger der Europäischen Union“ Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Land-Forstwirtschaft-Fischerei/Milchquote.html> [18.07.2023].
- Destatis (2022b): „Dauergrünland nach Art der Nutzung im Zeitvergleich“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/zeitreihe-dauergruenland-nach-nutzung.html> [15.10.2023].
- Destatis (2022c): „Brauwirtschaft“ Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Steuern/Verbrauchssteuern/Publikationen/Downloads-Verbrauchssteuern/brauwirtschaft-2140922217004.pdf?__blob=publicationFile [17.10.2023].
- Destatis (2023a): *Viehbestand*. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410225324.pdf?__blob=publicationFile [17.07.2023].
- Destatis (2023b): „Schlachtungs- und Schlachtgewichtsstatistik“ (2023). Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1697312946852&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=41331-0001&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb> [10.09.2023].
- Destatis (2023c): „Grünland 2022: Erntemengen um 14 % niedriger als 2021“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/aktuell-gruenland1.html> [15.10.2023].
- Destatis (o. J.): „Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich“ *Statistisches Bundesamt*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/liste-feldfruechte-zeitreihe.html> [28.10.2023].
- Deutscher Bauernverband (2022): „Situationsbericht 2022/23“ Verfügbar unter: <https://www.situationsbericht.de/editorial> [23.10.2023].
- Dhingra, Madhur S., Artois, Jean, Dellicour, Simon, Lemey, Philippe, Dauphin, Gwenaelle, Von Dobschuetz, Sophie et al. (2018): „Geographical and Historical Patterns in the Emergences of Novel Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5 and H7 Viruses in Poultry“ *Frontiers in Veterinary Science*. (5) (2018). Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2018.00084> [25.08.2023].
- Diepolder, Michael und Raschbacher, Sven (2010): „Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung“ Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/verzicht_mineralische_duengung.pdf [15.10.2023].

- Dikshit, A. K. und Birthal, Pratap Singh (Hrsg.) (2010): „Environmental Value of Draught Animals: Saving of Fossil-fuel and Prevention of Greenhouse Gas Emission“ *Agricultural Economics Research Review Agricultural Economics Research Review*. (2010). doi:10.22004/ag.econ.96932
- DLG (2023): „Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen“ Verfügbar unter: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/ausschuesse_facharbeit/tier/futtermittel/DLG_Information_01_23.pdf [17.10.2023].
- DLQ (2022): „DLQ-Richtlinie 2.1- Tierwohl in der Milchviehhaltung mit System“ (2022). Verfügbar unter: <https://infothek.q-check.org/wp-content/uploads/2020/06/DLQ-Richtlinie2.1.pdf> [10.11.2023].
- Döhler, Helmut, Eurich-Menden, Brigitte, Rößler, Regina, Vandré, Robert und Wulf, Sebastian (2011): „UN ECE-Luftreinhaltekonvention – Task Force on Reactive Nitrogen“ (2011). Verfügbar unter: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4206.html>
- Douphrate, David I., Stallones, Lorann, Lunner Kolstrup, Christina, Nonnenmann, Matthew W., Pinzke, Stefan, Hagevoort, G. Robert et al. (2013): „Work-Related Injuries and Fatalities on Dairy Farm Operations—A Global Perspective“ *Journal of Agromedicine*. (18)Nr. 3 (2013), 256–264. . Taylor & Francis doi:10.1080/1059924X.2013.796904
- Drew, T. W. (2011): „The emergence and evolution of swine viral diseases: to what extent have husbandry systems and global trade contributed to their distribution and diversity?“ *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*. (30)Nr. 1 (2011), 95–106. doi:10.20506/rst.30.1.2020
- ECDC (2022): *Assessing the health burden of infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU/EEA, 2016–2020*. LU: European Centre for Disease Prevention and Control Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2900/73460> [23.08.2023].
- ECDC, EFSA, und EMA (2021): *Antimicrobial consumption and resistance in bacteria from humans and animals : third joint inter-agency report on integrated analysis of antimicrobial agent consumption and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-producing animals in the EU/EEA : JIACRA III 2016–2018*. LU: European Centre for Disease Prevention and Control, European Food Safety Authority und European Medicines Agency Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2900/056892> [24.08.2023].
- El-Lethey, Heba, Huber-Eicher, Beat und Jungi, Thomas W (2003): „Exploration of stress-induced immunosuppression in chickens reveals both stress-resistant and stress-susceptible antigen responses“ *Veterinary Immunology and Immunopathology*. (95)Nr. 3 (2003), 91–101. doi:10.1016/S0165-2427(02)00308-2
- EMA (2022): *Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2021: trends from 2010 to 2021 : twelfth ESVAC report*. LU: European Medicines Agency Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2809/39517> [24.08.2023].
- Enneking, Dr Ulrich (2019): „Kaufbereitschaft bei verpackten Schweinefleischprodukten im Lebensmitteleinzelhandel“ (2019). Verfügbar unter: https://www.hs-osnabrueck.de/fileadmin/HSOS/Homepages/Personalhomepages/Personalhomepages-AuL/Enneking/Tierwohlstudie-HS-Osnabrueck_Teil-Realdaten_17-Jan-2019.pdf [10.09.2023].
- EPA, Environmental Protection (o. J.): *Agriculture*. Environmental Protection Agency Verfügbar unter: <https://www.epa.ie/our-services/monitoring--assessment/climate-change/ghg/agriculture/> [05.10.2023].
- Ertl, P., Knaus, W. und Zollitsch, W. (2016): „An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply“ *Animal*. (10)Nr. 11 (2016), 1883–1889. doi:10.1017/S1751731116000902
- Espinosa, Romain, Tago, Damian und Treich, Nicolas (2020): „Infectious Diseases and Meat Production“ *Environmental & Resource Economics*. (76)Nr. 4 (2020), 1019–1044. doi:10.1007/s10640-020-00484-3
- EU (2016): *Bekämpfung der Lebensmittelverschwendung : eine Chance für die EU, die Ressourceneffizienz der Lebensmittelversorgungskette zu verbessern. Sonderbericht Nr. 34, 2016*. Reihe: Sonderbericht Nr. ... (Europäischer Rechnungshof. Internet). LU: Publications Office. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2865/342949> [28.10.2023].
- European Parliament (24.05.2023): „Circular economy: definition, importance and benefits | News | European Parliament“ Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> [16.11.2023].
- FAO (2008): „An Introduction to the Basic Concepts of Food Security“ Verfügbar unter: <https://www.fao.org/3/al936e/al936e00.pdf> [30.09.2023].
- FAO (2015): *The State of Food Insecurity in the World 2015*. Verfügbar unter: <https://www.fao.org/3/i4646e/i4646e.pdf> [09.09.2023].
- FAO (2020): FAOSTAT: Land Use. Verfügbar unter: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP und WHO (2022): *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*. FAO. doi:10.4060/cc0639en
- FAOSTAT (24.03.2023): „Crops and livestock products“ Verfügbar unter: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> [07.04.2023].
- FAWC (2009): „Five Freedoms“ Verfügbar unter: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20121010012427/http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm> [08.07.2023].
- Fearnside, Philip M. (2005): „Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences“ *Conservation Biology*. (19)Nr. 3 (2005), 680–688. doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x
- Felius, Marleen, Beerling, Marie-Louise, Buchanan, David, Theunissen, Bert, Koolmees, Peter und Lenstra, Johannes (2014): „On the History of Cattle Genetic Resources“ *Diversity*. (6)Nr. 4 (2014), 705–750. doi:10.3390/d6040705
- Fernandes, M. H. M. R., Cardoso, A. S., Lima, L. O., Berça, A. S. und Reis, R. A. (2022): „Human-edible protein contribution of tropical beef cattle production systems at different levels of intensification“ (Nitrogen Utilisation in Ruminants – Relevance for future sustainable protein production) *animal*. (16) (2022), 100538. doi:10.1016/j.animal.2022.100538
- Fertner, Mette, Toft, Nils, Martin, Henrik Læssøe und Boklund, Anette (2016): „A register-based study of the antimicrobial usage in Danish veal calves and young bulls“ *Preventive Veterinary Medicine*. (131) (2016), 41–47. doi:10.1016/j.prevetmed.2016.07.004
- FNR (2023): „Anbau und Verwendung Nachwachsender Rohstoffe in Deutschland“ (2023). Verfügbar unter: <https://www.fnr.de/fileadmin/Statistik/2023.pdf> [03.04.2023].
- Frank, Helmut, Schmid, Harald und Hülsbergen, Kurt-Jürgen (2022): Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung. In K.-J. Hülsbergen, H. Schmid & H.M. Paulsen (Hrsg.), *Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. . DE: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3220/REP1646034190000> [14.09.2023].
- Fraser, D, Weary, D M, Pajor, E A und Milligan, B N (1997): „A Scientific Conception of Animal Welfare that Reflects Ethical Concerns“ *Animal Welfare*. (6)Nr. 3 (1997), 187–205. doi:10.1017/S0962728600019795
- Fraser, M. D., Vallin, H. E. und Roberts, B. P. (2022): „Animal board invited review: Grassland-based livestock farming and biodiversity“ *animal*. (16)Nr. 12 (2022), 100671. doi:10.1016/j.animal.2022.100671
- French, J.E., Matson, R.D., Thomason, J.J., Wright, T.C. und Osborne, V.R. (2023): „Dairy cow hoof impact and slide measurements for common Ontario dairy farm floorings“ *Journal of Dairy Science*. (106)Nr. 5 (2023), 3477–3492. doi:10.3168/jds.2022-22028
- Friedlingstein, Pierre, O’Sullivan, Michael, Jones, Matthew W., Andrew, Robbie M., Hauck, Judith, Olsen, Are et al. (2020): „Global Carbon Budget 2020“ *Earth System Science Data*. (12)Nr. 4 (2020), 3269–3340. . Copernicus GmbH doi:10.5194/essd-12-3269-2020
- Fuller, Richard, Landrigan, Philip J, Balakrishnan, Kalpana, Bathan, Glynda, Bose-O’Reilly, Stephan, Brauer, Michael et al. (2022): „Pollution and health: a progress update“ *The Lancet Planetary Health*. (6)Nr. 6 (2022), e535–e547. doi:10.1016/S2542-5196(22)00090-0
- Fuquay, J. W. (1981): „Heat Stress as it Affects Animal Production“ *Journal of Animal Science*. (52)Nr. 1 (1981), 164–174. doi:10.2527/jas1981.521164x
- Gaitán, Lucía, Läderach, Peter, Graefe, Sophie, Rao, Idupulapati und Van Der Hoek, Rein (2016): „Climate-Smart Livestock Systems: An Assessment of Carbon Stocks and GHG Emissions in Nicaragua“ (P. Pardha-Saradhi, Hrsg.) *PLOS ONE*. (11)Nr. 12 (2016), e0167949. doi:10.1371/journal.pone.0167949
- van Gall, Philipp und Luy, Jörg (2019): Tierschutzkonform, aber unfair. Verfügbar unter: https://www.tierethik.net/data/2019-02/TE_2019_2_InterviewGallLuy.pdf [12.07.2023].
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., Sullivan, M. L. und Hahn, G. L. (2010): „Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes“ *International Journal of Biometeorology*. (54)Nr. 6 (2010), 617–627. doi:10.1007/s00484-009-0233-4
- Geldermann, Jutta und Lerche, Nils (2014): „Leitfaden zur Anwendung von Methoden der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung“ Verfügbar unter: <https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/285813337d59201d34806cfc48dae518-en.pdf/MCDA-Leitfaden-PROMETHEE.pdf> [17.11.2023].
- GENRES (o. J.): „Erhaltung und nachhaltige Nutzung“ *GENRES*. Verfügbar unter: <https://www.genres.de/fachportale/nutztiere/erhaltung-und-nachhaltige-nutzung> [16.09.2023].
- Gerowitt, Baerbel, Schröder, Stefan, Dempfle, Leo, Engels, Eve-Marie, Engels, Johannes, Feindt, Peter et al. (2013): *Biodiversität im Grünland - unverzichtbar für Landwirtschaft und Gesellschaft (Grassland Biodiversity: Indispensable for Agriculture and Society)*. Verfügbar unter:

- https://www.researchgate.net/publication/258705488_Biodiversitat_im_Grunland_-_unverzichtbar_fur_Landwirtschaft_und_Gesellschaft_Grassland_Biodiversity_Indispensable_for_Agriculture_and_Society [10.09.2023].
- Graham, Jay P., Leibler, Jessica H., Price, Lance B., Otte, Joachim M., Pfeiffer, Dirk U., Tiensin, T. et al. (2008): „The Animal-Human Interface and Infectious Disease in Industrial Food Animal Production: Rethinking Biosecurity and Biocontainment“ *Public Health Reports*. (123)Nr. 3 (2008), 282–299. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2289982/> [25.08.2023].
- Grandin, Temple (Hrsg.) (2007): *Livestock handling and transport*. (3rd ed.). Wallingford, UK ; Cambridge, MA: CABI.
- Griscom, Bronson W., Adams, Justin, Ellis, Peter W., Houghton, Richard A., Lomax, Guy, Miteva, Daniela A. et al. (2017): „Natural climate solutions“ *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (114)Nr. 44 (2017), 11645–11650. doi:10.1073/pnas.1710465114
- Haan, Mathew M., Russell, James R., Powers, Wendy J., Kovar, John L. und Benning, Jamie L. (2006): „Grazing Management Effects on Sediment and Phosphorus in Surface Runoff“ *Rangeland Ecology & Management*. (59)Nr. 6 (2006), 607–615. doi:10.2111/05-152R2.1
- Harms, Jana und Losand, Bernd (2017): *Betriebswirtschaftliche Beurteilung der Ergebnisse aus dem Vergleich Stall- bzw. Weidehaltung tragender Jungrinder*. Verfügbar unter: <https://www.landwirtschaft-mv.de/serviceassistent/download?id=1593426> [15.09.2023].
- Hart, Richard H (2001): „Plant biodiversity on shortgrass steppe after 55 years of zero, light, moderate, or heavy cattle grazing“ (2001). Verfügbar unter: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30180000/Hart/25.%20Hart%202001.pdf> [29.08.2023].
- Haskell, Marie J., Simm, Geoff und Turner, Simon P. (2014): „Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle“ *Frontiers in Genetics*. (5) (2014). Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2014.00368> [26.10.2023].
- Hayek, Matthew N. (2022): „The infectious disease trap of animal agriculture“ *Science Advances*. (8)Nr. 44 (2022), eadd6681. doi:10.1126/sciadv.add6681
- He Waka Eke Noa (2022): *Recommendations for pricing agricultural emissions: Report to Ministers*. Verfügbar unter: <https://hewakaekenoa.nz/wp-content/uploads/2022/06/FINAL-He-Waka-Eke-Noa-Recommendations-Report.pdf> [05.10.2023].
- Hebinck, Aniek, Zurek, Monika, Achterbosch, Thom, Forkman, Björn, Kuijsten, Anneleen, Kuiper, Marijke et al. (2021): „A Sustainability Compass for policy navigation to sustainable food systems“ *Global Food Security*. (29) (2021), 100546. doi:10.1016/j.gfs.2021.100546
- Hernandez-Mendo, O., von Keyserlingk, M. A. G., Veira, D. M. und Weary, D. M. (2007): „Effects of Pasture on Lameness in Dairy Cows“ *Journal of Dairy Science*. (90)Nr. 3 (2007), 1209–1214. doi:10.3168/jds.S0022-0302(07)71608-9
- Hewins, Daniel B., Lyseng, Mark P., Schoderbek, Donald F., Alexander, Mike, Willms, Walter D., Carlyle, Cameron N. et al. (2018): „Grazing and climate effects on soil organic carbon concentration and particle-size association in northern grasslands“ *Scientific Reports*. (8)Nr. 1 (2018), 1336. . Nature Publishing Group doi:10.1038/s41598-018-19785-1
- HI-Tier (2021): „HI-Tier - Häufig gestellte Fragen“ Verfügbar unter: <https://www4.hi-tier.de/Hit-Com/hilfe/faq.asp> [16.11.2023].
- Hmiel, Benjamin, Petrenko, V. V., Dyonisius, M. N., Buizert, C., Smith, A. M., Place, P. F. et al. (2020): „Pre-industrial 14CH₄ indicates greater anthropogenic fossil CH₄ emissions“ *Nature*. (578)Nr. 7795 (2020), 409–412. doi:10.1038/s41586-020-1991-8
- Hoedemaker, Martina, Arndt, Heide, Birnstiel, Katrin, Do Duc, Phuong, Jensen, Charlotte, Woudstra, Svenja et al. (2020a): *Abschlussbericht - Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi)*. Verfügbar unter: https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/pages/69#_AB [21.10.2023].
- Hoedemaker, Martina, Arndt, Heide, Birnstiel, Katrin, Do Duc, Phuong, Jensen, Charlotte, Woudstra, Svenja et al. (2020b): *Berichtsanhang zum Bereich Kühe - Eutergesundheit (EU). Abschlussbericht - Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi)*. Verfügbar unter: https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/pages/69#_AB [21.10.2023].
- Howarth, Robert W. (2014): „A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas“ *Energy Science & Engineering*. (2)Nr. 2 (2014), 47–60. doi:10.1002/ese3.35
- Howarth, Robert W., Santoro, Renee und Ingraffea, Anthony (2011): „Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations: A letter“ *Climatic Change*. (106)Nr. 4 (2011), 679–690. doi:10.1007/s10584-011-0061-5

- Huang, Y., Andueza, D., De Oliveira, L., Zawadzki, F. und Prache, S. (2015): „Visible spectroscopy on carcass fat combined with chemometrics to distinguish pasture-fed, concentrate-fed and concentrate-finished pasture-fed lambs“ *Meat Science*. (101) (2015), 5–12. doi:10.1016/j.meatsci.2014.10.024
- Hultgren, J (2018): „Is livestock transport a necessary practice? Mobile slaughter and on-farm stunning and killing before transport to slaughter.“ *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. (13) (2018). doi:10.1079/PAVSNR201813054
- Husumer Arbeitskreis „Ganzjährige Weidehaltung“ (2016): *Mindestanforderungen an saisonale und ganzjährige Weiderinderhaltung in Schleswig-Holstein*. Verfügbar unter: https://www.fleischrinderzucht.de/pdf/artikel/20161101_Weiderinderhaltung.pdf [01.10.2023].
- Hüttel, Silke, Bürger, Rasmus, Stark, Meike, Kaufmann, Otto, Irrgang, Nora, Seifert, Daniela et al. (2018): „Ökonomische, ökologische und Tierwohlaspekte der Weidehaltung von Hochleistungskühen. Abschlussbericht zum Projekt 2812NA009“ Verfügbar unter: https://orgprints.org/id/eprint/32886/7/AB_inklDeckblatt_12NA009%20neu.pdf [07.10.2023].
- IPCC (2021): *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (1. Aufl.). Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009157896
- Irshad, D und Sharma, B.D. (2015): „Abattoir by-Product Utilization for Sustainable Meat Industry: A Review“ *Journal of Animal Production Advances*. (5)Nr. 6 (2015), 681. doi:10.5455/japa.20150626043918
- Isermeyer, Folkhard, Heidecke, Claudia und Osterburg, Bernhard (2019): „Einbeziehung des Agrarsektors in die CO₂-Bepreisung“ (2019). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061834.pdf [05.10.2023].
- Isermeyer, Folkhard und Schrader, Lars (2003): „Politik : wer bezahlt den Tierschutz?“ (2003). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/zi031995.pdf [13.07.2023].
- Jacobi, Sarah und Hobbs, Benjamin (2007): „Quantifying and Mitigating the Splitting Bias and Other Value Tree-Induced Weighting Biases“ *Decision Analysis*. (4) (2007), 194–210. doi:10.1287/deca.1070.0100
- Jetzke, Tobias, Keppner, Benno, Domröse, Lena, Wunder, Stephanie und Ferrari, Arianna (2019): *Die Zukunft im Blick: Fleisch der Zukunft – Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen von pflanzlichen Fleischersatzprodukten, essbaren Insekten und In-vitro-Fleisch*. Umweltbundesamt Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-25_trendanalyse_fleisch-der-zukunft_web_bf.pdf [06.04.2023].
- Jones, Kate E., Patel, Nikkita G., Levy, Marc A., Storeygard, Adam, Balk, Deborah, Gittleman, John L. et al. (2008): „Global trends in emerging infectious diseases“ *Nature*. (451)Nr. 7181 (2008), 990–993. doi:10.1038/nature06536
- Jordan, W. A., Lister, E. E. und Rowlands, G. J. (1968): „Effects of Planes of Nutrition on Wintering Pregnant Beef Cows“ *Canadian Journal of Animal Science*. (48)Nr. 2 (1968), 145–154. doi:10.4141/cjas68-020
- Jungmichel, Norbert, Nill, Moritz und Wick, Kordula (2020): „Von der Welt auf den Teller: Kurzstudie zur globalen Umweltinanspruchnahme unseres Lebensmittelkonsums“ (2020).
- Kämmer, Gerd, Scharf, Matthias, Tillmann, Jörg, Riederer, Stephanie, Metzner, Jürgen, Wonitzki, Heide et al. (2023): Leitlinien für die tiergerechte ganz jährige Weidehaltung von Rindern und Pferden auf Naturschutzflächen. (TVT & Naturstiftung David, Hrsg.). Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V. Verfügbar unter: <https://pfrunger-burgweiler-ried.de/wp-content/uploads/Tierwohl-Leitlinien-Ganzjahresbeweidung-Rinder-und-Pferde.pdf> [01.10.2023].
- Kang, H. J., Lee, I. K., Piao, M. Y., Gu, M. J., Yun, C. H., Kim, H. J. et al. (2016): „Effects of Ambient Temperature on Growth Performance, Blood Metabolites, and Immune Cell Populations in Korean Cattle Steers“ *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. (29)Nr. 3 (2016), 436–443. doi:10.5713/ajas.15.0937
- Kellems, R. O., Miner, J. R. und Church, D. C. (1979): „Effect of Ration, Waste Composition and Length of Storage on the Volatilization of Ammonia, Hydrogen Sulfide and Odors from Cattle Waste“ *Journal of Animal Science*. (48)Nr. 3 (1979), 436–445. doi:10.2527/jas1979.483436x
- Kemmerer, Lisa (2006): *In search of consistency: ethics and animals*. Reihe: Human-animal studies. Leiden: Brill.
- Kiefer, L., Over, R. und Bahrs, E. (2015): *Weniger (Kraftfutter) ist manchmal mehr (Gewinn) – ein Plädoyer für hohe Grundfutterleistungen in der ökologischen Milchproduktion*. Verfügbar unter: https://orgprints.org/id/eprint/26899/3/26899_kiefer.pdf [08.10.2023].
- Kiefer, Lukas Robert (2014): *Gesamtbetriebliche Analyse von Weidebetrieben und Weidesystemen in der Milchviehhaltung in unterschiedlichen Regionen Süddeutschlands*. Verfügbar unter: http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2014/1010/pdf/Dissertation_Kiefer.pdf [07.10.2023].
- Kiefer, Lukas Robert, Bahrs, Enno und Over, Ralf (2014): Erfolgsfaktoren für eine wettbewerbsfähige Weidemilcherzeugung. *Gesamtbetriebliche Analyse von Weidebetrieben und Weidesystemen in der*

