

Justus-Liebig-Universität Gießen

Fachbereich 09

Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement

Institut für Ernährungswissenschaften

Bachelorarbeit

Einfluss einer Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte auf drei Dimensionen der Ernährung

gestellt von: Frau Dr. Martina Metz

Zweitprüfer: Prof. Dr. Gunter P. Eckert

eingereicht von: Kenia Maria Prüß

Gießen, den 15.10.2018

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Verzeichnis der Abbildungen | IV |
| Verzeichnis der Tabellen | V |
| Verzeichnis der Abkürzungen | VI |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Begriffsdefinition und wissenschaftlicher Hintergrund | 2 |
| 2.1 Ernährungsökologie und die Dimensionen | 3 |
| 2.1.1 Umwelt..... | 4 |
| 2.1.2 Gesundheit..... | 5 |
| 2.1.3 Wirtschaft..... | 6 |
| 2.2 Hülsenfrüchte | 7 |
| 2.3 Rindfleisch | 10 |
| 3 Methodisches Vorgehen | 11 |
| 3.1 Auswahl der Vergleichsaspekte | 11 |
| 3.2 Literaturrecherche | 12 |
| 4 Ergebnisse | 13 |
| 4.1 Dimension Umwelt | 13 |
| 4.2 Dimension Gesundheit | 21 |
| 4.3 Dimension Wirtschaft | 23 |
| 5 Diskussion | 24 |
| 5.1 Vergleichsaspekte Umwelt..... | 25 |
| 5.1.1 Produktspezifische THG-Emissionen | 26 |
| 5.1.2 Landnutzung..... | 27 |
| 5.1.3 Beeinflussende Faktoren | 28 |
| 5.2 Vergleichsaspekte Gesundheit | 29 |
| 5.2.1 Geschmack und Sättigung..... | 29 |
| 5.2.2 Gewichtszunahme | 30 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.2.3 | Reduktion BMI und Risiko Diabetes mellitus Typ 2 | 30 |
| 5.3 | Vergleichsaspekt Wirtschaft | 31 |
| 5.4 | Exkurs: Kulturelle und gesellschaftliche Auswirkungen | 33 |
| 5.4.1 | Relevanz der vegetarischen Ernährung für die Weltbevölkerung..... | 34 |
| 5.4.2 | Auswirkungen auf die globalen, ernährungsabhängigen Krankheiten..... | 34 |
| 5.4.3 | Sekundäre Folgen der Umweltauswirkungen | 35 |
| 5.5 | Limitationen dieser Arbeit | 35 |
| 6 | Schlussfolgerung / Fazit | 35 |
| 7 | Zusammenfassung (Summary) | 38 |
| | Literaturverzeichnis | 42 |
| | Anhang | 49 |
| | Erklärung zum eigenständigen Verfassen der Arbeit | 50 |

Verzeichnis der Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Verbrauch von Hülsenfrüchten und Rindfleisch in kg pro Einwohner und Jahr (modifizierte Darstellung aus den Daten des BMEL 2018)..... | 9 |
| Abb. 2: Schematische Darstellung der In- und Outputs, die benötigt werden, um ein kg gekochtes, essbares Protein aus Kidneybohnen herzustellen (Sabaté et al. 2014)..... | 16 |
| Abb. 3: Schematische Darstellung der In- und Outputs, die benötigt werden, um ein kg gekochtes, essbares Protein aus Rindfleisch herzustellen (Sabaté et al. 2014)..... | 16 |
| Abb. 4: Änderungen der Oberflächentemperatur, des Meeresspiegels, Treibhausgaskonzentrationen und anthropogene CO ₂ -Emissionen von 1850 bis ca. 2010 (IPCC 2014)..... | 49 |

Verzeichnis der Tabellen

| | |
|---|----|
| Tab. 1: Proteingehalte von 100 g Hülsenfrüchten (modifizierter Auszug nach Heseker und Heseker 2016) | 8 |
| Tab. 2: Proteingehalt von 100 g verzehrfertigem Rind (modifizierter Auszug nach Heseker und Heseker 2016) | 10 |
| Tab. 3: Ressourceneffizienz von Rindfleisch und getrockneten Bohnen (modifizierter Auszug von Marlow et al. 2014)..... | 15 |
| Tab. 4: Ressourceneinsatz bei der Herstellung von Kidneybohnen und Rindfleisch (modifizierter Auszug von Sabaté et al. 2014)..... | 17 |
| Tab. 5: Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen von Sojabohnen, grünen Bohnen und Rindfleisch (modifizierter Auszug von Carlsson-Kanyama und González 2009). | 18 |
| Tab. 6: Zusammenfassung der produktspezifischen THG-Emissionen in g CO ₂ -Äquivalente pro kg Produkt der oben beschriebenen Studien (eigene Darstellung)..... | 20 |
| Tab. 7: Ressourceneinsatz für die Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte von drei Studien, einschließlich der berechneten Substitutionsfaktoren (SF; eigene Darstellung) | 20 |
| Tab. 8: Wirtschaftlicher Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrüchten (eigene Darstellung nach Heseker und Heseker 2016, AMI 2018 und USDA 2018; FM Frischmasse)..... | 23 |
| Tab. 9: Umweltindikator und Substitutionsfaktoren des Vergleichs von Rindfleisch und Hülsenfrüchten (eigene Darstellung nach Tab. 6 und 7; Datengrundlagen Reijnders und Soret 2003, Peters et al. 2007, Fritsche und Eberle 2007, Carlsson-Kanyama und González 2009, Osterburg et al. 2009, Sabaté et al. 2014, Marlow et al. 2014 und Harwatt et al. 2017) | 26 |
| Tab. 10: Errechnung der Kosten pro Tag, wenn nur Protein aus Rindfleisch bzw. Bohnen verzehrt wird (eigene Darstellung nach Biesalski et al. 2015, Heseker und Heseker 2016, AMI 2018, DGE 2018 und USDA 2018) | 32 |

