



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

Die Auswirkung einer Reduktion des Rotfleischkonsums zu Gunsten von Geflügelfleisch auf die Treibhausgas-Emission

Bachelorarbeit

im Department Ökotrophologie

vorgelegt von

Liane Bense



Hamburg, 25. Mai 2022

Erstgutachter: Prof. Dr. med. vet. Katharina Riehn (HAW Hamburg)

Zweitgutachter: Dipl.-Ing. Simone Schiller (DLG)

Diese Abschlussarbeit wurde im Auftrag der DLG erstellt.

Vorwort

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit die Sprachform des generischen Maskulinums verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung anderer Geschlechter, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

Danksagung

Ich bin sehr glücklich, diese Arbeit zu schreiben und mir damit einen Lebenstraum zu erfüllen.

An erster Stelle möchte ich meiner Betreuerin, Frau Prof. Dr. med. vet. Riehn, danken, die mich richtungsweisend und mit viel Engagement und Empathie während meiner Arbeit begleitet hat.

Des Weiteren möchte ich mich bei der DLG, insbesondere bei Frau Schiller, bedanken, die mir dieses Projekt ermöglicht hat.

Ein herzliches Dankeschön geht an meinen Lebensgefährten, meine Familie und meine Freunde, die immer an mich geglaubt haben. Danke für die Geduld, die motivierenden Worte und die seelische Unterstützung.

Abkürzungsverzeichnis

CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalente (Kohlendioxid-Äquivalente)
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
EF	Emissionsfaktor
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen)
GWP	Global Warming Potential (Treibhausgaspotenzial)
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
PHD	Planetary Health Diet
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Schema zur Erstellung systematischer Literaturrecherchen)
THG	Treibhausgase
VJS	Vorjahresschätzung

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Global Warming Potential (GWP) der Treibhausgase	4
Tabelle 2: Übersicht über die Studien	12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile der Treibhausgase an den Emissionen der Landwirtschaft (berechnet in CO ₂ -Äquivalenten) VJS 2020	4
Abbildung 2: Emissionen aus der Viehhaltung nach Quellen.....	6
Abbildung 3: Fleischkonsum der Deutschen pro Jahr.....	7
Abbildung 4: Lebensmittelmengen der Planetary Health Diet und der vollwertigen Ernährung nach der DGE im Vergleich.....	8
Abbildung 5: PRISMA-Flowchart	11
Abbildung 6: Wesentliche Einflussfaktoren bei der Masthähnchenproduktion in einem 49-Tage-Zyklus.....	17
Abbildung 7: Prozess der Geflügelfleischproduktion.....	21
Abbildung 8: THG-Emissionen bei der Masthähnchen-/Geflügelfleischproduktion im Winter	22
Abbildung 9: THG-Emissionen bei der Masthähnchen-/Geflügelfleischproduktion im Sommer ...	22
Abbildung 10: Vergleich der THG-Emissionen bei Umsetzung verschiedener Empfehlungen;.....	24

Abbildung 11: Veränderungen THG bei verschiedener Fleischartzusammensetzung.....	26
Abbildung 12: Aktuelle Empfehlung DGE im Vergleich beim Austausch der Fleischarten.....	27

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	II
Danksagung.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Zusammenfassung.....	VII
Abstract	VIII
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Treibhausgase und CO ₂ -Fußabdruck.....	3
2.2 Emissionen der Landwirtschaft und ihre Auswirkungen auf das Klima	4
3 Fleischkonsum.....	6
4 Nachhaltige Ernährung gemäß der Planetary Health Diet	8
5 Methodik	9
5.1 Fragestellung.....	9
5.2 Systematische Literaturrecherche.....	9
5.3 Ein- und Ausschlusskriterien bei der Literaturrecherche	9
5.4 Suchstrategie	10
5.5 Literaturauswahl und Selektion der Studien	10
6 Ergebnisse	11
6.1 Darstellung der Ergebnisse in der Übersicht.....	12
6.2 Darstellung der einzelnen Studien.....	14
7 Diskussion	23
7.1 Interpretation der Ergebnisse	23
7.2 Diskussion der Methodik	27
8 Fazit.....	28
Literaturverzeichnis.....	30

Eidesstattliche Erklärung..... 35

Zusammenfassung

Hintergrund: Der vom Menschen verursachte (anthropogene) Klimawandel und die wachsende Weltbevölkerung haben die EAT-Lancet-Kommission dazu veranlasst, eine Ernährungsform, die Planetary Health Diet, zu entwickeln, die den Menschen mit Nahrung versorgt, ohne die Ressourcen der Erde weiter zu zerstören. Diese Arbeit hat die Rotfleischreduktion zu Gunsten von Geflügelfleisch und deren Auswirkungen auf die Treibhausgas-Emission zum Thema und berücksichtigt dabei die Planetary Health Diet und die Empfehlungen zum Fleischkonsum der Deutschen Gesellschaft für Ernährung. **Methode:** Die Untersuchung erfolgte unter Durchführung einer systematischen Literaturrecherche. Anhand der festgelegten Suchbegriffe, der Ein- und Ausschlusskriterien sowie der Suchstrategien wurde in der Datenbank LIVIVO sowie mittels Handrecherche auf Google Scholar nach Publikationen zur Beantwortung der Forschungsfrage recherchiert. **Ergebnisse:** Insgesamt konnten sechs relevante Quellen, darunter zwei Reviews, gefunden und ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass verschiedene Tierarten unterschiedliche Mengen an Treibhausgas-Emissionen freisetzen. Der entwickelte Speiseplan der EAT-Lancet-Kommission unterscheidet zwischen Geflügel und Rotfleisch, allerdings emittieren Schweine und Rinder sehr unterschiedliche Treibhausgase obwohl beide als Rotfleisch bezeichnet werden. Dennoch weisen die Ergebnisse darauf hin, dass es eine günstige Auswirkung auf die Treibhausgas-Emission bei einer Reduktion des Rotfleischkonsums zu Gunsten von Geflügelfleisch gibt. **Fazit:** Das Ergebnis dieser Arbeit ist, dass es eine günstige Auswirkung auf die THG-Emissionen hat, wenn der Verzehr von Rotfleisch, insbesondere Rind, durch den Verzehr von Geflügelfleisch substituiert wird. Es bedarf weitere Forschung, da eine einheitliche Datenerhebung kaum möglich ist, zumal es für die Emissionsberechnung der verschiedenen Herstellungsschritte von Lebensmittel unterschiedliche bzw. keine Standards gibt.

Abstract

Background: Human-induced (anthropogenic) climate change and the growing world population have prompted the EAT-Lancet Commission to develop a diet that provides food for humans without further destroying the earth's resources. This work has as its theme the meat consumption recommendations of the German Nutrition Society and the Planetary Health Diet, as well as red meat reduction in favor of poultry meat and its impact on greenhouse gas emissions. **Method:** The investigation was carried out by conducting a systematic literature search. Based on the defined search terms, the inclusion and exclusion criteria, and the search strategies, a search was conducted in the LIVIVO database and by means of a hand search on Google Scholar for publications to answer the research question. **Results:** A total of six relevant sources, including two reviews, were found and evaluated. The results of the studies show that different animal species release different amounts of greenhouse gas emissions. The EAT-Lancet Commission's developed diet distinguishes between poultry and red meat, however, pigs and cattle emit very different greenhouse gases despite both being labeled as red meat. Nevertheless, the results indicate that there is a beneficial effect on greenhouse gas emissions when red meat consumption is reduced in favor of poultry meat. **Conclusion:** The result of this work is that substituting the consumption of red meat, especially beef, with the consumption of poultry meat has a beneficial effect on GHG emissions. Further research is needed, as uniform data collection is hardly possible, especially since there are different or no standards for calculating emissions from the various food production steps.

1 Einleitung

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) prognostiziert bis 2050 einen Anstieg der Weltbevölkerung auf 9,8 Milliarden Menschen (FAO 2022a; United Nations 2017). Mit dem Wachstum der Weltbevölkerung steigt auch die Nachfrage nach Fleisch, da es eine gute Quelle für Proteine, für Eisen mit einer hohen biologischen Wertigkeit sowie für Zink und für B-Vitamine darstellt (Bhat und Fayaz 2011, S. 125–140). Das Bevölkerungswachstum, die daraus resultierende Ressourcenknappheit, die Urbanisierung und der Einkommensanstieg in den Entwicklungsländern sind die Hauptfaktoren für die steigende Nachfrage nach tierischen Erzeugnissen (United Nations 2017).

Da der Klimawandel und die Destruktion des Planeten elementare Themen sind, die alle Menschen betreffen, hat die EAT-Lancet-Kommission eine Ernährungsform entwickelt, mit der es möglich ist, etwa zehn Milliarden Menschen bis zum Jahr 2050 gesund zu ernähren, ohne den Planeten weiter zu zerstören (Bundeszentrum für Ernährung 2022). Dieser Speiseplan für eine gesunde und nachhaltige Ernährung sieht unter anderem eine Rotfleischreduktion zu Gunsten von Geflügelfleisch vor, um die Treibhausgas-Emissionen in den kommenden Jahren zu senken (vgl. Kapitel 4, Abb. 4), denn laut FAO erzeugen Rinder 65 % der Emissionen des Viehsektors (FAO 2022b). Bei Geflügel sind diese Emissionen deutlich geringer, da im Vergleich zu Rindern die enterische Methanemission entfällt. Der Viehzuchtsektor, der große Mengen an natürlichen Ressourcen benötigt, ist für 14,5 % der gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen verantwortlich (Gerber et al. 2013, S. 15; FAO 2022b).

Im Durchschnitt verzehrt jeder Deutsche pro Jahr 57 kg Fleisch; davon sind 44 kg Rotfleisch und 13 kg Geflügel (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2022a). Für Fleisch gibt es in Deutschland keine allgemeingültige Klassifizierung, allerdings wird grob unterteilt in rotes (Rind-, Kalb-, Schweine-, Lamm- und Schaffleisch) und weißes (Geflügel) Fleisch (Rimbach et al. 2015, S. 68).

Ein hoher Fleischverzehr bringt nicht nur gesundheitliche Nachteile mit sich, sondern schadet auch der Umwelt durch die Nitratbelastung von Böden und Gewässern sowie hohe Treibhausgas-Emissionen und ist aufgrund des Ressourcen- und Flächenverbrauchs nicht nachhaltig (Umweltbundesamt 2022a).

In Zusammenarbeit mit dem Fachzentrum Lebensmittel der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft wurde die folgende Fragestellung entwickelt: *Wirkt sich die Empfehlung der EAT-Lancet-Kommission, im Rahmen einer Planetary Health Diet, den Konsum von Rotfleisch zu Gunsten von Geflügelfleisch zu reduzieren, auf die Treibhausgas-Emission aus?* Ziel dieser Arbeit

Einleitung

ist es aufzuzeigen, ob eine Umstellung der Ernährungsgewohnheiten bezüglich des Fleischkonsums einen Einfluss auf das Klima hat.

Um die Forschungsfrage mithilfe der vorliegenden Arbeit beantworten zu können, wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Diese bildet die Grundlage für die Erörterung der Problematik des weltweit steigenden Fleischkonsums und dessen Auswirkungen auf das Klima. Hierzu wird im ersten Teil der theoretische Hintergrund des gewählten Themenfeldes erläutert. Dabei wird auf die Zusammenhänge von Fleischkonsum und Klimawandel sowie die Planetary Health Diet eingegangen.

Im zweiten Teil werden die Methodik und die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche dargestellt. Anschließend folgt die inhaltliche und methodische Diskussion der Ergebnisse, mit Berechnungen zu verschiedenen Szenarien um abschließend ein Fazit hinsichtlich der vorliegenden Fragestellung zu ziehen, und einen Ausblick für die weitere Forschung zu ermöglichen.

2 Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel soll auf die, für die Erarbeitung des Themas relevanten, theoretischen Grundlagen eingegangen werden.

2.1 Treibhausgase und CO₂-Fußabdruck

Treibhausgase (THG) sind gasförmige Bestandteile der Erdatmosphäre, die Infrarotstrahlung im langwelligen Spektralbereich absorbieren und wieder ausstrahlen können und somit direkte Auswirkungen auf den Treibhauseffekt haben (Ranke 2019, S. 43). Der Treibhauseffekt macht ein Leben auf der Erde erst möglich, da ohne ihn die durchschnittliche Temperatur -18°C betragen würde (Hüging 2022). Seit Beginn der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts werden deutliche Änderungen im Stoffhaushalt der Atmosphäre als Folge menschlichen Wirkens beobachtet. Dieser anthropogene Treibhauseffekt gilt als Hauptursache des Klimawandels (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2022). Zu den klimawirksamen Gasen zählen neben fluorierten Gasen, Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) (Umweltbundesamt Österreich 2022). Die drei Letzterwähnten finden ihre anthropogene Quelle in der Landwirtschaft (vgl. Kapitel 2.2).

Die gesamte THG-Emission wird durch den CO₂-Fußabdruck (carbon footprint) repräsentiert, der wie folgt definiert wird: „Der Product Carbon Footprint bezeichnet die Menge der Treibhausgasemissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts“ (BMUV o. J.). Der Begriff ‚CO₂-Fußabdruck‘ wurde im Jahr 1994 von dem Nachhaltigkeitsforscher Mathis Wackernagel und dem Ökologen William E. Rees geprägt, die damit den Fokus auf die Klimawirkungen menschlicher Aktivitäten legten (Wackernagel und Rees 1996). Generell wird zwischen dem CO₂-Fußabdruck für Produkte (PCF: Product Carbon Footprint) und dem Fußabdruck für Unternehmen (CCF: Corporate Carbon Footprint) unterschieden (Wühle 2020, S. 148).

Die Wirksamkeit der einzelnen Treibhausgase wird zu der des CO₂ ins Verhältnis gesetzt, indem sogenannte CO₂-Äquivalente (CO₂e) errechnet werden. Dies ermöglicht etwa den Vergleich der Klimabelastung durch verschiedene Lebensmittel (Bundeszentrum für Landwirtschaft und Ernährung 2019, S. 7).