- Milchviehhaltung in unterschiedlichen Regionen Süddeutschlands*. Verfügbar unter: http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2014/1010/pdf/Dissertation_Kiefer.pdf [07.10.2023].
- Kilian, Michael (2007): *Bestimmung und Messung physikalischer und technischer Parameter zur Beschreibung von Laufflächen in Milchviehställen*. LfL Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt_3_rinder_bestimmung_und_messung_physikalischer_und_technischer_parameter_zur_beschreibung_von_laufflaechen_in_milchviehstaellen.pdf [25.09.2023].
- Kim, Won-Seob, Ghassemi Nejad, Jalil und Lee, Hong-Gu (2023): „Impact of Cold Stress on Physiological, Endocrinological, Immunological, Metabolic, and Behavioral Changes of Beef Cattle at Different Stages of Growth“ *Animals*. (13)Nr. 6 (2023), 1073. . Multidisciplinary Digital Publishing Institute doi:10.3390/ani13061073
- Klein, Noëlle, Theux, Coralie, Arlettaz, Raphaël, Jacot, Alain und Pradervand, Jean-Nicolas (2020): „Modeling the effects of grassland management intensity on biodiversity“ *Ecology and Evolution*. (10)Nr. 23 (2020), 13518–13529. doi:10.1002/ece3.6957
- Klopatek, Sarah C, Marvinney, Elias, Duarte, Toni, Kendall, Alissa, Yang, Xiang (Crystal) und Oltjen, James W (2021): „Grass-fed vs. grain-fed beef systems: performance, economic, and environmental trade-offs“ *Journal of Animal Science*. (100)Nr. 2 (2021), skab374. doi:10.1093/jas/skab374
- Köppchen, Birgit (2021): *Der nXP-Gehalt in der Milchviehfütterung – Die unbekannte Größe?*. Verfügbar unter: [https://www.tierhaltung.rlp.de/Internet/global/The-men.nsf/0828f2bf8acbd78cc125814d00365f31/d2983a5399d7629bc125867f002bdfbdf/\\$FILE/nXP-Gehalt_Milchvieh%C3%BCtterung_2021.pdf](https://www.tierhaltung.rlp.de/Internet/global/The-men.nsf/0828f2bf8acbd78cc125814d00365f31/d2983a5399d7629bc125867f002bdfbdf/$FILE/nXP-Gehalt_Milchvieh%C3%BCtterung_2021.pdf) [16.09.2023].
- Koster, Bettina, Hufschmid, Jasmin und AGRIDEA (2022): *Klimaschutz beim Rindvieh: Resultate aus dem Projekt Klimaschutz in der Rindviehwirtschaft*. AGRIDEA Verfügbar unter: https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Changement_climatique/Kompaktu__bersicht_Resultate_Final_13012022_V2.pdf [12.04.2023].
- Kozak, Henry M., Hudson, Robert J. und Renecker, Lyle A. (1994): „Supplemental Winter Feeding“ Verfügbar unter: <https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/639008/11210-10752-1-PB.pdf?sequence=1> [18.09.2023].
- Kranert, M., Hafner, G., Barabosz, J., Schuller, H., Leverenz, D. und Kölbig, A. (2012): *Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland*. Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ernaehrung/Lebensmittelverschwendung/Studie_Lebensmittelabfaelle_Langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Krewski, Daniel, Jerrett, Michael, Burnett, Richard T., Ma, Renjun, Hughes, Edward, Shi, Yuanli et al. (2009): „Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality“ *Research Report (Health Effects Institute)*. Nr. 140 (2009), 5–114; discussion 115–136.
- KTBL (2018): *Faustzahlen für die Landwirtschaft*. (15. Auflage.). Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL).
- KTBL (o. J.): „KTBL.de: Literaturdatenbank Tierwohlintikatoren“ Verfügbar unter: <https://www.ktbl.de/webanwendungen/literaturdatenbank-tierwohlintikatoren> [11.04.2023].
- Kuhla, B. und Viereck, G. (2022): „Enteric methane emission factors, total emissions and intensities from Germany’s livestock in the late 19th century: A comparison with the today’s emission rates and intensities“ *Science of The Total Environment*. (848) (2022), 157754. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.157754
- Kun, Róbert, Babai, Dániel, Csathó, András István, Vadász, Csaba, Kálmán, Nikoletta, Máté, András et al. (2021): „Simplicity or complexity? Important aspects of high nature value grassland management in nature conservation“ *Biodiversity and Conservation*. (30)Nr. 12 (2021), 3563–3583. doi:10.1007/s10531-021-02262-z
- Kunkle, William E, Sand, Robert S und Rae, D Owen (1998): „Effects of Body Condition on Productivity in Beef Cattle“ (1998). Verfügbar unter: <https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/45/28/00001/an00400.pdf> [18.09.2023].
- Lachance, I., Godbout, S., Lemay, S.P., Larouche, J.-P. und Pouliot, F. (2005): *Separation of Pig Manure Under Slats: to Reduce Releases in the Environment!*. American Society of Agricultural and Biological Engineers Verfügbar unter: <http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?JID=5&AID=19914&CID=tf12005&T=1> [20.08.2023].
- Langley, Ricky L. und Morrow, W.E. Morgan (2010): „Livestock Handling—Minimizing Worker Injuries“ *Journal of Agromedicine*. (15)Nr. 3 (2010), 226–235. doi:10.1080/1059924X.2010.486327
- Laubach, J., Taghizadeh-Toosi, A., Gibbs, S. J., Sherlock, R. R., Kelliher, F. M. und Grover, S. P. P. (2013): „Ammonia emissions from cattle urine and dung excreted on pasture“ *Biogeosciences*. (10)Nr. 1 (2013), 327–338. doi:10.5194/bg-10-327-2013

- Lava, M., Schüpbach-Regula, G., Steiner, A. und Meylan, M. (2016): „Antimicrobial drug use and risk factors associated with treatment incidence and mortality in Swiss veal calves reared under improved welfare conditions“ *Preventive Veterinary Medicine*. (126) (2016), 121–130. doi:10.1016/j.prevet-med.2016.02.002
- LAVES (2000): *Empfehlungen für die saisonale und ganzjährige Weidehaltung von Rindern*. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjZ5I_JqNaBAX-WCMHOKHS0PB4UQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.laves.niedersachsen.de%2Fdownload%2F82098%2FDownload.pdf&usg=AOvVaw3kPqdPjLHsf1m3pCxx04j0&opi=89978449 [01.10.2023].
- LAVES (2007): *Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung*. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjxweD_INaBAX-WzJDQIHd8yDnWQFnoECB0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.laves.niedersachsen.de%2Fdownload%2F41962%2FTierschutzleitlinie_fuer_die_Milchkuhhaltung.pdf&usg=AOvVaw3tywsbRT-vdhdzAkkL0U5sE&opi=89978449
- LAVES (2018): *Tierschutzleitlinie für die Mastrinderhaltung*. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEWjix83hotaBAXUFETQIHYY2Bu8QFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.laves.niedersachsen.de%2Fdownload%2F139604%2FTierschutzleitlinie_fuer_die_Mastrinderhaltung.pdf&usg=AOvVaw0edWgl4CxpLQRN3RoW5Cgi&opi=89978449 [01.10.2023].
- Lawrence, P. R und Pearson, R. A (2002): „Use of draught animal power on small mixed farms in Asia“ *Agricultural Systems*. (71)Nr. 1 (2002), 99–110. doi:10.1016/S0308-521X(01)00038-5
- Leisen, E (2017): „Ertrag und Rohproteingehalt in Kleegrasmischungen“ Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2017_leisen.pdf [21.10.2023].
- Leisen, Edmund (2015): „Weideperiode 2014 in ausgewählten Öko- Milchviehbetrieben Mitteleuropas“ Verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/Forschung/Ergebnisse/Broschuere-Weideperiode-2014.pdf> [08.10.2023].
- Leisen, Edmund (2018): „Produktivität von Kuhweiden Mitteleuropas 2011-2017“ Verfügbar unter: https://www.oekolandbau.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/Publikationen/Bericht_Weideperiode_2017_online.pdf [08.10.2023].
- Leisen, Edmund und Rieger, Thomas (2011): Wirtschaftlichkeit ökologischer Milchviehhaltung bei unterschiedlichem Weideumfang – 5-jährige Auswertung. Verfügbar unter: <https://orgprints.org/id/eprint/17552/> [03.10.2023].
- Lelieveld, Jos, Haines, Andy und Pozzer, Andrea (2018): „Age-dependent health risk from ambient air pollution: a modelling and data analysis of childhood mortality in middle-income and low-income countries“ *The Lancet Planetary Health*. (2)Nr. 7 (2018), e292–e300. doi:10.1016/S2542-5196(18)30147-5
- LfL (2006): Aspekte zur Nachhaltigkeit in der tierischen Erzeugung. Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_19789.pdf [02.03.2023].
- LfL (2010): „Verdauungsversuche mit Eiweißfutter - Nebenprodukte des Mälzerei- und Brauereigewerbes“ Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/26325_brauereinebenprodukte.pdf [17.10.2023].
- LfL (2019): *Vergleich Vollweide zu Stundenweide im Rahmen der Weideschule Kringell*. Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/vergleich-vollweide-stundenweide_lfl-schriftenreihe.pdf [13.09.2023].
- LfL (2021): „Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen“ Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/gruber_tabelle_fuetterung_milchkuehe_zuchtrinder_schafe_ziegen_lfl-information.pdf [10.09.2023].
- LfL (2022): „Milchreport Bayern 2021 Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Milchproduktion 2020/21“ Verfügbar unter: https://lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/milchreport_bayern_2021_lfl-information.pdf [04.10.2023].
- LfL (2023): „Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast“ Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/gruber_tabelle_rindermast-2023_lfl-information.pdf [10.09.2023].
- LfL (o.J.b): „Auswirkung der Grünlandextensivierung durch verringerte Nutzungshäufigkeit und Düngung auf einem oberfränkischen Standort“ Verfügbar unter: <https://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/026100/index.php> [23.10.2023].
- LfL (o.J.a): „Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität bei weidelgrasreichem Dauergrünland“ Verfügbar unter: <https://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/026122/index.php> [15.10.2023].

- LfL (o. J.): „Die Kartoffelpülpe – eine Alternative zur teuren Flächenpacht im Milchviehbetrieb?“ Verfügbar unter: <https://www.lfl.bayern.de/iba/tier/125328/index.php> [17.10.2023].
- Liang, Maowei, Liang, Cunzhu, Hautier, Yann, Wilcox, Kevin R. und Wang, Shaopeng (2021): „Grazing-induced biodiversity loss impairs grassland ecosystem stability at multiple scales“ *Ecology Letters*. (24)Nr. 10 (2021), 2054–2064. doi:10.1111/ele.13826
- Liebig, M. A., Gross, J. R., Kronberg, S. L., Phillips, R. L. und Hanson, J. D. (2010): „Grazing management contributions to net global warming potential: a long-term evaluation in the Northern Great Plains“ *Journal of Environmental Quality*. (39)Nr. 3 (2010), 799–809. doi:10.2134/jeq2009.0272
- Lindena, T. und Hess, S. (2022): „Is animal welfare better on smaller dairy farms? Evidence from 3,085 dairy farms in Germany“ *Journal of Dairy Science*. (105)Nr. 11 (2022), 8924–8945. doi:10.3168/jds.2022-21906
- Liu, Lei, Zhang, Xiuying und Lu, Xuehe (2016): „The composition, seasonal variation, and potential sources of the atmospheric wet sulfur (S) and nitrogen (N) deposition in the southwest of China“ *Environmental Science and Pollution Research International*. (23)Nr. 7 (2016), 6363–6375. doi:10.1007/s11356-015-5844-1
- Liu, Shule, Proudman, Joe und Mitloehner, Frank M. (2021): „Rethinking methane from animal agriculture“ *CABI Agriculture and Bioscience*. (2)Nr. 1 (2021), 22. doi:10.1186/s43170-021-00041-y
- Liverani, Marco, Waage, Jeff, Barnett, Tony, Pfeiffer, Dirk U., Rushton, Jonathan, Rudge, James W. et al. (2013): „Understanding and Managing Zoonotic Risk in the New Livestock Industries“ *Environmental Health Perspectives*. (121)Nr. 8 (2013), 873–877. doi:10.1289/ehp.1206001
- LK Oberösterreich (2016a): *Rationsvorschläge Milchvieh - Leistungsgerechte Kraftfutterergänzung*. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwidhtnevZCCAxWAODQIHWn_BTgQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.lko.at%2Fmedia.php%3Ffilename%3Ddownload%3D%2F2016.11.08%2F1478597702867859.pdf%26rn%3DRationsvorschl&usg=AOvVaw1wdE3aDunUhfY0Moein_aQ&opi=89978449 [24.10.2023].
- LK Oberösterreich (2016b): *Futterwerttabelle für Wiederkäuer*. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi8hfH5jvuBAXWdp4kEHVRoAtgQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Ffooe.lko.at%2Fmedia.php%3Ffilename%3Ddownload%253D%252F2016.11.08%252F14785976999411.pdf%26rn%3DFutterwerttabelle_f%25FCr_Wiederk%25E4uer.pdf&usg=AOvVaw01rUOOOYmu0_qsYSZa6R7I&opi=89978449 [16.09.2023].
- Lorenz, Klaus und Lal, Rattan (2016): *Soil Organic Carbon – An Appropriate Indicator to Monitor Trends of Land and Soil Degradation within the SDG Framework?*. Umweltbundesamt Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-30_soil_organic_carbon_as_indicator_final.pdf [26.08.2023].
- LUBW (2008): *Ammoniak in der Umwelt*. Verfügbar unter: <https://pd.lubw.de/45914> [17.08.2023].
- Lucy, M. C. (2001): „Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end?“ *Journal of Dairy Science*. (84)Nr. 6 (2001), 1277–1293. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0
- Luy, Jörg (2018): *Der faire Deal Basis eines neuen Rechtsverständnisses im Tier-, Natur- und Umweltschutz*. (1. Auflage.). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- LWK Niedersachsen (2020): „Leitfaden Rinderhaltung“ Verfügbar unter: <https://www.nibis.de/uploads/nlschbfriedrich/Leitfaden%20Rinderhaltung%202020.pdf> [30.09.2023].
- LWK Niedersachsen (o. J.): „Melkautomat die richtige Wahl?“ Verfügbar unter: <https://www.lwk-niedersachsen.de> [02.11.2023].
- LWK NRW (2021): „Stickstoffdüngung auf Grünland“ (2021). Verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de> [10.09.2023].
- Lynch, John, Cain, Michelle, Pierrehumbert, Raymond und Allen, Myles (2020): „Demonstrating GWP*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and long-lived climate pollutants“ *Environmental Research Letters*. (15)Nr. 4 (2020), 044023. . IOP Publishing doi:10.1088/1748-9326/ab6d7e
- MacFarling Meure, C., Etheridge, D., Trudinger, C., Steele, P., Langenfelds, R., Van Ommen, T. et al. (2006): „Law Dome CO₂, CH₄ and N₂O ice core records extended to 2000 years BP“ *Geophysical Research Letters*. (33)Nr. 14 (2006), L14810. doi:10.1029/2006GL026152
- Machmuller, Megan B., Kramer, Marc G., Cyle, Taylor K., Hill, Nick, Hancock, Dennis und Thompson, Aaron (2015): „Emerging land use practices rapidly increase soil organic matter“ *Nature Communications*. (6)Nr. 1 (2015), 6995. . Nature Publishing Group doi:10.1038/ncomms7995
- Magierski, Viola, Lühken, Sally, Heil, Nina, Over, Caroline, Frieten, Dörte, Cindy, Nyanzi et al. (2023): *Modellbericht Nationales Tierwohl-Monitoring: Rind*. Verfügbar unter: <https://www.nationales-tierwohl->

- monitoring.de/fileadmin/nationales_tierwohl_monitoring/Berichte/Modellberichte/Tierwohl-Modellbericht-Rind.pdf [27.06.2023].
- Mahlkow-Nerge, Katrin (2008): „Stoffwechselstörungen bei Milchkühen - wie kann der Landwirt diesen begegnen?“ (2008). Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk040459.pdf
- March, Solveig, Brinkmann, Jan und Drews, Julia (2021): *Q Check: Tierwohl mit System - von der betrieblichen Eigenkontrolle zum nationalen Monitoring*. DE: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3220/PB1639565458000> [21.11.2023].
- Marti, Daniel L, Johnson, Rachel und Mathews, Kenneth H (2011): „Where’s the (Not) Meat? Byproducts From Beef and Pork Production“ (2011). Verfügbar unter: https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/37427/8801_ldpm20901.pdf [09.07.2023].
- Marttunen, Mika, Belton, Valerie und Lienert, Judit (2018): „Are objectives hierarchy related biases observed in practice? A meta-analysis of environmental and energy applications of Multi-Criteria Decision Analysis“ *European Journal of Operational Research*. (265)Nr. 1 (2018), 178–194. doi:10.1016/j.ejor.2017.02.038
- Mayer, Claus, Thio, Tanja, Schulze Westerath, Heike, Ossent, Pete, Gygax, Lorenz, Wechsler, Beat et al. (2007): *Vergleich von Betonspaltenböden, gummimodifizierten Spaltenböden und Buchten mit Einstreu in der Bullenmast unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtigkeit*. Reihe: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).
- McCarthy, B., Delaby, L., Pierce, K.M., Journot, F. und Horan, B. (2011): „Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems“ *Animal*. (5)Nr. 5 (2011), 784–794. doi:10.1017/S1751731110002314
- McSherry, Megan E. und Ritchie, Mark E. (2013): „Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review“ *Global Change Biology*. (19)Nr. 5 (2013), 1347–1357. doi:10.1111/gcb.12144
- Medina-González, Paul, Moreno, Karen und Gómez, Marcelo (2022): „Why Is the Grass the Best Surface to Prevent Lameness? Integrative Analysis of Functional Ranges as a Key for Dairy Cows’ Welfare“ *Animals: an Open Access Journal from MDPI*. (12)Nr. 4 (2022), 496. doi:10.3390/ani12040496
- Melina, Vesanto, Craig, Winston und Levin, Susan (2016): „Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets“ *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. (116)Nr. 12 (2016), 1970–1980. doi:10.1016/j.jand.2016.09.025
- Mellor, David (2016): „Updating Animal Welfare Thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “A Life Worth Living”“ *Animals*. (6)Nr. 3 (2016), 21. doi:10.3390/ani6030021
- Mellor, David J., Beausoleil, Ngaio J., Littlewood, Katherine E., McLean, Andrew N., McGreevy, Paul D., Jones, Bidda et al. (2020): „The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare“ *Animals*. (10)Nr. 10 (2020), 1870. doi:10.3390/ani10101870
- Meurens, François, Dunoyer, Charlotte, Fourichon, Christine, Gerdt, Volker, Haddad, Nadia, Kortekaas, Jeroen et al. (2021): „Animal board invited review: Risks of zoonotic disease emergence at the interface of wild-life and livestock systems“ *Animal*. (15)Nr. 6 (2021), 100241. doi:10.1016/j.animal.2021.100241
- Miller, L. A., Moorby, J. M., Davies, D. R., Humphreys, M. O., Scollan, N. D., MacRae, J. C. et al. (2001): „Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows“ *Grass and Forage Science*. (56)Nr. 4 (2001), 383–394. doi:10.1046/j.1365-2494.2001.00288.x
- Misselbrook, T. H., Webb, J. und Gilhespy, S. L. (2006): „Ammonia emissions from outdoor concrete yards used by livestock—quantification and mitigation“ *Atmospheric Environment*. (40)Nr. 35 (2006), 6752–6763. doi:10.1016/j.atmosenv.2006.05.077
- Mitloehner, Frank, Kebreab, Ermias und Boccadoro, Michael (2020): „Methane, Cows, and Climate Change: California Dairy’s Path to Climate Neutrality“ (2020). Verfügbar unter: https://clear.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk7876/files/inline-files/CLEAR-Center-Methane-Cows-Climate-Change-Sep-2-20_7.pdf [16.08.2023].
- Modernel, P, Astigarraga, L und Picasso, V (2013): „Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production systems“ *Environmental Research Letters*. (8)Nr. 3 (2013), 035052. doi:10.1088/1748-9326/8/3/035052
- Moorby, J. M., Evans, R. T., Scollan, N. D., MacRae, J. C. und Theodorou, M. K. (2006): „Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation“ *Grass and Forage Science*. (61)Nr. 1 (2006), 52–59. doi:10.1111/j.1365-2494.2006.00507.x
- Moser, Lara, Becker, Jens, Schüpbach-Regula, Gertraud, Kiener, Sarah, Grieder, Sereina, Keil, Nina et al. (2020): „Welfare Assessment in Calves Fattened According to the “Outdoor Veal Calf” Concept and in

- Conventional Veal Fattening Operations in Switzerland“ *Animals : an Open Access Journal from MDPI*. (10)Nr. 10 (2020), 1810. doi:10.3390/ani10101810
- Mota-Rojas, Daniel, Braghieri, Ada, Álvarez-Macías, Adolfo, Serrapica, Francesco, Ramírez-Briebesca, Efrén, Cruz-Monterrosa, Rosy et al. (2021): „The Use of Draught Animals in Rural Labour“ *Animals : an Open Access Journal from MDPI*. (11)Nr. 9 (2021), 2683. doi:10.3390/ani11092683
- Mottet, Anne, de Haan, Cees, Falcucci, Alessandra, Tempio, Giuseppe, Opio, Carolyn und Gerber, Pierre (2017): „Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate“ *Global Food Security*. (14) (2017), 1–8. doi:10.1016/j.gfs.2017.01.001
- Müller-Lindenlauf, Maria, Cornelius, Christine, Gärtner, Sven, Reinhardt, Guido, Rettenmaier, Nils und Schmidt, Tobias (2014): „Umweltbilanz von Milch und Milcherzeugnissen“ *ifeu*. (2014). Verfügbar unter: <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-VDM-Milchbericht-2014.pdf> [21.10.2023].
- Murray, Christopher J L, Aravkin, Aleksandr Y, Zheng, Peng, Abbafati, Cristiana, Abbas, Kaja M, Abbasi-Kangevari, Mohsen et al. (2020): „Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019“ *The Lancet*. (396)Nr. 10258 (2020), 1223–1249. doi:10.1016/S0140-6736(20)30752-2
- MVI (2023): „Geschäftsbericht 2022/23“ Verfügbar unter: <https://milchindustrie.de/geschaeftsberichte/2022-2023/#98> [14.10.2023].
- Nakajima, Noriaki, Doi, Kazuya, Tamiya, Sae und Yayota, Masato (2019): „Effects of direct exposure to cold weather under grazing in winter on the physiological, immunological, and behavioral conditions of Japanese Black beef cattle in central Japan“ *Animal Science Journal*. (90)Nr. 8 (2019), 1033–1041. doi:10.1111/asj.13248
- National Trust (2012): *What’s your beef?* Verfügbar unter: <http://kinnebrookfarm.com/wp-content/uploads/2014/01/whatsyourbeef.pdf> [05.09.2023].
- Neeteson-van Nieuwenhoven, Anne-Marie, Knap, Pieter und Avendaño, Santiago (2013): „The role of sustainable commercial pig and poultry breeding for food security“ *Animal Frontiers*. (3)Nr. 1 (2013), 52–57. doi:10.2527/af.2013-0008
- Nelson, Richard E, Hatfield, Kelly M, Wolford, Hannah, Samore, Matthew H, Scott, R Douglas, II, Reddy, Sujana C et al. (2021): „National Estimates of Healthcare Costs Associated With Multidrug-Resistant Bacterial Infections Among Hospitalized Patients in the United States“ *Clinical Infectious Diseases*. (72)Nr. Supplement_1 (2021), S17–S26. doi:10.1093/cid/cia1581
- Noleppa, Steffen und Carlsburg, Matti (2015): „Nahrungsmittelverbrauch und Fußabdrücke des Konsums in Deutschland: Eine Neubewertung unserer Ressourcennutzung“ Verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Nahrungsmittelverbrauch_und_Fussabdruck_des_Konsums_in_Deutschland.pdf [04.04.2023].
- Notz, Christophe (2019): *Kraftfutterreduzierte Milchviehfütterung. Ein Leitfaden zu mehr Futterautonomie*. FiBL Verfügbar unter: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1095-kraftfutterreduktion.pdf> [29.09.2023].
- OECD (2001): „Multifunktionalität: Auf dem Weg zu einem analytischen Rahmen“ Nr. Zusammenfassung (2001). Verfügbar unter: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264192171-sum-de.pdf?expires=1681376131&id=id&accname=guest&checksum=14626F9C1E984AF80A689515FC689809> [13.04.2023].
- OECD und Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. Reihe: OECD-FAO Agricultural Outlook. OECD. doi:10.1787/08801ab7-en
- OIE (2022): „Animal Welfare“ Verfügbar unter: https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_introduction.pdf [30.10.2023].
- Oldeman, L R (1994): „Global Extent of Soil Degradation“ *Annual Report*. (1994). Verfügbar unter: <https://edepot.wur.nl/299739> [15.08.2023].
- Ontario Grain Farmer Magazine (2016): *New food uses for soybean meal*. Verfügbar unter: <https://ontariograinfarmer.ca/2016/02/01/new-food-uses-for-soybean-meal/> [11.07.2023].
- Panetta, Diane M., Powers, Wendy J. und Lorimor, Jeffery C. (2005): „Management strategy impacts on ammonia volatilization from swine manure“ *Journal of Environmental Quality*. (34)Nr. 3 (2005), 1119–1130. doi:10.2134/jeq2004.0313
- Pardon, B., Catry, B., Dewulf, J., Persoons, D., Hostens, M., De Bleecker, K. et al. (2012): „Prospective study on quantitative and qualitative antimicrobial and anti-inflammatory drug use in white veal calves“ *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. (67)Nr. 4 (2012), 1027–1038. doi:10.1093/jac/dkr570
- Pauler, C. und Schneider, M. K. (2021): „Nicht alle Rinder fressen gleich: Einfluss der Rasse auf die Weidevegetation“ (2021). . Agroscope doi:10.34776/AFS11-244