Verzeichnis der Abkürzungen

| | |
|-----------------------|--|
| ApoB | Apolipoprotein B |
| BMI | Body Mass Index |
| Ca | Calcium |
| CH₄ | Methan |
| CO₂ | Kohlendioxid |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| Fe | Eisen |
| FM | Frischmasse |
| GWP | Globales Erwärmungspotential (Global Warming Potential) |
| K | Kalium |
| LCIA | Life Cycle Impact Assessment |
| LDL | Low-density-Lipoprotein |
| Mg | Magnesium |
| N | Stickstoff |
| N₂O | Lachgas |
| NH₃ | Ammoniak |
| Non-HDL | Non-high-Density-Lipoprotein |
| OECD | Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung |
| SF | Substitutionsfaktor (Ressourceneinsatz Rindfleisch / Ressourceneinsatz Hülsenfrucht) |
| THG / GHG | Treibhausgase / Greenhousegases |
| WHO | World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation) |
| Zn | Zink |

1 Einleitung

Ein Grundsatz der Vollwert-Ernährung nach Claus Leitzmann und anderen Wissenschaftlern ist, dass bevorzugt pflanzliche Nahrungsmittel für eine gesundheits-, sozial- und umweltverträgliche Ernährung verzehrt werden sollen (Koerber et al. 2004). Welchen Einfluss kann die Substitution eines Lebensmittels auf die Lösung von Umweltproblemen haben? Und hätte diese Substitution Nachteile für uns Menschen?

Der Klimawandel ist ein Schwerpunkt der aktuellen Umweltpolitik. Daher konzentriert sich die Umweltforschung auf die Erhebung der Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) ausgedrückt in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂) (IPCC 1992). Wichtige Treibhausgase sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Für den Vergleich der Klimarelevanz von Lebensmitteln werden die g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt berechnet. Um eine signifikante Reduktion der THG-Emissionen zu erreichen, ist eine Zuordnung in verschiedene Handlungsfelder der Menschen sinnvoll (Osterburg et al. 2009). Die Tierhaltung ist für 18 % der gesamten THG-Emissionen verantwortlich (FAO 2006). Sie ist mit etwa 35 - 40 % an den CH₄-Emissionen beteiligt und mit 65 % an den globalen N₂O-Emissionen (FAO 2006). Die meisten Emissionen fallen in der Produktion an (Harwatt et al. 2017). Die Produktion von Rindfleisch hat mit ca. 13.000 g CO₂-Äquivalenten pro kg Produkt, verglichen mit Schweinefleisch (3.000 g CO₂-Äquivalenten pro kg) und Geflügel (3.500 g CO₂-Äquivalenten pro kg), eine sehr viel höhere Klimawirkung (Fritsche und Eberle 2007). Zusätzlich fallen global gesehen 70 % der Wasserentnahmen auf die Landwirtschaft (FAOstat 2018). Ebenfalls gehört der Sektor Landwirtschaft zu dem mit dem meisten Energieverbrauch (IEA 2017). Insgesamt wird etwa 60 % der EU-Getreideproduktion für das Futter der Tiere verwendet. Die Menge der in der EU eingesetzten Futtermittel beträgt rund 490 Millionen Tonnen (Stand 2005). Das bedeutet, dass etwa eine Tonne Tierfutter pro Jahr für einen EU-Bürger verbraucht wird. Das entspricht etwa drei Kilogramm pro Tag (Westhoek et al. 2011).

Könnte der Verzicht von Fleisch somit signifikante Auswirkungen auf die THG-Emissionen und auf den Klimawandel haben?

Um die Frage zu klären, wie die THG-Emissionen der menschlichen Ernährung gesenkt werden können, wird in dieser Arbeit ein treibhausintensives Produkt Rindfleisch mit einem weniger ressourcenintensiven Nahrungsmittel verglichen. Als geeigneter Substituent werden Hülsenfrüchte gewählt, da die Proteinmenge dieser mit Rindfleisch vergleichbar ist.

Rindfleisch hat 8 - 32 g Protein pro 100 g Lebensmittel und Hülsenfrüchte 3 - 35 g Protein pro 100 g Lebensmittel (Heseker und Heseker 2016). Somit ergibt sich für diese Arbeit folgende leitende Forschungsfrage:

Welchen Einfluss hat die Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte auf die Dimensionen Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft?

Die vorliegende Bachelorarbeit ist eine Literaturrecherche. Fokussiert wird in dieser Arbeit die ökologische Dimension betrachtet. Ebenso werden gesundheitliche und ökonomische Aspekte einbezogen. Die Auswirkungen auf die Gesellschaft und die Kultur sind in einem Exkurs abgehandelt.