Die Treibhauspotenziale (engl. Global Warming Potential, GWP) der Treibhausgase differieren sowohl hinsichtlich ihrer Klimawirkung als auch ihrer Verweildauer in der Atmosphäre. Für einen Zeithorizont von hundert Jahren liegt das GWP für 1 kg CO₂ bei 1, für 1 kg CH₄ bei 25 und für 1 kg N₂O bei 298 (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Global Warming Potential (GWP) der Treibhausgase(IPCC 2007, S. 212); eigene Darstellung

THG	Chemische Formel	Treibhauspotenzial*
Kohlendioxid	CO ₂	1
Methan	CH ₄	25
Lachgas	N ₂ O	298

*kg CO₂e/kg THG

Das bedeutet, dass CH₄ 25-mal so klimaschädlich ist wie CO₂ und somit 16 % des globalen Temperaturanstiegs verursacht (Bush 2020, S. 117). Lachgas ist sogar 298-mal so klimaschädlich wie CO₂. Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) ermittelt und veröffentlicht regelmäßig die GWPs der einzelnen Treibhausgase über den jeweils aktuellen Zustandsbericht (Assessment Report).

2.2 Emissionen der Landwirtschaft und ihre Auswirkungen auf das Klima

Die Landwirtschaft ist ein bedeutender Emittent der drei wesentlichen Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O. Den Hauptanteil an THG-Emissionen im Landwirtschaftssektor machen CH₄ (50,1 % im Schätzzjahr 2020) und N₂O (45,6 %) aus (vgl. Abb. 1). Methan entsteht bei den Verdauungsprozessen von Wiederkäuern und bei den Lagerungsprozessen von Gärresten nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen. Lachgasemissionen entstehen hauptsächlich beim Düngen der Böden, beim Wirtschaftsdüngermanagement und ebenfalls bei den Lagerungsprozessen von Gärresten (Umweltbundesamt 2021).

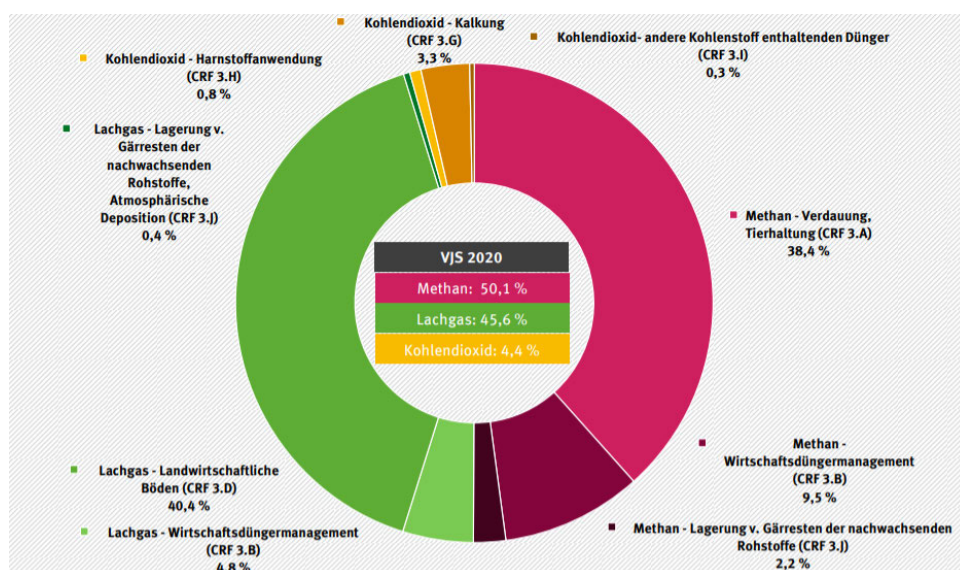


Abbildung 1: Anteile der Treibhausgase an den Emissionen der Landwirtschaft (berechnet in CO₂-Äquivalenten) VJS 2020(Umweltbundesamt 2021)

Den kleinsten Teil der Treibhausgasen machen mit 4,4 % die CO₂-Emissionen aus der Kalkung, der Verwendung von Mineraldünger (Harnstoff) sowie aus anderen kohlenstoffhaltigen Düngern aus. Im Jahr 2020 waren 38 Millionen Tonnen CO₂e THG-Emissionen (das entspricht 61,6 % der Emissionen der Landwirtschaft und knapp 5 % der Gesamtemissionen Deutschlands) allein auf die direkte Tierhaltung zurückzuführen (Umweltbundesamt 2021).

Die Nutztierhaltung ist mit Geruchsbelästigungen im Umfeld einer Anlage und der Emission von umweltbelastenden (Ammoniak) und klimarelevanten (CO₂, CH₄, N₂O) Gasen verbunden (Jungbluth et al. 2017, S. 272). Die Menge an klimawirksamen Gasen, die durch den Konsum von Fleisch und die damit verbundene Nutztierhaltung anfällt, setzt sich aus verschiedenen Positionen zusammen. Für Tiere, die im Freien gehalten werden, sind große Weideflächen nötig. Dafür werden oft Bäume gefällt, die CO₂ aus der Luft filtern und in Sauerstoff umwandeln. Zusätzlich müssen die Tiere gefüttert werden, wodurch ebenfalls Ackerland vor Ort zum Anbau der Tiernahrung benötigt wird. Wiesen werden zu Äckern umgepflügt, wobei durch den Abbau des Humus große Mengen an Kohlenstoff freigesetzt werden. In den sozioökonomischen Systemen des Menschen spielt die Viehhaltung eine bedeutende Rolle bei den Landnutzungsänderungen (Überweidung, Entwaldung, verstärkte Nutzung von Anbauflächen für die Futtermittelproduktion), die dem Klimawandel zugrunde liegen und die Viehhaltung mit den globalen Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufen in Verbindung bringen (V. Singh et al. 2017).

Von 2001 bis 2021 war die Verfütterung von Tiermehl verboten, wodurch Soja, auch wegen des hohen Eiweißgehalts, ein begehrtes Futtermittel für Rinder, Schweine und Hühner wurde. Da Soja weder in Deutschland noch in der EU in ausreichenden Mengen angebaut wird, importiert Deutschland einen großen Teil (3,6 Millionen Tonnen im Jahr 2019) aus Südamerika und den USA (BLE 2020). Dadurch verschlechtert sich die Ökobilanz des Fleisches zusätzlich. Zudem müssen die Tiere transportiert, geschlachtet und verarbeitet werden, wofür ebenfalls wertvolle Ressourcen eingesetzt werden.

Von der jährlichen THG-Emission entfallen pro Person rund 224 kg CO₂e auf den Konsum von Schweinefleisch und 90 kg CO₂e auf den von Rindfleisch (Umweltbundesamt 2018, S. 140). Im Vergleich dazu gehen nur 13 kg CO₂e auf den Konsum von Kartoffeln zurück. Der Grund dafür, dass Gemüse oder auch Brot (bei der Produktion von 1 kg Mischbrot werden 0,7 kg CO₂e freigesetzt) deutlich emissionsärmer sind als Fleisch, ist teilweise durch den hohen Anteil der CH₄-Emissionen bedingt, die bei Rindern bei der Verdauung im Darm entstehen (Umweltbundesamt 2018, S. 142). Andere Gründe für die Emissionen aus der Tierhaltung liegen in der Stromversorgung der Tierhaltungsanlagen (durch Verbrennung von Gas und Kohle zur Wärmeerzeugung, Maschinen) und der Futter- und Gülleproduktion (Institute for Agriculture and Trade Policy 2018). Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, machen Emissionen aus der

Fleischkonsum

Futtermittelproduktion etwa 45 % der Emissionen des Viehsektors aus. Die Darmgärung ist mit 39 % die zweitgrößte Emissionsquelle. Auf die Lagerung von Dung entfallen etwa 10 % und die restlichen 6 % sind auf die Verarbeitung und den Transport von tierischen Produkten zurückzuführen (Gerber et al. 2013).

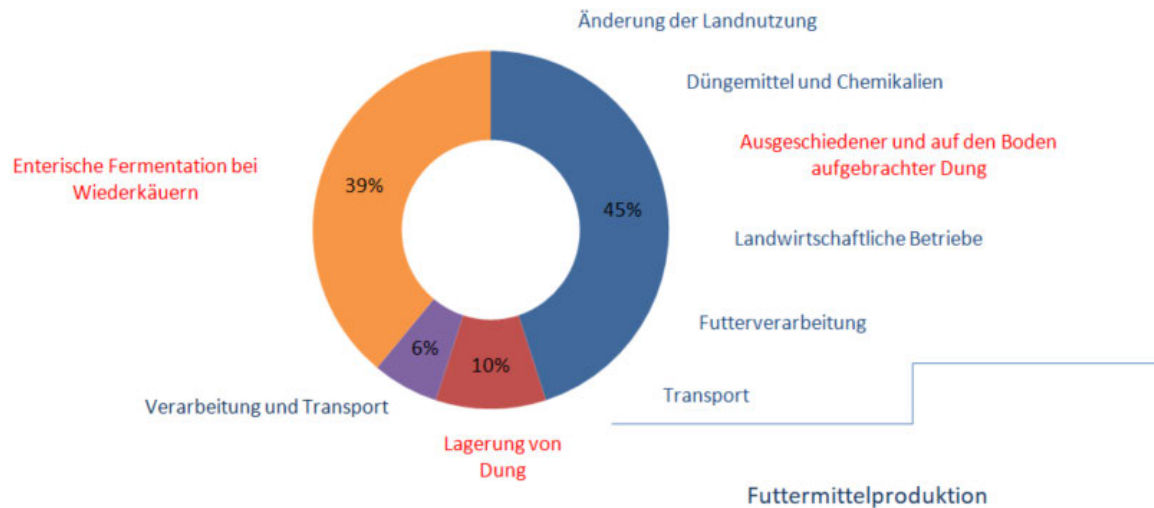


Abbildung 2: Emissionen aus der Viehhaltung nach Quellen(Gerber et al. 2013) eigene Darstellung.

Direkte Emissionen aus der Landwirtschaft sind rot dargestellt.

3 Fleischkonsum

Kulturgeschichtlich gesehen hatte der Genuss von Fleisch schon immer einen besonderen Stellenwert. Lange Zeit galt es als Kostbarkeit und Luxusgut (Astleithner 2007, S. 150). Im Zuge des frühneuzeitlichen Bevölkerungswachstums und der damit verbundenen Verknappung diente es als Unterscheidungsmerkmal und Statussymbol der herrschenden Klassen. Dadurch avancierte der Konsum von Fleisch auch zu einem Leitbild ärmerer Schichten, die am Lebensstil und dem Prestige höherer Schichten teilhaben wollten (Mennell 1988, S. 384).

Nach Auffassung von Trummer (2015, S. 68–73) ist dies der Grund, weshalb viele Menschen auch heute noch am Verzehr fleischartiger Speisen festhalten – trotz aller ethischen, ökologischen und diätischen Einwände. Abbildung 3 zeigt, dass der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch von Fleisch in Deutschland im Jahr 2020 bei 57,3 kg liegt. Von 1995 bis 2020 ist der Verzehr von Geflügel kontinuierlich gestiegen, während der von Rind- und Schweinefleisch gesunken ist. Trotz des insgesamt zurückgehenden Fleischkonsums seit 2010 in Deutschland wollen etliche Menschen nicht auf Fleisch und Wurstwaren verzichten.

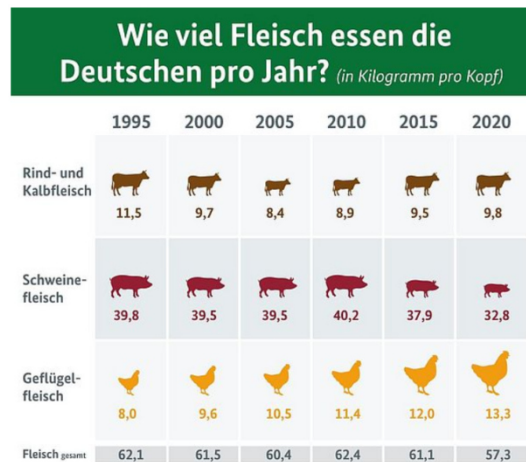


Abbildung 3: Fleischkonsum der Deutschen pro Jahr (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2022b)

Derzeit werden laut FAO weltweit mehr als 19 Milliarden Hühner, 1,4 Milliarden Rinder und jeweils eine Milliarde Schweine und Schafe gehalten (FAO 2022a). Der globale Fleischkonsum erreichte 2018 rund 320 Millionen Tonnen und hat sich somit in den letzten zwanzig Jahren mehr als verdoppelt. Die wachsende Weltbevölkerung und die steigenden Einkommen der globalen Mittelschicht¹ haben die Zunahme zu ungefähr gleichen Teilen verursacht (Fleischatlas 2021, S. 10).

Die FAO prognostiziert einen weiteren Anstieg der Fleischproduktion in den nächsten zehn Jahren um weitere 40 Millionen Tonnen (FAO 2022c, S. 174). Diese Mengen an Fleisch sind mit den Pariser Klimaschutzziele nicht vereinbar, denn um die weltweiten Ökosysteme zu schützen, muss der Konsum von Fleisch und tierischen Produkten deutlich reduziert werden (Umweltbundesamt 2022b).

Ein hoher Fleischkonsum (> 100 g/Tag) verursacht 7,19 kg CO₂e, während bei einem mittleren Verzehr (50–99 g/Tag) nur noch 5,63 kg CO₂e resultieren. Da auch die Fleischart einen Einfluss hat, weil Wiederkäuer den größten Effekt auf die Emissionen haben, sollte nicht nur der Rindfleischkonsum, sondern auch der von Milch und Milchprodukten reduziert werden. Eine vegane Ernährung ist laut Biesalski et al. zwar die klimaschonendste, allerdings verträgt sie sich kaum mit den Kriterien der Ernährungssicherheit (Biesalski et al. 2020, S. 332).