- Pearson, R. Anne (2011): Draft and Transport: Contributions to Society. In: Dekker Agropedia Collection In D.E. Ullrey, C.K. Baer & W.G. Pond (Hrsg.), *Encyclopedia of animal science*. (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Pelletier, Nathan, Pirog, Rich und Rasmussen, Rebecca (2010): „Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States“ *Agricultural Systems*. (103)Nr. 6 (2010), 380–389. doi:10.1016/j.agsy.2010.03.009
- Perino, Grischa und Schwickert, Henrike (2023): „Animal welfare is a stronger determinant of public support for meat taxation than climate change mitigation in Germany“ *Nature Food*. (4)Nr. 2 (2023), 160–169. doi:10.1038/s43016-023-00696-y
- Peters, Gregory M., Rowley, Hazel V., Wiedemann, Stephen, Tucker, Robyn, Short, Michael D. und Schulz, Matthias (2010): „Red Meat Production in Australia: Life Cycle Assessment and Comparison with Overseas Studies“ *Environmental Science & Technology*. (44)Nr. 4 (2010), 1327–1332. doi:10.1021/es901131e
- Petersen, Søren O., Sommer, Sven G., Aaes, Ole und Sjøgaard, Karen (1998): „Ammonia losses from urine and dung of grazing cattle“ *Atmospheric Environment*. (32)Nr. 3 (1998), 295–300. doi:10.1016/S1352-2310(97)00043-5
- Phillips, Clive Julian Christie (2002): *Cattle behaviour and welfare*. (2. ed.). Oxford: Blackwell Science.
- Picoli, Michelle C. A., Rorato, Ana, Leitão, Pedro, Camara, Gilberto, Maciel, Adeline, Hostert, Patrick et al. (2020): „Impacts of Public and Private Sector Policies on Soybean and Pasture Expansion in Mato Grosso—Brazil from 2001 to 2017“ *Land*. (9)Nr. 1 (2020), 20. . Multidisciplinary Digital Publishing Institute doi:10.3390/land9010020
- Polsky, Liam und von Keyserlingk, Marina A. G. (2017): „Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare“ *Journal of Dairy Science*. (100)Nr. 11 (2017), 8645–8657. doi:10.3168/jds.2017-12651
- Poore, J. und Nemecek, T. (2018): „Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers“ *Science*. (360)Nr. 6392 (2018), 987–992. doi:10.1126/science.aaq0216
- Pozzer, Andrea, Tsimpidi, Alexandra P., Karydis, Vlassis A., de Meij, Alexander und Lelieveld, Jos (2017): „Impact of agricultural emission reductions on fine-particulate matter and public health“ *Atmospheric Chemistry and Physics*. (17)Nr. 20 (2017), 12813–12826. . Copernicus GmbH doi:10.5194/acp-17-12813-2017
- Prävălie, Remus, Patriche, Cristian, Borrelli, Pasquale, Panagos, Panos, Roșca, Bogdan, Dumitrașcu, Monica et al. (2021): „Arable lands under the pressure of multiple land degradation processes. A global perspective“ *Environmental Research*. (194) (2021), 110697. doi:10.1016/j.envres.2020.110697
- Price, Edward O. und Wallach, Samoa J.R. (1990): „Physical isolation of hand-reared Hereford bulls increases their aggressiveness toward humans“ *Applied Animal Behaviour Science*. (27)Nr. 3 (1990), 263–267. doi:10.1016/0168-1591(90)90061-H
- Provenza, Frederick D., Kronberg, Scott L. und Gregorini, Pablo (2019): „Is Grassfed Meat and Dairy Better for Human and Environmental Health?“ *Frontiers in Nutrition*. (6) (2019), 26. doi:10.3389/fnut.2019.00026
- Putfarken, Dorothee, Dengler, Jürgen, Lehmann, Stephan und Härdtle, Werner (2008): „Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment“ *Applied Animal Behaviour Science*. (111)Nr. 1–2 (2008), 54–67. doi:10.1016/j.applanim.2007.05.012
- Q Check (2023): „Nationales Tierwohlmonitoring: BRS veröffentlicht jährlichen Q Check Bericht über das Tierwohl in der Milchviehhaltung“ Verfügbar unter: <https://q-check.org/presse/nationales-tierwohlmonitoring-brs-veroeffentlicht-jaehrlichen-q-check-bericht-ueber-das-tierwohl-in-der-milchviehhaltung/> [21.11.2023].
- Reimert, I., Webb, L. E., van Marwijk, M. A. und Bolhuis, J. E. (2023): „Review: Towards an integrated concept of animal welfare“ (Animal welfare: an interdisciplinary analysis) *animal*. (17) (2023), 100838. doi:10.1016/j.animal.2023.100838
- Reinhardt, Viktor und Reinhardt, Annie (1981): „Cohesive Relationships in a Cattle Herd (Bos Indicus)“ *Behaviour*. (77)Nr. 3 (1981), 121–150. doi:10.1163/156853981X00194
- Ren, Rongrong, Xu, Wanling, Zhao, Mingming und Sun, Wei (2019): „Grazing offsets the stimulating effects of nitrogen addition on soil CH₄ emissions in a meadow steppe in Northeast China“ *PloS One*. (14)Nr. 12 (2019), e0225862. doi:10.1371/journal.pone.0225862
- Richter, Dr Beate, Zerkawy, Florian, Giesen, Henning und Grahl, Vinzenz (2023): „Maßnahmen und Instrumente zur Förderung einer nachhaltigen Milcherzeugung“ (2023). Verfügbar unter: https://foes.de/publikationen/2023_08_Greenpeace_Studie_Foerderung_nachhaltiger_Milcherzeugung.pdf [30.10.2023].
- Richter, MArgrit, Boeing, Heiner, und Deutsche Gesellschaft für Ernährungs e.V. (DGE) (2016): „Vegan Diet. Position of the German Nutrition Society (DGE)“ *Ernahrungs Umschau*. Nr. 63(4) (2016), 92–102. doi:10.4455/eu.2016.021

- Richter, Margrit, Kroke, Anja, Grünewald-Funk, Dorle, Hesecker, Helmut und Virmani, Kiran (2020): „Ergänzung der Position der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. zur veganen Ernährung hinsichtlich Bevölkerungsgruppen mit besonderem Anspruch an die Nährstoffversorgung“ (2020). Verfügbar unter: https://www.dge.de/fileadmin/dok/wissenschaft/positionen/64_72_Sonderheft_2020_DGE_Vegane_Position.pdf [29.07.2023].
- Rivero, M. Jordana, Grau-Campanario, Patricia, Mullan, Siobhan, Held, Suzanne D. E., Stokes, Jessica E., Lee, Michael R. F. et al. (2021): „Factors Affecting Site Use Preference of Grazing Cattle Studied from 2000 to 2020 through GPS Tracking: A Review“ *Sensors*. (21)Nr. 8 (2021), 2696. doi:10.3390/s21082696
- Rockström, Johan, Edenhofer, Ottmar, Gaertner, Juliana und DeClerck, Fabrice (2020): „Planet-proofing the global food system“ *Nature Food*. (1)Nr. 1 (2020), 3–5. doi:10.1038/s43016-019-0010-4
- Rostagno, Marcos H. (2009): „Can Stress in Farm Animals Increase Food Safety Risk?“ *Foodborne Pathogens and Disease*. (6)Nr. 7 (2009), 767–776. . Mary Ann Liebert, Inc., publishers doi:10.1089/fpd.2009.0315
- Rotz, C. Alan, Asem-Hiablie, Senorpe, Place, Sara und Thoma, Greg (2019): „Environmental footprints of beef cattle production in the United States“ *Agricultural Systems*. (169) (2019), 1–13. doi:10.1016/j.agsy.2018.11.005
- Saaten Union (o. J.): „Qualitätsweizen – Wie mit niedrigen Proteinwerten umgehen?“ www.saaten-union.de. Verfügbar unter: <https://www.saaten-union.de/> [14.10.2023].
- Sainz, Roberto (2023): „LIVESTOCK-ENVIRONMENT INITIATIVE FOSSIL FUELS COMPONENT FRAMEWORK FOR CALCULATING FOSSIL FUEL USE IN LIVESTOCK SYSTEMS“ (2023).
- Sandelin, Atte, Hälli, Outi, Härtel, Heidi, Herva, Tuomas, Kaartinen, Liisa, Tuunainen, Erja et al. (2022): „Effect of Farm Management Practices on Morbidity and Antibiotic Usage on Calf Rearing Farms“ *Antibiotics*. (11)Nr. 2 (2022), 270. doi:10.3390/antibiotics11020270
- Sans, P. und Combris, P. (2015): „World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961–2011)“ *Meat Science*. (109) (2015), 106–111. doi:10.1016/j.meatsci.2015.05.012
- Santos, Alex Mota Dos, Silva, Carlos Fabricio Assunção Da, Almeida Junior, Pedro Monteiro De, Rudke, Anderson Paulo und Melo, Silas Nogueira De (2021): „Deforestation drivers in the Brazilian Amazon: assessing new spatial predictors“ *Journal of Environmental Management*. (294) (2021), 113020. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113020
- Sasaki, Yosuke, Uematsu, Mizuho, Kitahara, Go und Osawa, Takeshi (2016): „Reproductive performance of Japanese Black cattle: Association with herd size, season, and parity in commercial cow-calf operations“ *Theriogenology*. (86)Nr. 9 (2016), 2156–2161. doi:10.1016/j.theriogenology.2016.07.007
- Schader, Christian, Muller, Adrian, Scialabba, Nadia El-Hage, Hecht, Judith, Isensee, Anne, Erb, Karl-Heinz et al. (2015): „Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability“ *Journal of The Royal Society Interface*. (12)Nr. 113 (2015), 20150891. doi:10.1098/rsif.2015.0891
- Schick, M (2008): „Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung im Vergleich Deutschland –Schweiz“ (2008). Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2008_schick.pdf [06.10.2023].
- Schmitz, P Michael (2019): „Globale Auswirkungen einer rein pflanzlichen Ernährung“ (2019). Verfügbar unter: https://www.ngw-landesverband.de/templates/images/news/556_2.pdf [10.09.2023].
- Schnyder, P., Schönecker, L., Schüpbach-Regula, G. und Meylan, M. (2019): „Effects of management practices, animal transport and barn climate on animal health and antimicrobial use in Swiss veal calf operations“ *Preventive Veterinary Medicine*. (167) (2019), 146–157. doi:10.1016/j.prevetmed.2019.03.007
- Schori, F., Heublein, C., Südekum, K.-H. und Dohme-Meier, F. (2014): *Die Auswirkungen von Kraftfutter bei weidenden schweizerischen und neuseeländischen Holsteinkühen auf die Milchleistung, Futteraufnahme, Aktivität und das Verzehrverhalten*. Verfügbar unter: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/wirtschaft-technik/betriebswirtschaft/publikationen/_jcr_content/par/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2l0LUNIL1BhZ2UvRW/luemVschHVibGlrYXRpb24vRG93bmxxvYWQ_ZWluemVschHVibGlr/YXRpb25JZDOzNDI5Mg==.pdf [06.10.2023].
- Schroeder, G. F., Delahoy, J. E., Vidaurreta, I., Bargo, F., Gagliostro, G. A. und Muller, L. D. (2003): „Milk Fatty Acid Composition of Cows Fed a Total Mixed Ration or Pasture Plus Concentrates Replacing Corn with Fat“ *Journal of Dairy Science*. (86)Nr. 10 (2003), 3237–3248. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73927-7
- Schuman, G E, Reeder, J D, Manley, J T, Hart, R H und Manley, W A (1999): „IMPACT OF GRAZING MANAGEMENT ON THE CARBON AND NITROGEN BALANCE OF A MIXED-GRASS RANGELAND“ *Ecological Applications*. (9)Nr. 1 (1999).

- Schüpbach, R., Wegmüller, R., Berguerand, C., Bui, M. und Herter-Aeberli, I. (2015): „Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland“ *European Journal of Nutrition*. (56)Nr. 1 (2015), 283–293. doi:10.1007/s00394-015-1079-7
- Schütz, K.E., Cave, V.M., Cox, N.R., Huddart, F.J. und Tucker, C.B. (2019): „Effects of 3 surface types on dairy cattle behavior, preference, and hygiene“ *Journal of Dairy Science*. (102)Nr. 2 (2019), 1530–1541. doi:10.3168/jds.2018-14792
- Schwarte, Kirk A., Russell, James R., Kovar, John L., Morrical, Daniel G., Ensley, Steven M., Yoon, Kyoung-Jin et al. (2011): „Grazing management effects on sediment, phosphorus, and pathogen loading of streams in cool-season grass pastures“ *Journal of Environmental Quality*. (40)Nr. 4 (2011), 1303–1313. doi:10.2134/jeq2010.0524
- van Selm, Benjamin, Frehner, Anita, de Boer, Imke J. M., van Hal, Ollie, Hijbeek, Renske, van Ittersum, Martin K. et al. (2022): „Circularity in animal production requires a change in the EAT-Lancet diet in Europe“ *Nature Food*. (3)Nr. 1 (2022), 66–73. doi:10.1038/s43016-021-00425-3
- Shahidi, Fereidoon und Ambigaipalan, Priyatharini (2018): „Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits“ *Annual Review of Food Science and Technology*. (9) (2018), 345–381. doi:10.1146/annurev-food-111317-095850
- Sheldon, Kristi J., Deboy, Gail, Field, William E. und Albright, Jack L. (2009): „Bull-Related Incidents: Their Prevalence and Nature“ *Journal of Agromedicine*. (14)Nr. 3 (2009), 357–369. doi:10.1080/10599240903042024
- Silanikove, Nissim (2000): „Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants“ *Livestock Production Science*. (67)Nr. 1–2 (2000), 1–18. doi:10.1016/S0301-6226(00)00162-7
- da Silva, Roberto Gomes da, Jr., Newton La Scala und Pocay, Priscila Lombardi Bersi (2001): „Transmission of Ultraviolet Radiation Through the Haircoat and the Skin of Cattle“ *R. Bras. Zootec*. (30)Nr. 6 (2001), 1939–1947. . R. Bras. Zootec. doi:10.1590/S1516-35982001000700034
- da Silva, Welligton Conceição Da, da Silva, Éder Bruno Rebelo Da, Santos, Maria Roseane Pereira Dos, Camargo Junior, Raimundo Nonato Colares, Barbosa, Antônio Vinicius Corrêa, Silva, Jamile Andréa Rodrigues Da et al. (2022): „Behavior and thermal comfort of light and dark coat dairy cows in the Eastern Amazon“ *Frontiers in Veterinary Science*. (9) (2022), 1006093. doi:10.3389/fvets.2022.1006093
- Silvério, Divino V, Brando, Paulo M, Macedo, Marcia N, Beck, Pieter S A, Bustamante, Mercedes und Coe, Michael T (2015): „Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing“ *Environmental Research Letters*. (10)Nr. 10 (2015), 104015. doi:10.1088/1748-9326/10/10/104015
- Singh, P. und Krishnaswamy, K. (2022): „Sustainable zero-waste processing system for soybeans and soy by-product valorization“ *Trends in Food Science & Technology*. (128) (2022), 331–344. doi:10.1016/j.tifs.2022.08.015
- Smid, Anne-Marieke C., Weary, Daniel M., Costa, Joao H. C. und von Keyserlingk, Marina A. G. (2018): „Dairy cow preference for different types of outdoor access“ *Journal of Dairy Science*. (101)Nr. 2 (2018), 1448–1455. doi:10.3168/jds.2017-13294
- Smith, Felisa A., Hammond, John I., Balk, Meghan A., Elliott, Scott M., Lyons, S. Kathleen, Pardi, Melissa I. et al. (2016): „Exploring the influence of ancient and historic megaherbivore extirpations on the global methane budget“ *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (113)Nr. 4 (2016), 874–879. doi:10.1073/pnas.1502547112
- Smith, Pete (2014): „Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?“ *Global Change Biology*. (20)Nr. 9 (2014), 2708–2711. doi:10.1111/gcb.12561
- SMUL (2008): *Fruchtfolgegrundsätze im Ökologischen Landbau*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Verfügbar unter: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> [21.10.2023].
- Song, Mingyang, Fung, Teresa T., Hu, Frank B., Willett, Walter C., Longo, Valter D., Chan, Andrew T. et al. (2016): „Association of Animal and Plant Protein Intake With All-Cause and Cause-Specific Mortality“ *JAMA Internal Medicine*. (176)Nr. 10 (2016), 1453. doi:10.1001/jamainternmed.2016.4182
- Spiekers, Hubert, Eurich-Menden, Brigitte und Van den Weghe, Herman (2018): *Reduktion der Ammoniakemissionen in der Milchviehhaltung*. DLG Verfügbar unter: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_417.pdf [06.10.2023].
- Springbett, A J, MacKenzie, K, Woolliams, J A und Bishop, S C (2003): „The contribution of genetic diversity to the spread of infectious diseases in livestock populations.“ *Genetics*. (165)Nr. 3 (2003), 1465–1474. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1462849/> [25.08.2023].

- Stanley, Paige L., Rowntree, Jason E., Beede, David K., DeLonge, Marcia S. und Hamm, Michael W. (2018): „Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems“ *Agricultural Systems*. (162) (2018), 249–258. doi:10.1016/j.agsy.2018.02.003
- Starz, W., Steinwider, A., Pfister, R. und Hannes, R. (2014): „Inhaltsstoffverläufe im Weidefutter auf vielfältigen Dauerweidebeständen im inneralpinen Klimaraum“ Verfügbar unter: https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/FODOK/3969-landw-res-moarhof/fodok_4_14437_inhaltstoffverl_ufe_im_weidefutter.pdf [07.10.2023].
- Statistisches Reichsamt (1930): *Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich*. Verfügbar unter: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN514401303_1930 [23.10.2023].
- Steinfeld, Henning, Gerber, Pierre, Wassenaar, T. D., Castel, Vincent, Rosales M., Mauricio und Haan, Cees de (2006): *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Stone, A. E., Jones, B. W., Becker, C. A. und Bewley, J. M. (2017): „Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior“ *Journal of Dairy Science*. (100)Nr. 3 (2017), 2395–2403. doi:10.3168/jds.2016-11607
- Subak, Susan (1999): „Global environmental costs of beef production“ *Ecological Economics*. (30)Nr. 1 (1999), 79–91. doi:10.1016/S0921-8009(98)00100-1
- Sun, D. S., Wesche, K., Chen, D. D., Zhang, S. H., Wu, G. L., Du, G. Z. et al. (2011): „Grazing depresses soil carbon storage through changing plant biomass and composition in a Tibetan alpine meadow“ *Plant, Soil and Environment*. (57)Nr. 6 (2011), 271–278. . Plant, Soil and Environment doi:10.17221/7/2011-PSE
- Sun, Yangbo, Liu, Buyun, Snetselaar, Linda G., Wallace, Robert B., Shadyab, Aladdin H., Kroenke, Candyce H. et al. (2021): „Association of Major Dietary Protein Sources With All-Cause and Cause-Specific Mortality: Prospective Cohort Study“ *Journal of the American Heart Association*. (10)Nr. 5 (2021), e015553. doi:10.1161/JAHA.119.015553
- SVLFG (2022): „Rinderhaltung“ Verfügbar unter: <https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/2f51bde48ea79fb7/dcacf751ba2/b20-broschuere-rinderhaltung.pdf> [16.09.2023].
- SVLFG (o. J.): „Sichere Rinderhaltung“ Verfügbar unter: <https://www.svlfg.de/rinderhaltung> [16.09.2023].
- Tälle, Malin, Deák, Balázs, Poschod, Peter, Valkó, Orsolya, Westerberg, Lars und Milberg, Per (2016): „Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management“ *Agriculture, Ecosystems & Environment*. (222) (2016), 200–212. doi:10.1016/j.agee.2016.02.008
- Teagasc (o. J.): „Methane - Teagasc | Agriculture and Food Development Authority“ Verfügbar unter: <https://www.teagasc.ie/environment/climate-change--air-quality/methane/> [05.10.2023].
- Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B. und Conover, D. M. (2011): „Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie“ *Agriculture, Ecosystems & Environment*. (141)Nr. 3 (2011), 310–322. doi:10.1016/j.agee.2011.03.009
- Teague, W.R., Apfelbaum, Steven, Lal, Rattan, Kreuter, Urs, Rowntree, Jason, Davies, C. et al. (2016): „The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America“ *Journal of Soil and Water Conservation*. (71) (2016), 156–164. doi:10.2489/jswc.71.2.156
- Telezhenko, E., Lidfors, L. und Bergsten, C. (2007): „Dairy Cow Preferences for Soft or Hard Flooring when Standing or Walking“ *Journal of Dairy Science*. (90)Nr. 8 (2007), 3716–3724. doi:10.3168/jds.2006-876
- Tergast, Hauke, Hansen, Heiko und Weber, Eva-Charlotte (2022): *Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe*. (S. 17). Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft Verfügbar unter: https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Haltungsverfahren_in_Deutschland/Milchviehhaltung/Steckbrief_Milchkuehe.pdf [16.07.2023].
- Thangavel, Prakash, Park, Duckshin und Lee, Young-Chul (2022): „Recent Insights into Particulate Matter (PM_{2.5})-Mediated Toxicity in Humans: An Overview“ *International Journal of Environmental Research and Public Health*. (19)Nr. 12 (2022), 7511. doi:10.3390/ijerph19127511
- Tichenor, Nicole E., Peters, Christian J., Norris, Gregory A., Thoma, Greg und Griffin, Timothy S. (2017): „Life cycle environmental consequences of grass-fed and dairy beef production systems in the Northeastern United States“ *Journal of Cleaner Production*. (142) (2017), 1619–1628. doi:10.1016/j.jclepro.2016.11.138
- Tidière, Morgane, Gaillard, Jean-Michel, Berger, Vérane, Müller, Dennis W. H., Bingaman Lackey, Laurie, Gimenez, Olivier et al. (2016): „Comparative analyses of longevity and senescence reveal variable survival benefits of living in zoos across mammals“ *Scientific Reports*. (6)Nr. 1 (2016), 36361. doi:10.1038/srep36361

- Tiseo, Katie, Huber, Laura, Gilbert, Marius, Robinson, Timothy P. und Van Boeckel, Thomas P. (2020): „Global Trends in Antimicrobial Use in Food Animals from 2017 to 2030“ *Antibiotics*. (9)Nr. 12 (2020), 918. doi:10.3390/antibiotics9120918
- TNS Political & Social (2015): *Attitudes of Europeans towards animal welfare: report*. LU: European Commission. Directorate General for Health and Food Safety. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2875/884639> [13.07.2023].
- van der Tol, P. P. J., van der Beek, S. S., Metz, J. H. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Back, W., Braam, C. R. et al. (2004): „The Effect of Preventive Trimming on Weight Bearing and Force Balance on the Claws of Dairy Cattle“ *Journal of Dairy Science*. (87)Nr. 6 (2004), 1732–1738. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73327-5
- Torbit, Stephen C., Carpenter, Len H., Swift, David M. und Alldredge, A. William (1985): „Differential Loss of Fat and Protein by Mule Deer during Winter“ *The Journal of Wildlife Management*. (49)Nr. 1 (1985), 80. doi:10.2307/3801849
- Tucker, Cassandra B., Jensen, Margit Bak, de Passillé, Anne Marie, Hänninen, Laura und Rushen, Jeffrey (2021): „Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows“ *Journal of Dairy Science*. (104)Nr. 1 (2021), 20–46. doi:10.3168/jds.2019-18074
- Tucker, Cassandra B., Rogers, Andrea R. und Schütz, Karin E. (2008): „Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system“ *Applied Animal Behaviour Science*. (109)Nr. 2–4 (2008), 141–154. doi:10.1016/j.applanim.2007.03.015
- TVT (2006): *Ganzjährige Freilandhaltung von Rindern*. Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiUPPgqtaBAxWvHTQIHUq_CMAQFnoECA0QAw&url=https%3A%2F%2Fwww.tierschutz-tvt.de%2Fallemerkmale-und-stellungnahmen%2F%3Fno_cache%3D1%26download%3D%2FMB_85_ganzj%25C3%25A4hrige_Freilandhaltung__2006_.pdf%26did%3D123&usg=AOvVaw1VAEpGh3oicn28AytHhRzY&opi=89978449 [01.10.2023].
- UBA (2015): *Reaktiver Stickstoff in Deutschland - Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen*. Umweltbundesamt Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/reaktiver_stickstoff_in_deutschland_0.pdf [28.08.2023].
- UBA (2021): „Sichtbarmachung versteckter Umweltkosten der Landwirtschaft am Beispiel von Milchproduktionssystemen“ Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-06-13_texte_129-2021_sichtbarmachung_umweltkosten.pdf [05.10.2023].
- UBA (08.04.2022): „Veränderung der jahreszeitlichen Entwicklungsphasen bei Pflanzen“ *Umweltbundesamt*. . Umweltbundesamt. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/veraenderung-der-jahreszeitlichen> [12.09.2023].
- UBA (2023a): *Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen*. Dessau: Umweltbundesamt Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_04_04_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_luft_v1.0.xlsx
- UBA (23.02.2023b): „Ammoniak“ *Umweltbundesamt*. . Umweltbundesamt. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/ammoniak> [18.08.2023].
- UBA (2023c): *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/28_2023_cc_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention.pdf [16.08.2023].
- UN (2022): *World Population Prospects 2022*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division Verfügbar unter: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> [09.04.2023].
- UNECE (2014): *Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources*. Verfügbar unter: https://unece.org/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf [20.08.2023].
- US EPA (12.08.2015): „Food Recovery Hierarchy“ *US EPA*. Verfügbar unter: <https://19january2021snapshot.epa.gov/sustainable-management-food/food-recovery-hierarchy> [28.10.2023].
- Vaddella, V. K., Ndegwa, P. M., Joo, H. S. und Ullman, J. L. (2010): „Impact of separating dairy cattle excretions on ammonia emissions“ *Journal of Environmental Quality*. (39)Nr. 5 (2010), 1807–1812. doi:10.2134/jeq2009.0266