In Kapitel zwei werden zuerst die wissenschaftlichen Hintergründe der Ernährungsökologie erläutert. Für die Dimensionen Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft sind aktuelle Themen herausgegriffen, welche die Relevanz dieser Arbeit verdeutlichen. Im Methodenteil werden für die Dimensionen Gesundheit und Wirtschaft sogenannte „Vergleichsaspekte“ und in der Dimension Umwelt „Umweltindikatoren“ eingeführt. Die Literaturrecherche wird genau beschrieben. Es werden die Ergebnisse der Studien vorgestellt und anschließend diskutiert.

Um auf das Konzept der Ernährungsökologie einzugehen, gibt es einen Exkurs, der die möglichen gesellschaftlichen Auswirkungen dieser Substitution beschreibt (s. Kap. 5.4). Die Limitationen in dieser Arbeit werden genannt. Im Kapitel der Schlussfolgerungen sind Empfehlungen für zukünftige Studien und Handlungsempfehlungen vorgeschlagen, angelehnt an die Grundsätze der Vollwert-Ernährung.

Der durch die Vollwert-Ernährung beschriebene Vorteil von pflanzlichen Lebensmitteln für die menschliche Ernährung soll durch diese Arbeit mit aktueller Literatur diskutiert werden und so den Verbraucher motivieren, auf Fleisch zu verzichten.

2 Begriffsdefinition und wissenschaftlicher Hintergrund

Im Folgenden wird das Wissenschaftsgebiet der Ernährungsökologie erklärt. Es wird erläutert, was unter den vier Dimensionen verstanden werden soll. Die zwei Nahrungsmittel Hülsenfrüchte und Rindfleisch, welche als Substituenten dieser Arbeit herangezogen worden sind, werden beschrieben und begründet, warum genau diese für eine Substitution in der Ernährungsweise gewählt worden sind.

2.1 Ernährungsökologie und die Dimensionen

Die Ernährungsökologie ist die Wissenschaft, die sich mit der Komplexität und Mehrdimensionalität der Ernährung befasst (Schneider et al. 2012). Eine studentische Initiative an der Universität Gießen begründete Ende der 1980er Jahre diesen Teil der Wissenschaft. Claus Leitzmann prägte diesen Begriff und definiert die Ernährungsökologie wie folgt: „Ernährungsökologie ist ein interdisziplinäres Wissenschaftsgebiet, das die komplexen Beziehungen innerhalb des gesamten Ernährungssystems untersucht und bewertet. [...] Ziel der Ernährungsökologie ist, wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse über die vernetzten gesundheitlichen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Bedingungen und Auswirkungen des Umgangs mit Lebensmitteln zu gewinnen.“ (Koerber et al. 2004). Die **Vollwert-Ernährung** ist die praktische Anwendung der Ernährungsökologie. Sie beschreibt eine Ernährungsweise, die gleichermaßen gesundheits-, umwelt-, wirtschafts- und sozialverträglich ist. Die wesentlichen Ziele sind eine hohe Lebensqualität, insbesondere Gesundheit, zu erlangen, die Umwelt zu schonen, faire Wirtschaftsbeziehungen aufzubauen und für eine soziale Gerechtigkeit zu sorgen (Koerber et al. 2004). Praktisch angewendet kann die Vollwert-Ernährung wie folgt definiert werden (Sieben Grundsätze der Vollwert-Ernährung nach Koerber et al. 2004):

- überwiegend pflanzliche Ernährungsweise mit gering verarbeiteten Lebensmitteln
- gesundheitlich wertvolle, frische Lebensmittel
- geringe Mengen an Fleisch, Fisch und Eiern
- bevorzugt unerhitzte Kost
- Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft, regionale und saisonale Produkte werden bevorzugt
- umweltfreundlich verpackte Produkte
- fair gehandelte Produkte

Das Konzept der Ernährungsökologie entspricht dem Konzept der Nachhaltigkeit, welches 1992 auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro entwickelt worden ist. Nachhaltigkeit bzw. „Sustainable Development“ ist „eine Entwicklung, in der die Bedürfnisse heutiger Generationen befriedigt werden sollen, ohne die Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden.“ (BUND und Misereor 1997).

Viele Probleme in den Bereichen der Wirtschaft, Gesundheit, Gesellschaft, Ökologie und Ökonomie, wie z. B. Armut, Hunger und Klimawandel haben unterschiedliche

Wechselwirkungen und Vernetzungen untereinander. Die Auswirkungen hängen so miteinander in Beziehung, dass es unmöglich ist nur einen Aspekt zu verändern ohne dabei einen Einfluss in den anderen Dimensionen zur Folge zu haben. Dies erinnert an einen Zauberwürfel aus den 1980er Jahren, bei dem bei jeder einzelnen Drehung insgesamt 21 Felder bewegt werden (Schneider et al. 2012).

2.1.1 Umwelt

Die Dimension Umwelt beschäftigt sich mit der heutigen Umweltsituation. Eine wichtige Umweltveränderung betrifft den Klimawandel, infolge der steigenden Treibhausgas-konzentrationen von Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Folgen, die dem Klimawandel zugeordnet werden können, sind z. B. lokale Unwetter, Überschwemmungen, Dürren, Meeresspiegeländerungen, Wald- und Flächenbrände. Auch Veränderungen der Meeresökosysteme, der Nahrungsmittelproduktionen, der Existenzgrundlagen, Effekte auf die Gesundheit der Menschen und Einflüsse auf die Wirtschaft werden auf den Klimawandel zurückgeführt. Zum Beispiel haben sich die Land- und Ozeanoberflächentemperatur über den Zeitraum 1880 bis 2012 um $0,85\text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt. Die Ursachen für die Klimaveränderungen sind vor allem anthropogene (vom Menschen verursacht) Emissionen (s. Anhang; IPCC 2014).