¹Zur globalen Mittelschicht zählt die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development) all diejenigen, die ein tägliches Pro-Kopf-Einkommen zwischen 10 und 100 US-Dollar in Kaufkraftparität (KKP) aufweisen können. (Kharas 2010, S. 15.).

4 Nachhaltige Ernährung gemäß der Planetary Health Diet

Klima- und Ernährungswissenschaftler der EAT-Lancet-Kommission veröffentlichten 2019 die Planetary Health Diet (PHD). Die Forscher und Experten aus sechzehn Ländern präsentierten ein Konzept, das auf einem hohen Verzehr von Gemüse, Hülsenfrüchten und Obst sowie einem moderaten Konsum von tierischen Lebensmitteln basiert. Der empfohlene Fleischverzehr liegt im Bereich der Orientierungswerte der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) bei maximal 300 g/Woche (DGE: 300–600 g/Woche; s. Abb. 4), wovon 100 g aus Rotfleisch und 200 g aus Geflügelfleisch bestehen sollten (Maschkowski 2020). Die auf Abbildung 4 in Klammern dargestellten Zahlen stellen die gesundheits- und umweltverträglichen Spannen dar. Sie sollen die PHD flexibel halten, damit diese sich in allen Kulturen der Welt umsetzen lässt. Im Vergleich zur Empfehlung der DGE wird bei der PHD mengenmäßig zwischen Rind-, Lamm- oder Schweinefleisch und Geflügel unterschieden (vgl. Abb. 4). Darüber hinaus fällt auf, dass die PHD grundsätzlich auch als vegetarische oder vegane Ernährungsform angelegt sein kann (Spannen von 0-X bei den tierischen Produkten).

Planetary Health Diet, EAT-Lancet-Kommission (Willett et al. 2019)		Vollwertige Ernährung, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (Oberritter et al. 2013)	
Lebensmittelgruppe	Menge (g/Tag) (bei einer Energiezufuhr von 2500 kcal/Tag)	Lebensmittelgruppe	Orientierungswert (g/Tag) (bei einer Energiezufuhr von 1600–2400 kcal/Tag)
Getreide	232 (0–60 % der Gesamtenergie)	Getreide(-produkte)	200–300
Kartoffeln	50 (0–100)	Kartoffeln, Nudeln, Reis	150–250
Gemüse	300 (200–600)	Gemüse und Salat, inkl. Hülsenfrüchten	≥ 400
Hülsenfrüchte	100		
Obst	200 (100–300)	Obst	≥ 250
Nüsse	25	davon: Nüsse	25
Rind-, Lamm- oder Schweinefleisch	14 (0–28)	Fleisch, Wurst	43–86
Geflügel	29 (0–58)		
Fisch	28 (0–100)	Fisch	21–31
Eier	13 (0–25)	Eier	< 25
Milch (Vollmilch oder daraus hergestellte Produkte)	250 (0–500)	Milch(-produkte) Käse	200–250 50–60
ungesättigte Fettsäuren (Öle)	40 (20–80)	Öle	10–15
gesättigte Fettsäuren* (Palmöl, Schmalz)	11,8 (0–11,8)	Butter, Margarine	15–30
alle Süßungsmittel (inklusive Zucker)	31 (0–31)	freie Zucker	≤ 50g (Ernst et al. 2018)
		Getränke	rund 1,5 l/Tag, bevorzugt Wasser

*Milchfett schon in „Milch“ enthalten

Abbildung 4: Lebensmittelmengen der Planetary Health Diet und der vollwertigen Ernährung nach der DGE im Vergleich(DGE 2019)

Mit diesem Speiseplan der internationalen Experten ist es nach Auswertungen von themenübergreifenden Fachveröffentlichungen möglich, ausreichend Lebensmittel für zukünftig rund zehn Milliarden Menschen zu erzeugen, ohne dabei die Belastungsgrenzen der Erde zu überschreiten. Damit liefert die Wissenschaft eine solide Datenbasis für gegenwärtiges und

zukünftiges Handeln (Rempe 2020). Da ein Großteil der Weltbevölkerung (rund 820 Millionen Menschen) unzureichend ernährt ist und zahlreiche Umweltsysteme und -prozesse durch die Lebensmittelproduktion belastet werden, ist eine globale Umgestaltung des Ernährungssystems dringend erforderlich (Willett et al. 2019, S. 447).

5 Methodik

In diesem Kapitel werden die Fragestellung, das Vorgehen bei der systematischen Literaturrecherche und die Auswahlkriterien für die Studien erläutert.

5.1 Fragestellung

Die EAT-Lancet-Kommission hat Empfehlungen für eine Ernährung entwickelt, die die Menschheit und den Planeten gleichermaßen schützen soll. Hinsichtlich des Fleischkonsums stellt sich die Frage, ob es eine Auswirkung hat, wenn der Rotfleischkonsum gesenkt und stattdessen mehr Geflügel verzehrt wird, d. h. ob der Austausch der Fleischsorten die THG-Emissionen verringern und damit dem Klimawandel entgegenwirken kann.

5.2 Systematische Literaturrecherche

Hinsichtlich des Rahmens und des Umfangs dieser Bachelorarbeit sowie der naturwissenschaftlichen Fragestellung erfolgte die Literaturrecherche primär über die Datenbank LIVIVO, die durch eine zusätzliche Handrecherche unter Nutzung von Google Scholar komplementiert wurde. Bei LIVIVO handelt es sich um eine wissenschaftliche Datenbank, die auf mehr als 67 Millionen Datensätzen basiert. Sie vereint die Fachgebiete Ernährungs-, Umwelt und Agrarwissenschaften sowie Medizin und Gesundheitswesen und greift auf verschiedene Datenbanken wie MEDLINE (Datenbank der US-amerikanischen National Library of Medicine) oder AGRICOLA (Katalog der US-amerikanischen National Agricultural Library) zu (ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften 2022).

Das methodische Vorgehen bei der Literaturrecherche wird schrittweise beschrieben, um die Nachvollziehbarkeit der Methode zu gewährleisten. Die Recherche, die sich an den zehn Schritten der Literaturrecherche nach Nordhausen und Hirt (2020, S. 10–11) orientierte, erfolgte im Zeitraum zwischen dem 4. und dem 7. Mai 2022. Jegliche danach veröffentlichte oder auf den Datenbanken ergänzte Literatur wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

5.3 Ein- und Ausschlusskriterien bei der Literaturrecherche

Als Einschlusskriterien wurden die englische Sprache, der Zugang zu Volltexten und ein Veröffentlichungszeitraum ab 2011 festgelegt, da möglichst aktuelle Erkenntnisse zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen werden sollten. Um vielfältige Ergebnisse zu

Methodik

erhalten, wurden Studien aus allen Kulturkreisen eingeschlossen, soweit sie in englischer Sprache verfügbar waren.

Die Ausschlusskriterien dienten in erster Linie zur Selektion der Treffer bei LIVIVO und zur Präzisierung der Einschlusskriterien. Die Kriterien zum Ausschluss wurden als folgende Limitationen definiert:

Limitation 1: Der Text der Publikation ist nicht in englischer Sprache verfasst.

Limitation 2: Die Publikation steht nur in Form eines Abstracts zur Verfügung.

Limitation 3: Die Publikation ist älter als zehn Jahre.

Limitation 4: Die Publikation behandelt ausschließlich das Thema ‚Milchprodukte‘.

Limitation 5: Die Publikation passt thematisch nicht zur Fragestellung.

5.4 Suchstrategie

Die Literaturrecherche für diese Bachelorarbeit wurde im Mai 2022 durchgeführt. Um ein optimales Suchergebnis zu erzielen, wurden alle Suchbegriffe in englischer Sprache angegeben, da Fachliteratur überwiegend auf Englisch publiziert wird.

Die einzelnen festgelegten Suchbegriffe wurden mithilfe von booleschen Operatoren verknüpft und zu einem Suchstring verbunden. Mit dem Operator AND werden Studien angezeigt, für die beide (bzw. alle) Suchkomponenten zutreffen. Der Operator OR bedeutet, dass mindestens einer der gesuchten Begriffe vorkommen muss (Blümle et al. 2019, S. 37–39). In der Datenbank LIVIVO wurde am 7. Mai 2022 folgender Suchterm eingegeben: ((“greenhouse gas emissions“) AND (“poultry“ OR “cattle“)).

Die erste Suchanfrage ergab 1649 Treffer, wobei nach der Entfernung der Duplikate 1620 zur weiteren Sichtung verblieben. Diese wurden anhand der Abstracts, der Veröffentlichungstitel sowie der Ein- und Ausschlusskriterien überprüft. Die dabei ausgewählten Quellen wurden durch Sichten des Volltextes untersucht und bewertet. Auf diese Weise wurden drei für diese Arbeit relevante Studien ermittelt, die durch drei weitere Studien von Relevanz aus der Handrecherche ergänzt wurden. Die somit insgesamt sechs Studien werden im Ergebnisteil tabellarisch vorgestellt.

5.5 Literatúrauswahl und Selektion der Studien

Aus der Suche in der Datenbank gingen mithilfe der Filter Studien hervor, die in den vergangenen zehn Jahren in englischer Sprache veröffentlicht wurden, als Volltext verfügbar und frei zugänglich waren. Alle so gefundenen Studien wurden manuell hinsichtlich der bei den verbleibenden

Kriterien ‚Studien zum Thema Milchprodukte‘ und ‚zur Thematik passende Fragestellung‘ kontrolliert.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über den Zusammenhang zwischen Viehhaltung und Treibhausgasemissionen unabhängig von der Qualität der Studien zu schaffen. Deshalb wird an dieser Stelle von einer systematischen Bewertung der Studienqualität abgesehen.

Abbildung 5 zeigt das PRISMA-Flowchart (grafische Darstellung der verschiedenen Phasen einer Literaturrecherche) zur Vorgehensweise bei der Literaturrecherche, das zur Visualisierung der systematischen Selektion der Treffer dient.

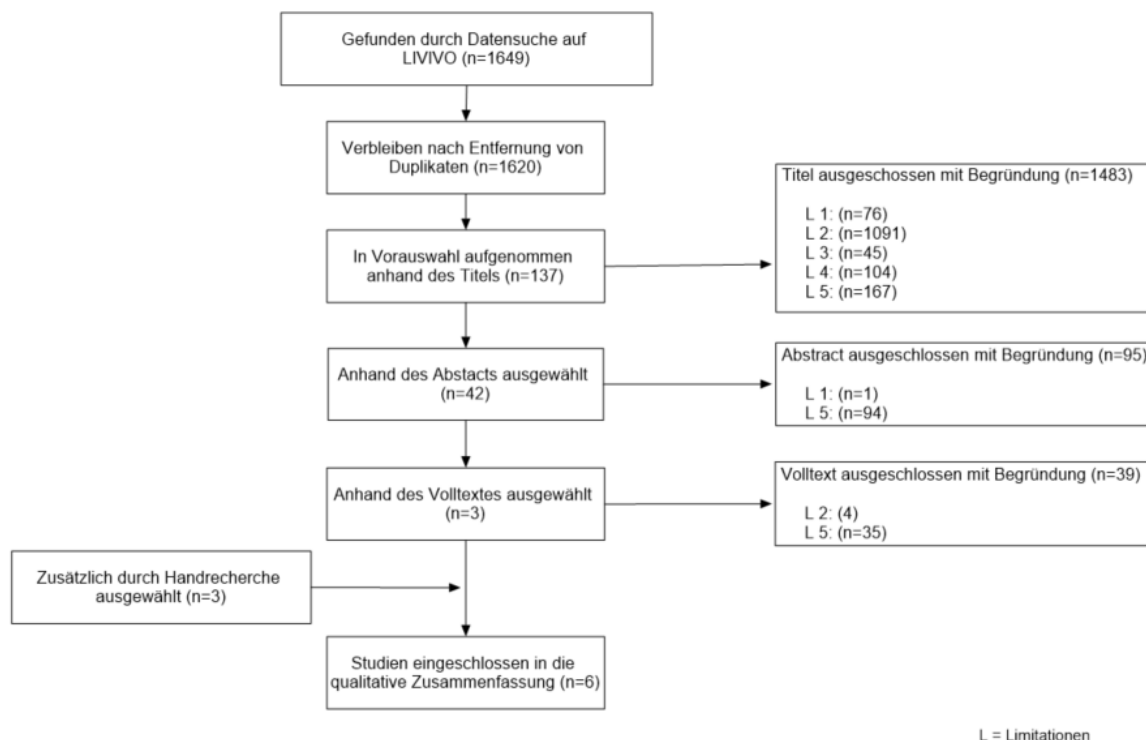


Abbildung 5: PRISMA-Flowchart (Moher et al. 2009 Abbildung 1) eigene Darstellung

6 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der untersuchten Literatur aufgeführt, geordnet nach systematischer Recherche (Studien 1–3), ergänzender Handrecherche (Studien 4–6) und Erstellungsdatum. Es werden sechs wissenschaftliche Studien vorgestellt, in denen der Einfluss der Rinder-, Schweine- und der Geflügelhaltung auf die THG-Emission untersucht wurde. Tabelle 2 zeigt eine kurze Übersicht über die ausgewählten Studien und die relevanten Ergebnisse für die Beantwortung der Forschungsfrage, die wie folgt lautet: Wirkt sich eine Reduzierung des Rotfleischkonsums zu Gunsten von Geflügelfleisch auf die Treibhausgas-Emission aus? Danach werden die einzelnen Studien ausführlich dargestellt.