- VanderWaal, Kimberly und Deen, John (2018): „Global trends in infectious diseases of swine“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. (115)Nr. 45 (2018), 11495–11500. doi:10.1073/pnas.1806068115
- Vapnek, Jessica und Chapman, Megan (2010): *Legislative and regulatory options for animal welfare*. Reihe: FAO legislative study. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Veiga, J, Tourrand, Jean, René, Pocard-Chapuis und Piketty, M (2002): „Cattle ranching in the Amazon rainforest“ *Anim. Prod. Aust.* (24) (2002), 253–256.
- Vereinte Nationen (2022): *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. Reihe: Statistical Papers - United Nations (Ser. A), Population and Vital Statistics Report. United Nations. doi:10.18356/9789210014380
- Vieira Junior, Nilson Aparecido, Silva, Marcelo Augusto De Aguiar E, Caramori, Paulo Henrique, Nitsche, Pablo Ricardo, Corrêa, Karlmer Abel Bueno und Alves, Daniel Soares (2019): „Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system“ *Semina: Ciências Agrárias*. (40)Nr. 1 (2019), 403. doi:10.5433/1679-0359.2019v40n1p403
- vit (2023): „Beschreibung der Zuchtwertschätzung für alle Schätzmerkmale bei den Milchrinderrassen für die vit mit der Zuchtwertschätzung beauftragt ist“ Verfügbar unter: https://www.vit.de/fileadmin/DE/Zuchtwertschaetzung/Zws_Bes_deu.pdf [21.10.2023].
- Voglmeier, Karl, Jocher, Markus, Häni, Christoph und Ammann, Christof (2018): „Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture“ *Biogeosciences*. (15)Nr. 14 (2018), 4593–4608. doi:10.5194/bg-15-4593-2018
- Vokey, F.J., Guard, C.L., Erb, H.N. und Galton, D.M. (2001): „Effects of Alley and Stall Surfaces on Indices of Claw and Leg Health in Dairy Cattle Housed in a Free-Stall Barn“ *Journal of Dairy Science*. (84)Nr. 12 (2001), 2686–2699. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74723-6
- Vranken, Liesbet, Avermaete, Tessa, Petalios, Dimitrios und Mathijs, Erik (2014): „Curbing global meat consumption: Emerging evidence of a second nutrition transition“ *Environmental Science & Policy*. (39) (2014), 95–106. doi:10.1016/j.envsci.2014.02.009
- Wang, Hang, Qi, Jin-Feng, Qin, Rong, Ding, Kai, Graham, David W. und Zhu, Yong-Guan (2023): „Intensified livestock farming increases antibiotic resistance genotypes and phenotypes in animal feces“ *Communications Earth & Environment*. (4)Nr. 1 (2023), 1–12. . Nature Publishing Group doi:10.1038/s43247-023-00790-w
- Wang, Tong, Teague, W. Richard, Park, Seong C. und Bevers, Stan (2015): „GHG Mitigation Potential of Different Grazing Strategies in the United States Southern Great Plains“ *Sustainability*. (7)Nr. 10 (2015), 13500–13521. . Multidisciplinary Digital Publishing Institute doi:10.3390/su71013500
- Watson (2020): „“The Single Most Important Factor”: Fossil Fuel Energy, Groundwater, and Irrigation on the High Plains, 1955–1985“ *Agricultural History*. (94)Nr. 4 (2020), 629. doi:10.3098/ah.2020.094.4.629
- WBA (2015): *Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung*. Gutachten. Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [03.03.2023].
- WCED (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Verfügbar unter: https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/nachhaltige_entwicklung/dokumente/bericht/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf.download.pdf/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf [18.07.2023].
- Weindl, Peter (2019): „Vergleich Vollweide zu Stundenweide“ Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/vergleich-vollweide-stundenweide_lfl-schriftenreihe.pdf [15.11.2023].
- Weiß, D, Dorfner, G, Auerswald, K und Thomet, P (2008): „Flächenproduktivität - Milch von 499 bayrischen Betrieben“ (2008). Verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/daten/aggf_2008_weiss_et_al.pdf [06.10.2023].
- White, S. L., Bertrand, J. A., Wade, M. R., Washburn, S. P., Green, J. T. und Jenkins, T. C. (2001): „Comparison of Fatty Acid Content of Milk from Jersey and Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration“ *Journal of Dairy Science*. (84)Nr. 10 (2001), 2295–2301. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74676-0
- Whitton, Clare, Bogueva, Diana, Marinova, Dora und Phillips, Clive J. C. (2021): „Are We Approaching Peak Meat Consumption? Analysis of Meat Consumption from 2000 to 2019 in 35 Countries and Its Relationship to Gross Domestic Product“ *Animals*. (11)Nr. 12 (2021), 3466. doi:10.3390/ani11123466

- Wilke, Sibylle (14.12.2022): „Struktur der Flächennutzung“ *Umweltbundesamt*. . Umweltbundesamt. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung> [03.04.2023].
- Wilkinson, J.M. (2011): „Re-defining efficiency of feed use by livestock“ *Animal*. (5)Nr. 7 (2011), 1014–1022. doi:10.1017/S175173111100005X
- Wilkinson, J.M. und Lee, M.R.F. (2017): „Review: Use of human-edible animal feeds by ruminant livestock“ *Animal*. (12)Nr. 8 (2017), 1735–1743. doi:10.1017/S175173111700218X
- Winders, Thomas M., Melton, Brett A., Boyd, Bradley M., Macken, Casey N., Watson, Andrea K., MacDonald, James C. et al. (2023): „Impact of shade in beef feedyards on performance, ear temperature, and heat stress measures“ *Journal of Animal Science*. (101) (2023), skad004. doi:10.1093/jas/skad004
- Winkler, Karina, Fuchs, Richard, Rounsevell, Mark und Herold, Martin (2021): „Global land use changes are four times greater than previously estimated“ *Nature Communications*. (12)Nr. 1 (2021), 2501. . Nature Publishing Group doi:10.1038/s41467-021-22702-2
- Winsten, Jonathan R., Parsons, Robert L. und Hanson, Gregory D. (2000): „A Profitability Analysis of Dairy Feeding Systems in the Northeast“ *Agricultural and Resource Economics Review*. (29)Nr. 2 (2000), 220–228. . Cambridge University Press doi:10.1017/S1068280500005359
- Wissenschaftliche Dienste (2019): *Gesetzlicher Mindeststandard in der Nutztierhaltung in Deutschland*. Wissenschaftliche Dienste für Deutschen Bundestag Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/658256/5b211b3b95ed73db4e6acaca6ce67c91/WD-5-069-19-pdf-data.pdf> [01.10.2023].
- Wolfe, Nathan D., Dunavan, Claire Panosian und Diamond, Jared (2007): „Origins of major human infectious diseases“ *Nature*. (447)Nr. 7142 (2007), 279–283. . Nature Publishing Group doi:10.1038/nature05775
- Woods, Jeremy, Williams, Adrian, Hughes, John K., Black, Mairi und Murphy, Richard (2010): „Energy and the food system“ *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. (365)Nr. 1554 (2010), 2991–3006. doi:10.1098/rstb.2010.0172
- Wu, Gao-Lin, Du, Guo-Zhen, Liu, Zhen-Heng und Thirgood, Simon (2009): „Effect of fencing and grazing on a Kobresia-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau“ *Plant and Soil*. (319)Nr. 1 (2009), 115–126. doi:10.1007/s11104-008-9854-3
- Young, B. A. (1981): „Cold stress as it affects animal production“ *Journal of Animal Science*. (52)Nr. 1 (1981), 154–163. doi:10.2527/jas1981.521154x
- Young, V. R. und Pellett, P. L. (1994): „Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition“ *The American Journal of Clinical Nutrition*. (59)Nr. 5 Suppl (1994), 1203S-1212S. doi:10.1093/ajcn/59.5.1203S
- van Zanten, Hannah H. E., Herrero, Mario, Van Hal, Ollie, Röö, Elin, Muller, Adrian, Garnett, Tara et al. (2018): „Defining a land boundary for sustainable livestock consumption“ *Global Change Biology*. (24)Nr. 9 (2018), 4185–4194. doi:10.1111/gcb.14321
- van Zanten, Hannah H. E., Mollenhorst, Herman, Klootwijk, Cindy W., Van Middelaar, Corina E. und De Boer, Imke J. M. (2016): „Global food supply: land use efficiency of livestock systems“ *The International Journal of Life Cycle Assessment*. (21)Nr. 5 (2016), 747–758. doi:10.1007/s11367-015-0944-1
- Zhang, Minna, Delgado-Baquerizo, Manuel, Li, Guangyin, Isbell, Forest, Wang, Yue, Hautier, Yann et al. (2023): „Experimental impacts of grazing on grassland biodiversity and function are explained by aridity“ *Nature Communications*. (14)Nr. 1 (2023), 5040. doi:10.1038/s41467-023-40809-6
- Zuber, Thomas und Bartmann, Johannes (2021): „Systemvergleich Intensive Milchviehhaltung und Low Input-Milchproduktion mit Vollweidehaltung im begünstigten Alpenvorland“ Verfügbar unter: https://lako.at/wp-content/uploads/2021/05/low_input_vergleich_pyhra_2016_2018.pdf [14.09.2023].
- Zühlsdorf, Anke, Spiller, Achim, Gauly, Sarah und Kühl, Sarah (2016): „Wie wichtig ist Verbrauchern das Thema Tierschutz?“ (2016). Verfügbar unter: <https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Tierschutz-Umfrage-Ergebnisbericht-vzbv-2016-01.pdf> [13.07.2023].

Bildquellen Cover (von links nach rechts)

- Babali, Sahand (2020): „Roter Hahn in Nahaufnahmen“. Verfügbar unter: <https://unsplash.com/de/fotos/roter-hahn-in-nahaufnahmen-E6ng4xuZlxE> [13.11.2023].
- Elmes, Al (2020): „Braunes Schwein auf grünem Gras tagsüber“. Verfügbar unter: <https://unsplash.com/de/fotos/braunes-schwein-auf-grunem-gras-tagsuber-T389C2tqEs4> [13.11.2023].
- Schwarz, Daniel J. (2021): „eine braune Kuh, die auf einem trockenen Grasfeld steht“. Verfügbar unter: <https://unsplash.com/de/fotos/eine-braune-kuh-die-auf-einem-trockenen-grasfeld-steht-GHaPOMGSLA> [13.11.2023].

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Definition der heimischen Rasse und Einstufung in Gefährdungskategorien	III
Tabelle 14: Gefährdungseinstufung bei Großtieren	III
Anhang 2: Ergänzende Tabellen	V
Tabelle 15: Treibhausgasemissionen von ausgewählten Systemen	V
Tabelle 16: Energieverbrauch von ausgewählten Systemen	VI
Tabelle 17: Liste der erklärenden Variablen für die Intensität der Grünlandnutzung.....	VII
Tabelle 18: Liste der Indikatoren-Empfehlungen vom Projekt NaTiMon	VII
Anhang 3: Produktionspotential und zusätzliche Erläuterungen der Kriterien	VIII
Tabelle 19: Dauergrünlandpotential in Deutschland.....	VIII
Tabelle 20: Fruchtfolgepotential in Deutschland.....	VIII
Tabelle 21: Rinderpopulation und Produktionspotential in Deutschland	IX
Anhang 4: Funktionsbereiche und Nachhaltigkeitskriterien	X
Tabelle 22: Funktionen in einer multifunktionalen Nutztierhaltung.....	X
Tabelle 23: Mögliche Kriterien für das Nachhaltigkeitspotential	XII
Anhang 5: Erklärungen zum Systemvergleich	XVI
Tabelle 24: Technischer Bericht zum Systemvergleich.....	XVI

Anhang 1

Definition der heimischen Rasse

Nach Tierzuchtgesetz (§2 Abs. 11 TierZG) ist eine heimische Rasse in Deutschland wie folgt definiert:

- a) „eine Rasse, für die aufgrund von in Deutschland vorhandenen Tierbeständen erstmals ein Zuchtbuch begründet wurde und seitdem oder, sofern die Begründung weiter zurückliegt, seit 1949 in Deutschland geführt wird; oder
- b) eine Rasse, für die ein Zuchtbuch nicht erstmals in Deutschland begründet wurde, aber nur noch in Deutschland ein Zuchtbuch geführt und ein Zuchtprogramm durchgeführt wird; oder
- c) eine Rasse, für die das Zuchtbuch nicht erstmals in Deutschland begründet wurde, aber für die mindestens seit 1949 aufgrund vorhandener Tierbestände in Deutschland ein Zuchtbuch geführt und ein eigenständiges Zuchtprogramm durchgeführt wird“

Einstufung in Gefährdungskategorien

Die Einstufung in die Gefährdungskategorien wird von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung in Zusammenarbeit mit dem Fachbeirat für tiergenetische Ressourcen festgelegt (§10 Abs. 4 TierZG) und erfolgt hauptsächlich über die rechnerisch ermittelte Effektive Populationsgröße (N_e) aus den Herdbuchzahlen in TGRDEU (BLE 2022e):

Tabelle 14: Gefährdungseinstufung bei Großtieren

Einstufung	N_e	Mögliche Abweichungen	Maßnahmen	Einheimische Rassen
Nicht gefährdet (NG)	>1000	Wenn N_e für eine höhere Gefährdungskategorie spricht, kann die Einstufung in NG vorgesehen werden, wenn die neue oder synthetische Rasse züchterisch nicht konsolidiert ist und jederzeit aus vorhandenen Ausgangsrassen reaktiviert werden kann, die Rasse nicht in einem eigenen Zuchtbuch geführt wird und die Überführung in ein eigenes Zuchtbuch nicht beabsichtigt, die Anlage einer Kryoreserve aktuell nicht notwendig oder die Rasse weltweit so verbreitet ist, dass keine Gefährdung absehbar ist.	erfolgreiche Nutzung in der Landwirtschaft, keine Erhaltungsmaßnahmen erforderlich, Monitoring	Braunvieh, Deutsch Angus, Deutsche Holsteins Rotbunt und Schwarzbunt, Fleckvieh*, Uckermärker

Einstufung	N_e	Mögliche Abweichungen	Maßnahmen	Einheimische Rassen
Beobachtungspopulation (BEO)	200-1000	Wenn N _e für eine höhere Gefährdungskategorie spricht, kann die Einstufung in BEO vorgesehen werden, wenn die Population stabil ist und ein wirksames Zuchtprogramm zur Erhaltung der genetischen Varianz angewendet wird. Wenn N _e für die Gefährdungskategorie NG spricht, kann eine Einstufung in BEO vorgesehen werden, wenn eine nur regionale Verbreitung der Rasse, eine problematische Züchterstruktur oder die Dynamik des Bestandsrückgangs für ein Gefährdungspotenzial sprechen.	Tiefkühlagerung von Samen erforderlich, Monitoring	Angler, Hinterwälder*, Pinzgauer*, Rotes Höhenvieh, Vorderwälder*
Erhaltungspopulation (ERH)	>200	Wenn N _e für eine geringere Gefährdungskategorie spricht, kann die Einstufung in ERH vorgesehen werden, wenn eine nur noch lokale Verbreitung der Rasse, eine sehr problematische Züchterstruktur oder die Dynamik des Bestandsrückgangs für ein erhebliches Gefährdungspotenzial sprechen.	Tiefkühlagerung von Samen und Erhaltungszuchtprogramme erforderlich, Monitoring	Braunvieh alter Zuchtichtung, Deutsches Schwarzbuntes Niederungsrind, Deutsches Shorthorn, Doppelnutzung Rotbunt, Gelbvieh*, Glanrind, Limburger, Murnau-Werdenfelser*, Rotvieh alter Angler Zuchtichtung
Phänotypische Erhaltungspopulation (PERH)		Rassen mit landeskultureller Bedeutung, bei welcher der Tierbestand genealogisch nicht eindeutig auf die Ursprungsrasse zurückgeführt werden kann, die Rasse bei ihrer Wiederbegegründung bereits stark mit anderen Rassen vermischt oder nur auf sehr wenige Tiere zurückgegangen war oder die Rasse über mehrere Generationen nur sehr geringe Populationsgrößen aufgewiesen hat.	Diese Rassen können aus tierzuchtwissenschaftlicher Sicht nur noch als Rudimente verstanden werden. Es wird ein Monitoring durchgeführt.	Ansbach-Triesdorfer

* zusätzlich Rasse zur Fleischnutzung

Quelle: BLE 2022e; BLE o. J.

Anhang 2

Ergänzende Tabellen

Tabelle 15: Treibhausgasemissionen von ausgewählten Systemen

System	THG-Emissionen kg CO _{2eq} (kg LG) ⁻¹ / (kg SG) ⁻¹	Quelle
Naturweide (Uruguay)	16,7 / 28,6	
Naturweide + Weide (Uruguay) ^b	13,0 / 22,3	
Naturweide + Mastanlage (Uruguay) ^b	10,5 / 17,9	
Weide (Uruguay)	9,5 / 16,3	
Weide + intensive Mastanlage (Uruguay) ^b	6,9 / 11,8	Modernel et al. 2013: 7
Intensive Mastanlage (USA)	14,8 (kg Fleisch ⁻¹)	
Weide (Afrika)	8,1 (kg Fleisch ⁻¹)	Subak 1999: 83
Intensive Mastanlage (nördlicher mittlerer Westen, USA) ^{a c e}	14,8 / 27,9	
Wintergetreidebeweidung (nördlicher mittlerer Westen, USA) ^{a c e}	16,2 / 30,6	
Weide (nördlicher mittlerer Westen, USA) ^{a c e}	19,2 / 36,2	Pelletier et al. 2010: 385
Weide (Biobetrieb, 2002, Australien) ^{a d}	6,1 / 11,6	
Konventioneller Betrieb mit Endmast in Mastanlage (2002, Australien) ^{a d}	8,0 / 15,0	
Weide (Biobetrieb, 2004, Australien) ^{a d}	9,6 / 18,1	
Konventioneller Betrieb mit Endmast in Mastanlage (2004, Australien) ^{a d}	8,2 / 15,4	
Endmast mit Getreide (Australien) ^{a d}	5,2 / 9,9	
Weide (Australien) ^a	6,4 / 12,0	Peters et al. 2010: 1331
Mastanlage mit Wachstumsförderern (USA) ^g	6,5/11,2 (16,0 kg Fleisch ⁻¹)	
Endmast in Mastanlage ohne Wachstumsförderer ^g	7,6/13,1 (18,7 kg Fleisch ⁻¹)	
Grasfütterung ^g	10,9/18,8 (26,8 kg Fleisch ⁻¹)	Capper 2012: 136
Nicht-intensiver konventioneller Betrieb (UK) ^e	9,5-15,8/16,3-27,1	
Semi-intensiver konventioneller Betrieb ^e	16,3-51,1/28,0-87,7	
Biologische Betriebe ^e	21,5-24,4/36,9-41,9	National Trust 2012: 7
Umtriebsweide (Mittlerer Westen, USA) ^{a d}	5,1 / 9,6	
Endmast in Mastanlage (Mittlerer Westen, USA) ^{a d}	3,8 / 6,1	Stanley et al. 2018: 253
Endmast in Mastanlage (128 Tage, Kalifornien, USA) ^f	3,0 / 4,9	
Weide (20 Monate, Kalifornien, USA) ^f	3,5 / 6,9	
Weide (20 Monate) mit Endmast in Mastanlage (45 Tage, Kalifornien, USA) ^f	3,9 / 6,8	
Weide (25 Monate, Kalifornien, USA) ^f	4,5 / 8,5	Klopatek et al. 2021: 12
Konventionelle Intensivmast (USA) ^g	9,0 / 15,4 (22,0 kg Fleisch ⁻¹)	Battagliese et al. 2015: 33
Weidehaltung (Pennsylvania, USA) ^g	11,2 / 19,2 (27,4 kg Fleisch ⁻¹)	Battagliese et al. 2015: 48

Anmerkungen: Eingeschränkte Vergleichbarkeit zwischen den Studien durch unterschiedliche Umrechnungsfaktoren der Klimagase (wie Methan); Ausschlichtungsgrad von 58,3 nach Modernel et al. (2013)

^a 53 % Ausschlichtungsgrad nach Stanley et al. (2018)

^b Zweitnennung bezieht sich auf Endmast

^c Kohlenstoffgleichgewicht wird angenommen (keine Sequestration)

^d Angaben in Quelle aufs SG bezogen

^e Angaben in Quelle aufs LG bezogen

^f Ausschlichtungsgrade aus Quelle

^g Angaben in Quelle auf die verkaufsfähige Ware bezogen, Umrechnung über einen Anteil von 70 % vom SG

Tabelle 16: Energieverbrauch von ausgewählten Systemen

System	Energieverbrauch MJ (kg LG) ⁻¹ /(kg SG) ⁻¹	Quelle
Naturweide (Uruguay)	0 / 0	
Naturweide + Weide (Uruguay) ^b	4,9 / 8,4	
Naturweide + Mastanlage (Uruguay) ^b	10,4 / 17,8	
Weide (Uruguay)	11,8 / 20,2	
Weide + Mastanlage (Uruguay) ^b	17,3 / 29,7	Modernel et al. 2013: 8
Intensive Mastanlage (nördlicher mittlerer Westen, USA) ^e	38,2/65,5	
Wintergetreidebeweidung (nördlicher mittlerer Westen, USA) ^e	45/77,2	
Weide (nördlicher mittlerer Westen, USA) ^e	48,4/83,0	Pelletier et al. 2010: 385
Weide (Bio, 2002, Australien) ^d	5,4 / 10,1	
Konventioneller Betrieb mit Endmast in Mastanlage (2002, Australien) ^d	12,9 / 24,4	
Weide (Biobetrieb, 2004, Australien) ^d	10,7 / 20,2	
Konventioneller Betrieb mit Endmast in Mastanlage (2004, Australien) ^{a d}	10,6 / 20,0	Peters et al. 2010: 1331
Endmast mit Getreide (Australien) ^{a d}	5,2 / 9,9	
reines Weidefleisch Australien) ^{a d}	6,4 / 12,0	Peters et al. 2010: 1329
Mastanlage mit Wachstumsförderern (USA) ^{c g}	3,6/6,1 (8,7 kg Fleisch ⁻¹)	
Endmast in Mastanlage ohne Wachstumsförderer (USA) ^{c g}	4,2/7,2 (10,3 kg Fleisch ⁻¹)	
Grasfütterung (USA) ^{c g}	5,0/8,6 (12,3 kg Fleisch ⁻¹)	Capper 2012: 136
Endmast in Mastanlage (128 Tage, Kalifornien, USA) ^f	11,6 / 18,7	
Weide (20 Monate, Kalifornien, USA) ^f	3,9 / 7,7	
Weide (20 Monate) mit Endmast in Mastanlage (45 Tage, Kalifornien, USA) ^f	7,9 / 13,8	
Weide (25 Monate, Kalifornien, USA) ^f	4,8 / 8,9	Klopatek et al. 2021: 12

Anmerkungen: Daten beziehen sich auf Primärenergie und einen Ausschachtungsgrad von 58,3 % nach Modernel et al. (2013)

^a Umgerechnet mit Ausschachtungsgrad von 53 % nach Schätzung von Peters et al. (2010: 1330)

^b Zweitnennung bezieht sich auf Endmast

^c 8,8; 10,3 und 12,3 x 10⁹ MJ zur Erzeugung von 1,0 x 10⁹ kg Rindfleisch

^d Angaben in Quelle aufs SG bezogen

^e Angaben in Quelle aufs LG bezogen

^f Ausschachtungsgrade aus Quelle

^g Angaben in Quelle auf die verkaufsfähige Ware bezogen, Umrechnung über einen Anteil von 70 % vom SG

Tabelle 18: Liste der erklärenden Variablen für die Intensität der Grünlandnutzung

Managementfaktoren		
Art der Grünlandbewirtschaftung	1	Mahd
	2	Beweidung
	3	Kombination (Mahd und Beweidung kombiniert innerhalb eines Jahres oder zwischen den Jahren)
Intensität der Grünlandbewirtschaftung	Niedrig	(1) 0,5 Standard-Vieheinheiten (VE) pro Hektar Weidefläche oder (2) einmal im Jahr gemäht
	Moderat	(1) Mittel: 0,5-0,8 VE/ha Beweidung oder (2) einmaliges Mähen pro Jahr mit anschließender Beweidung im selben Jahr
	Hoch	>0,8 VE/ha Weidevieh
Räumlich-zeitliche Komplexität der Grünlandbewirtschaftung	Niedrig	Standweide mit einer einzigen Weideeinheit (keine Variation im Beweidungsdruck innerhalb und zwischen den Jahren)
	Moderat	(1) Beweidung mit standardmäßiger jährlicher Abfolge von zwei Beweidungseinheiten, (2) einmaliges Mähen, wobei 10 % ungemäht bleiben oder (3) einmaliges Mähen pro Jahr kombiniert mit anschließender Beweidung
	Hoch	(1) Mähen und Beweiden in Kombination zwischen den Jahren oder (2) Beweidung mit einer variierenden Abfolge von vier Beweidungseinheiten zwischen den Jahren