Als wichtiger Umweltindikator für eine Bewertung der THG werden in dieser Arbeit die **Kohlendioxidemissionen** (ausgedrückt in CO_2 -Äquivalenten) betrachtet. Wichtige THG sind CO_2 , CH_4 und N_2O . Diese Gase tragen unterschiedlich stark zum Treibhauseffekt bei und verweilen unterschiedlich lange in der Atmosphäre. Um diese Werte miteinander vergleichen zu können, wird das „Globale Erwärmungspotential“ (Global Warming Potential, GWP) definiert. Dieser Index drückt aus, welche Erwärmungswirkung ein bestimmtes Gas in einer bestimmten Menge über einen definierten Zeitraum (meist 100 Jahre) im Vergleich zu CO_2 besitzt. CH_4 hat z. B. eine 28 mal und N_2O eine 300 mal größere Wirkung als CO_2 . THG-Emissionen können so in CO_2 -Äquivalenten umgerechnet werden, um sie vergleichbar zu machen (IPCC 2014). Es werden deshalb die Wirkung der unterschiedlichen THG in g CO_2 -Äquivalenten pro kg Produkt ausgedrückt, um die Klimawirksamkeit einzelner Lebensmittel miteinander vergleichen zu können.

Laut einer Studie der FAO (2006) werden 18 % der THG-Emissionen durch die Tierhaltung verursacht. Die Emissionen des Sektors Tierhaltung sind laut FAO beispielsweise bedeutsamer als die Emissionen, die durch die Abgase aus dem gesamten Transport

ausgestoßen werden. Der größte Teil der anthropogenen Tier-Emissionen ist auf die Landnutzung zurückzuführen, vor allem die Entwaldung für den Anbau von Futtermitteln außerhalb der EU. Der Tiersektor macht 37 % der CH₄-Emissionen aus (23-faches Treibhausgaspotential von CO₂). CH₄ wird hauptsächlich während des Verdauungsprozesses von Wiederkäuern ausgestoßen. Außerdem werden 65 % der N₂O-Emissionen (296-faches Treibhausgaspotential von CO₂) überwiegend durch Gülle emittiert. An diesen konkreten beispielhaften Zahlen wird klar, dass eine Veränderung der Ernährungsweise bzw. eine Reduktion des Fleisch-Verzehrs einen positiven Einfluss auf die Emissionen der THG haben kann (FAO 2006).

Neben dem Ausstoß von Emissionen werden auch begrenzte Ressourcen, wie z. B. Wasser, Land, Pestizide, Energie und Düngemittel für die Produktion von Lebensmitteln benötigt. Die Mindestmenge an Wasser, die pro Kopf für Lebensmittel benötigt wird, beträgt ca. 400.000 Liter pro Jahr (Postel et al. 1996). Der Bereich Ernährung macht 20 % am Primärenergieverbrauch aus (Weber und Fahl 1993 zitiert in Osterburg et al. 2009). Auch hier könnten Einsparungen durch eine Substitution von Lebensmitteln gemacht werden.

2.1.2 Gesundheit

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert Gesundheit als einen „Zustand vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens, nicht nur der Abwesenheit von Krankheit und Schwäche“ (WHO 1946). Es geht hierbei also um die Erreichung eines ganzheitlichen Wohlbefindens, wobei die Ernährung zum körperlichen Wohl- und Unwohlsein beitragen kann. Obwohl für die derzeitige Weltbevölkerung genügend Nahrungsmittel zur Verfügung stehen, spiegelt sich dies in der globalen Lage nicht wieder. Bei einem Vergleich von 45 Ländern hat das FSIN (Food Security Information Network) einen Anstieg der Ernährungsunsicherheit von 2016 bis 2017 um elf Prozent festgestellt, das sind etwa elf Millionen Menschen mehr, denen nicht genügend Lebensmittel zu Verfügung stehen (FSIN 2018 S 23).

Im Gegensatz zu der globalen Gesundheitssituation kann die aktuelle Lage in den Industrieländern fast gegensätzlich beschrieben werden. Viele Gesundheitsprobleme stehen in Zusammenhang mit erhöhtem Körpergewicht durch Überernährung, Bewegungsmangel, Stress und erhöhtem Konsum von Rauschmitteln (Bundesministerium für Gesundheit 2017). Ein erhöhter Konsum von pflanzlichen, ballaststoffreichen Lebensmitteln mit einer hohen

Nährstoffdichte kann den Problemen der ernährungsabhängigen Krankheiten entgegenwirken (Koerber et al. 2004). In dieser Arbeit werden deshalb Hülsenfrüchte näher betrachtet, da sie die Gesundheitssituation der Menschen verbessern können.