6.1 Darstellung der Ergebnisse in der Übersicht

Tabelle 2: Übersicht über die Studien

	Autor	Jahr	Titel	Ergebnisse
1.	Broucek	2014	Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review	Im Durchschnitt emittieren ausgewachsene Rinder CH ₄ in der Größenordnung zwischen 240 und 350 g/Tag ⁻¹ .
2.	Boontiam et al.	2015	Assessment of the Contribution of Poultry and Pig Production to Greenhouse Gas Emissions in South Korea Over the Last 10 Years (2005 through 2014)	Die durchschnittlichen CO ₂ -Emissionen aus der direkten Energienutzung im Betrieb für Masthähnchen und Legehennen betragen 46,62 bzw. 136,56 kg CO ₂ e/Jahr. Die Ergebnisse zeigen, dass die THG-Emissionen von Legehennen doppelt so hoch sind wie die von Masthähnchen. Schweine: Die Gesamtintensität der THG-Emissionen von Jungtieren bis zu den Endmastschweinen, von trächtigen bis säugenden Sauen sowie von Ebern liegt bei 18,85, 20,51 bzw. 19,69 kg CO ₂ /Jahr/Kopf.
3.	Baltierra-Trejo et al.	2017	Energy analysis and CO ₂ eq emissions of chicken meat production	Masthähnchen: Emissionen aus der Nutzung fossiler Energie betragen 0,47 kg CO ₂ e pro Kilogramm Lebendgewicht pro Produktionszyklus (49 Tage).
4.	Lehtonen und Irz	2013	Impacts of reducing red meat consumption on agricultural production in Finland	Bei einer Rotfleischreduktion würden sich die THG-Emissionen der finnischen Landwirtschaft nicht verändern, da diese zu einem höheren Verbrauch von Geflügelfleisch, Eiern, Milchprodukten und Fisch führen und auch der Verbrauch von Obst und Gemüse, Erbsen und Nüssen, Getreideprodukten und Süßigkeiten geringfügig ansteigen würde.

Ergebnisse

		Ergebnisse	
Autor	Jahr	Titel	
5. Dunkley und Dunkley	2013	Review: Greenhouse Emissions from Livestock and Poultry	Insgesamt liegen die Emissionen der Rindfleischproduktion ab Hof durchschnittlich bei 16,25 kg CO ₂ e/kg Produkt. Bei Schweinen liegt der Durchschnitt bei 4,82 kg CO ₂ e/kg Produkt ab Hof, während Geflügel einen Durchschnittswert von 3,09 kg CO ₂ e/kg Produkt erreicht. Das LCA zeigt, dass die Emissionen pro Kilogramm verzehrfertigem Lebensmittel bei Rindfleisch bei 27 kg CO₂e , bei Schweinefleisch bei 12,1 kg CO₂e und bei Hühnerfleisch bei 6,9 kg CO₂e liegen.
6. Kalhor et al.	2016	Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment	Masthähnchen- und Hühnerfleischproduktion im Winter: 3252 kg CO ₂ e/Tonne Lebendgewicht und 5357,6 kg CO ₂ e/Tonne verpacktes Fleisch. Masthähnchen- und Hühnerfleischproduktion im Sommer: 1389,85 kg CO ₂ e/Tonne Lebendgewicht und 2931,91 kg CO ₂ e/Tonne verpacktes Fleisch.

Ergebnisse

6.2 Darstellung der einzelnen Studien

Studie 1 (Broucek 2014): *Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review*

Die Übersichtsarbeit von Broucek befasst sich mit den CH₄-Emissionen aus der Wiederkäuerhaltung. Für das Review wurden verschiedene Studien herangezogen, um eine Übersicht über die CH₄-Produktion bei der Haltung verschiedener Tierarten darzustellen. Im Fokus der Untersuchung standen Milchvieh, Rindvieh und Schafe.

Unter den Tieren sind Wiederkäuer die wesentlichsten Emittenten von CH₄. Die CH₄-Produktion entsteht hauptsächlich durch die mikrobielle Fermentation von hydrolysierten Kohlenhydraten. Zahlreiche Faktoren beeinflussen die ruminante CH₄-Produktion, darunter die Höhe der Aufnahme, die Qualität und die Art des Futters, der Energieverbrauch, die Wachstumsrate, die Tiergröße, das Produktionsniveau, die Genetik und die Umgebungstemperatur. Enterisches CH₄ wird hauptsächlich im Pansen (87–90 %) und zu einem geringen Teil (10–13 %) im Dickdarm hergestellt. Neben dem aus dem Darm stammenden CH₄ sind die Ausscheidungen eine weitere Emissionsquelle, insbesondere, wenn sie aerob gelagert werden. Methan aus Dung von Wiederkäuern und Nichtwiederkäuern trägt mit 2 % bzw. 0,4 % zu den weltweiten CH₄- und THG-Emissionen bei.

Die CH₄-Produktion wird mit verschiedenen Methoden gemessen, sowohl in absoluten als auch in relativen Einheiten, wie dem Verhältnis der Emissionen zum Lebendgewicht, pro Einheit der Futteraufnahme oder der fett- und eiweißkorrigierten Milch. Die CH₄-Emissionen von Milchkühen liegen zwischen 151 und 497 g/Tag⁻¹. Laktierende Kühe produzieren mehr CH₄ (354 g/Tag⁻¹) als trockenstehende Kühe (269 g/Tag⁻¹) und Färsen (223 g/Tag⁻¹). Milchschafe erzeugen jährlich 8,4 kg/Kopf⁻¹. Die niederländische Rinderrasse ‚Holstein‘ produziert mehr CH₄ (299 g/Tag⁻¹) als die Kreuzungstiere (264 g/Tag⁻¹). Methanemissionen von Färsen, die auf gedüngtem Weideland grasen, sind höher (223 g/Tag⁻¹) als die von Färsen auf ungedüngter Weide (179 g/Tag⁻¹). Die durchschnittlichen CH₄-Emissionen bei Rindern liegen zwischen 161 und 323 g/Tag⁻¹. Ausgewachsene Kühe emittieren CH₄ in einer Größenordnung von 240 bis 396 g/Tag⁻¹. Suffolkschafe emittieren 22 bis 25 g/Tag⁻¹. Die jährlichen CH₄-Emissionen der Bisons betragen 72 kg pro Kopf und Jahr. Die CH₄-Emissionen aus Dung hängen von der physikalischen Form des Kots, der Menge des verdaulichen Materials, dem Klima und der Zeit ab, in der sie intakt bleiben. Die jährlichen Emissionen aus den Ställen und dem Lagerteich des Milchviehbetriebs liegen bei 120 kg/Kuh⁻¹. Im Durchschnitt emittieren ausgewachsene Rinder zwischen 240 und 350 g CH₄/Tag⁻¹.

Ergebnisse

Studie 2 (Boontiam et al. 2016): *Assessment of the Contribution of Poultry and Pig Production to Greenhouse Gas Emissions in South Korea Over the Last 10 Years (2005 through 2014)*

Boontiam et al. haben in ihrer Studie die bei der Geflügel- und Schweineproduktion zwischen 2005 und 2014 entstehenden Treibhausgase in Südkorea untersucht. Als Berechnungsgrundlage wurden die Richtlinien des IPCC (IPCC 2006) herangezogen. Die Daten zum Viehbestand wurden für jedes Jahr von 2005 bis 2014 vom koreanischen statistischen Informationsdienst eingeholt, um die Emissionen von CH₄, CO₂ und N₂O aus der Schweine- und Geflügelhaltung zu schätzen. Die Schweine wurden in drei Kategorien unterteilt (Jungtiere bis Mastschweine, trächtige bis säugende Sauen sowie Eber) und die Hühner in zwei Kategorien (Masthähnchen und Legehennen).

Die Herstellung von Dünger aus Kot und Urin während der Schweineproduktion wird als Dungmanagement bezeichnet. Die Standard-CH₄-Emissionsfaktoren (EF) (2 kg CH₄/Kopf/Jahr) des IPCC (2006) für das Schweinedungmanagement wurden in Verbindung mit der jährlichen Durchschnittstemperatur in Südkorea verwendet, um die CH₄-Emissionen aus dem Dungmanagement in jeder Kategorie zu schätzen. Das Dungmanagementsystem für Masthähnchen und Legehennen war die Kompostierung. In dieser Studie wurde der EF mit 0,03 für Legehennen und 0,02 für Masthähnchen definiert. Während des Untersuchungszeitraums gingen die CH₄-Emissionen aus dem Dungmanagement bei Legehennen, Jung- und Mastschweinen sowie trächtigen und säugenden Sauen zurück, während jene von Masthühnern und männlichen Zuchtschweinen allmählich zunahm. Sowohl die Haltung von Sauen als auch die von Aufzucht- und Mastschweinen war mit höheren Emissionen aus der Darmgärung verbunden als die von Ebern, insbesondere im Jahr 2009.

Legehühner verursachten von 2009 bis 2014 geringere direkte (die Gasfreisetzung die der Betrieb selbst in die Umgebung entlässt) und indirekte (Gasfreisetzung im Verlauf der Lieferkette) N₂O-Emissionen, während die durchschnittlichen direkten und indirekten N₂O-Emissionen aus dem Dungmanagement bei Masthühnern 12,48 bzw. 4,93 kg CO₂e/Jahr betragen. Die jährlichen direkten und indirekten N₂O-Emissionen für Masthühner gingen 2014 tendenziell zurück. Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen aus der direkten Energienutzung im Betrieb für Mast- und Legehennen betragen 46,62 bzw. 136,56 kg CO₂e/Jahr.

Im Schweinesektor stiegen die N₂O-Emissionen aus direkten und indirekten Quellen allmählich an, bei Zuchtschweinen gingen sie jedoch zurück. Die CO₂-Emissionen aus der direkten Energienutzung in den Betrieben erreichten 2009 ein Maximum von 53,93 kg CO₂e/Jahr, gingen aber in den Jahren 2010 und 2011 langsam zurück. Bei Ebern war der CO₂-Ausstoß im Jahr 2012 mit 9,44 kg CO₂e/Jahr am höchsten.

Ergebnisse

Indirekte N₂O-Emissionen waren die größte Komponente der THG-Emissionen bei Masthähnchen. Bei Legehennen war der größte Beitrag zu den THG-Emissionen CO₂ aus der direkten Energienutzung im Betrieb. Bei der Schweineproduktion war die größte Komponente der THG-Emissionen CH₄ aus dem Dungmanagement (8,47 kg CO₂e/Jahr), gefolgt von CO₂-Emissionen aus der direkten Energienutzung im Betrieb (2,85 kg CO₂e/Jahr) und CH₄-Emissionen aus der enterischen Fermentation (2,82 kg CO₂e/Jahr). Die größte Intensität der THG-Emissionen wurde bei weiblichen Zuchtsauen im Vergleich zu Ebern festgestellt. Die Gesamtintensität der THG-Emissionen in der Aufzucht bis zur Endmast betrug bei trächtigen Sauen 18,85 kg CO₂e/Jahr/Kopf, bei säugenden Sauen 20,51 kg CO₂e/Jahr/Kopf und bei Ebern 19,69 kg CO₂e/Jahr/Kopf. Die trächtigen bis säugenden Sauen trugen am meisten zu den THG-Emissionen bei, insbesondere zu den CO₂-Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch im Betrieb im Zusammenhang mit dem Wärmemanagement zur Gewährleistung einer angemessenen Temperatur für die Ferkel.

Die Hauptkategorien des direkten Energieverbrauchs in landwirtschaftlichen Betrieben sind Belüftung, Beleuchtung, Heizung, Fütterung, Dunghandhabung, Waschen und sonstiger Verbrauch. Der Energieverbrauch während der Futtermittelverarbeitung und des Transports wurde nicht betrachtet, da der direkte Energieverbrauch in landwirtschaftlichen Betrieben im industriellen System Südkoreas in der IPCC-Methodik nicht berücksichtigt wurde.

Wie die Ergebnisse zeigen, sind die THG-Emissionen bei der Haltung von Legehennen doppelt so hoch wie die bei der Produktion von Masthähnchen. Die größte Komponente der THG-Emissionen bei Masthähnchen sind die indirekten N₂O-Emissionen, während die größte Komponente der THG-Emissionen bei Legehennen die CO₂-Emissionen sind, die aus der direkten Energienutzung in den Betrieben resultieren. Bei der Schweineproduktion sind die wesentlichsten THG-Emissionen die CH₄-Emissionen, die bei der Entsorgung der Gülle in der Aufzucht- und Mastschweinehaltung entstehen. Insgesamt ist es für die südkoreanische Geflügel- und Schweineindustrie zentral, die THG-Emissionen durch wirksame Ansätze für eine nachhaltige landwirtschaftliche Praxis zu reduzieren.

Studie 3 (*Baltierra-Trejo et al. 2017*): *Energy analysis and CO₂ eq emissions of chicken meat production*

Bei der aus Mexiko stammenden Studie von Baltierra-Trejo et al. aus dem Jahr 2017 wurden der Energiebedarf für die Produktion eines Kilogramms Hühnerfleisch sowie die damit verbundenen CO₂-Emissionen ermittelt. In Mexiko umfassen die THG-Emissionen aus dem landwirtschaftlichen Sektor hauptsächlich enterische und Düngerquellen. Die durch die Nutzung fossiler Energie verursachten Emissionen werden in der Regel nicht berücksichtigt.

Ergebnisse

Ein landwirtschaftlicher Betrieb in West-Zentral-Mexiko wurde zu Studienzwecken herangezogen, um den Energiebedarf für die Versorgung mit Wasser, Futter, Beleuchtung, Belüftung, Entlüftung und Heizung zu ermitteln, wobei 1000 Hähnchen als Berechnungsgrundlage dienten. Die Farm verfügt über zehn Stallungen in der Größe von 13×150 m mit einer Kapazität von 22 000 Tieren pro 49-Tage-Zyklus. Die Tiere werden automatisiert gefüttert und leben in einer kontrollierten Umgebung, die aus Heizungen, Ventilatoren, Extraktion, Sprinklern zur Feuchtigkeitsregulierung und einem Vorhangsystem auf den Stallungen besteht. Abbildung 6 zeigt die wesentlichen Faktoren bei der Aufzucht der Masthähnchen in dieser Studie.