Hinweis: Vieheinheit = nicht säugende Rinder mit einem Gewicht von 500 kg (= 1 VE)

Quelle: Modifiziert nach Kun et al. 2021: 3565

Tabelle 17: Liste der Indikatoren-Empfehlungen vom Projekt Nationales Tierwohl-Monitoring

Gesundheit, Krankheit, Behandlung	Mortalität (Sterblichkeit, Tierverluste und Merzungsrate); Nutzungsdauer; nicht kurative Eingriffe am Tier; Klauenpflege/-zustand; Lahmheit; Verschmutzung (auch Anogenitalregion); Körperkondition und/oder Unterentwicklung; Zustand von Haut; Schwanzschäden; Nasen- und Augenausfluss; offensichtlich krankes Tier; Umfangsvermehrung bei verendeten/notgetöteten Tieren; Aufstehverhalten; Stoffwechselgesundheit (Fett-Eiweiß-Quotient der Milch); Schlachtbefunde zu Erkrankungen, Verletzungen sowie Schäden, die aus der Zeit im Haltungsbetrieb stammen; Behandlung von Erkrankungen/Antibiotikaeinsatz; Nottötung; Anzeichen einer nicht zeitgerechten Tötung; Eutergesundheit; Trockenstellverfahren (mit/ohne Antibiotika)
Haltung und Stalleinrichtung	Haltungsverfahren; Platzangebot/Besatzdichte und Strukturelemente; Weidegang und Auslauf; Tier-Liegeplatz-Verhältnis; Fellpflegeeinrichtungen (Bürsten); Einstreumanagement und Qualität (auch Liegeflächen)
Futter und Fütterung	Wasserversorgung; Tier-Fressplatz-Verhältnis/Fütterungseinrichtungen; Raufutterangebot
Jungtiere Und Geburt	Milchtränke, Menge und Art der Verabreichung; Kuhgebundene Kälberaufzucht
Transport und Schlachtung	Transporttote Tiere; Entladung (Umgang mit den Tieren/Ausrutschen und Hinfallen/Lahmheit); Transport- und Standzeit; Ladedichte; Wasserversorgung während des Transports; Einstreu während des Transports; Bodenbeschaffenheit in Kontroll- und Sammelstellen und im Schlachthof; Futter- und Wasserversorgung in Kontroll- und Sammelstellen und in den Wartebuchten auf dem Schlachthof; Platzangebot in Kontroll- und Sammelstellen und in den Wartebuchten; Drittlandexporte; Geräuschpegel; Hautverletzungen und frisch blutende Wunden
Schlachtung	Gesonderte/vorgezogene Schlachtung; Befund oder Verdacht der Schlacht tieruntersuchung ergibt Schlachtverbot; Blutungen in Haut, Muskulatur und Gewebe sowie Frakturen; aus anderen Gründen nicht geschlachtete Tiere; Umgang mit den Tieren und Einsatz von Elektrotreibern im Zutrieb/Tierhandling, Flattern und Pre-Stun Shocks bei der Wasserbadbetäubung; Betäubungseffektivität

Quelle: Modifiziert nach Bergschmidt et al. 2023: 51-54; Magierski et al. 2023: 75-77

Anhang 3

Produktionspotential und zusätzliche Erläuterungen der Kriterien

Tabelle 19: Dauergrünlandpotential in Deutschland

Dauergrünland	Fläche 1000 ha	Futterertrag		Protein		Energie	
		Mio. t TM	dt TM/ha	Rohprotein (XP) kg XP/kg TM	nXP kg nXP/kg TM	Energiegehalt MJ NEL/kg TM	MJ ME/kg TM
Minimalpotential	4733,4	26,1	55,14	0,1375	0,1292	6,0	9,9
Maximalpotential	4733,4	39,2	82,71	0,150	0,139	6,2	10,4
				kg XP	kg nXP	MJ NEL	MJ ME
Minimalpotential	Gesamt pro Hektar			758	713	33.084	54.589
Maximalpotential				1.241	1147	51.280	86.019
				1000 t XP	1000 t nXP	TJ NEL	TJ ME
Minimalpotential	Gesamt Deutschland						
	abzgl. 20% Verluste*			2.871	2.698	125.280	206.712
	ohne Verluste*			3.589	3.373	156.600	258.390
Maximalpotential	Gesamt Deutschland						
	abzgl. 20% Verluste*			4.698	4.344	194.184	325.728
	ohne Verluste*			5.873	5.430	242.730	407.160

* Ernte-, Lager- und Futterverluste

Quellen: Eigene Berechnung mit Flächengröße und Ernteertrag von Destatis 2022b und Destatis 2023c

Tabelle 20: Fruchtfolgepotential in Deutschland

Futtermittel aus Fruchtfolge			Protein		Energie	
Ackerfläche 1000 ha	Futterertrag		Rohprotein (XP) kg XP/kg TM	nXP kg nXP/kg TM	in MJ NEL/kg TM	in MJ ME/kg TM
11.663,80	Mio. t TM	dt TM/ha	kg XP/kg TM	kg nXP/kg TM	in MJ NEL/kg TM	in MJ ME/kg TM
	9,3	80,00	0,173	0,133	5,8	9,8
			kg XP	kg nXP	MJ NEL	MJ ME
Gesamt pro ha			1.384	1065	46.160	78.040
Gesamtpotential Deutschland			1000 t XP	1000 t nXP	TJ NEL	TJ ME
Minimalpotential ^a	abzgl. 20% Verluste*		2.583	1.988	86.144	145.639
	ohne Verluste		3.229	2.484	107.680	182.049
Maximalpotential ^b	abzgl. 20% Verluste*		4.305	3.313	143.574	242.731
	ohne Verluste		5.381	4.141	179.467	303.414

^a Minimalpotential = 1/5 Ackerfläche pro Jahr^b Maximalpotential = 1/3 Ackerfläche pro Jahr

* Ernte-, Lagerungs-, und Futterverluste

Quellen: Eigene Berechnung mit Flächengröße von Destatis 2022b und Gehalte von LfL 2023: 60f.

Tabelle 21: Rinderpopulation und Produktionspotential in Deutschland

	Grünland		Fruchtfolgekulturen		Gesamt (zus. Reststoffe)							
	Energie		Protein		Energie		Protein		Energie		Protein	
Minimalpotential												
	Anzahl											
Milchvieh	2.344.357	2.908.321	1.651.716	2.616.407	3.996.073		5.524.728					
Kälber und Mastvieh ^a	3.750.972	4.653.314	2.642.746	4.186.251	6.393.717		8.839.565					
Gesamt	6.095.329	7.561.635	4.294.462	6.802.658	10.389.791		14.364.293					
	Mio. t											
Milchmenge	9,49	11,78	6,69	10,60	16,18	(19,78)	22,38	(27,35)				
- Kälbermilch ^b	0,59	0,73	0,41	0,66	1,00	(1,00)	1,38	(1,38)				
- Milchverluste ^c	0,12	0,15	0,08	0,13	0,20	(0,25)	0,28	(0,34)				
Verkaufsfähige Milchmenge	8,79	10,90	6,19	9,81	14,98	(18,53)	20,71	(25,62)				
	Tsd. t											
Schlachtmenge ^d	572,5	710,3	403,4	639,0	975,9		1.349,3					
Verkaufsfähige Fleischmenge	377,9	468,9	266,3	421,8	644,2		890,7					
Maximalpotential												
	Anzahl											
Milchvieh	3.660.809	4.759.071	2.728.023	4.360.678	6.388.833		9.119.749					
Kälber und Mastvieh ^a	5.857.295	7.614.514	4.364.837	6.977.085	10.222.132		14.591.599					
Gesamt	9.518.104	12.373.584	7.092.861	11.337.764	16.610.965		23.711.348					
	Mio. t											
Milchmenge	14,83	19,27	11,05	17,66	25,87	(31,62)	36,93	(45,14)				
- Kälbermilch ^b	0,92	1,19	0,68	1,09	1,60	(1,60)	2,28	(2,28)				
- Milchverluste ^c	0,19	0,24	0,14	0,22	0,32	(0,40)	0,46	(0,56)				
Verkaufsfähige Milchmenge	13,72	17,84	10,23	16,35	23,95	(29,63)	34,19	(42,29)				
	Tsd. t											
Schlachtmenge ^d	894,1	1.162,3	666,2	1.065,0	1.560,3		2.227,3					
Verkaufsfähige Fleischmenge	590,2	767,2	439,8	703,0	1030,0		1470,2					
	Grünland		Grünland + Fruchtfolgekulturen				Grünland + Fruchtfolgekulturen + Reststoffe					
	Energie		Protein		Energie		Protein		Energie		Protein	
	kg/Jahr	g/Tag	kg/Jahr	g/Tag	kg/Jahr	g/Tag	kg/Jahr	g/Tag	kg/Jahr	g/Tag	kg/Jahr	g/Tag
	Pro Kopf											
Minimalpotential												
Milchmenge	104,5	286,4	129,7	355,3	178,2	488,1	246,3	674,9	220,4	603,9	304,7	834,9
Schlachtmenge	6,8	18,7	8,4	23,1	11,6	31,8	16,0	44,0				
Fleischmenge	4,5	12,3	5,6	15,3	7,7	21,0	10,6	29,0				
Maximalpotential												
Milchmenge	163,2	447,2	212,2	581,3	284,9	780,4	406,6	1.114,0	352,4	965,5	503,0	1.378,1
Schlachtmenge	10,6	29,1	13,8	37,9	18,6	50,8	26,5	72,6				
Fleischmenge	7,0	19,2	9,1	25,0	12,2	33,6	17,5	47,9				

^a inkl. Bestandsergänzung^b abzgl. 293 kg Milch/Kuh/a^c abzgl. 1,25 % Milchverluste in Wertschöpfungskette^d abzgl. 4 % Tierverluste

Anhang 4

Tabelle 22: Funktionen in einer multifunktionalen Nutztierhaltung

Funktion (Abkürzung)	Erklärung	Tierarten (Auswahl)	Substitut	Spektrum			
				Min.	Max.		
1 Rohstoffe (Rohstoffe)	Primär: Lebensmittel (Fleisch, Milch, Eier)	Nutztiere liefern wichtige Ressourcen, die als Lebensmittel, Kleidungsstücke, Schmuck oder Rohstoffe für die Industrie verwendet werden können. Die Hauptrohstoffe für das Ernährungssystem sind die produzierten Lebensmittel. Sie sind meist der primäre Produktionszweck. Weitere Rohstoffe fallen auf der zweiten Ebene meist als Beiprodukte an und auf dritter Ebene sind Dünger (Kot, Urin) und Bestandteile, die aus den verbliebenen Abfallstoffen in industriellen Därfen, Organen, Prozessen gewonnen werden.	Pflanzliche oder im Labor kultivierte Lebensmittel	Rinder	Mögliche Parameter (Einheit) Milchmenge: Herdenleistung, Einzeltierleistung (kg/a) Fleischmenge: Verzehrbares Fleisch/Schlachtgewicht (kg/a), Tageszunahmen (g/d) Flächenleistung (kg/ha) Ledermenge (kg/a) Abfall-, Düngemenge (kg/a) Vielzahl	Min. 0 Max. Max. Leistung (bezogen auf Rasse, Bodenart, Land)	
	Sekundär: Wolle, Leder, Pelz, Daunen, Federn	Rinder Schweine Hühner Kaninchen Pferde	Pflanzliche oder synthetische Substitute oder Kunststoffe auf Basis fossiler Energien			Hinweis: Höchste und niedrigste Herdenleistung bezogen auf für den Menschen nutzbare Rohstoffe. Die Versorgung der Kälber mit Milch ist nicht einbezogen. Zusätzlich zum Fleisch liefern die Tiere entsprechend weitere verzehrbare Produkte wie Innereien.	
	Tertiär: Dünger (Mist, Urin), Nebenprodukte (Borsten, Fett, Hufe, Hörner, Knochen, Blut, Därfen, Organe, Drüsen)	Schafe Ziegen Pferde	Maschinelle Pflege bzw. Mahd			Dauer: Weidetage (d/a) Intensität: Viehbesatz (GVE/ha), Kraut- und Grasschicht Bedeckungsgrad (%), Aufwuchshöhe Rasse (Gewicht/Klauengröße) Heterogenität (Anzahl an unterschiedlichen Managementsystemen, Brachflächen, Besatzstärken, Wuchshöhen etc.)	Min. 0 Max. 365 bzw. Länge der Vegetationsperiode
2 Landschaftspflege und Naturschutz (Pflege)	Durch die Beweidung kann Grünland erhalten und gepflegt werden. Es verhindert u.a. eine Verbuschung. Dies kann der Biodiversität (Wildtiere und -pflanzen), Kohlenstoffspeicherung im Boden und dem Tourismus durch eine heterogenere Landschaft mit höherem Erholungswert dienen.	Rinder Schafe Ziegen Pferde			Anteil an Gras- und Reststoffen in Trockenmasse von Futterration (%)	Min. Keine Unterschiede Max. Unterschiedliche Subsysteme	
3 Grünland- und Reststoffverwertung (Verwertung)	Gras und unterschiedliche Reststoffe, die in der Lebensmittelindustrie anfallen, sind für den Menschen nicht verzehrbar. Durch die Verwertung durch Wiederkäuer oder Monogastrier können zusätzliche hochwertige Lebensmittel gewonnen werden, die Proteine und andere lebensnotwendige Nährstoffe liefern. Es erhöht die Effizienz des Ernährungssystems, da keine zusätzlichen Ackerflächen in Anspruch genommen werden, die direkt für menschliche Nahrungsmittel genutzt werden können.	Rinder Schafe Ziegen Pferde Schweine	Kompostierung zur Düngung oder energetische Nutzung des Mähgutes		Hinweis: Speziell angebaute Kulturen auf Ackerflächen wie Maissilage und Körnergetreide zählen nicht zu Gras- und Reststoffen, wenn sie in keiner bodengesunden Fruchtfolge ohne Anbaumöglichkeit von (menschlichen)essbaren Alternativen sind.	Min. Physiologisches Minimum 0% Max. 100%	

Funktion (Abkürzung)	Erklärung	Tierarten (Auswahl)	Substitut	Rinder Mögliche Parameter (Einheit)	Spektrum Min. Max.
Arterhalt der Nutz- 4 und Haustiere (Arterhalt)	Durch Hochleistungszüchtungen sinkt die Ras- senvielfalt. Die Nutzung seltener Nutztierassen trägt zum Erhalt des genetischen Rassepools bei.	Rinder Pferde Schweine Hühner Ziegen Schafe	Zoos, Genbanken	Einstufung als gefährdete heimische Rasse auf Roter Liste (ja/nein oder Anteil in %), evtl. Erweiterung um nicht heimi- sche Rassen	Nicht gefährdet Gefährdet
Arbeit und Transport (Arbeit)	Nutztiere können für landwirtschaftliche oder außerlandwirtschaftliche Arbeit (z.B. als Zugtier von Pflug, Kutsche, Wagen oder Schlitten oder zur direkten Bodenbearbeitung durch Wühlen und Scharren) eingesetzt werden. Sie können eine Alternative zu mechanischen Geräten und Maschinen sein, die auf fossile Energie angewie- sen sind.	Rinder Pferde Schweine Hühner Hunde	Maschinen und Fahrzeuge	Arbeitsleistung (ha/a/Tier, h/a/Tier), evtl. Angabe in Traktor-Äquivalenten	0 Gesundheitlich sinnvolles Max.
Schutz, Schädlings- bekämpfung und Hü- 6 tung (Schutz)	Ausgewählte Arten und Rassen können zur Schädlingsbekämpfung von Mäusen, Ratten, Schnecken etc., zum Hüten und Schützen wie Hüte- und Schutzhunde oder Treiben eingesetzt werden.	Laufenten Katzen Hühner Hunde Pferde	Schädlingsbekämpfung: Gift, Fallen, gepflegte bauliche Ein- richtungen und Management; Schutz: technische Geräte, Menschen, bauliche Einrichtungen wie Zäune und Gatter; Treiben: menschliche Hilfe, technische Einrichtungen wie Zäune und Gatter, Fahrzeuge	Nein 0 Ja 1	
Therapie, Beglei- 7 tung, Gesellschaft und Unterhaltung (Gesellschaft)	Nutztiere werden in tiergestützter Therapie ein- gesetzt, dienen als Alltagsbegleitung bzw. -assis- tenz (z.B. Blindenführhunde) oder werden für die Gesellschaft und Unterhaltung (z.B. Reitsport) genutzt.	Hund Katze Rind Pferd	Alternative Therapien, Menschen, technische Hilfsmittel	Nein 0 Ja 1	

Anmerkungen:

- 1: Mehrere Tierarten auf einer Fläche können die Multifunktionalität des Landes erhöhen
- 2: Der tatsächliche Nutzen/Wert hängt von vielfältigen lokalen Bedingungen ab, die beste Praxis muss darauf abgestimmt und für verschiedene Bedingungen ermittelt werden
- 3: Die Funktionen der Tiere sind unabhängig von einer Überversorgung mit tierischen Produkten

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 23: Mögliche Kriterien für das Nachhaltigkeitspotential

Nachhaltigkeitsebene und -dimension		Unterkriterium	Erläuterungen	Indikator (Einheit)
Gesellschaft	Soziales	Ernährungssicherheit	Hohe Ernährungssicherheit	Energie-/Proteinumwandlungsverhältnis (PCR, kg tierisches Protein/kg essbares pflanzliches Protein)
			Maximaler ökonomischer Zugang zu tierischen Lebensmitteln	Futterumwandlungsrate (FCR, kg TM/kg Produkt)
			Maximale Verfügbarkeit von tierischen Produkten	Landnutzungsverhältnis (LUR)
Gesundheit	Arbeitsicherheit	Landschaft zu Erholungszwecken	Die Preis ist ein entscheidender Kaufkraft des Konsumenten ist der Zugang beschränkt.	Preis-Protein-Verhältnis (€/kg Protein)
			Die Verfügbarkeit drückt die Menge aus, die die Bevölkerung theoretisch konsumieren könnte. Es wird von einer gleichmäßigen regionalen Verteilung ausgegangen.	Mengenverfügbarkeit pro Person (kg/Kopf/a)
			Eine Landschaft mit höherem Erholungswert kann Tourismus und lokaler Bevölkerung dienen.	Heterogenität
Gesundheit	Arbeitsicherheit	Arbeitsicherheit	Eine Minimierung des Kontakts zu den Rindern verringert das Verletzungsrisiko, z.B. durch Weideschuss. Eine gesunde, ruhige, stressfreie Herde ist das Ziel, um aggressives Verhalten zu minimieren. Um eine Dopplung zu vermeiden, wird das Zoonoserisiko für Arbeiter nicht erneut einbezogen	Unfallrisiko (Unfälle/a)
			Die Sicherheit des Arbeitsplatzes wird von vielfältigen Faktoren bedingt wie Automatisierbarkeit, Arbeitskraftbedarf und Produktnachfrage.	
			Zoonosen können eine Beeinträchtigung für die Volksgesundheit sein. Nutztiere können als Überträger und Reservoir von Erregern dienen. Durch die Ausweitung der Landwirtschaft und menschlichen Zivilisation verringert sich auch der Naturraum. Dies reduziert die Distanz zu Wildtieren und erhöht das Risiko einer Übertragung.	Biosicherheitsmaßnahmen (ja/nein, Art), geographische Dichte, Tiergesundheit Proxy: Stall oder Weide Besatzdichte, genetische Homogenität, Tiergesundheit
Gesundheit	Arbeitsicherheit	Arbeitsicherheit	Die Vermeidung von Krankheiten und Immunsuppression, z.B. durch Stress, kann die Notwendigkeit von Antibiotika verringern.	Antibiotikagabe (mg/PCU), Tiergesundheit und Resilienz, Haltungssystem, Management
			Ein gesellschaftlicher Konsum oberhalb gesundheitlicher Empfehlungen verursacht erhöhte Gesundheitskosten. Dies kann sich an einer Überproduktion von tierischen Lebensmitteln für den Inlandsverzehr zeigen.	Produktionsmenge/Angebot oberhalb der Ernährungsempfehlungen bzw. physiologischen Bedarf (ja/nein), evtl. mit Pufferzone
			Grasbasierte Fütterungssysteme liefern Produkte mit einem höheren Gehalt an Omega-3 und weiteren gesundheitsförderlichen Nährstoffen. Die Stärke des gesundheitlichen Effekts ist nicht abschließend geklärt.	Anteil an Gräsern und Kräutern an Gesamtration (%)
Gesundheit	Lebensmittelsicherheit	Lebensmittelsicherheit	Das Kriterium eignet sich ohne nennenswerte Unterschiede im System, die gesetzlich nicht abgedeckt sind, besser für einen Ländervergleich. Ein großes Risiko dürfte von Produkten aus dem (Nicht-EU-) Ausland ausgehen.	Festlegung, Kontrolle bzw. Einhaltung der gesetzlichen Mindeststandards (ja/nein)
			Luftverschmutzung stellt ein gesundheitliches Risiko dar. Die Nutztierhaltung ist u.a. durch Ammoniakemissionen an der Bildung von Feinstaub beteiligt. Unterschiedliche Haltungssysteme, Fütterungsweisen und Lagerungs- und Ausbringungstechniken haben einen Einfluss auf die Emissionshöhe. Durch die Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme kann es auch negative ökologische Folgen haben.	Ammoniakemissionen (kg NH ₃ -N/Tierplatz/a oder kg NH ₃ -N/kg Produkteinheit) Proxy: Weide oder Stall
			Minimale Feinstaubbelastung	

Kriterium	Ziel	Unterkriterium	Erläuterungen	Indikator (Einheit)	
Tierwohl	Zucht	Leistung	Die Zucht ist eine aktive Beeinflussung der Genetik. Zwischen Produktionskrankheiten und der Milchleistung besteht eine genetische Assoziation. Einseitige produktionsfördernde Zuchtziele führen folglich vermehrt zu gesundheitlichen Problemen wie Ketose, Mastitis oder Klauenerkrankungen. Unterschiedliche Systeme können abweichende Zuchtziele haben. In der Weidehaltung sind Resilienz und Gesundheit wichtiger, da die Haltungsumwelt anders als im Stall nicht technisch kontrollierbar ist. Die Notwendigkeit von ruhigem Verhalten hängt von der baulichen Einrichtung und der Häufigkeit des direkten Kontakts ab.	Indikator (Einheit)	
		Ruhiges Verhalten			
Management	Management	Resilienz und Gesundheit	Maximale Gesundheit und Resilienz	Ausweichdistanz	
		Fütterung	Angepasste Fütterung		
		Gute Beziehung zwischen Mensch und Tier	Managementmaßnahmen wie (betäubungslose) Kast- oder Schwanzkupieren (ja/nein), Anteil der Tiere (%), mit (=1) oder ohne (=0) Betäubung und Schmerzmittel		
		Schmerzen durch Managementmaßnahmen			
Haltung	Haltung	Krankheiten und Verletzungen	Abwesenheit von Krankheiten, Verletzungen und Schmerzen	Anteil kranker oder verletzter Tiere an Gesamtzahl (%)	
		Krankheiten und Verletzungen	Lahmheit (Klauen- und Gliedmaßenkrankungen)	Haltung und Management nehmen einen Einfluss auf die Gesundheit der Tiere. Beispielsweise können unterschiedliche Stoffwechselstörungen durch einen Mangel an wichtigen Nährstoffen oder Energie entstehen.	Erhöhter Zellgehalt (Zellzahlen/ml Milch; >400 Tsd.), Anteil eutergesund (<100 Tsd.) Körperkonditionsindex (BCS); Anteil Tiere mit Fett/Eiweiß-Quotienten $\geq 1,5$ oder <1,0 Husten, Nasenausfluss Fruchtbarkeitsrate, Abkalberate (%) Haarlose Stellen, Schwellungen: Anzahl/Tier, Anteil an Tieren (%)
			Eutergesundheit		
			Stoffwechselstörungen		
			Atemwegserkrankungen		
			Fruchtbarkeitsstörungen		
		Verletzungen und Integumentschäden	Klauengesundheit, Milchleistung, Rasse		
		Hitzestress		Tageszunahmen, Fruchtbarkeitsrate, Rasse	
		Kältestress			Einhaltung von Grenzwerten in Stallhaltung, Proxy: Weide oder Stall
		Liegefläche			
Fressplatz	Weichheitsgrad des Untergrundes: Beton, Gummi oder Weide Weichheitsgrad des Untergrundes: Beton, Gummi oder Weide, Stallhaltung: Distanz zwischen Fressplatz und Liegeplatz				
Laufgänge		Spaltenböden, planbefestigt, perforiert, Gummi, Weide			
Rutschfestigkeit			Platzangebot pro Raum-/Quadratmeter (GVE/m ³ oder m ²) in Stall oder Laufhof oder Hektar (GVE/ha), Weidezugang (d/a, h/d) Herdenstabilität (Häufigkeit des Herdenwechsels/a), Tier-Fressplatzverhältnis, Platzangebot Verhältnis reduzierter antagonistischer Verhalten.		
Platzangebot				Weidezugang (ja/nein), Dauer (d/a, h/d) Mutter-/Ammengebunden (ja/nein) Zugang zu Mutter/Ammen (h/d), Dauer (d)	
Herdenstabilität und Konkurrenz					Tierbeobachtungen; Proxy: Weide oder Stall
Weidezugang					
mutter-/ammengebundene Kälberaufzucht					
Positiver emotionaler Zustand					