2.1.3 Wirtschaft

Die Dimension Wirtschaft bzw. die Ökonomie beschäftigt sich mit der Bedürfnisbefriedigung von Gütern und Dienstleistungen. Der Produktionswert der Landwirtschaft war 2015 bei 52,0 Milliarden Euro und lag damit wesentlich höher als z. B. der gesamte deutsche Textil-, Bekleidungs- und Schuhgewerbe mit 23,5 Milliarden Euro, das Papiergewerbe mit 37,5 Milliarden Euro oder die pharmazeutische Industrie mit 46,0 Milliarden Euro (Deutscher Bauernverband 2016). Der Agrar- und Ernährungsbereich hat demnach eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung und das Agribusiness, der die gesamte Lebensmittelkette von Erzeugung bis Entsorgung beinhaltet, ist einer der bedeutendsten Wirtschaftszweige. Das Agribusiness wies 2015 rund 4,6 Millionen Beschäftigte auf, damit sind etwa 11 % aller Erwerbstätige direkt oder indirekt für den Ernährungssektor tätig (Deutscher Bauernverband 2016).

Wichtige Themen des Ernährungssektors sind Kosten, Einkommen und Existenzsicherung. Diese Dimension ist deshalb eng mit der sozialen Dimension verknüpft. Problembereiche, die sich daraus ergeben können, sind (Koerber et al. 2004):

- Einkommensverteilung in der Welt, vor allem zwischen Industrie- und Entwicklungsländern
- hohe Kosten durch Lebensmittelüberproduktion
- Importe von Lebensmitteln, Futtermitteln und anderen Agrarprodukten von den Entwicklungsländern
- Existenzprobleme von kleinen und mittleren Betrieben
- Preisentwicklung der Lebensmittel
- Zunahme der Ausgaben des Gesundheitssystems, vor allem durch ernährungsabhängige Krankheiten

2.2 Hülsenfrüchte

Der Begriff Hülsenfrüchte ist synonym für Leguminosen (*Fabaceae* oder *Leguminosae*). Sie zählen zu der Ordnung der Schmetterlingsblütler (*Fabales*) und zu einer der artenreichsten Pflanzenfamilien (Leithold et al. 2015). Wichtige Vertreter in der heutigen Ernährung sind Bohnen, Erbsen, Kichererbsen, Kidneybohnen, Linsen, Sojabohnen und Lupinen (Koerber et al. 2004).

Bedeutung für die Landwirtschaft

Die Produktion von Hülsenfrüchten hat sich in Europa von 5,8 Mio. ha im Jahr 1961 zu 1,8 Mio. ha im Jahr 2013 verringert (FAOstat 2018). Ein Grund hierfür ist, dass sich die Landwirte auf die Getreideproduktion spezialisierten, da dort die Erträge höher und stabiler sind als bei dem Anbau von Leguminosen (Cernay et al. 2015). In der ökologischen Landwirtschaft ist der Einsatz von Leguminosen in der Fruchtfolge von zentraler Bedeutung, da sie die einzig externe Stickstoffquelle (N) sind. Der Grund dafür ist die Fähigkeit der Leguminosen in Symbiose mit Knöllchenbakterien im Boden Luftstickstoff zu binden und ihn somit für die Ackerkulturen verfügbar zu machen. Dadurch kann der Zukauf von Mineraldüngerstickstoff im ökologischen Landbau ersetzt werden (Leithold et al. 2015). Der hohe Vorfruchtwert der Leguminosen dient auch zur Auflockerung der Böden. Das tiefe Wurzelsystem der Hülsenfrüchte fördert das Bodenleben und den Erosionsschutz sowie das Aufschließen des Unterbodens. Aufgrund dieser Eigenschaften sind Leguminosen im ökologischen Landbau nicht wegzudenken (Leithold et al. 2015).

Bedeutung für die Ernährung

Hülsenfrüchte haben einen sehr hohen Proteingehalt. Getrocknet haben sie zwischen 21 g (Bohnen, weiß) und 35 g (Sojabohnen) Eiweiß pro 100 g Lebensmittel (Heseker und Heseker 2016). Da Hülsenfrüchte nur im gekochten Zustand verzehrt werden können, reduziert sich hier der Eiweißanteil auf etwa 3 - 10 g pro 100 g verzehrfertiges Lebensmittel (Heseker und Heseker 2016). In Tab. 1 sind die in Deutschland verbreiteten Hülsenfrüchte mit ihrem Proteingehalt dargestellt.

Tab. 1: Proteingehalte von 100 g Hülsenfrüchten
(modifizierter Auszug nach Hesecker und Hesecker 2016)

| Hülsenfrüchte | Eiweiß in g |
|---------------|-------------|
| Bohnen, weiß | 21 |
| Konserve | 9 |
| Erbsen | 23 |
| Konserve | 5 |
| Kichererbsen | 19 |
| Konserve | 7 |
| Kidneybohnen | 22 |
| Konserve | 9 |
| Linsen | 24 |
| Konserve | 10 |
| Sojabohnen | 35 |
| Sojamilch | 3 |
| Tofu | 8 |
| gebraten | 16 |

Die biologische Wertigkeit pflanzlichen Proteine ist geringer als die tierischen Ursprungs (Jekat 1984 S 182 zitiert in Koerber et al. 2004). Sie kann durch eine Kombination mit anderen Lebensmitteln deutlich gesteigert werden. Schwefelhaltige Aminosäuren wie Methionin, Cystein und Tryptophan sind limitierende Aminosäuren der Hülsenfrüchte. Hier kann die biologische Wertigkeit aber z. B. mit einer Kombination aus Getreide oder Ei erhöht werden (Jekat 1984 S 182 zitiert in Koerber et al. 2004). Ein Beispiel hierfür ist die Kombination aus Bohnen und Mais. Die biologische Wertigkeit ist hierbei höher als z. B. die Kombination von Rindfleisch und Kartoffeln (Jekat 1984 S 182 zitiert in Koerber et al. 2004).