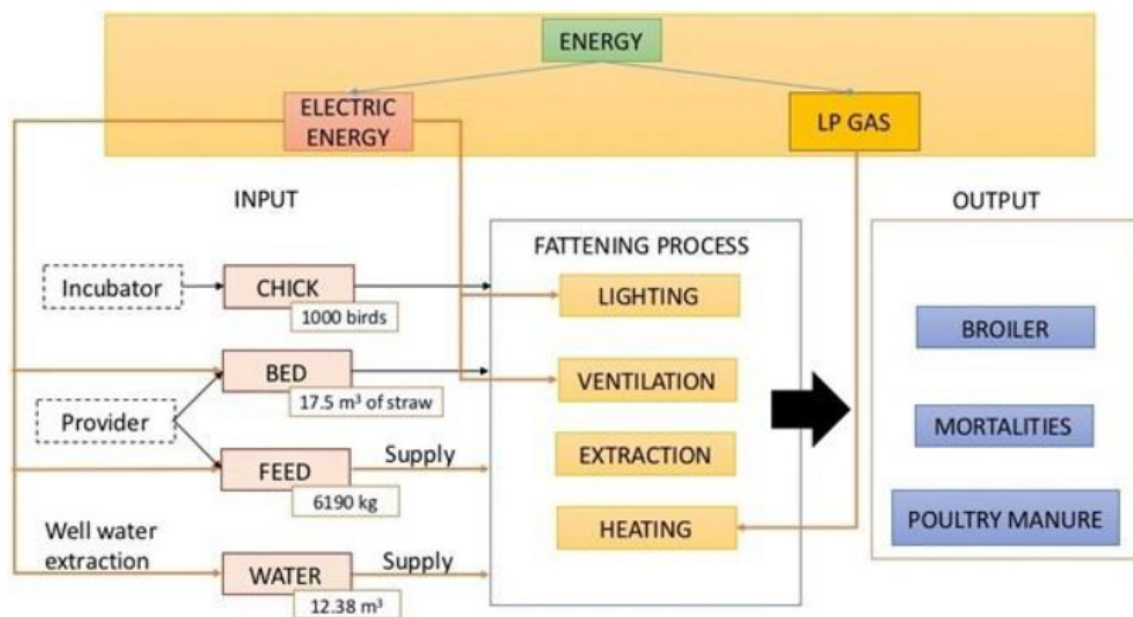


Abbildung 6: Wesentliche Einflussfaktoren bei der Masthähnchenproduktion in einem 49-Tage-Zyklus (Baltierra-Trejo et al. 2017)

Es wurde eine Befragung der Stallbetreiber und des Betriebsleiters durchgeführt, um den Gesamtprozess des Betriebs zu erfassen. Ziel dabei war es, die Ein- und Ausgänge des Prozesses, die Dauer des Zyklus, den Verbrauch von Flüssiggas (kg), Strom (kWh), Futter (kg) und Wasser (l), die Anzahl der Hähnchen und das Gewicht der Schlachtkörper (kg) am Ende des Produktzyklus zu ermitteln und eine Bestandsaufnahme der Maschinen und Geräte durchzuführen, um den Energiebedarf und die Betriebsstunden zu bestimmen. Der Verbrauch an Maschinen und Transportmitteln wurde dem Betriebsbuch entnommen. Die Studie konzentriert sich auf den Energieverbrauch im Stall, berücksichtigt aber nicht die Herstellung des Futters, ein Prozess, der als größter Energieverbraucher gilt. Ferner wurde der Energieverbrauch der Belüftungs- und Heizungssysteme nicht berücksichtigt.

Es wurde festgestellt, dass die Emissionen aus der Nutzung fossiler Energie $0,47 \text{ kg CO}_2\text{e}$ pro Kilogramm Lebendgewicht pro Produktionszyklus betragen.

Ergebnisse

Studie 4 (Lehtonen und Irz 2013): *Impacts of reducing red meat consumption on agricultural production in Finland*

Die Studie von Lehtonen und Irz aus Finnland setzte sich mit der Frage auseinander, welche Folgen es hätte, wenn die Verbraucher die Empfehlung der PHD befolgten und den Konsum von rotem Fleisch verringerten. Generell ist das agrarpolitische System in Finnland auf die Aufrechterhaltung der Tierproduktion ausgerichtet, wobei die nationalen Subventionen an die Produktion gekoppelt sind, um die inländische Nachfrage nach Nahrungsmitteln zu decken. Daher ist es eine wesentliche politische Frage, wie viel Treibhausgasreduzierung durch eine Verringerung des Verbrauchs von Rind-, Schweine- und Lammfleisch erreicht werden kann, da dies die Produkte sind, deren verringerte Produktion die THG-Emissionen am effektivsten minimieren würde. Es wurde festgestellt, dass eine reduzierte Bearbeitung von organischen Böden (die hohe CO₂-Emissionen verursacht, wenn sie jedes Jahr erfolgt) die landwirtschaftlichen THG-Emissionen theoretisch um bis zu 10 % verringern könnte, wenn sie auf allen organischen Böden durchgeführt würde.

Mithilfe eines mathematischen Programmiermodells wurden die Veränderungen in der Ernährung simuliert, die sich ergäben, wenn der Fleischkonsum in Finnland reduziert würde. Der dem Modell zugrunde liegende Gedanke ist der, dass angesichts der Persistenz von Ernährungsmustern und -präferenzen davon auszugehen ist, dass die Verbraucher bei einer Verringerung des Fleischkonsums versuchen, die entgangene Energie durch Substitutionen zu ersetzen, die ihre derzeitige Ernährung so gering wie möglich verändern. Die Zielfunktion des verwendeten Programmiermodells misst die Differenz zwischen der bestehenden Ernährung und der fleischreduzierten Ernährung. Die neue Ernährung muss die zusätzliche Bedingung erfüllen, dass der Fleischkonsum im Vergleich zur bisherigen Ernährung um 20 % reduziert wird. Wie die Ergebnisse zeigen, wird die Verringerung des Verzehrs von rotem Fleisch teilweise durch einen Anstieg (+ 11 %) des Verzehrs von Geflügelfleisch und tierischer Erzeugnisse (Eier: + 6 %, Fisch: + 11 %, Milch: + 5 %) ausgeglichen, die intuitiv als ein natürlicher Ersatz für Fleisch betrachtet werden.

In einem weiteren Modell zur Simulation der landwirtschaftlichen Produktion wurde ein einfacher Treibhausgasrechner erstellt. Die Treibhausgasberechnung folgt weitgehend den Grundsätzen und Parametern der nationalen Treibhausgasinventarisierungspraxis. Es zeigte sich, dass sich die THG-Emissionen der finnischen Landwirtschaft nicht verändern würden, da es bei einer rotfleischreduzierten Ernährung zu einem höheren Verbrauch von Geflügelfleisch, Eiern, Milchprodukten und Fisch käme, während der Verbrauch von Obst und Gemüse, Erbsen und Nüssen, Getreideprodukten und Süßigkeiten nur geringfügig ansteigen würde.

Ergebnisse

Dies legt nahe, dass selbst bedeutende Einzelmaßnahmen zur Verringerung der THG-Emissionen wie die Senkung des Verbrauchs von rotem Fleisch um 20 % möglicherweise nicht zu den gewünschten Ergebnissen hinsichtlich der inländischen THG-Emissionen führen, wenn sie ohne weitere Änderungen der Verbraucherpräferenzen oder der Agrarpolitik, die zu den Hauptantriebskräften der landwirtschaftlichen Produktion gehören, durchgeführt werden.

Studie 5 (Dunkley und Dunkley 2013): *REVIEW: Greenhouse Gas Emissions from Livestock and Poultry*

Während der größte Teil (7,51 kg CO₂e) der THG-Emissionen bei der Produktion von 1 kg Rindfleisch ab Hof auf die enterische Fermentation zurückzuführen ist, entfällt diese Emissionsquelle bei der Geflügelproduktion. Hier geht der größte Teil der THG-Emissionen auf die Futtermittelproduktion zurück (1,26 kg CO₂e). Die Erzeugung von 1 kg verzehrfertigem Rindfleisch ab Hof führt zu N₂O-Emissionen in Höhe von 1,75 kg CO₂e aus Gülle, während bei der Erzeugung von 1 kg verzehrfertigem Hühnerfleisch entsprechend 0,28 kg CO₂e emittiert werden. Auch die THG-Emissionen aus der Energienutzung lassen sich für verschiedene Tierkategorien vergleichen. Der Energieeinsatz im landwirtschaftlichen Betrieb zur Erzeugung von 1 kg Rindfleisch ab Hof führt zu einer Emission von 0,23 kg CO₂e, während die Erzeugung von 1 kg Hühnerfleisch ab Hof eine Emission von 0,26 kg CO₂e zur Folge hat. Methanemissionen aus der Darmgärung sind die Hauptquelle der THG-Emissionen vor der Produktion von Käse, Milch und Joghurt.

Die Menge an CH₄ oder N₂O, die im Rahmen der Tierhaltung emittiert wird, hängt auch von den Umweltbedingungen ab. Methan wird unter anaeroben Bedingungen emittiert, wenn kein Sauerstoff vorhanden ist. Hohe Temperaturen und eine längere Lagerzeit von Dung und Urin können ebenfalls die CH₄-Emissionen erhöhen. Auch die Futtermittelmerkmale spielen eine Rolle bei den CH₄-Emissionen. Futter, Ernährung und Wachstumsrate wirken sich auf die Menge und die Qualität des von einem Tier produzierten Dungs aus.

Bei einem Vergleich der Verteilung der CH₄-Emissionen aus der enterischen Fermentation auf die verschiedenen Tierarten ergab sich Folgendes: Geflügel verursacht mit 0,57 lbs pro Tier und Jahr die geringste Menge an CH₄, während Milchkühe 185–271 lbs pro Tier und Jahr und Schweine 10,5 lbs pro Tier und Jahr erzeugen.

Geflügel und Schweine sind monogastrische Tiere mit einem einfachen Magen, in dem nur eine geringfügige mikrobielle Gärung stattfindet; daher ist die enterale CH₄-Produktion bei ihnen niedriger. Die Darmgärung ist die hauptsächliche Methanquelle der Milchwirtschaft, während der Großteil der CH₄-Emission in der Schweine- und Geflügelwirtschaft aus Dung stammt. Insgesamt lagen in dieser Studie die Emissionen der Rindfleischproduktion ab Hof bei einem Durchschnitt

Ergebnisse

von 16,25 kg CO₂e/kg Produkt. Bei Schweinen lag der Durchschnitt bei 4,82 kg CO₂e/kg Produkt ab Hof, während Geflügel einen Durchschnittswert von 3,09 kg CO₂e/kg Produkt ab Hof erreichte. Das Life-Cycle-Assessment (LCA) zeigt, dass die Emissionen pro Kilogramm verzehrfertigem Lebensmittel bei Rindfleisch bei 27 kg CO₂e, bei Schweinefleisch bei 12,1 kg CO₂e und bei Hühnerfleisch bei 6,9 kg CO₂e liegen.

Aus dem LCA geht hervor, dass der größte Teil (86 %) der Emissionen aus der Rindfleischproduktion während der Produktionsphase anfällt und nur 14 % der Emissionen nach der Produktion entstehen. Ähnlich verhält es sich bei Schweinen, wo der Großteil (69 %) der Emissionen ebenfalls während der Produktionsphase anfällt. Ein anderes Szenario wurde für die Ökobilanz von Geflügel beobachtet, wo 48 % der Emissionen während der Produktionsphase beobachtet werden.

Beim Vergleich der Produktionssysteme für die bedeutsamsten Nutztiere zeigt sich, dass die CO₂e-Emissionen pro Kilogramm ab Hof erzeugtem Fleisch bei Geflügel am geringsten und bei Milchkühen am höchsten sind. Milchkühe emittieren die meisten Treibhausgase pro Tier, gefolgt von Rindern und Schweinen.

Studie 6 (Kalhor et al. 2016): *Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment*

In der Studie von Kalhor et al. wurde die Ökobilanz der Hühnerfleischproduktion mithilfe der LCA-Methode CML 2 baseline (CML 2 Baseline Method 2015) erhoben, um die Umweltauswirkungen der Produktion von Masthähnchen ab Hof und die Hühnerfleischproduktion ab Schlachthof pro massebasierter funktioneller Einheit in der Sommer- und Wintersaison zu berechnen. Die LCA ist eine Technik zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, eines Prozesses oder der Aktivität innerhalb eines Lebenszyklus.

Die Studie wurde in der Provinz Teheran im Iran durchgeführt. Im Untersuchungsgebiet wurden die Tiere als Eintagsküken von der Brüterei zum Mastbetrieb transportiert, wo sie nach sieben bis acht Wochen ein Lebendgewicht von etwa 2,6 kg erreichten. Auf Abbildung 6 sind alle Prozesse vom Eintagsküken bis hin zum abgepackten Lebensmittel dargestellt.