Kriterium	Ziel	Unterkriterium	Erläuterungen	Indikator (Einheit)
Tierwohl	Technische und witterungsbedingte Risiken	Minimales Risiko	Eine Vielzahl an Risiken wie Brände, Überschwemmungen oder Stromausfälle kann ein System treffen.	Etablierung eines Notfallsystems (ja/nein) Möglichkeit zur eigenständigen Flucht (ja/nein)
Transport	Maximale Sicherheit vor Prädatoren und Parasiten	Schutz vor Prädatoren Sicherheit vor Parasiten	Häufigkeit von Behandlungen (Anzahl/a), Verhalten beim Einfangen und Fixieren (wild, nervös, unruhig, ruhig) Transporthäufigkeit (Anzahl/a), Distanz (km/a) oder Dauer (h/a)	
Schlachting	Stress und Leid beim Tötungsprozess	Stressfreie Betäubungs-/Tötungsmethode Fehleranfälligkeit bei Betäubung und Tötung	Neben der Tötungsmethode spielt auch die Form des Entgelts eine Rolle. Eine hohe Abfertigungsrate und Zeitdruck können zu Fehlern beim Betäubungsvorgang führen.	Schlachtmethode: Kugelschuss (ja/nein), Akkordarbeit (ja/nein) Tieranzahl pro Tag (Anzahl/d), Zeit pro Tier (s/Tier), Akkordarbeit (ja/nein)
Ökologie	Süßwassernutzung Eutrophierung	Reduzierung der Süßwassernutzung Minimale Eutrophierung	Wenn durch die Wassernutzung die Pegelstände von Gewässern und Grundwasser nicht sinken, ist die Süßwassernutzung nachhaltig. Bewirtschaftungsweise und -intensität, Ufernähe, Oberflächenabdeckung	Wassernutzung (l/kg SG) ohne Regenwasser, Pegelstände von Gewässern und Grundwasser (m über und unter Erdoberfläche) P und N-Einträge (kg N _{eq} /kg SG und kg P _{eq} /kg SG) Proxys: Anteil an Weidefutter vs. Ackerfutter
Boden	Bodendegradation	Reduktion von Bodendegradation	Kohlenstoffspeicherung Erosion Versauerung Verdichtung Landwirtschaftliche Flächen Ackerflächen	Sequestrationsrate, SOC (%) Erosionspotential Versauerungspotential (g SO _{2eq} kg SG ⁻¹) Verdichtungspotential Flächenbedarf pro Tonne tierisches Eiweiß (ha/t Protein) Ackerflächenbedarf pro Tonne tierisches Eiweiß (ha/t Protein)
Biodiversität	Erhöhung und Erhalt der pflanzlichen und tierischen Vielfalt	Pflanzen	Geringe Intensität und hohe räumlich-zeitliche Komplexität	Heterogenität, Intensität (Viehbesatz und Mähhäufigkeit, GVE/ha), Rasse, Trittlastung Durchschnittliches Artenreichtum (Mean Species Richness)

Kriterium	Ziel	Unterkriterium	Erläuterungen	Indikator (Einheit)
Ökonomie	Kapitalintensität	Minimierung der produktionsunabhängigen Kosten	Der Bau und Kauf von modernen Ställen bzw. Maschinen ist mit hohen Kosten verbunden, die häufig über Bankkredite finanziert werden.	Kapitalintensität pro Arbeitskraft (€/Akh), Tier (€/Tier), Produktionsmenge (€/t) oder Fläche (€/ha)
	Produktionsleistung	Maximale Produktionsleistung		Menge (kg Milch/Kuh/a, kg Fleisch/ha/a)
	Preisstabilität und Autonomie	Maximale preisliche Stabilität	Eine größere Abhängigkeit von externen kritischen Rohstoffen (Futtermitteln wie Getreide, Düngemitteln und Energie) verursacht eine höhere Preisvolatilität.	Anteil von Getreide und Energie an Kosten Spezialisierungsgrad
	Arbeitsaufwand	Minimaler Arbeitsaufwand	Der Zeitbedarf unterscheidet sich zwischen den Haltungssystemen.	Akh/Kuh/a, Kühe/AK, Akh/ha, Produktionsmenge/Akh
	Standardisierung und Automatisierbarkeit	Maximale Möglichkeit zur Standardisierung und Automatisierbarkeit	Bildung und Erfahrung, Technikeinsatzmöglichkeiten	Proxy: Weidehaltung vs. Laufstallhaltung
	Bürokratischer Aufwand	Minimaler bürokratischer Aufwand	Der grundsätzliche bürokratische Aufwand ist in den Betrieben ähnlich. Mit steigender Produktionsmenge kann er durch Skaleneffekte auf die Produktionseinheit bezogen reduziert werden.	Arbeitskraftbedarf in Büro pro Produktionseinheit (Akh/Einheit)
	Rechtssicherheit	Maximale Rechtssicherheit	Objektive, wissenschaftlich fundierte gesetzliche Mindeststandards als zweifelsfreie Grundlage für Rechte und Pflichten sind für eine hohe Rechtssicherheit notwendig.	Rassespezifische, objektive Gesetze oder Leitlinien (ja/nein)
	Politische Sicherheit	Maximale politische Sicherheit	Es bestehen politische Risiken durch Maßnahmen wie (nicht finanzierte) höhere Standards oder CO ₂ -Besteuerung.	Politische Ziele
	Absatzsicherheit	Maximale Absatzsicherheit	Durch einen gesellschaftlichen Wandel, eine veränderte Nachfrage und Werbemaßnahmen des Handels können neue Standards etabliert werden.	Gesellschaftliche Nachfrage (hoch/niedrig)
	Sicherheit	Marktzugangsbeschränkungen	Fairer Zugang	Der Einfluss auf unterschiedliche Produktionssysteme durch fehlende Marktzugangsbeschränkungen und Preisbildungsmechanismen unterscheidet sich.
Preisbildung		Existenzsichernde Preise		Politische Rahmenbedingungen wie Branchenverträge (ja/nein), faire Verteilung von Gewinnen und Verlusten auf Lebensmittelkette (ja/nein), existenzsichernde Preise (ja/nein)

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 5

Erklärungen zum Systemvergleich

Tabelle 24: Technischer Bericht zum Systemvergleich

	MFT	Milchkühe		Mastrinder	
		Basis	Premium	Basis	Premium
Gesellschaft					
Soziales					
Ernährungssicherheit	++	o	+	-	-
Nahrungs- und Flächenkonkurrenz (85 %)	++	o	+	-	-
Verfügbarkeit und ökonomischer Zugang (15 %)	-	++	+	++	+
<p>Der Netto-Eiweißbeitrag ist in extensiven Weidesystemen durch die Grasnutzung am höchsten (Fernandes et al. 2022: 8). Auch die Verwertung von Nebenprodukten und Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie und dem Ackerbau erhöht die Flächeneffizienz (van Zanten et al. 2016: 756). Die Proteinumwandlungsrate ist bei Milchvieh höher als bei Mastvieh (Wilkinson 2011: 1020). Der Zugang und die Verfügbarkeit von tierischen Produkten sind in den Intensivsystemen mit höheren Leistungen und niedrigeren Preisen am größten.</p>					
Gewichtung					
<p>Die Nahrungskonkurrenz erhält eine höhere Gewichtung von 85 %, da theoretisch mehr pflanzliche Nahrungsmittel zu günstigeren Preisen für den menschlichen Konsum zur Verfügung stünden.</p>					
Landschaft zu Erholungszwecken	++	-	o	-	-
<p>Eine vielfältige Landschaft mit Strukturelementen, Biodiversität und freilaufenden Tieren dürfte eine höhere Attraktivität für Touristen und Anwohner haben als verschlossene Stallanlagen mit einheitlichen Ackerfruchtschlägen und Wiesen.</p>					
Arbeitssicherheit	o	++	++	+	+
<p>Nach der Unfallstatistik (2021) der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) gab es 4700 meldepflichtige Unfälle durch den direkten Kontakt zu Rindern (SVLFG o. J.). Drei Faktoren führen zu einem erhöhten Unfallrisiko: (1) fehlende technische und bauliche Anlagen, (2) fehlende Kenntnisse zum natürlichen Verhalten der Rinder und seiner Sinneswahrnehmung und (3) unaufmerksamer und gestresster Arbeitsablauf (SVLFG 2022). Eine zunehmende Herdengröße, die Anzahl an Stunden mit Rindern pro Arbeitskraft und die Anzahl an Behandlungen und Maßnahmen an Rindern ohne Anwesenheit eines Tierarztes erhöht das Verletzungsrisiko (Browning et al. 2013: 44). Der Fütterungsort, ob Weide oder Stall, zeigte keinen signifikanten Unterschied (Browning et al. 2013: 44).</p>					
Bullenhaltung					
<p>Besonders der Umgang mit Mastbullen und Deckbullen (verstärkt in der Milchviehhaltung), der durch eine künstliche Besamung vermieden wird, verursacht ein höheres Unfallrisiko als der Kontakt zu Kühen (Doughrate et al. 2013: 261; SVLFG 2022: 36; Sheldon et al. 2009: 367). Die höhere Aggressivität der Bullen könnte allerdings auf die Aufzucht zurückgeführt werden. Einzel aufgezogene Bullenkälber zeigten nach Price & Wallach (1990: 265) ein aggressiveres Verhalten als in Gruppen</p>					

aufgezogene Kälber. Das erhöhte Aggressionspotential könnte an einer fehlenden Sozialisation in der Herde (Grandin 2007: 59) oder einer Verwechslung des Menschen mit einem Artgenossen liegen (Benson & Rollin 2004: 138). Es könnte bedeuten, dass das Risiko bei kuhgebundener Kälberaufzucht auf der Weide, durch eine größere Distanz zum Menschen, geringer wäre.

Insgesamt ist die Studienlage zu Unfällen, Belastungen durch Pestizide, Krankheiten, abgesehen von Atemwegserkrankungen, und die Prävention von Arbeitsunfällen schwach (Langley & Morrow 2010: 233f.; Browning et al. 2013: 47).

Arbeitsplatzsicherheit	++	o	+	o	+
-------------------------------	----	---	---	---	---

In automatisierten Stallsystemen (mit Melkrobotern) ist der Arbeitskraftbedarf am geringsten. Durch Einstreu und Reinigungsprozesse in Tiefboxen und Tretmistställen, weniger effiziente Melksysteme und Management, Kontrolle oder Zaunarbeiten in Weidesystemen steigt der Bedarf an menschlichen Arbeitskräften.

Gesundheit

Zoonoserisiko und Antibiotikaresistenzen	+	-	o	-	o
Eintrittsrisiko (20 %)	o	+	o	+	o
Expositionsrisiko und Ausbreitung (20 %)	+	-	o	--	o
Antibiotikaeinsatz (60 %)	++	-	o	-	o

Kurzfassung

Die intensive Haltung und der Transport können durch stressauslösende Bedingungen zur Immunsuppression und Anfälligkeit für Krankheiten führen (El-Lethey et al. 2003: 100; Rostagno 2009). Der Antibiotikaeinsatz in Intensivsystemen ist grundsätzlich höher als in Extensivsystemen (van Boeckel et al. 2015). Es zeigt sich eine höhere Diversität von antibiotikaresistenten Genen und resistenten Phänotypen im Kot von intensivgehaltenen Tieren (Wang et al. 2023: 5). Der Antibiotikaeinsatz ist in Außenhaltung reduziert (Becker et al. 2020). Biosicherheitsmaßnahmen können das Eintrittsrisiko in geschlossenen Stallsystemen verringern. Die Folgen einer Kontamination sind in diesen Systemen allerdings erhöht (Espinosa et al. 2020: 1023). Weniger genetische Heterogenität und hohe Tierdichten steigert das Potential für Epidemien und die Ausbreitung von Krankheitserregern innerhalb der Anlagen (Drew 2011: 101; Springbett et al. 2003). Die geographische Dichte der Anlagen kann das Risiko weiter erhöhen. Die Resilienz und Widerstandsfähigkeit dürften bei gesunden Tieren, die der Witterung ausgesetzt waren, erhöht sein.

Die Risikofaktoren nach der Übersichtsarbeit von Hayek 2022: 2 sind (1) Stall- und Käfighaltung, (2) genetische Homogenisierung, (3) subtherapeutische und wachstumsfördernder Einsatz von Antibiotika, (4) Langstreckentransporte, (5) physiologischer Stress durch Überfüllung, Enge und Konflikte (z.B. Kastenstände, Kälberglus und Käfige), (6) Saisonarbeit und (7) konzentrierte tierische Abfälle.

Langfassung

Es ist nicht geklärt, ob und in welchem Ausmaß die weltweit intensiviertere Tierhaltung – stärkere Technisierung, Stall- oder Käfighaltung, fehlende oder geringere Flächengebundenheit, höhere Tierdichte und Hochleistungszüchtungen – zu einem höheren Auftreten von Zoonosen führt, obwohl relevante Risikofaktoren vorliegen (Liverani et al. 2013: 876; Hayek 2022). Die Dichte und Wachstum der menschlichen Bevölkerung sind noch angemessene Stellvertreter (Proxy) für neu auftretende Infektionskrankheiten (Jones et al. 2008: 992). Weiterhin wird ein größeres Risiko ausgehend von Wildtierarten angenommen. Der Erhalt von Gebieten mit größerer Wildtiervielfalt und reduzierter anthropogener Aktivität dürfte die Wahrscheinlichkeit des künftigen Auftretens von Zoonosen

verringern (ebd.). Die Intensivierung der Landwirtschaft mit geringerer Landnutzung und höherer Effizienz könnte folglich den Eingriff in natürliche Lebensräume und die Urwaldabholzung reduzieren, gleichzeitig könnte sie durch den Rebound-Effekt die Produktion und den Konsum weiter erhöhen (Hayek 2022). Eine Intensivierung könnte auch zu Haltungsumgebungen mit physiologischem und psychischem Stress, geringerer Nähe zu Artgenossen und Abfällen und der routinemäßigen bzw. stärkeren Verabreichung von subtherapeutischen (infektionsvorbeugenden) und wachstumsfördernden Antibiotika führen (ebd.: 2).

Die intensive Haltung und der Transport von Tieren unter stressauslösenden Bedingungen kann zur Immunsuppression führen und die Anfälligkeit für Krankheiten erhöhen (El-Lethey et al. 2003: 100; Rostagno 2009). Dadurch könnte die Lebensmittelsicherheit negativ beeinflusst werden und die Antibiotikaresistenz bei höherer Medikamentenvergabe steigen (Rostagno 2009: 772). In der Intensivhaltung kann standardmäßig von einem höheren Antibiotikaeinsatz ausgegangen werden als in der Extensivhaltung (van Boeckel et al. 2015: 5650). Das Risiko für (multiple) Resistenzen ist dadurch erhöht, wie auch Kotuntersuchungen von Nutztieren aus Intensivhaltungssystemen im Vergleich zu Weidetieren in China zeigen (Wang et al. 2023: 2). Darüber hinaus waren mehr Schwermetalle wie Kupfer, Cadmium und Zink im Kot vorzufinden (ebd.).

Eintritts- und Expositionsrisiko

Auch wenn die Wahrscheinlichkeit einer ersten Kontamination von Nutztieren (Eintrittsrisiko) in Intensivhaltungssystemen durch Biosicherheitsmaßnahmen und die Abschirmung von der Außenwelt (Wildtiere und Menschen) verringert ist, sind die Folgen einer Kontamination innerhalb des Betriebs (Expositionsrisiko) größer (Espinosa et al. 2020: 1023). Dies liegt an der größeren genetischen Homogenität – mit höherer Wahrscheinlichkeit katastrophale Epidemien auszulösen – durch wenige Hochleistungsrassen, und hohen Bestandsdichten in den Anlagen, die die ideale Umgebung für Pathogene darstellt, um sich zu verbreiten (Drew 2011: 101; Springbett et al. 2003), an den Wirt anzupassen und zu mutieren, weswegen auch das Risiko einer humanpathogenen Mutation bzw. Zoonose größer ist (Espinosa et al. 2020: 1024).

Intensive Haltungssysteme sind laut Dhingra et al. (2018: 6f.) für einen kleinen Anteil der Reassortierung von Aviärer Influenza (geringes bis mittleres Risiko) verantwortlich, die Umwandlung von schwach pathogenen zu hoch pathogenen Viren (hohe Risiken) konzentriert sich jedoch in diesen Systemen.

Auch wenn sich Biosicherheitsmaßnahmen als erfolgreich bei der Kontrolle z.B. von Helminthen-, Protozoen- und einigen bakteriellen Krankheiten zeigen, sind sie anfälliger für über die Luft übertragbare Viren wie Influenza (VanderWaal & Deen 2018). In Thailand zeigte sich beim Vergleich von intensiven, kommerziellen Systemen mit Biosicherheitsmaßnahmen zur Subsistenz-Hinterhofhaltung keine Reduktion des Risikos für Hochpathogene Aviäre Influenza (HPAI) (Graham et al. 2008: 296). Auch die Arbeiter in Stallanlagen sind einem erhöhten gesundheitlichen Risiko durch Krankheitserreger ausgesetzt (ebd.; Cutler et al. 2010: 5).

Antibiotikaeinsatz in der Kälberhaltung

In der Rinderhaltung ist der Einsatz von Antibiotika besonders bei Kälbern und Jungrindern verhältnismäßig hoch (Pardon et al. 2012; Bondt et al. 2013). Atemwegserkrankungen sind mit über 70 % die Hauptindikation für den Einsatz von antimikrobiellen Mitteln in Kälber- und Jungbullenmastanlagen, gefolgt von Gelenk-/Gliedmaßen-/Zentrale-Nervensystem-Erkrankungen und Magen-Darm-Erkrankungen (Fertner et al. 2016: 43; Becker et al. 2020). Impfungen der Kälber gegen Atemwegserkrankungen (BRD) haben eindeutigen Einfluss auf den Einsatz von antimikrobiellen Mitteln (Schnyder et al. 2019: 151; Fertner et al. 2016: 44). Die Anzahl an zugekauften Kälbern zeigt dagegen

eine positive Korrelation zum Einsatz an Antibiotika und der Mortalität (ebd.: 44; Sandelin et al. 2022: 9). Das Mortalitätsrisiko sinkt mit höherem Alter der Kälber beim Zukauf und geringen Gewichtsunterschieden (ebd.; Lava et al. 2016). Quarantäne, klinische Untersuchungen der Kälber bei der Ankunft, Impfungen gegen BRD, Unterbringung der Kälber in kleinen Gruppen und getrennte Lufträume für verschiedene Gruppen von Kälbern sind nach Lava et al. (2016) und Schnyder et al. (2019) zu empfehlen.

Eine drastische Reduktion des Antibiotikaeinsatzes um mehr als 80 % und der Mortalität um rund 49 % konnte im Vergleich zum bereits erhöhten Standard unter IP-Suisse Richtlinien durch das Freilandkälber-System, in denen die aufgelisteten Faktoren zusätzlich umgesetzt wurden, erreicht werden, ohne die Tiergesundheit negativ zu beeinflussen (Becker et al. 2020: 7). In diesem System verbringen die Kälber ihr ganzes Leben an der frischen Luft in einem überdachten, stroheingestreuten Weidebereich mit Gruppenunterstand. Sie zeigen weniger Atemwegs- und Magen-Darm-Erkrankungen und einen insgesamt verbesserten Gesundheitszustand (Moser et al. 2020).

Gesunde Ernährung	++	o	+	-	-
Gesundheitliche Schäden	++	o	+	--	--

Es werden mehr tierische Produkte als empfohlen konsumiert. Der langfristige Verzehr von erhöhten Mengen an tierischen Produkten, besonders rotem verarbeitetem Fleisch, führt zu einem Anstieg der Gesamtmortalität und einem höheren Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen, Krebs (z.B. Dickdarmkrebs) und Typ-2-Diabetes (Battaglia Richi et al. 2015; Sun et al. 2021; Song et al. 2016).

Auch wenn die gesundheitlichen Effekte letztlich von der konsumierten Menge und nicht vom Produkt selbst abhängen, kann bei steigenden Preisen bzw. sinkenden Mengen von einem insgesamt geringeren Konsum ausgegangen werden. Folglich trägt das System zu einem Überkonsum bei, auch wenn das einzelne Produkt in richtiger Verzehrmenge unbedenklich sein kann. Besonders der Konsum von Menschen mit geringem Einkommen wäre von höheren Preisen betroffen. Die Effekte treffen die richtige Zielgruppe, denn bei finanzstärkeren Gesellschaftsschichten, die sich höhere Preise theoretisch leisten könnten, zeigt sich ab einem gewissen Einkommensniveau ein ohnehin sinkender Fleischkonsum (Whitton et al. 2021).

Gesundheitliche Vorteile	++	o	+	o	o
---------------------------------	----	---	---	---	---

Die Übersichtsarbeit von Daley et al. (2010: 4) zeigt, dass grasbasierte Milch und Fleisch einen signifikant höheren Omega-3 Gehalt und ein ausgeglicheneres Omega-3:6 Verhältnis hat als getreidebasierte Produkte, ebenso krebsbekämpfende Antioxidantien wie Glutathion und Superoxiddismutase sind höher. Omega-3-Fettsäuren können eine Vielzahl an positiven gesundheitlichen Auswirkungen auf Herz-Kreislaufkrankungen, Depressionen, Krebs, rheumatoide Arthritis oder altersbedingten kognitiven Abbau haben wie die Übersichtsarbeit von Shahidi & Ambigaipalan (2018) zeigt. Auch die Konzentration von anderen gesundheitsfördernden Nährstoffen wie Vaccensäure, CLA, Carotinoide (wie β -Carotin) und -Linolensäure und ungesättigten Fettsäuren ist in Weideprodukten im Vergleich zu einer Totalen Mischration (TMR) bzw. konzentratreicherer Fütterung erhöht (Daley et al. 2010: 4; White et al. 2001: 2298; Schroeder et al. 2003: 3245; Huang et al. 2015). Nach Provenza et al. (2019: 7) sprechen die Indizien für die Hypothese, dass die Pflanzenvielfalt durch Kräuter und Gräser – und seinen phytochemischen Reichtum – den biochemischen Reichtum von Fleisch und Milchprodukten sowie die menschliche Gesundheit erhöht. Auch durch hochwertige Proteine, die in einer gesunden Ernährung essentiell sind, können tierische Produkte gesundheitlich nützlich sein.

Lebensmittelsicherheit	++	++	++	++	++
-------------------------------	----	----	----	----	----

Es wird von der Einhaltung gesetzlicher Regularien zur Lebensmittelsicherheit und Verarbeitung ausgegangen, auch wenn das Risiko von Verletzungen tendenziell durch längere Produktionsketten und Futtermittelzukaufe, besonders aus dem Nicht-EU-Ausland, steigen dürfte.

Das Lebensmittelrecht ist in der EU größtenteils vereinheitlicht und basiert u.a. auf der Basisverordnung [Verordnung (EG) Nr. 178/2002], Hygieneverordnung [Verordnung (EG) Nr. 852/2004], Kontrollverordnung [Verordnung (EU) 2017/625] und Lebensmittel-Informationsverordnung [Verordnung (EU) Nr. 1169/2011]. Die Lebensmittelsicherheit wird in Deutschland über das Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch geregelt und betrifft den gesamten Produktionsprozess von Futtermittelleinkauf bis Schlachtung, um die gesundheitliche Unbedenklichkeit der Produkte sicherzustellen. Sie basiert auf sieben Grundprinzipien (BMEL 2021: 7): (1) Unternehmerverantwortung, (2) Rückverfolgbarkeit, (3) amtliche Lebensmittel- und Futtermittelüberwachung, (4) Vorsorgeprinzip, (5) unabhängige wissenschaftliche Risikobewertung, (6) Trennung von Risikobewertung und Risikomanagement und (7) transparente Risikokommunikation.