Wichtig in der Proteinzusammensetzung sind die essentiellen Aminosäuren. Die essentiellen Aminosäuren, die in pflanzlichen Lebensmitteln wie Hülsenfrüchten enthalten sind, können den physiologischen Eiweißbedarf des Menschen grundsätzlich decken (Young und Pellett 1994). Neben dem hohen Anteil an Proteinen sind in Hülsenfrüchten auch komplexe Kohlenhydrate, Ballaststoffe sowie Magnesium, Kalium, Eisen, zahlreiche B-Vitamine und sekundäre Pflanzenstoffe enthalten. Lebensmittel mit einem hohen Ballaststoffgehalt können das Risiko an Darmkrebs mindern, sowie den Glukose- und Insulinstoffwechsel, das Blutlipidprofil und den Blutdruck positiv beeinflussen (Leitzmann und Keller 2013).

Der Ballaststoffanteil liegt zwischen 15 und 23 %, im getrockneten Zustand, und durch die zusätzlich hohe Menge an komplexen Kohlenhydraten und dem geringen Fettanteil haben die Hülsenfrüchte eine gute Energiedichte vorzuweisen (Heseker und Heseker 2016). Auch die gute Mineralstoffquelle, vor allem für Ca, Fe, K, Mg und Zn, der geringe Natriumgehalt und der meist niedrige glykämische Index sind nutritive Eigenschaften der Hülsenfrüchte (Madar und Stark 2002).

Nur ein geringer Teil der geernteten Hülsenfrüchte wird für die menschliche Ernährung genutzt. Der größere Anteil dient der Futtermittelproduktion (BMEL 2002). Obwohl Hülsenfrüchte schon seit Jahrtausenden zu den Feldfrüchten der Menschen gehören, werden sie heute selten in die Ernährung eingebunden (Koerber et al. 2004).

Der Verzehr von Hülsenfrüchten ist in Deutschland sehr gering (knapp ein kg pro Einwohner und Jahr) und hat sich in den letzten Jahren nicht stark verändert. Im Gegensatz dazu ist der Verzehr von Rindfleisch in Deutschland gestiegen. Dies ist in Abb. 1 grafisch dargestellt. Gründe für einen geringen Konsum von Hülsenfrüchten könnten die blähende Wirkung, das Image des rustikalen Produktes, der hauptsächliche Gebrauch in der Tierernährung, der niedrige landwirtschaftlichen Ertrag und, daraus resultierend, ein niedriges Angebot sein (Erbersdobler et al. 2017).

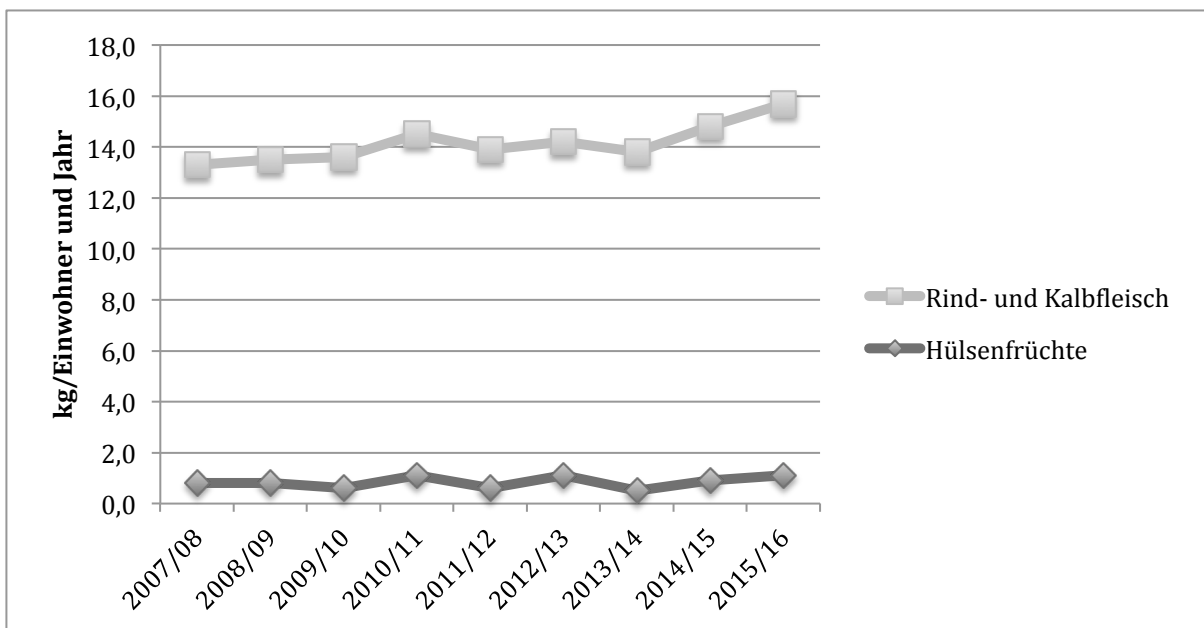


Abb. 1: Verbrauch von Hülsenfrüchten und Rindfleisch in kg pro Einwohner und Jahr (modifizierte Darstellung aus den Daten des BMEL 2018)