Ergebnisse

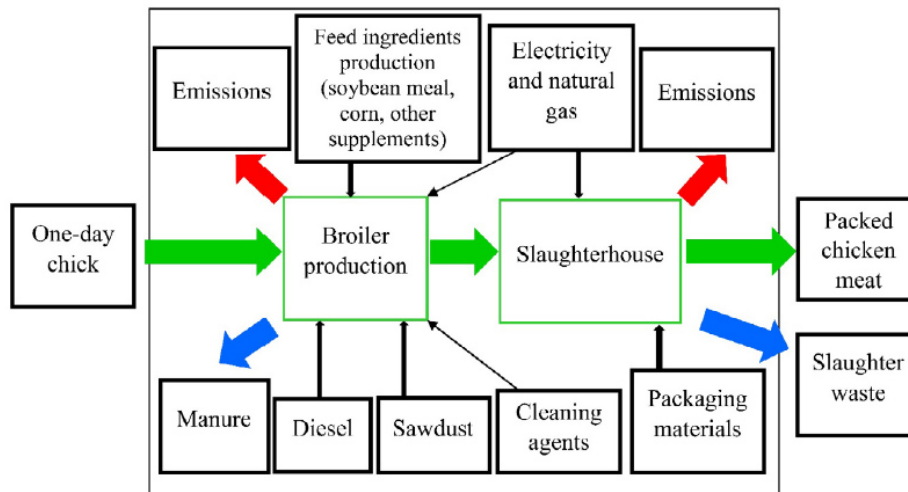


Abbildung 7: Prozess der Geflügelfleischproduktion (Kalhor et al. 2016)

In die Berechnungen der Emissionen flossen solche im Zusammenhang mit Futtermitteln, Elektrizität, Brennstoff, Einstreumaterialien, Reinigungs- und Desinfektionsmitteln, Verpackung, Transport und Nebenerzeugnissen (Gülle), die im Mastbetrieb bei der Aufzucht entstehen, ein. Futtermittel (Produktion, Transport und Verarbeitung) und Elektrizität tragen am meisten zu den gesamten THG-Emissionen bei. Um die Umweltverträglichkeit des Futtermitteltransports zu verbessern, müsste ein großer Teil des Futters (landwirtschaftliche Kulturen) in der Nähe der Mastbetriebe angebaut werden. Ebenso führt eine niedrige Sterblichkeit der Tiere zu einer geringeren Klimabelastung pro Kilogramm Fleisch. Nach der Aufzucht werden sie dann zu einem mechanisierten Schlachthof gebracht. Im Schlachthof werden folgende Prozesse durchgeführt: Wiegen, Aufhängen, elektrische Betäubung, manuelle Tötung, Blutentnahme, Brühen in einer Brühwanne bei einer Temperatur von 57°C und Abrieb der Federn durch rotierende Gummifinger, Fußentfernung, Ausweiden, Sterilisieren, Kühlen, Qualitätskontrolle, Sortieren, Wiegen und Verpacken. Die entstehenden Abfälle wurden vom Schlachthof zur Tiermehlverarbeitung in eine gesonderte Produktionsstätte transportiert. Die Emissionen im Kontext der Umwandlung der Abfälle in Tiermehl wurden in der Studie nicht berücksichtigt.

Im Winter wird eine größere Menge an fossilen Brennstoffen zu Heizzwecken verbraucht als im Sommer. Dies könnte minimiert werden, wenn die Energieressourcen hauptsächlich aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt würden. Wie auf den Abbildungen 6 und 7 ersichtlich, lassen sich für das GWP folgende Werte feststellen:

Bei der Masthähnchen- und Hühnerfleischproduktion liegen die emittierten CO₂e im Winter bei einer Tonne Lebendgewicht bei 3252 kg und bei einer Tonne verpacktem Fleisch bei 5357,61 kg.

Ergebnisse

Impact category	Unit	Per ton of LW	Per ton of packed meat
ADP	kg Sb eq.	25.33	40.53
AP	kg SO ₂ eq.	45.05	61.9
EP	kg PO ₄ eq.	14.6	19.34
GWP	kg CO ₂ eq.	3252	5357.61
ODP	kg CFC-11 eq.	0.001	0.001
HTP	kg 1,4-DCB eq.	709.63	1067.09
FAETP	kg 1,4-DCB eq.	66.53	109.53
MAETP	kg 1,4-DCB eq.	215987.5	344317.7
TETP	kg 1,4-DCB eq.	3.1	5.1
PhOP	kg C ₂ H ₄ eq.	3.39	4.62

Abbildung 8: THG-Emissionen bei der Masthähnchen-/Geflügelfleischproduktion im Winter(Kalhor et al. 2016)

Im Sommer beträgt die THG-Emission 1389,85 kg CO₂e pro Tonne Lebendgewicht und 2931,91 kg CO₂e pro Tonne verpacktem Fleisch.

Impact category	Unit	Per ton of LW	Per ton of packed meat
ADP	kg Sb eq.	14.15	25.97
AP	kg SO ₂ eq.	29.58	41.75
EP	kg PO ₄ eq.	11.02	14.69
GWP	kg CO ₂ eq.	1389.85	2931.91
ODP	kg CFC-11 eq.	0.001	0.001
HTP	kg 1,4-DCB eq.	655.33	996.36
FAETP	kg 1,4-DCB eq.	58.43	98.98
MAETP	kg 1,4-DCB eq.	194,523	316357.2
TETP	kg 1,4-DCB eq.	3.01	4.99
PhOP	kg C ₂ H ₄ eq.	3.22	4.39

Abbildung 9: THG-Emissionen bei der Masthähnchen-/Geflügelfleischproduktion im Sommer(Kalhor et al. 2016)

Die Ergebnisse zeigen, dass der Energieeinsatz in den Betrieben im Sommer geringer ist als in den Wintermonaten. Der Mastbetrieb ist mit 56 % des Energieverbrauchs bei Weitem der größte Emissionsverursacher, gefolgt vom Schlachthof mit 31 % und dem Transport mit 13 %. In der Geflügelfleischproduktion tragen Futtermittel und Brennstoffe im Sommer bzw. im Winter am meisten zum Gesamtenergieverbrauch bei. Im Transportsektor leistet der Futtermitteltransport den größten Beitrag zum Energieverbrauch.

7 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Auswirkung einer Reduktion des Rotfleischkonsums zu Gunsten von Geflügelfleisch auf die Treibhausgas-Emission zu beleuchten. Dafür wurde der aktuelle Fleischverzehr in Deutschland mit den Empfehlungen der DGE und der PHD miteinander verglichen. Für die Auswertung wird die Studie von Dunkley und Dunkley (2013) herangezogen.

7.1 Interpretation der Ergebnisse

Im Folgenden wird verdeutlicht, welche Auswirkungen eine Reduzierung von Rind- und Schweinefleisch auf die THG-Emissionen haben könnten und welche Effekte sich im Zusammenhang mit einer gleichzeitigen Erhöhung des Konsums an Geflügelfleisch ergäben. Für die Berechnungen wurden verschiedene Szenarien beispielhaft mit den Ergebnissen der Studie von Dunkley und Dunkley durchgerechnet (s. Abb. 10), da der CO₂-Fußabdruck für 1 kg verzehrfertigem Lebensmittel in der Literatur eine große Bandbreite aufweist. Eine einheitliche Datenerhebung ist schwierig, da es für die Emissionsberechnung der verschiedenen Herstellungsschritte unterschiedliche bzw. keine Standards gibt (Albert Schweitzer Stiftung 2016).

Während in der PHD pro Jahr ein Pro-Kopf-Verzehr von knapp 10,5 kg Geflügelfleisch und 5 kg Rotfleisch vorgesehen ist, empfiehlt die DGE je nach Energiebedarf einen jährlichen Fleischverzehr von 15,6 bis 31,2 kg pro Person (DGE 2022). Aktuell liegt der jährliche Konsum von Fleisch in Deutschland pro Kopf bei 57,3 kg pro Person. Dabei wird unterschieden zwischen 13,3 kg Geflügelfleisch, 42,6 kg Rotfleisch, wobei 9,8 kg des Rotfleisches auf Rindfleisch und 32,8 kg auf Schweinefleisch entfallen und 1,4 kg Innereien. Die prozentualen Anteile des Fleischverbrauchs liegen damit für Geflügelfleisch bei 23 %, für Rindfleisch bei 17 %, für Schweinefleisch bei 57 % und Innereien bei 3 %. Ohne Geflügel bedeutet das einen Verzehr von insgesamt 42,60 kg Rotfleisch/Kopf/Jahr (23 % Rind- und 77 % Schweinefleisch).

Der von der DGE empfohlene untere Wert für den Fleischverzehr pro Kopf (Bezeichnung DGE 1) liegt bei 15,6 kg/Jahr (300 g/Woche). Bei einer Beibehaltung der prozentualen Verteilung der aktuell konsumierten Fleischarten (23 % Geflügel-, 17 % Rind- und 57 % Schweinefleisch und 3 % Innereien) ergäbe sich somit ein Verzehr von 3,6 kg Geflügelfleisch, 2,7 kg Rindfleisch und 8,9 kg Schweinefleisch. In ihrer Studie ermittelten Dunkley und Dunkley (2013) die CO₂e pro Kilogramm verzehrfertigem Geflügelfleisch (6,90 kg CO₂e), Rindfleisch (27,00 kg CO₂e) und Schweinefleisch (12,10 kg CO₂e). Werden die empfohlenen Verzehrsmengen der DGE von 300 g/Woche in Kilogramm mit den CO₂e/kg verzehrfertigem Lebensmittel multipliziert, ergeben sich folgende Werte (s. Abb. 11): Geflügel: 24,84 kg CO₂e/Kopf/Jahr, Rind: 72,90 kg CO₂e/Kopf/Jahr und Schwein: 107,69 kg/Kopf/Jahr, das entspricht einem Gesamtergebnis von 205,43 kg CO₂e/Kopf/Jahr.

Diskussion

Die Berechnung hinsichtlich des von der DGE empfohlenen oberen Wertes für den jährlichen Fleischverzehr pro Kopf (DGE 2) erfolgt analog. Die empfohlene Fleischmenge von 31,2 kg/Kopf/Jahr (600 g/Woche) ist mit einer Verdopplung des Ausstoßes der Treibhausgase verbunden, sodass sich für den Verzehr der verschiedenen Fleischarten pro Kopf und Jahr die folgenden Emissionswerte ergeben: Geflügel: 49,68 kg CO₂e, Rind: 145,80 kg CO₂e und Schwein: 215,38 kg CO₂e (Abb. 11). Die daraus insgesamt resultierende THG-Emission beläuft sich auf 410,86 CO₂e/Kopf/Jahr.

Hinsichtlich der Empfehlung der PHD mussten unterschiedliche Berechnungen durchgeführt werden. Da bei dieser empfohlenen Ernährungsform zwischen Geflügelfleisch und Rotfleisch unterschieden wird, sich die Ökobilanz von Rind- und Schweinefleisch jedoch deutlich unterscheiden, wurden drei verschiedene Szenarien berechnet. Im ersten Szenario (PHD 1) wird davon ausgegangen, dass als Rotfleisch ausschließlich Rindfleisch verzehrt wird, im zweiten (PHD 2) erfolgt die Berechnung ausschließlich für Schweinefleisch und im dritten (PHD 3) werden die empfohlenen 5 kg Rotfleisch in Rind- und Schweinefleisch aufgeteilt, wobei eine Orientierung an dem 'Ist Verzehr 2020' in Deutschland verzehrten prozentualen Anteilen erfolgt. Alle drei Szenarien beinhalten die Empfehlung, jährlich 10,5 kg Geflügelfleisch pro Person zu konsumieren. Bei einem CO₂e von 6,90 kg/kg verzehrfertigem Lebensmittel impliziert dies bei 10,5 kg Geflügel eine Emission von 72,45 kg CO₂e/Jahr.

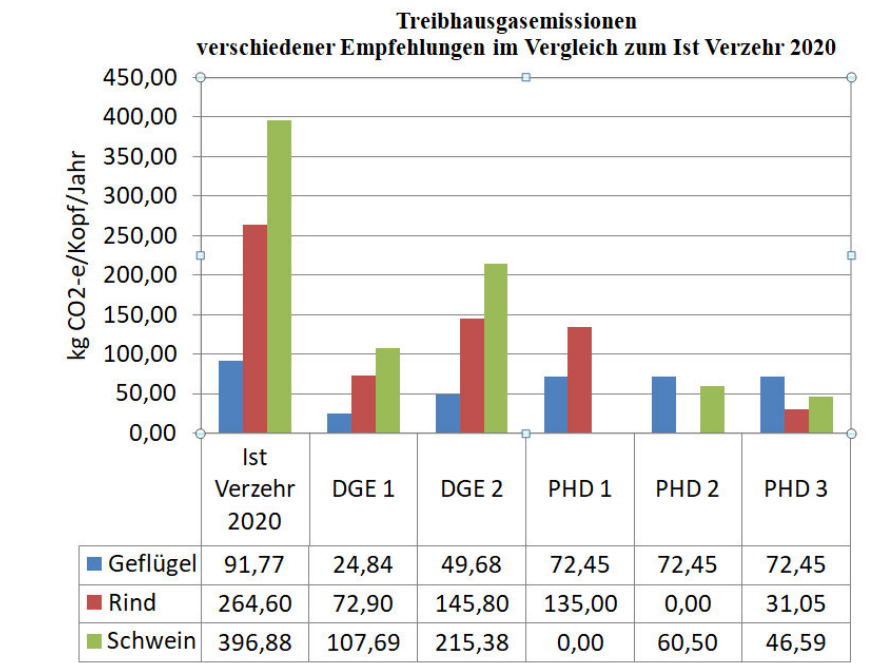


Abbildung 10: Vergleich der THG-Emissionen bei Umsetzung verschiedener Empfehlungen; eigene Darstellung

Diskussion

Bei PHD 1 und der Annahme, dass Rotfleisch ausschließlich in Form von Rind in Kombination mit Geflügelfleisch verzehrt wird, ergibt sich folgende Berechnung:

$$(5 \text{ kg Rindfleisch} \times 27,00 \text{ kgCO}_2\text{e}) + \text{Geflügel: } 72,42 \text{ kg CO}_2\text{e} = 207,45 \text{ kgCO}_2\text{e}.$$

PHD 2 sieht den Verzehr von Rotfleisch ausschließlich in Form von Schweinefleisch zusammen mit dem Konsum von Geflügelfleisch vor:

$$(5 \text{ kg Schweinefleisch} \times 12,10 \text{ kg CO}_2\text{e}) + \text{Geflügel: } 72,45 \text{ kg CO}_2\text{e} = 132,95 \text{ kg CO}_2\text{e}.$$

PHD 3 orientiert sich am prozentualen Fleischverzehr der Deutschen. Demnach müsste bei einer Empfehlung von 5 kg Rotfleisch davon ausgegangen werden, dass 1,15 kg Rindfleisch und 3,85 kg Schweinefleisch verzehrt werden. Zusammen mit den 10,5 kg Geflügelfleisch ergibt sich folgendes Ergebnis:

$$(1,15 \text{ kg Rindfleisch} \times 27,00 \text{ kg CO}_2\text{e}) + (3,85 \text{ kg Schweinefleisch} \times 12,10 \text{ kg CO}_2\text{e}) + \text{Geflügel: } 72,45 \text{ kg CO}_2\text{e} = 150,09 \text{ kg CO}_2\text{e}.$$

Folgende Berechnung ergibt sich bei Zugrundelegung des jährlichen Ist-Pro-Kopf-Verbrauchs von Fleisch in Deutschland im Jahr 2020 (vgl. Kapitel 3, Abb. 3):

$$(9,80 \text{ kg Rindfleisch} \times 27,00 \text{ kg CO}_2\text{e}) + (32,80 \text{ kg Schweinefleisch} \times 12,10 \text{ kg CO}_2\text{e}) + (13,30 \text{ kg Geflügel} \times 6,90 \text{ kg CO}_2\text{e}) = 753,25 \text{ kg CO}_2\text{e}.$$

Abgesehen von den Ist-Werten 2020 des jährlichen Pro-Kopf-Verbrauchs von 753,25 kg CO₂e/kg verzehrfertigem Fleisch, ergibt sich aus den Berechnungen der dargestellten Szenarien, dass die Empfehlung der DGE 2, pro Person wöchentlich 600 g Fleisch zu sich zu nehmen, mit 410,86 kg den höchsten Wert an CO₂e aufweist. Danach folgt die Empfehlung der DGE 1, pro Person wöchentlich 300 g Fleisch zu sich zu nehmen mit 205,43 kg CO₂e/Kopf/Jahr ähnlich der Empfehlung der PHD 1 (Geflügel und ausschließlich Rind) mit einem Wert von 204,45 kg CO₂e/Kopf/Jahr. Würden hingegen die Empfehlungen der PHD 3 (eine Kombination aus Geflügel, Rind und Schwein) und der PHD 2 (Geflügel und ausschließlich Schwein) befolgt, wäre die resultierende THG-Emission noch geringer (150,09 und 132,95 kg CO₂e).