Feinstaubbelastung

++

-

-

o

o

Kurzfassung

Ammoniak trägt stark zur Feinstaubbildung bei. Eine Trennung von Kot und Harn reduziert die Bildung und Freisetzung von NH_3 um bis zu 46-99 % (Panetta et al. 2005: 1127; Lachance et al. 2005). In einem Weidesystem kann der Urin getrennt und ohne viel Luftexposition in den Boden infiltrieren (Ammann et al. 2019). Durch eine größere verschmutzte Oberfläche können die Emissionen steigen (Misselbrook et al. 2006: 6762). Der Emissionsfaktor pro Tierplatz (Stall) ist in Flüssigmistverfahren (nach Anbindehaltung) und bei Mastrindern am geringsten (VDI 2017 nach KTBL 2018: 41).

Langfassung

In der Stallhaltung sind die Ammoniakemissionen durch Ausscheidung, Lagerung und Ausbringung von Urin und Kot erhöht (Bouwman et al. 1997: 564; UNECE 2014: 60). Die potentiell höchsten Ammoniak-Emissionen entstehen durch den ausgeschiedenen Urin bzw. Harnstoff (Kellems et al. 1979: 440; Bussink & Oenema 1998: 24; Petersen et al. 1998: 297; Laubach et al. 2013: 334). Eine Trennung von Kot und Harn reduziert die Bildung und Freisetzung von NH_3 um bis zu 46-99 % (Panetta et al. 2005: 1127; Lachance et al. 2005), da die Urease in den Fäkalien als Katalysator der Harnstoffhydrolyse dient (Bussink & Oenema 1998: 24; LUBW 2008: 12). Im Kot ist der Stickstoff organisch gebunden, die Bildung einer Oberflächenkruste auf Kuhfladen dürfte die NH_3 -Verflüchtigung begrenzen, bevor eine nennenswerte Mineralisierung von N im Dung stattfindet (Petersen et al. 1998: 297; Laubach et al. 2013: 334). Die Höhe der Emissionen steigt mit der Lagerdauer. Dies gilt besonders für die von Kot durch Mineralisationsprozesse (Vaddella et al. 2010; Kellems et al. 1979: 441; Bussink & Oenema 1998). Die Emissionen hängen aber auch von Temperatur und Lager-technik ab (ebd.: 23). Die höheren Emissionen in Laufstallsystemen im Vergleich zur Anbindehaltung (VDI 2017 nach KTBL 2018: 41) können auf eine größere verschmutzte Oberfläche zurückgeführt werden (Misselbrook et al. 2006: 6762). Bei hohen Milchleistungen sind die TM-Aufnahme und entsprechend N-Ausscheidungen ebenfalls erhöht, auf die Milchmenge bezogen sinken die Ausscheidungen allerdings (Spiekers et al. 2018: 5; Bonsels et al. 2020).

Minderungsmaßnahmen in der Landwirtschaft schließen das Haltungsverfahren, Abluftreinigung, die Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung mit entsprechender Technik und eine proteinangepasste Fütterung mit ein (Döhler et al. 2011: 3-7; Ammann et al. 2019).

Auch durch eine Vollweidehaltung können die N-Emissionen im Vergleich zur Stallhaltung reduziert werden. Der ausgeschiedene Urin kann ohne viel Luftexposition schnell in den Boden infiltrieren und als Ammonium an Bodenpartikel gebunden werden (UNECE 2014: 60; Ammann et al. 2019; Amon et al. 2021: 27). Nach Klopatek et al. (2021: 12) ist die Bildung von Smog pro kg SG aus

Weidehaltung über 93 % niedriger im Vergleich zu einem Intensivsystem (mit Gülle). In der Natur kommt ein solches Kot-Harnmisch gewöhnlich nicht vor.

Die theoretische N-Emissionsreduktion im Urin im Weidesystem zwischen einer reinen proteinreicheren Kleegrassfütterung und einer Ergänzung durch Maissilage als Energielieferant (ca. 25 % der Gesamtration) bei gleichbleibenden Milchleistungen und Körpergewichten (13 % weniger Protein und geringerer N-Überschuss) liegt bei 20 % (Ammann et al. 2018: 88). Es sind 1,07 g N-NH₃ Kuh⁻¹ h⁻¹ (8,7 % EF) bzw. 0,64 g N-NH₃ Kuh⁻¹ h⁻¹ (6,4 % EF). Eine veränderte Fütterung kann in diesem System somit zu einer NH₃ Reduktion um 40 % führen (Voglmeier et al. 2018: 4604f.). Auch eine veränderte Weidegras Mischung, z.B. durch Grassorten mit einem hohen Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, kann die N-Ausscheidungen durch ein ausgeglicheneres Rohprotein-Energie-Verhältnis im Pansen reduzieren (Miller et al. 2001: 389; Moorby et al. 2006: 56).

Tierwohl

Zucht

Leistung	-	++	++	++	++
Ruhiges Verhalten	+	o	o	-	-
Resilienz und Gesundheit	++	o	o	-	-

Durch die züchterische Entwicklung sind Hochleistungsrinder mit geringerer Raufutterverwertungseffizienz entstanden, die bei der Futterauswahl wählerischer geworden sind als alte, extensive Rassen (Pauler & Schneider 2021: 251). Auch existieren genetisch bedingte Gesundheitsrisiken, die vom Management nur bis zu einem gewissen Grad kompensiert werden können. Sie wurden durch produktionsfördernde Zuchtziele verstärkt (Bauer et al. 2021). In den offiziellen Zuchtwertschätzungen gewinnen Gesundheitsmerkmale u.a. durch die Einführung eines Relativzuchtwert Gesund (18 %) bei Holstein einen höheren Stellenwert. Das Hauptmerkmal, auch wenn es um einige Prozentpunkte herabgestuft wurde, bleibt die Leistung (36 %) vor der Nutzungsdauer (18 %; vit 2023).

Durch bauliche Strukturen kann ein ruhiges Verhalten weniger notwendig sein, dies erscheint in Weidesystemen wichtiger. Auch die Resilienz und Gesundheit muss erhöht sein, um wechselnder Witterung standzuhalten. Durch die angestrebte längere Nutzungsdauer bei Milchvieh und den täglichen Umgang sind ein ruhiges Verhalten und Gesundheit wichtiger als bei Mastvieh. Die Übersichtsarbeit von Haskell et al. 2014: 8) legt allerdings bei Mastvieh eine negative Assoziation zwischen Wachstum und Temperament bzw. Angst vor Menschen und Einsperrung nahe.

Management

Fütterung	++				
------------------	----	--	--	--	--

Um die Gesundheit der Tiere zu erhalten, braucht es ein angepasstes Fütterungsmanagement. Durch Witterungseinflüsse und wechselnde Futterqualität in der Weidehaltung und hohe Milchleistungen im Intensivbetrieb braucht die Fütterung große Aufmerksamkeit. Eine ausreichende Rohfaserversorgung ist in konventionellen Milchviehbetrieben mit hochleistenden Rindern ein Problem. Es ist schwierig die Tiere leistungs- und gleichzeitig wiederkäuergerecht zu versorgen, dies zeigt sich auch an vielen unterkonditionierten Tieren in der Prävalenzstudie (Hoedemaker et al. 2020a). Im Weidebetrieb entspricht Gras im Gegensatz zu Maissilage dem natürlichen Futter von Rindern.

Gute Beziehung zwischen Mensch und Tier	++	++	++	+	+
--	----	----	----	---	---

Durch den direkten Kontakt zum Milchvieh in ursprünglichen Systemen kann von einer geringeren Ausweichdistanz und mehr Mensch-Tier-Kontakt ausgegangen werden. Durch den Einsatz von Melkrobotern und -karussells könnte es sich gewandelt haben.

Schmerzen durch Managementmaßnahmen	++	o	+	o	+
Nicht-kurative Eingriffe wie Kastration und Enthornung von Kälbern verursachen Schmerzen, die ohne ausreichende Betäubung verstärkt sind. Die Nutzung von Bullen (statt Ochsen), genetisch hornlosen oder behornen (ohne Entfernung) Rindern verhindert es vollständig.					
Haltung					
Krankheiten und Verletzungen	++	-	+	-	+
In Brasilien mit feucht subtropischem Klima erzielten Milchkühe aus Weidesysteme gegenüber Kompostställen und Boxenlaufställen eine insgesamt bessere Tierwohlbewertung (Krankheiten und Verletzungen) nach Welfare Quality® Protokoll mit Ausnahme vom Zugang zu qualitativ hochwertigem Wasser. Der Kompoststall ist zwischen Boxenlaufstall und Weide einzuordnen (de Andrade Kogima et al. 2022: 6). Die Weidehaltung hat auch nach dem Welfare Index, der sich an den Welfare Quality Kriterien orientiert, einen positiven Einfluss auf das Tierwohl. Die Beschaffenheit der Klauen und des Integuments ist verbessert, die Vorteile steigen mit den Weidestunden (Burow et al. 2013: 840).					
Klauen- und Gliedmaßenkrankungen	++	-	++	-	+
Die Lahmheitsprävalenz in Milchviehbetrieben liegt zwischen 23-39 % (Hoedemaker et al. 2020a: 140). Die Dauer der Aufstallung stellt einen Risikofaktor für die Klauengesundheit dar (Faye & Lescourret 1989: 282). Die Lahmheitsklasse korreliert mit der Stehzeit im Stall. Eine längere Stehzeit in Stallsystemen kann folglich Klauenerkrankungen und Lahmheit begünstigen (Cook et al. 2007: 1678). Dies ist allerdings auch vom Untergrund abhängig, denn die Liegezeit von Rindern auf der Weide ist um 10-25 % niedriger als im Laufstall (Tucker et al. 2021: 21). In Hernandez-Mendo et al. (2007: 1211f) lag sie bei 10,9 h/d gegenüber 12,3 h/d in einem Laufstall mit Sandliegeflächen. Dennoch reduzierte sich – bei gleichzeitigem Rückgang des Gewichts und der Milchmenge – die Lahmheitsprävalenz und die Klauengesundheit verbesserte sich (Hernandez-Mendo et al. 2007: 1211f.). Insgesamt ist die Lahmheitsprävalenz in der ganztägigen Weidehaltung gegenüber der Stallhaltung deutlich reduziert (ebd.: 144; Browne et al. 2022: 3; de Andrade Kogima et al. 2022: 5). Kompostställe wiederum zeigen Vorteile gegenüber Boxenlaufställen (ebd.). Ein harter Untergrund z.B. aus Beton erhöht das Risiko von Klauenproblemen (ebd.: 283). Die geeignetsten Untergründe für die Klauen von Rindern sind Gras, Erde und Sand wegen ihrer rutschfesten, stoßdämpfenden und weichen Eigenschaften (Alsaad et al. 2017: 8334; Guard 2001: 184).					
Eutergesundheit	++	o	+		
Die Verschmutzung der Beine und des Euters durch Kot ist auf der Weide reduziert, was die Eutergesundheit verbessert (Hoedemaker et al. 2020b: 90f.). Saubere Laufgänge sind zu empfehlen.					
Stoffwechselstörungen	o	-	o	o	o
Einzelne Stoffwechselstörungen wie Hypokalzämie (Milchfieber) oder Ketose können durch den hohen Nährstoff- und Energiebedarf bei Hochleistungsrassen vermehrt auftreten. Nach der Kalbung haben sie oft eine negative Energiebilanz (Mahlkow-Nerge 2008: 110). Höhere Leistungen steigern somit das Risiko. Andere Störungen können Weiderinder tendenziell stärker betreffen wie die Hypomagnesiämie (Weidetetanie) durch eine zu große Aufnahme von jungem Grünfutter. Das richtige Fütterungsmanagement und Supplemente können die Wahrscheinlichkeit eines Nährstoffmangels reduzieren.					
Atemwegserkrankungen	++	o	+	-	+
Atemwegserkrankungen treten vermehrt bei Kälbern auf, die in geschlossenen Stallgebäuden und ohne Klimareize aufgezogen werden (Hoedemaker et al. 2020a.: 199; Moser et al. 2020).					

Fruchtbarkeitsstörungen					
Unterschiedliche Faktoren können die Prävalenz von Fruchtbarkeitsstörungen beeinflussen, dazu zählen das Fütterungsmanagement, die Haltungsumgebung, Inzucht und spezifische Erkrankungen. Auch die Höhe der Milchleistung kann einen Effekt haben (Lucy 2001).					
Verletzungen und Integumentschäden	++	-	+	--	+
In Weidesystemen sind gegenüber Kompost- und Laufställen weniger Verletzungen und Integumentschäden feststellbar (de Andrade Kogima et al. 2022: 4f.). In Laufställen bzw. Betonvollspaltenbuchten ist die Prävalenz höher als in Kompostställen bzw. eingestreuten Zweiflächenbuchten und gummierten Buchten (ebd.; Mayer et al. 2007: 25).					
Thermischer Komfort	+	o	+	+	++
Hitzestress	+	--	o	-	++
Kältestress	o	++	++	++	++
Im Stall sind Rinder grundsätzlich besser gegen kühle Temperaturen geschützt. Eine ganzjährige Freilandhaltung ist möglich, ohne das Tierwohl zu gefährden, durch künstlichen oder natürlichen Witterungsschutz, die entsprechende Rasse und Genetik, Strohschüttungen und eine stärkere Fütterung – angepasst an den höheren Erhaltungsbedarf, bedingt durch die metabolische Wärmeproduktion aus dem Muskelstoffwechsel. Das größere Problem stellt Hitzestress bei Hochleistungsmilchrindern dar, wenn die metabolische Wärme der hohen Produktionsmengen nicht durch ausreichende Kühlung abgeführt werden kann. Technische Lösungen wie Ventilatoren oder Sprinklersysteme können das Problem lindern. In der Freilandhaltung kühlen Beschattung, Wind und Wasserstellen.					
Luftqualität	++	o	+	o	+
Die Luftqualität kann im Stall bei schlechter oder fehlender Belüftung, hoher Ammoniakbildung und Staub, z.B. durch die Einstreu, negativ beeinflusst sein. In Neubauten dürften durch entsprechende Technik bessere Werte erzielt werden.					
Komfort beim Ausruhen, Fressen und Gehen	++	--	o	--	o
Liegeflächen	Weide	Hochbox	Tiefbox	Vollspalten	Stroh
Fressplatz	Weide	Beton	Gummi	Beton	Beton
Laufgänge	Weide	Beton	Gummi	Beton	Gummi
Rinder präferierten Gummi gegenüber Beton zum Gehen und Stehen wie Versuche mit Laufgängen zeigen. Nur bei lahmen Rindern wurden keine Unterschiede beobachtet, dies könnte an konkurrierenden bzw. ranghöheren Tieren liegen, denen sie ausweichen wollten (Telezhenko et al. 2007: 3720f.). Gummierte Laufwege zeigten allerdings in Vokey et al. (2001: 2692-95) isoliert ohne veränderte Liegeflächen keine gesundheitlichen Vorteile im Vergleich zu Betonböden (French et al. 2023: 3484). Den höchsten Liegekomfort bei Systemen mit Liegeboxen bieten Tiefboxen. Auch Hochboxen mit Gummimatten sind hart und wenig verformbar. Sie führen beim Aufstehen und Ablegen zu Reibung (Hoedemaker et al. 2020a: 132). In Stallsystemen mit Gummimatratzen stehen lahme Kühe bis zu 4,31 h/d länger als nicht lahme Kühe. Diese Unterschiede sind in Systemen mit Sandboxen nicht zu beobachten (Cook et al. 2004: 2918). Es könnte an der dämpfenden Wirkung von Sand und dem besseren Halt beim Aufstehen und Abliegen liegen (Cook & Nordlund 2009: 362). Sandliegeboxen reduzieren auch das Risiko von Sprunggelenksverletzungen im Vergleich zu Betonliegeflächen, anders als Gummimatten (Vokey et al. (2001: 2692-95). Die Lahmheitsprävalenz bei Gummimatten ist mehr als doppelt so hoch wie bei Sand (Cook et al. 2004: 2915). Der weichste Untergrund im					

Vergleich zu Beton und Gummimatten ist Rasen (French et al. 2023: 3484), was den höchsten Liegekomfort schafft. Die Häufigkeit des Hinlegens ist auf der Weide reduziert, allerdings ist die Dauer (pro Liegevorgang) länger. Dies kann ein Indikator sein, dass die Liegefläche gemütlicher ist und die Tiere weniger ruhelos (Crump et al. 2019).

Beim Ausruhen im Stall präferieren Rinder trockene und saubere Untergründe (Schütz et al. 2019: 1536). Ein Liegeplatzverhältnis von 1 und mehr reduziert die Liegezeit und begünstigen Rangordnungskämpfe (ebd.: 133).

Auch bei Mastbullen können Gummimatten die Rutschfestigkeit gegenüber Beton erhöhen. Eingestreute Zweiflächenbuchten zeigten Vorteile beim Liegeverhalten gegenüber Gummi und Beton (Mayer et al. 2007: 34f.).

Leichtigkeit der Bewegung	++	-	+	--	-
Rutschfestigkeit (20 %)	++	-	+	-	+
Platzangebot (80 %)	++	-	+	--	-
Ausprägung sozialer und natürlicher Verhaltensweisen	++	-	o	--	-
Herdenstabilität und Konkurrenz (40 %)	++	o	o	-	-
Weidezugang (60 %)	++	--	o	--	-

Ein geringes Platzangebot und rutschige Böden verhindern natürliche Verhaltensweisen wie das Aufspringen bei der Brunst. Viele Ställe bieten keine rutschfesten Untergründe (Hoedemaker et al. 2020a: 134). Das Verhalten liegt auch bei Gummiuntergründen gegenüber eingestreuten Zweiflächenbuchten außerhalb des Normbereichs (Mayer et al. 2007: 34f.). Die Weide stellt die ideale Umgebung zur Ausübung des natürlichen Verhaltens dar. Rinder ziehen sie auch einem Auslauf mit Sand vor (Smid et al. 2018: 1452). Nach der Übersichtsarbeit von Medina-González et al. (2022: 8ff.) hat Gras als Untergrund den optimalen Funktionsumfang aus metabolischem Aufwand, Kinetik und Kinematik der Fortbewegung und Verhaltenspräferenz, gefolgt von Sand, Gummi, Asphalt und Beton. Ein sichererer und leichter Gang auf Gras ist u.a. an der höheren Ganggeschwindigkeit (1,2 m/s) im Vergleich zu Asphalt und Gummi abzulesen (Alsaad et al. 2017: 8334).

Auf der Weide zeigt sich auch ein synchroneres Ausruhverhalten der Herde, was für weniger Konkurrenz spricht (Crump et al. 2019: 6). Außerdem legen die Rinder auf der Weide größere Strecken zurück (Crump et al. 2019: 8). Auch in Ausläufen ist die Bewegungsaktivität im Vergleich zur Weidehaltung reduziert. Dies könnte für Rinder ohne Weidezugang eine gestörte physiologische Fortbewegungsaktivität bedeuten (Arfuso et al. 2023).

Positiver emotionaler Zustand	++	-	+	--	o
Langeweile und Apathie ist durch Weidehaltung (als natürlicher Lebensraum) und Weidegang reduziert. Scheuer- und Spielmöglichkeiten und Klimareize verbessern das Wohlbefinden.					
Technische und witterungsbedingte Risiken	+	o	o	o	o

Eine Vielzahl an natürlichen und technischen Risiken wie Brände, Überschwemmungen oder Stromausfälle kann ein System treffen. Die Stallhaltung stellt ein größeres Risiko dar, da die Tiere auf die Technik, z.B. Belüftung und Ventilatoren angewiesen sind, und im Notfall nicht flüchten können.

Sicherheit vor Prädatoren und Parasiten	-	++	++	++	++
Schutz vor Prädatoren	--	++	++	++	++
Durch feste bauliche Einrichtungen sind die Rinder in Ställen besser vor Wölfen und anderen Prädatoren geschützt. Auch Hunde können durch Auslösung von Panik und Flucht zu Verletzungen führen.					
Sicherheit vor Parasiten	-	++	+	++	++
Die Infektion mit Endoparasiten erfolgt häufig über frisches Gras durch Weidegang oder Grünfütterung (Hoedemaker et al. 2020a: 64f.) Eine unkontrollierte Übertragung von Ektoparasiten ist bei größeren Herden ausgeprägter (ebd.).					
Transport					
Stress durch Einfangen, Fixierung und Transport	+	o	o	o	o
Durch eine spezialisierte Produktion steigen die Transportwege zu inländischen und ausländischen Mästern. Auch eine Konzentration der Schlachtbetriebe verlängert die Wege vor der Tötung.					
Schlachtung					
Stress und Leid beim Tötungsprozess	++	--	--	--	--
Ruhe und Vertrautheit der Umgebung (40 %)	++	--	--	--	--
Stressfreie Betäubungs-/Tötungsmethode (40 %)	++	--	--	--	--
Fehleranfälligkeit (20 %)	o	-	-	-	-
Aus tierethischer Sicht ist die Schlachtung von Nutztieren auf dem Herkunftsbetrieb mittels Kugel- oder Bolzenschuss (bei Stallrindern) und die Verwendung mobiler Schlachteinheiten zu präferieren, um den Stress durch Transport, Hitze, Trennung von der Herde und negative auditive, olfaktorische und visuelle Reize in der Schlachthofumgebung zu vermeiden (vgl. Nicolaisen et al. 2023 und FiBL 2020). Dies trifft besonders auf extensiv gehaltene Tiere zu, die weniger Kontakt zum Menschen haben. Zusätzlich können Arbeitsunfälle vermieden werden, da das Auf- und Abladen von lebenden Tieren gefährliche Situationen für Mensch und Tier verursachen kann. Nur auf Betrieben mit ganzjähriger Weidehaltung ist der Weideschuss theoretisch möglich. Die hohe Schlachtfrequenz im Schlachtbetrieb und der Einsatz von Niedriglohnarbeitskräften kann die Fehleranfälligkeit erhöhen.					
Ökologie					
Wasser					
Süßwassernutzung	+	o	o	o	o
Die Wassernutzung in der Nutztierhaltung hängt stark von Klima, Bewässerungsmanagement und Fütterung ab. Eine unbewässerte Weidehaltung hat im Vergleich zur konventionellen Intensivmast die potentiell niedrigste Wassernutzung pro Fleischmenge mit einer Reduktion von 50-98 % (Klopatek et al. 2021: 12; Battagliese et al. 2015: 31, 47). Die Futtermittelproduktion ist für 96-98 % des genutzten Wassers in der intensiven US-Rindfleischproduktion verantwortlich (Battagliese et al. 2015: 31; Klopatek et al. 2021: 12). Laut Tichenor et al. (2017: 12) sind in den betrachteten Vergleichssystemen die Unterschiede geringer. Es werden für die Kraftfutterherstellung, besonders Mais, bei Fleisch aus einem intensiven Milchsystem 55 % des Wassers verwendet und im Weidesystem 80 % für die direkte Trinkwasserversorgung der Rinder. Dies führt zu einer Gesamtwassernutzung von 111 l bzw. 84 l kg SG ⁻¹ und einer Reduktion in der Weidehaltung um ca. ein Viertel.					