2.3 Rindfleisch

Rindfleisch spielt in der heutigen Gesellschaft eine wichtige Rolle. Das sieht man am Pro-Kopf-Verbrauch der deutschen Bevölkerung (s. Abb. 1). Der gesamte Fleischverzehr ist in Deutschland seit 2008 gesunken. Dies liegt vor allem an dem leicht reduzierten Schweinefleischverzehr. Im Gegensatz dazu ist der Rindfleischverzehr seit einigen Jahren gestiegen. Von einem insgesamten Verbrauch an Fleisch- und Fleischerzeugnissen (Stand 2016) von 88 kg pro Kopf macht der Rind- und Kalbfleischverzehr 14,6 kg aus (BMEL 2018; s. Abb. 1). Weltweit werden für den steigenden Rindfleischverzehr folgende Gründe verantwortlich gemacht: wirtschaftliches Wachstum (Wohlstand der Gesellschaft), veränderte Ernährungsgewohnheiten und der Anstieg der Weltbevölkerung (Schlatzer 2011).

In dem Konzept der Vollwert-Ernährung ist der Verzehr von Fleisch nicht ausdrücklich empfohlen, moderater Verzehr wird jedoch nicht abgelehnt. Darunter werden etwa zwei Mahlzeiten pro Woche verstanden (Koerber et al. 2004). Um den Rindfleischkonsum zu senken, muss ein geeigneter Substituent für den Eiweißanteil in der Nahrung gefunden werden. In dieser Arbeit werden Hülsenfrüchte betrachtet, weil sie eine vergleichbare Proteinmenge vorweisen (s. Tab. 1 und Tab. 2).

Verzehrfertiges Rind enthält je nach Verarbeitungsstufe 8 - 32 g Eiweiß pro 100 g (Heseker und Heseker 2016) und ist damit eine weit verbreitete Proteinquelle der heutigen Gesellschaft. In Tab. 2 sind die Proteingehalte von Rindfleisch in verschiedenen Nahrungsmitteln dargestellt. Das Fleischprotein besitzt eine hohe biologische Wertigkeit, höher als die von Hülsenfrüchten (Jekat 1984 S 182 zitiert in Koerber et al. 2004). Die biologische Wertigkeit berücksichtigt die Verdaulichkeit der Proteine (Biesalski et al. 2015) und muss deshalb bei einer Substitution im Rahmen des Ernährungssystems mit eingeschlossen werden.

Tab. 2: Proteingehalt von 100 g verzehrfertigem Rind
(modifizierter Auszug nach Heseker und Heseker 2016)

| Rind | Eiweiß in g |
|--------------------------------|--------------------|
| Rindergulasch, mit Sauce | 8 |
| Rindersteak, mit Kräuterbutter | 32 |
| Rippchen, gekocht | 17 |
| Rumpsteak, gebraten | 29 |

3 Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel wird zuerst die Auswahl der Vergleichsaspekte in den drei Dimensionen Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft vorgestellt. Anschließend wird die Methodik der Literaturrecherche genau beschrieben.

3.1 Auswahl der Vergleichsaspekte

Es werden in jeder Dimension Vergleichsaspekte (Indikatoren) ausgewählt, die in der Literatur häufig untersucht und daher für den Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrüchten herangezogen werden können.

In der Dimension **Umwelt** werden folgende Umweltindikatoren betrachtet (teilweise Orientierung an LANUV 2018):

- THG-Emissionen (ausgedrückt in CO₂-Äquivalente)
- Flächenverbrauch / Landnutzung
- Wasserverbrauch
- Energieverbrauch / Energieeffizienz
- Düngemittelverwendung
- Pestizidverbrauch / Pestizidbedarf

Weitere wichtige Umweltschädigungen sind: Land- und Ozeanflächentemperaturänderungen, Änderungen des Meeresspiegels, Veränderungen in der Biodiversität und allgemeine Schadstoffbelastung von Luft, Wasser, Böden und Natur (FAO 2006). Diese ebenfalls wichtigen Umweltthemen werden in der vorliegenden Bachelorarbeit aus arbeitsökonomischen Gründen nicht vertieft.

In der Dimension **Gesundheit** werden folgende Vergleichsaspekte berücksichtigt:

- therapeutische Wirkung von Hülsenfrüchten
- Wirkung auf die Blutlipide
- Wirkung auf die Sättigung
- Übergewicht und Risiko auf Diabetes mellitus Typ 2

Weitere gesundheitsgefährdende Einflüsse durch veränderte Lebensbedingungen können sein: Aufnahme von Schadstoffen, vor allem über Nahrung, Wasser und Luft, unausgewogene

Ernährung (Proteine, Fett und Kohlenhydrate), Mangelernährung (Vitamine, Mineralstoffe, Ballaststoffe und / oder sekundäre Pflanzenstoffe) und Stress bzw. Leistungsdruck der Gesellschaft (Koerber et al. 2004 S 10). Diese Aspekte werden in dieser Arbeit nicht einbezogen.

In der Dimension **Wirtschaft** beschränkt sich die Bewertung dieser Arbeit auf einen Vergleichsaspekt:

- Ausgaben der privaten Haushalte in Euro bezogen auf die Proteinmenge

Folgende Themen wären bei einer Substitution von tierischem Eiweiß außerdem interessant zu betrachten, werden aber in dieser Arbeit, aufgrund des zu erwartenden Untersuchungsumfangs, nicht diskutiert: Flächenkonkurrenz von tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln, Import von billigen Futtermitteln, die billigen Massenerzeugnisse, vor allem Fleisch aus Intensivtierhaltung, sowie einen komplexen wirtschaftlichen Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrüchten mit Auswirkungen auf den gesamten Agrarmarkt, insbesondere auf das Einkommen im landwirtschaftlichen Sektor.