Bei einer weiteren Vergleichsrechnung (s. Abb. 11) wurden die Veränderungen der THG-Emission je nach Zusammensetzung der Fleischarten für die verschiedenen Empfehlungen in Bezug auf den Ist-Verzehr 2020 in Deutschland dargestellt. Dafür wurde im ersten Schritt der Geflügelanteil mit dem Rotfleischanteil ausgetauscht und im zweiten Schritt nur mit den THG-Emissionen berechnet, wenn ausschließlich Geflügelfleisch gegessen werden würde. Die daraus resultierenden 13,30 kg Rotfleisch wurden in Anlehnung an den Ist-Verzehr 2020 prozentual aufgeteilt in 23 % Rind- und 77 % Schweinefleisch.

Diskussion

Austausch Geflügel/Rotfleisch: $(42,60 \text{ kg Geflügelfleisch} \times 6,90 \text{ kg CO}_2) + (3,10 \text{ kg Rindfleisch} \times 27,00 \text{ kg CO}_2e) + (10,20 \text{ kg Schweinefleisch} \times 12,10 \text{ kg CO}_2e) = 501,06 \text{ kg CO}_2e$.

Wenn der gesamte Fleischverzehr in Deutschland im Jahr 2020 ausschließlich aus Geflügelfleisch bestanden hätte, dann läge der CO_2e bei $385,71 \text{ kg CO}_2e$.

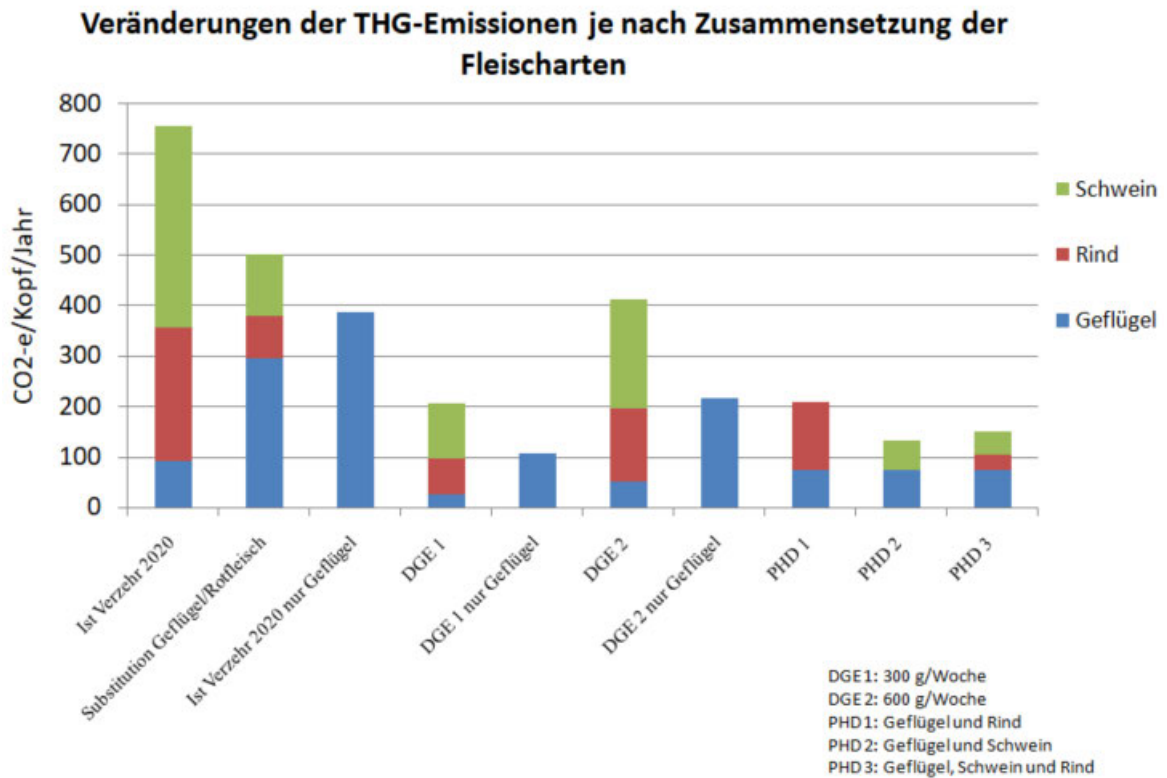


Abbildung 11: Veränderungen THG bei verschiedener Fleischartzusammensetzung eigene Darstellung

Im Anschluss wurden die THG-Emissionen der Empfehlungen der DGE mit den THG-Emissionen bei einem reinen Verzehr von Geflügelfleisch aufgezeigt. Die Empfehlungen mit 300 g/Kopf/Woche ergaben bei einem kompletten Verzehr nur mit Geflügelfleisch einen Wert von $107,64 \text{ kg CO}_2e$. Bei den Empfehlungen von 600 g/Kopf/Woche verdoppelten sich die CO_2e auf $215,28 \text{ kg}$. Dazu wurden im Vergleich die Empfehlungen der PHD mit aufgezeigt.

In der Abbildung 12 wird deutlich, wie sich die Ernährung mit unterschiedlichen Fleischarten am Beispiel der DGE Empfehlungen auf die Treibhausgas-Emission auswirkt. Es zeigt, dass der Verzehr von Geflügelfleisch einen wesentlich geringeren CO_2e aufweist als eine reine Ernährung mit ausschließlich Rind- oder Schweinefleisch.

Diskussion

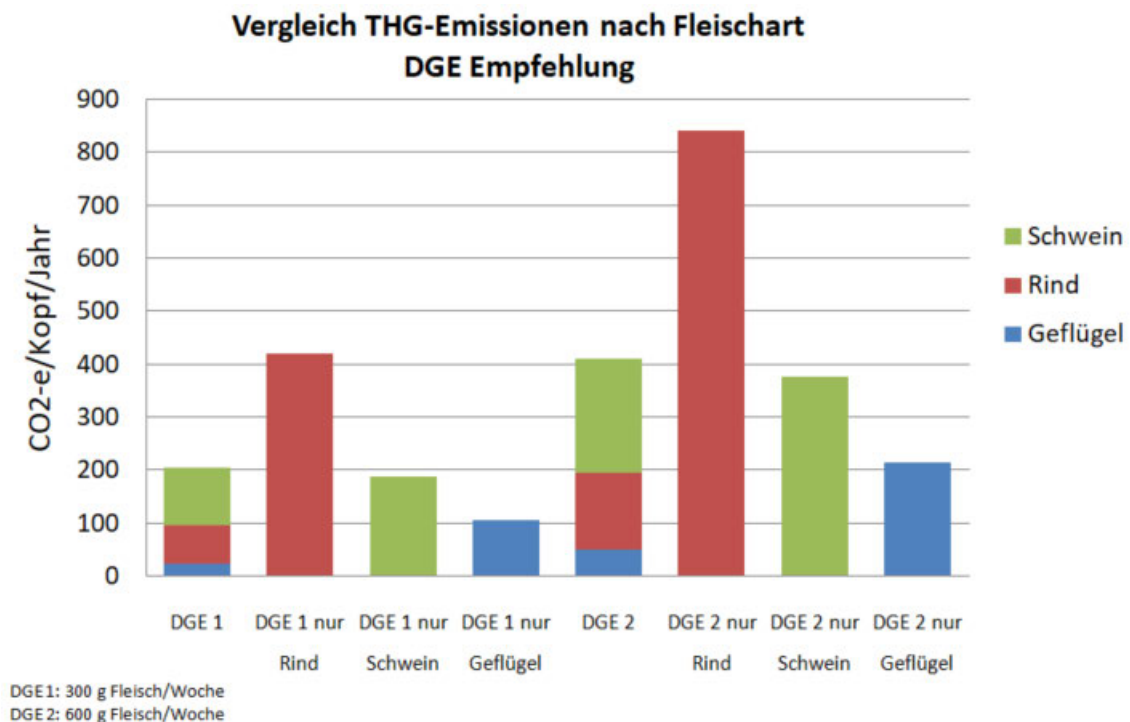


Abbildung 12: Aktuelle Empfehlung DGE im Vergleich beim Austausch der Fleischarten eigene Darstellung

Eine Schwierigkeit bei der Beantwortung der Forschungsfrage ergab sich aus der Problematik, dass die PHD keine Unterscheidung zwischen Rind- und Schweinefleisch vorsieht. Auch die in Deutschland empfohlenen Verzehrempfehlungen von Fleisch der DGE unterscheiden nicht zwischen den Fleischarten. Allerdings ergab sich aus der Literaturrecherche, dass die THG-Emissionen von Schweinefleisch zwischen den Werten von Rind- und Geflügelfleisch liegen. Somit kann nicht nur zwischen Rot- und Geflügelfleisch unterschieden werden, sondern es müssen die einzelnen Fleischarten betrachtet werden. Wird der aktuelle Verzehr in Deutschland mit den Empfehlungen der DGE und der PHD verglichen, zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Pro-Kopf-Verzehr sowohl mengenmäßig als auch beim Ausstoß der THG-Emissionen (s. Abb. 11).

Bei der Auswirkung auf die Treibhausgas-Emissionen kann festgestellt werden, dass eine Reduktion des Rotfleischkonsums zu Gunsten von Geflügelfleisch eine positive Auswirkung auf die Treibhausgas-Emission hat. Eine generelle Umstellung der Ernährung auf weniger Fleischkonsum und die Substitution des Verzehrs von Rotfleisch durch Geflügelfleisch kann ein Aspekt sein, der Klimaveränderung entgegenzuwirken.

7.2 Diskussion der Methodik

Der durchgeführten systematischen Literaturrecherche lag ein methodisches Vorgehen zugrunde. Mithilfe der Suchbegriffe konnten in wissenschaftlichen Datenbanken Publikationen gefunden werden, die zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen werden können. Der begrenzte Umfang der Arbeit, ein vorgegebenes Zeitfenster und die damit verbundene Notwendigkeit zur

Fazit

Minimierung der Suchbegriffe schränkten die Trefferquote ein. Möglicherweise wurden Studien mit inhaltlicher Relevanz nicht gefunden. Da keine weiteren Personen in die Bearbeitung der Forschungsfrage einbezogen wurden und die Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien sowie die Auswahl der zur Beantwortung der Forschungsfrage heranzuziehenden Suchergebnisse nach subjektivem Ermessen des Autors erfolgte, könnte es zu einem Ausschluss von relevanter Literatur oder zur Verzerrung der Ergebnisse gekommen sein.

Anhand der ausgewählten Suchergebnisse wurden die Hintergrundinformationen erarbeitet. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass weitere Suchbegriffe oder andere Suchstrategien eine größere Anzahl an relevanten Suchergebnissen erbracht hätten. Des Weiteren könnte der einschränkte Zugang des Autors zu Literatur dazu geführt haben, dass möglicherweise relevante Veröffentlichungen nicht berücksichtigt werden konnten.

Auch die sprachliche Einschränkung war im Hinblick auf die wissenschaftliche Erarbeitung entscheidend. Um sprachliche Missverständnisse auszuschließen, wurde lediglich englische Literatur eingeschlossen. Mithilfe der detaillierten Beschreibung des Suchprozesses sollte die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des methodischen Vorgehens sichergestellt werden. Der Autor stand zu keiner Zeit in Interessenkonflikten.

8 Fazit

Diese Bachelorarbeit hat die Untersuchung der Auswirkungen einer Rotfleischreduktion zugunsten von Geflügelfleisch auf die THG-Emission zum Ziel. Hierfür wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um Studien der letzten zehn Jahre zu finden, die sich mit diesem Thema auseinandersetzen. Insgesamt wurden sechs passende Studien identifiziert. Der Vergleich der Studien zeigt, dass verschiedene Tierarten unterschiedlich große Mengen an Treibhausgasen emittieren. Als wesentliche Erkenntnis dieser Arbeit lässt sich herausstellen, dass pro kg verzehrfertigem Fleisch Rinder etwas mehr als doppelt soviel Treibhausgase emittieren wie Schweine, auch wenn beide Tierarten zur Klasse des Rotfleischs zählen.