Wenn durch die Wassernutzung die Pegelstände von Gewässern und Grundwasser nicht sinken, ist die Süßwassernutzung nachhaltig. Auch Regenwasser dürfte nicht berücksichtigt werden.					
Eutrophierung	+	o	o	o	o
<p>Durch einen geringeren Input von N und P in Systemen mit reiner Weidehaltung kann auch von geringeren Outputs ausgegangen werden. Durch den Leguminosenanbau und Düngemittel steigen die N und P Outputs bei der Futtermittelerzeugung, die Abflüsse und das Eutrophierungsrisiko sind entsprechend höher (Modernel et al. 2013: 8). 90 % der Wasseremissionen aus der intensiven Fleischproduktion stammen von den Futtermitteln, davon sind 34 % N-Abfluss und Auswaschung, 19 % P-Abfluss und 33 % Schwermetall-Abfluss und Auswaschung durch Düngemittel (Battagliese et al. 2015: 36). Ähnliche Ergebnisse zeigt Tichenor et al. (2017: 12). In einem Intensivsystem stammen 86 % der P- und N-Verluste von der Futtermittelproduktion, $\frac{3}{4}$ der Gesamtemissionen sind durch Maissilage und Getreide bedingt.</p> <p>Die prozentuale Oberflächenabdeckung ist die wichtigste Determinante für P-Verluste wie Haan et al. (2006: 613) und Schwarte et al. (2011: 1309) zeigen. Ein gut bewirtschaftetes Weidesystem trug nicht mehr Sediment oder P in die Oberflächengewässer als ein unbeweidetes Grünland (Haan et al. 2006: 613). Ähnlich berichteten Boody et al. (2005: 31), dass der Ersatz von konventionellen Ackerflächen durch Grünland in zwei Wassereinzugsgebieten in Minnesota zu einer Reduktion von N- und P-Einträgen um 62-75 % führten. Auch im Vergleich zur konservativen Bodenbearbeitung mit 30 m Uferpuffern und empfohlenen Düngermengen waren die Emissionen um 17-45 % verbessert (ebd.).</p>					
Luft					
Globale Erwärmung durch Treibhausgase	+	o	o	o	o
Fossile Energienutzung (90 %)	+	o	o	o	o
Methanausstoß (10 %)	-	+	o	o	o
<p>Die Intensivierung der Landwirtschaft und Tierhaltung geht mit einem Anstieg von externen Inputs wie Grundwasser, Futtermitteln, Pestiziden, Rohstoffen für Maschinen und Gebäude und Düngemittel einher, die fossile Energie benötigen (Sainz 2023; Woods et al. 2010; Modernel et al. 2013: 7). Die Futtermittelproduktion benötigt die meiste Energie (Pelletier et al. 2010: 385; Battagliese et al. 2015: 29, 45; Frank et al. 2022: 141). Durch die Produktion und den Transport von Winterfutter (wie Heu) in gemäßigten Klimazonen ist ein höherer Energieverbrauch bei Weidehaltung im Vergleich zur Intensivmast möglich. Weitere Energie kann durch Düngung, Aussaat und Pflege des Grünlands benötigt werden (Pelletier et al. 2010: 385; Capper 2012: 139). Weidesysteme sind aufgrund lokaler Bedingungen und Logistik nicht unbedingt direkt vergleichbar (Klopatek et al. 2021: 11).</p> <p>Der Verbrauch an fossilen Brennstoffen, der einem managementintensiven Weidesystem und Milchkühen aus Intensivhaltung zugeschrieben wird, betrug 1,10 und 1,33 kg Öl-Äquivalente pro kg SG. 75 % der fossilen Energie wurde für die Winterfutterproduktion (Heu und Silage) im Weidesystem verwendet (Tichenor et al. 2017: 11). Im Milchviehsystem wurden 44 % für die Kraftfuttermittelproduktion genutzt, besonders für Mais und Trockenschlempe (DDGS), ein getrocknetes Abprodukt aus der Bioethanolherstellung (Tichenor et al. 2017: 11f.).</p> <p>Beim Mastvieh ist die Energienutzung in der Weidehaltung pro kg Schlachtgewicht insgesamt niedriger als in der Intensivhaltung (siehe Anhang 2, Tabelle 16). Dennoch sind die emittierten Treibhausgase durchs Methan in der Weidehaltung höher (siehe Anhang 2, Tabelle 15). Letztlich hängen die exakten Auswirkungen der Energienutzung stark vom Potential des Grünlands als Kohlenstoffspeicher (Speicherkapazität) ab, das die Weidehaltung auch im Vergleich zu Intensivsystemen</p>					

hochstuf und zu negativen Nettoemissionen führen kann (Pelletier et al. 2010: 385; Stanley et al. 2018: 254).

Energieeffizienz

Eine Möglichkeit, die Effizienz des Systems zu messen, ist die Energierendite (EROI), das Verhältnis aus produzierter und eingesetzter Energie. Durch den hohen Einsatz von fossiler Energie – auch bedingt durch einen schlechteren EROI im Nutztiersystem gegenüber dem Ackerbau – ist die Energierendite im globalen Norden am niedrigsten, auch wenn die Produktivität pro Hektar am höchsten ist (Bajan et al. 2021: 6-9). In Ländern des globalen Südens ist zwar die EROI am höchsten (Bajan et al. 2021: 9), es kann dennoch bedeuten, dass die Bevölkerung nicht ausreichend ernährt wird (FAO 2015: 8).

Die Effizienz eines Systems muss jedoch kein Gradmesser für die Nachhaltigkeit sein. Es zeigt sich in einem Vergleich zwischen einem intensiven US-amerikanischen Mastsystem und einer traditionellen afrikanischen Weidehaltung: Obwohl die Methanemissionen im Weidesystem aufgrund der schlechteren Futterqualität, längeren Lebensdauer und geringeren Fleischmenge fast doppelt so hoch sind (Capper 2012: 138; Subak 1999: 82f.), sind die Emissionen durch die Nutzung fossiler Energien im Intensivmastbetrieb höher, gar doppelt so hoch, wenn die Kohlenstoffsenske des Bodens und mögliche Verluste mit einbezogen werden (Subak 1999: 82f.). Die Vorteile von Weidesystemen auf die Energienutzung – mit ergänzenden Reststoffen in moderaten Mengen wie Zuckerrübenschnitzeln und Kartoffeln – zeigen auch der National Trust (2012: 8).

Gewichtung

Fossile Energie ist ursächlich für die ansteigende CO₂-Konzentration mit erwärmendem Effekt. Methan hat bei stabilen Rinderbeständen keinen Einfluss auf die weitere Klimaerwärmung (vgl. Liu et al. 2021). Aus diesem Grund erhält die fossile Energienutzung eine höhere Gewichtung.

Boden

Bodendegradation	++	-	o	-	-
Kohlenstoffspeicherung	++	-	o	-	-

Die Grünlandnutzung als Weide trägt im Vergleich zu Ackerflächen verstärkt zur Kohlenstoffspeicherung bzw. dem Bodenkohlenstoffgehalt bei (Beillouin et al. 2023). Weitere Informationen finden sich in Unterkapitel 2.3.5.

Erosion	++	-	o	-	-
----------------	----	---	---	---	---

Ackerflächen haben ein höheres Erosionsrisiko als Wälder und Grasland (Borrelli et al. 2017: 4). Folglich hat die Weidehaltung ein geringeres Risiko als Mast- und Milchviehanlagen, die auf Ackerkulturen als Futtermittel angewiesen sind (Modernel et al. 2013: 8; Subak 1999: 84). Weitere Informationen finden sich in Unterkapitel 2.3.6.

Versauerung	++	o	o	-	-
--------------------	----	---	---	---	---

Das Versauerungspotenzial der Weidehaltung ist mit 223 g SO_{2-eq} verzehrfähiger Fleischmenge⁻¹ nach Battagliese et al. (2015: 35, 50) ein Drittel niedriger als im Intensivmastsystem mit 329 g SO_{2-eq} verzehrfähige Fleischmenge⁻¹. Ursächlich ist vor allem die Düngung für Futtermittel und die Ausscheidungen der Rinder.

Verdichtung	+	-	-	-	-
--------------------	---	---	---	---	---

Die Verwendung von schweren Maschinen und Managementfehler (Bewirtschaftung bei falschen Bodenbedingungen) verdichten die Böden. Die Weidehaltung ist weniger auf Maschinen und eine starke Bodenbewirtschaftung angewiesen.

Biodiversität					
Flächenbedarf	+	o	o	o	o
Ackerflächenbedarf (80 %)	++	-	o	-	-
Landwirtschaftliche Flächen (20 %)	-	++	+	++	++
<p>Die Weidehaltung hat eine sieben- bis neunfach höhere Flächennutzung. Der Anteil an Ackerflächen ist in der Intensivhaltung allerdings mehr als die Hälfte der genutzten Fläche (Tichenor et al. 2017: 11; Klopatek et al. 2021: 12).</p>					
<p>Gewichtung Entscheidendes Kriterium sind die Opportunitätskosten für eine alternative pflanzliche Produktion, die auf Ackerflächen höher sind (siehe Unterkapitel 2.1.1).</p>					
Biodiversität					
Biodiverse Pflanzenwelt	++	o	o	o	o
Biodiverse Tierwelt	++	o	+	o	o
Kurzfassung					
<p>Grünland bildet einen wichtigen Lebensraum für Tiere und Pflanzen (Gerowitt et al. 2013: 6). Die Bewirtschaftungsintensität und Komplexität hat einen starken Einfluss auf die Vielfalt und Artenzusammensetzung. Sie zeigt bei leichter bis moderater Beweidungsintensität mit hoher zeitlich-räumlicher Komplexität durch unterschiedliche Managementmaßnahmen die größte Vielfalt (Hart 2001: 113; Kun et al. 2021: 3575). Leichtere, extensive Rassen haben einen positiven Einfluss (Pauler & Schneider 2021).</p>					
Langfassung					
<p>Das Grünland ist eines der artenreichsten Ökosysteme. Das Hauptvorkommen von über einem Drittel aller heimischen Farn- und Blütenpflanzen liegt in ihm (Dierschke & Briemle 2002 nach BfN 2014: 5). Die Überweidung hat negative Auswirkungen auf die Zusammensetzung, Vielfalt und Biomasse der pflanzlichen Funktionsgruppen (Sun et al. 2011: 275). Auch eine Auszäunung bzw. fehlende Beweidung reduziert die Pflanzendichte und -vielfalt (Wu et al. 2009: 119; Deng et al. 2014: 5; Hart 2001: 113). Mit steigender Beweidungsintensität nimmt die Vielfalt der Pflanzenarten ab (Liang et al. 2021: 2058). Die höchste Vielfalt entsteht bei leichter bis moderater Beweidungsintensität (Deng et al. 2014: 5; Hart 2001: 113).</p> <p>Laut einer Studie von Kun et al. (2021: 3576ff.) hat die Bewirtschaftungsart (Beweidung, Mahd und eine Kombination) isoliert keinen signifikanten Einfluss auf die Pflanzenvielfalt oder Pflanzenfunktionsgruppenbedeckung und -zahl. Die Intensität (Viehbesatz und Mähhäufigkeit) veränderte die Pflanzenzusammensetzung und Vielfalt stärker. Eine moderate bis hohe Intensität (siehe Tabelle 17) hatte positive Auswirkungen auf den Bewuchs mit Gräsern. Eine mittlere bis hohe Komplexität der Graslandsysteme erhöht die Vielfalt signifikant. Die Abdeckung mit Kräutern (30-32 %) ist um mehr als ein Drittel höher, die Abdeckung mit Gräsern (48-52 %) ist um bis zu 44 % niedriger (Kun et al. 2021: 3577).</p> <p>Die verschiedenen Variablen können kombiniert werden, um die Wirkung zu verstärken. Die Kombination aus geringer Intensität und hoher räumlich-zeitlicher Komplexität führte zur mit Abstand höchsten Artenzahl und wirkte sich positiv auf die Zahl der spezialisierten Arten und die Bedeckung mit Kräutern aus (Kun et al. 2021: 3575). Folglich sollten effektive Erhaltungsmaßnahmen für den Naturschutz mehr als ein oder zwei Faktoren einbeziehen, die sich an den lokalen Gegebenheiten orientieren (ebd.).</p>					

Mahd als Alternative

In einer Metaanalyse von Tälle et al. (2016: 205f.) mit unterschiedlichen Graslandschaften und Umweltbedingungen hatte die Beweidung im Gegensatz zur jährlichen Mahd insgesamt positivere Auswirkungen auf den Erhalt von naturnahem Grünland und die Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren wie Schmetterlingen, Spinnen oder Käfern. Die Effektstärke war allerdings insgesamt schwach, anders bei den erklärenden Variablen, weswegen es auf den Standort angepasste Empfehlungen benötigt, die z.B. auf den Schutz einzelner Arten abzielen. Die Herkunft des Grünlands, ob es durch klimatische Bedingungen oder Abholzung entstanden ist, hat allerdings keinen Einfluss auf die Unterschiede (ebd.: 210).

Die Mahd und Intensität des Managements hat einen negativen Einfluss auf die Abundanz und Vielfalt von Orthopteren (Heuschrecken), während eine frühere Beweidung einen positiven Einfluss auf die Vielfalt hat (Klein et al. 2020: 13523). Der Erhalt und die Wiederherstellung von semi-extensiven Grünlandhabitaten wird gefordert, um Vielfalt und Reichtum von Heuschrecken, die eine wichtige Nahrungsquelle für hohe trophische Ebenen wie insektenfressende Vögel ist, zu erhalten. (ebd.: 13526).

Heterogenität

Auch wenn eine Beweidung die Artenvielfalt insgesamt erhöht, unterscheiden sich die auftretenden Arten in beweideten und unbeweideten Ökosystemen. Der Erhalt von unbeweideten Ökosystemen und unterschiedliche Beweidungsintensitäten erschaffen die größte Vielfalt an Pflanzen und Tieren, die auf entsprechende Pflanzen als Nahrung und Habitat angewiesen sind (Hart 2001: 115). Die Heterogenität des Managements kann auch die Nutzung verschiedener Tierarten einschließen, die unterschiedliche Ernährungszusammensetzungen und Beweidungsverhalten haben (Fraser et al. 2022: 10). Durch den dynamischen Charakter von Weidesystemen muss sich das Management evtl. im Jahresverlauf bzw. Zeitablauf, auch durch sich veränderte Umweltbedingungen, anpassen (ebd.). Die Wirkung der Beweidung verläuft auf einem Trockenheitsgradienten. Trockene Standorte neigen zu mehr negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt und Multifunktionalität der Ökosysteme (Zhang et al. 2023).

Einfluss der Rinderrasse

Auch die Rinderrasse hat einen Einfluss auf die Artenvielfalt wie Pauler & Schneider (2021: 246f.) zeigen. Die Trittbelastung von leichteren, extensiveren Hochlandrindern mit relativ großen Klauen ist z.B. im Vergleich zu Braunvieh und Angus-Holstein-Kreuzungen reduziert, außerdem nutzten sie die Flächen gleichmäßiger, bewegten sich weniger und zeigten ein unselektiveres Fressverhalten. Es wuchsen bis zu 18,9 % mehr Pflanzenarten als auf Weiden mit produktionsorientierten Rinderrassen, es fanden sich weniger verholzte Arten und die Zeigerwerte für Beweidung und Trittbelastung waren 9,2 bzw. 7,3 % niedriger (Pauler & Schneider 2021: 248). Gleichzeitig nahmen die Hochlandkühe auf mageren Alpenweiden täglich 80 g zu, während die anderen beiden Rassen 300-600 g Gewicht verloren (Pauler & Schneider 2021: 247).

Ökonomie**Rentabilität****Kapitalintensität**

++

o

-

o

-

Die Nutzung von modernen Ställen und Technik erhöht die Kapitalintensität und die Fixkosten. Entsprechend sind die Abschreibungen und Kredite bei Banken höher, weswegen Marktturbulenzen und Preiseinbrüche den Betrieb stärker unter Druck setzen können.

Produktionsleistung	--	++	+	++	++
Die jährlichen Produktionsmengen sind bei intensiven Mast- und Milchviehbetrieben höher als in Weidesystemen. Dies kann einen ökonomischen Vorteil darstellen. Im Versuch von Klopatek et al. (2021: 8) waren nicht nur die Zunahmen, das Schlachtgewicht und die Ausschachtung von Rindern aus der Intensivmast höher, sondern auch die Fleischqualität.					
Preisstabilität und Autonomie	++	-	o	-	-
In einem internationalen Vergleich zeigte sich, dass kein Produktionssystem (Weide, Stall mit Silage oder Feedlot) bei der Mast ökonomisch überlegen ist. Es hängt vielmehr von den Preisniveaus der jeweiligen Faktor- und Betriebsmittel ab (Deblitz et al. o. J.). Am anfälligsten für steigende Getreide- und Energiepreise dürften Systeme mit Silagefütterung sein, da der Anteil der Futtermittelkosten rund 20 % über Weide- und Feedlot-Systemen liegt (Deblitz & Zimmer 2012: 26).					
Die Lebensmittelindustrie reagiert grundsätzlich empfindlicher auf Energiepreisänderungen als andere Industrien (Canning et al. 2017: 25; Watson 2020). Das entspricht auch der größeren Preisvolatilität einer Stallherde gegenüber einer Weideherde nach LfL (2019: 68f.) bei sich verändernden Kraftfutter- und Milchpreisen. Die Futterkosten in der Weideperiode sind bei tragenden Jungtieren nach Kalkulationen von Harms & Losand (2017: 6) mehr als halb so hoch. Der Gesamtsaldo pro Kuh ist über 21 % höher (ebd.: 7). Durch weniger externe Ressourcen wie fossile Energie besteht auch eine geringere Abhängigkeit in (reinen) Weidesystemen.					
Auch in ökologischen Betrieben zeigen sich ähnliche Zusammenhänge. Der Anteil ökonomisch überdurchschnittlich erfolgreicher Betriebe liegt bei einem Weideumfang von über 60 % bei 72 % und damit über 50 % höher als bei Betrieben mit geringerem Weideumfang (Leisen & Rieger 2011: 264). Die Jahresmilchleistung ist um 1054 kg/Kuh und die Kuhzahl über ein Viertel niedriger, doch die Erzeugung der gleichen Energiemenge kostet bei der Weidehaltung auch hier nur etwa halb so viel wie bei Grassilage-Fütterung in Stallhaltungssystemen (ebd.).					
Arbeitsaufwand	o	+	o	++	-
Die Arbeitsproduktivität steigt grundsätzlich mit steigender Herdengröße, Milchmenge und Mechanisierungsgrad (LfL 2022: 32; Winsten et al. 2000: 224f.; Schick 2008: 80). Eine Stall-Arbeitskraft in Laufstallbetrieben in Bayern erzielte 2020/21 durchschnittlich 500.000 kg Milch (inkl. Nachzuchtarbeit und allgemeine Arbeit, ohne Außenwirtschaft). Damit sank der Arbeitszeitaufwand auf 50 Akh/Kuh/a bzw. 55 Kühe pro AK (bei 2,739 Jahresstunden; LfL 2022: 31). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Schick (2008:80) ab einer Herdengröße von 180-200 Kühen, mit einer Arbeitseinsparung von über 30 h/Kuh/a im Vergleich zu 30 Kühen und einer Halbierung zu 20 Kühen.					
Der Arbeitszeitbedarf in der Weidehaltung pro Rind und kg kann geringer sein als in der Stallhaltung (Hüttel et al. 2018: 83), da Arbeiten wie Entmisten, Reinigung, Einstreuen und Füttern wegfallen bzw. reduziert sind. Andere Arbeiten wie Zaunreparaturen oder Weidekontrollen finden allerdings verstärkt statt (Harms & Losand 2017: 5). Nach den Berechnungen von LfL (2019: 57) liegt der mittlere Arbeitszeitaufwand bei einer Stallherde (Herdengröße: 36) mit 41,21 Akh/Kuh/a rund 11,5 % höher als bei einer Weideherde mit Winterstallung. Harms & Losand (2017: 4) zeigen einen um 28 % reduzierten Arbeitsaufwand bei tragenden Jungrindern. Durch den Einsatz von Fahrzeugen oder Hunden für die täglichen Treibarbeiten kann der Arbeitszeitaufwand bzw. die benötigten Arbeitskräfte dauerhaft gesenkt werden (Hüttel et al. 2018: 110). Auch die Art der Beweidung spielt eine Rolle. In Betrieben mit Kurzrasenweide (9 Akh/ha Weide) war der Arbeitszeitbedarf pro Kuh und Hektar über ein Viertel geringer als in Betrieben mit Umtriebs- und Portionsweiden (Kiefer 2014: 41).					

Standardisierung und Automatisierbarkeit	--	++	++	++	o
Um hohe Erträge zu erzielen, ist eine gleichmäßige Nährstoffversorgung der Rinder notwendig. Die Weidehaltung stellt erhöhte Ansprüche ans Management, da sich die Futterqualität im Jahresverlauf und in Abhängigkeit vom Management und Witterung ändern kann (Starz et al. 2014: 144). Eine angepasste Zufütterung kann notwendig sein, um die Erträge stabil zu halten. Eine bedarfsgerechte Fütterung nach Tabellenwerten ist auch durch die wechselnden Temperatur- und Witterungsbedingungen schwieriger als in einer technisch regulierten Haltungsumgebung wie dem Stall (LWK Niedersachsen 2020: 16). Vielfältige Prozesse wie Melken oder Reinigungsprozesse können in modernen Stallsystemen automatisiert werden.					
Bürokratischer Aufwand	-	+	+	+	+
Der Zeitaufwand für die betriebliche Buchführung und Umsetzung von neuen rechtlichen Vorgaben ist relativ unabhängig von der Herdengröße. Dies ist ein Vorteil für größere Betriebe mit spezialisierten Arbeitskräften.					
Sicherheit					
Rechtssicherheit	-	+	+	+	+
Es sind für Mastrinder und Milchkühe keine speziellen gesetzlichen Mindestanforderungen definiert (vgl. Wissenschaftlichen Dienste 2019: 18f.). In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzTV) sind nur die detaillierten Anforderungen für das Halten von Kälbern, Legehennen, Masthühner, Schweine und Kaninchen aufgeführt. Die Anforderungen an die Stallhaltung von Milchkühen, deren Maßnahmen sich auf Deutsche Holstein beziehen (LAVES 2007) – und Mastrindern einschließlich Mutterkühen (LAVES 2018) werden in Leitlinien vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz festgelegt. Es sind größtenteils (bau)technische Vorgaben und definierte Parameter.					
Für die saisonale oder ganzjährige Weidehaltung existieren unterschiedliche Empfehlungen, die von den Veterinärämtern als „rechtliche“ Grundlage genommen werden: LAVES (2000), TVT (2006) und Husumer Arbeitskreis „Ganzjährige Weidehaltung“ (2016). In den Empfehlungen fehlt eine rasse-spezifische Differenzierung, wissenschaftliche, rückverfolgbare Quellenangaben und eindeutige Formulierungen und Kontrollkriterien wie tierbezogene Gesundheitsparameter, um eine objektive und willkürfreie Beurteilung des Tierwohls zu ermöglichen. Teilweise wird auf die Fünf Freiheiten eingegangen. Jüngst wurden neue Tierwohl Leitlinien für die Ganzjahresbeweidung von Kämmer et al. (2023) veröffentlicht, die teilweise konträre Positionen zu vorherigen Empfehlungen enthalten.					
Übergangsfristen für genehmigte Bauten					
In Stallsystemen mit genehmigten Bestandsgebäuden gibt es standardmäßig Übergangsfristen von mehreren Jahren, um neue politische Forderungen und Gesetze umzusetzen (siehe u.a. §45 TierSchNutzTV).					
Politische Sicherheit	o	-	+	-	+
Zahlreiche Staaten und Staatengruppen wie die USA und EU haben sich verpflichtet, die Methanemissionen bis 2030 um 30 Prozent unter dem Niveau von 2020 zu reduzieren (CCAC 2021) mit möglichen drastischen Auswirkungen auf die Nutztierhaltung. In zahlreichen Studien zur Klimawirksamkeit der Rinderhaltung ist biogenes Methan nach GWP ₁₀₀ wie ein Bestandsgas einbezogen (u.a. Klopatek et al. 2021: 12). Auch das verbindliche Ziel der EU bis 2030 die Nettotreibhausgasemissionen um mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren und bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen (Artikel 4 Absatz 1 VERORDNUNG (EU) 2021/1119), kann aus genannten Gründen ein Risiko für die Tierhaltung darstellen.					

Eine mögliche Besteuerung von Kohlenstoffäquivalenten würde eine extensivere Rinderhaltung durch niedrigere Milch- und Fleischmengen und verhältnismäßig höhere Methanemissionen stärker betreffen (siehe UBA 2021: 110). Konzepte zur Emissionsminderung durch eine Methanbepreisung werden u.a. in Neuseeland (He Waka Eke Noa 2022: 6f.) und in Deutschland vom Umweltbundesamt (Isermeyer et al. 2019: 40-42) diskutiert. Eine Intensivierung mit kürzeren Produktionszeiten, Futtermittelzusätzen und Züchtungen mit geringerem Methanausstoß werden im Klimaplan von Irland aufgeführt (DECC 2023: 214). Deren Landwirtschaft emittiert ein Drittel der THG, davon gehen rund zwei Drittel auf die Methanemissionen von Wiederkäuern zurück (EPA o. J.; Teagasc o. J.). Die Folge könnte eine drastische Bestandsminderung sein, um kurzfristige Klimaziele zu erreichen.

Weitere politische Maßnahmen könnten z.B. steigende Tierwohlstandards sein.

Absatzsicherheit	+	-	+	-	+
Durch einen gesellschaftlichen und konsumtechnischen Wandel könnte der Konsum tierischer Produkte sinken und die Verpflichtung von höheren Standards (durch Handel) etabliert werden. Betriebe mit geringeren Tierwohl- und Umweltstandards könnten Absatzprobleme bekommen.					
Marktzugangsbeschränkungen	--	+	-	+	-
Fehlende Marktzugangsbeschränkungen von ausländischen Produkten mit geringeren Tierwohl- und Umweltstandards betreffen heimische Erzeuger mit höheren selbstgesetzten Standards stärker, da die Preisunterschiede größer sind.					
Preisbildung	--	+	-	+	-
Die Preisbildung landwirtschaftlicher Produkte orientiert sich kaum an höheren Tierwohl- und Umweltstandards, sondern ist stark von den Weltmärkten und der Marktmacht von Lebensmitteleinzelhändlern und -industrien abhängig. Entsprechende Systeme sind einem höheren Preisdruck ausgesetzt.					

Legende: Effekt auf Indikatoren / Einfluss von Indikatoren auf System		Punkte
++	Positiv (entspricht Zielrichtung des Indikators)	5
+	Eher positiv	4
o	Neutral	3
-	Eher negativ	2
--	negativ	1
	Keine Angabe / geteilte Meinung	

Quelle: Eigene Darstellung

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Alexander Greiner, die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig erstellt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben. Alle Angaben von Dritten (wörtlich oder sinngemäß) sind ordnungsgemäß belegt. Die Arbeit wurde in dieser oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfstelle vorgelegt.

Datum

Unterschrift