Mit der vorliegenden Arbeit konnte aufgezeigt werden, dass es in Zukunft unumgänglich sein wird, den Fleischkonsum pro Kopf deutlich zu reduzieren, um den mit der Fleischproduktion verbundenen klimaschädlichen Einflüssen entgegenzuwirken. Wie die Arbeit zeigt, haben die Art und die Menge des verzehrten Fleisches eine Auswirkung auf die THG-Emission. Die Empfehlung der PHD, den Rotfleischanteil zu reduzieren und gleichzeitig den Geflügelfleischverzehr zu erhöhen, impliziert auch eine allgemeine Fleischreduktion. Im Hinblick auf die Forschungsfrage bestand das Ziel darin, herauszufinden, ob eine Rotfleischreduktion zu Gunsten von Geflügelfleisch eine Auswirkung auf die THG-Emission zeitigt. Dazu lässt sich abschließend

Fazit

feststellen, dass es eine günstige Auswirkung auf die THG-Emissionen hat, wenn der Verzehr von Rotfleisch, insbesondere Rind, durch den Verzehr von Geflügelfleisch substituiert wird.

Für die zukünftige Forschung könnten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um zu ermitteln, welchen Einfluss ein höherer Geflügelfleischverzehr auf die Landwirtschaft, das Tierwohl und auf die gesundheitlichen Aspekte der Menschen hätte.

Weiterhin ist es von großer Bedeutung, die Datengrundlage für die Berechnungen der Emissionswerte bei der Lebensmittelproduktion zu standardisieren, um einen weltweiten Vergleich der THG möglich zu machen.

Literaturverzeichnis

Albert Schweitzer Stiftung (2016): Das steckt hinter einem Kilogramm Rindfleisch • Albert Schweitzer Stiftung. Online verfügbar unter <https://albert-schweitzer-stiftung.de/aktuell/1-kg-rindfleisch>, zuletzt aktualisiert am 10.02.2017, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

Astleithner, Florentina (2007): Fleischkonsum als Kriterium für nachhaltige Ernährungspraktiken. Sozio-kulturelle Aspekte des Fleischkonsums. In: Karl-Michael Brunner, Sonja Geyer, Marie Jelenko, Walpurga Weiss und Florentina Astleithner (Hg.): Ernährungsalltag im Wandel. Chancen für Nachhaltigkeit. Wien: Springer, S. 150–151.

Baltierra-Trejo, Eduardo; Arroyo-Pitacua, Alejandra; Márquez-Benavides, Liliana (2017): Energy analysis and CO₂ eq emissions of chicken meat production. In: *Ecosist. Recur. Agropec.* 4 (12), S. 571. DOI: 10.19136/era.a4n12.1093.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2022): Treibhausgase. Treibhausgase: Entstehung und Wirkung - LfU Bayern. Online verfügbar unter <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimaschutz/treibhausgase/index.htm>, zuletzt aktualisiert am 28.04.2022, zuletzt geprüft am 28.04.2022.

Bhat, Zuhaib Fayaz; Fayaz, Hina (2011): Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives. In: *J Food Sci Technol* 48 (2), S. 125–140. DOI: 10.1007/s13197-010-0198-7.

Biesalski, Hans-Konrad; Grimm, Peter; Nowitzki-Grimm, Susanne (2020): Taschenatlas Ernährung. 8., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

BLE (2020): Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. Soja - Nahrungsmittel für Tier und Mensch. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/soja-nahrungsmittel-fuer-tier-und-mensch/>, zuletzt aktualisiert am 28.04.2022, zuletzt geprüft am 28.04.2022.

Blümle, A.; Sow, Dorothea; Nothacker, Monika; Schaefer, Corinna; Motschall, E.; Boeker, Martin et al. (2019): Manual systematische Recherche für Evidenzsynthesen und Leitlinien, zuletzt geprüft am 01.05.2022.

BMUV (o. J.): Was ist der "CO₂ Fußabdruck/Product Carbon Footprint"? - BMUV-FAQ. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Online verfügbar unter <https://www.bmuv.de/faq/was-ist-der-co2-fussabdruck-product-carbon-footprint>, zuletzt aktualisiert am 16.02.2022, zuletzt geprüft am 16.02.2022.

Boontiam, Waewaree; Shin, Yongjin; Choi, Hong Lim; Kumari, Priyanka (2016): Assessment of the Contribution of Poultry and Pig Production to Greenhouse Gas Emissions in South Korea Over

the Last 10 Years (2005 through 2014). In: *Asian-Australasian journal of animal sciences* 29 (12), S. 1805–1811. DOI: 10.5713/ajas.15.0796.

Broucek, Jan (2014): Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review. In: *JEP* 05 (15), S. 1482–1493. DOI: 10.4236/jep.2014.515141.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2022a): Pressemitteilungen - 57,3 Kilogramm Fleisch pro Person: Verzehr sinkt weiter. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/210322_Fleisch.html, zuletzt aktualisiert am 03.02.2022, zuletzt geprüft am 03.02.2022.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2022b): Bundesinformationszentrum Landwirtschaft - BZL -. Wie viel Fleisch essen die Deutschen pro Jahr? Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Informationsgrafiken/201008_Fleischkonsum.html, zuletzt aktualisiert am 14.02.2022, zuletzt geprüft am 14.02.2022.

Bundeszentrum für Ernährung (2022): Planetary Health Diet: Speiseplan für eine gesunde und nachhaltige Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.bzfe.de/nachhaltiger-konsum/lagern-kochen-essen-teilen/planetary-health-diet/>, zuletzt aktualisiert am 16.03.2022, zuletzt geprüft am 16.03.2022.

Bundeszentrum für Landwirtschaft und Ernährung (2019): Bundeszentrum für Ernährung - Mein Essen - Unser Klima. Einfache Tipps zum Klimaschutz, zuletzt geprüft am 28.04.2022.

Bush, Martin J. (2020): *Climate change and renewable energy. How to end the climate crisis.* Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan (Springer eBooks).

CML 2 Baseline Method (2015). In: *Everything about solar energy*, 03.11.2015. Online verfügbar unter <http://energyprofessionalsymposium.com/?p=32781>, zuletzt geprüft am 10.05.2022.

DGE (2019): Vollwertige Ernährung nach den Empfehlungen der DGE ist auch ökologisch nachhaltig. Hg. v. DGE Info. Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/fm/dgeinfo/DGEinfo-06-2019-Vollwertige-Ernaehrung.pdf>.

DGE (2022): 10 Regeln der DGE. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/>, zuletzt aktualisiert am 19.05.2022, zuletzt geprüft am 19.05.2022.

Dunkley, C. S.; Dunkley, K. D. (2013): *greenhouse-gas-emissions-from-livestock-poultry.* REVIEW, zuletzt geprüft am 11.05.2022.

FAO (2022a): FAOSTAT. Crops and livestock products. Hg. v. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online verfügbar unter <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>, zuletzt aktualisiert am 2022, zuletzt geprüft am 14.03.2022.

FAO (2022b): News Article: Key facts and findings. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Hg. v. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online verfügbar unter <https://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/>, zuletzt aktualisiert am 16.03.2022, zuletzt geprüft am 16.03.2022.

FAO (2022c): OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. Hg. v. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_19428846-en, zuletzt aktualisiert am 21.03.2022, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Fleischatlas (2021): Fleischatlas. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Gerber, Pierre J.; Steinfeld, Henning; Henderson, Benjamin; Mottet, Anne; Opio, Carolyn (2013): Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf>.

Hüging, Hanna (2022): Wetter, Klima und Klimawandel. Was unser Klima heute und in der Vergangenheit beeinflusst. In: *Bundeszentrale für politische Bildung*, 21.01.2022. Online verfügbar unter <https://www.bpb.de/themen/klimawandel/dossier-klimawandel/38427/wetter-klima-und-klimawandel/>, zuletzt geprüft am 18.03.2022.

Institute for Agriculture and Trade Policy (2018): Emissions impossible. How big meat and dairy are heating up the planet. Hg. v. GRAIN. Online verfügbar unter <https://www.iatp.org/emissions-impossible>, zuletzt aktualisiert am 02.03.2022, zuletzt geprüft am 02.03.2022.

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Hg. v. Intergovernmental Panel on Climate Change. Online verfügbar unter <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>, zuletzt aktualisiert am 20.05.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2022.

IPCC (2007): Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Unter Mitarbeit von Piers Forster und Venkatachalam Ramaswamy. In: Susan Solomon (Hg.): *The physical science basis*. Cambridge: Cambridge Univ. Press (Climate change 2007, Working Group 1), S. 129–234.

- Jungbluth, Thomas; Büscher, Wolfgang; Krause, Monika (2017): Technik Tierhaltung. 2., vollständig überarb. und erw. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (utb-studi-e-book, 2641).
- Kalhor, Talayeh; Rajabipour, Ali; Akram, Asadollah; Sharifi, Mohammad (2016): Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. In: *Information Processing in Agriculture* 3 (4), S. 262–271. DOI: 10.1016/j.inpa.2016.10.002.
- Kharas, Homi (2010): OECD Development Centre. The emerging middle class in developing countries. Working Paper No 285. Hg. v. OECD. Online verfügbar unter <https://www.oecd.org/dev/44457738.pdf>, zuletzt geprüft am 21.03.2022.
- Lehtonen, Heikki Sakari; Irz, Xavier (2013): Impacts of reducing red meat consumption on agricultural production in Finland: Scientific Agricultural Society of Finland. Online verfügbar unter <https://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=baseid:ftdoajarticles:oai:doaj.org/article:3099dee30def4453a4e8c6dcbb9d7d91>.
- Maschkowski, Gesa (2020): Planetary Health Diet. Herausforderung und Chance für eine nachhaltige Transformation unseres Ernährungssystems. In: *Ernährung im Fokus* (01), S. 14–21.
- Mennell, Stephen (1988): Die Kultivierung des Appetits. Die Geschichte des Essens vom Mittelalter bis heute. Dt. Erstaussg. Frankfurt am Main: Athenäum.
- Moher, David; Liberati, Alessandro; Tetzlaff, Jennifer; Altman, Douglas G. (2009): Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. In: *PLoS medicine* 6 (7), e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- Nordhausen, Thomas; Hirt, Julian (2020): Manual zur Literaturrecherche in Fachdatenbanken. RefHunter. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg & OST (ehemals FHS St. Gallen). Halle (Saale). Online verfügbar unter https://refhunter.eu/files/2020/11/Manual_Version_5.0.pdf, zuletzt aktualisiert am 04.04.2022, zuletzt geprüft am 04.04.2022.
- Ranke, Ulrich (2019): Klima und Umweltpolitik. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. Online verfügbar unter <http://www.springer.com/>.
- Rempe, Christina (2020): Bewusst essen und die Erde retten: Geht das? -Das geht! BMEL-Nachhaltigkeitskonferenz 2019 in Berlin. In: *Ernährung im Fokus* (1), S. 6–7.
- Rimbach, Gerald; Nagursky, Jennifer; Erbersdobler, Helmut F. (2015): Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Spektrum (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://www.blickinsbuch.de/item/fac9396722747a7fa0b2047f1a3eed29>.
- Trummer, Manuel (2015): Die kulturellen Schranken des Gewissens – Fleischkonsum zwischen Tradition, Lebensstil und Ernährungswissen. In: Gunther Hirschfelder, Angelika Ploeger, Jana

Rückert-John und Gesa Schönberger (Hg.): Was der Mensch essen darf. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 63–79.

Umweltbundesamt (2018): Umwelt und Landwirtschaft. Daten zur Umwelt. Für Mensch und Umwelt. Unter Mitarbeit von Corinna Baumgarten, Michael Bilharz, Ulrike Döring, Andreas Eisold, Barbara Friedrich, Tobias Frische et al. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uba_dzu2018_umwelt_und_landwirtschaft_web_bf_v7.pdf, zuletzt aktualisiert am Februar 2018, zuletzt geprüft am 02.03.2022.

Umweltbundesamt (2021): Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>, zuletzt aktualisiert am 21.03.2022, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Umweltbundesamt (2022a): Ernährung der Deutschen belastet das Klima. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/ernaehrung-der-deutschen-belastet-das-klima?msckid=264e8245ba8211ecbdb4f9f6393fd8ce>, zuletzt aktualisiert am 12.04.2022, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

Umweltbundesamt (2022b): Übereinkommen von Paris. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/uebereinkommen-von-paris#ziele-des-ubereinkommens-von-paris-uvp>, zuletzt aktualisiert am 27.04.2022, zuletzt geprüft am 27.04.2022.

Umweltbundesamt Österreich (2022): Treibhausgase. Umweltbundesamt Wien. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase>, zuletzt aktualisiert am 28.02.2022, zuletzt geprüft am 28.02.2022.

United Nations (2017): World Population Prospects. The 2017 revision, key findings and advance tables working Paper No. ESA/P/WP/248. Hg. v. Department of Economic and Social Affairs. Online verfügbar unter https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf, zuletzt geprüft am 16.03.2022.

V. Singh; A. Rastogi; N. Nautiyal; V. Negi (2017): Livestock and climate change: The key actors and the sufferers of global warming (87).

Wackernagel, Mathis; Rees, William E. (1996): Our ecological footprint. Reducing human impact on the earth. Gabriola Island, BC: New Society Publ (The new catalyst bioregional series, 9).

Willett, Walter; Rockström, Johan; Loken, Brent; Springmann, Marco; Lang, Tim; Vermeulen, Sonja et al. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from

sustainable food systems. In: *The Lancet* 393 (10170), S. 447–492. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.

Wühle, Michael (2020): *Nachhaltigkeit einfach praktisch! Oh je, Herr Carlowitz*. 3rd ed. 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint Springer (Springer eBook Collection).

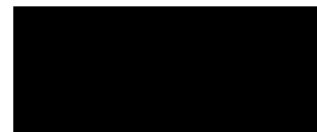
ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften (2022): LIVIVO-Suchportal. Online verfügbar unter <https://www.zbmed.de/recherchieren/livivo/?msclid=24025e4aceb211ecae7b75c3debd51cf>, zuletzt aktualisiert am 08.05.2022, zuletzt geprüft am 08.05.2022.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, 25.05.2022

Ort, Datum



Unterschrift