3.2 Literaturrecherche

Die vorliegende Bachelorarbeit ist eine Literaturrecherche. Die Themenfindung sowie das Interesse an einem Vergleich von Rindfleisch mit Bohnen bzw. allgemein Hülsenfrüchten wurde durch die Studie „Die Substitution von Bohnen für Rindfleisch als Beitrag zu den Klimaschutzziele der USA“ [übersetzt aus dem Englischen] der Loma Linda Universität in den USA geweckt (Harwatt et al. 2017). Für einen Vergleich mit anderen Studien wird Literatur aus Datenbanken wie Pubmed, JustFind und Google Scholar gesucht. Suchbegriffe der systematischen Literaturrecherche sind unter anderem „nutrition and climate“, „sustainability diet“, „treibhausgasemissionen ernährung“ und „beans beef substitution“ gewesen. Es wird darauf Wert gelegt, dass Studien sowohl aus den USA als auch aus Deutschland oder anderen Ländern in Europa mit einbezogen sind. Aufgrund begrenzter Trefferzahlen wird die Suche auf eine Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte im Allgemeinen ausgeweitet. Außerdem werden nur Studien eingeschlossen, die gleichzeitig Rindfleisch und mindestens eine Hülsenfruchtart untersuchten (Ausnahme: Studie von Fritsche und Eberle 2007, weil hier Grunddaten für Rindfleisch berechnet wurden).

In der Dimension Wirtschaft wird lediglich die Sicht des privaten Haushaltes behandelt, um die Arbeit in einem gewissen Rahmen zu halten. Hierfür werden die Preise der zwei Substituenten für den Verbraucher verglichen. Da zu der Dimension Gesellschaft (und Kultur) keine eindeutigen (quantitativen) Ergebnisse, bezogen auf die Substitution Rindfleisch durch Hülsenfrucht gefunden wurde, werden am Ende der Diskussion, in einem Exkurs, mögliche Einflüsse auf die Gesellschaft allgemein beschrieben.

Die Reihenfolge der Dimensionen ergibt sich aus der Fragestellung der Arbeit. Für den Umweltbereich sind klare Indikatoren definiert, die einen Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrüchten zulassen. Für den Gesundheitsbereich sind therapeutische Wirkungen und ernährungsabhängigen Krankheiten definiert. Der wirtschaftliche Teil besteht aus einem Vergleich der Preise der Substituenten für den privaten Haushalt.

Diese Literaturrecherche baut insgesamt auf 13, teilweise umfassende, Studien auf.

Eine weitere wichtige Literaturquelle dieser Arbeit ist das Buch „Vollwert Ernährung“ von Koerber et al. (2004), da die Autoren die Dimensionen der Ernährung bzw. Ernährungsökologie entwickelt haben und ausführlich beschreiben. Hier wird auch auf die wertgebenden Inhaltsstoffe der Hülsenfrüchte eingegangen. Die gesundheitlichen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte des Fleisch Verzehrs werden ebenfalls erläutert.

4 Ergebnisse

Dieses Kapitel ist in die Dimensionen Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft gegliedert. Vorangestellt werden jeweils die berücksichtigten Studien.

4.1 Dimension Umwelt

Durch die in Kapitel 3.2 beschriebene Methodik wurden folgende Studien zusammengestellt. Eine tabellarische Zusammenfassung der darin erfassten Kennzahlen befindet sich am Ende dieses Kapitels.

- Substituting beans for beef as a contribution toward US climate change targets (Harwatt et al. 2017)

- Comparing the water, energy, pesticide and fertilizer usage for the production of foods consumed by different dietary types in California (Marlow et al. 2014)
- The environmental cost of protein food choices (Sabaté et al. 2014)
- Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Osterburg et al. 2009)
- Potential contributions of food consumption patterns to climate change (Carlsson-Kanyama und González 2009)
- Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln (Fritsche und Eberle 2007)
- Testing a complete-diet model for estimating the land resource requirements of food consumption and agricultural carrying capacity: The New York State example (Peters et al. 2007)
- Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices (Reijnders und Soret 2003)

In der Studie von Harwatt et al. (2017) der Loma Linda Universität in Kalifornien, USA, wird untersucht, in wie weit die Klimaziele der USA für 2020 durch einen 100%igen Lebensmittelaustausch von Rindfleisch durch Bohnen erreicht werden könnten. Ziel ist die Netto-THG-Emissionen der USA bis 2020 um 17 % unter das Niveau von 2005 (6436 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente) zu senken (EOP 2013). Die Analyse basiert auf folgenden Emissionswerten: Rindfleisch als THG-intensives Nahrungsmittel mit Emissionen von 9 bis 129 kg CO₂-Äquivalenten pro kg und vergleichbare Hülsenfrüchte mit Emissionen von 1 - 2 kg CO₂-Äquivalenten pro kg (Nijdam et al. 2012). Durch diese Substitution in der US-amerikanischen Ernährung könnten die CO₂-Äquivalente um 334 Millionen Tonnen reduziert werden. Damit würden 75 % der Klimaziele erreicht werden. Bezogen auf die globale Ernährung reduziert sich der Wert auf 209 Mio. Tonnen bzw. 47 % (Harwatt et al. 2017).

Marlow et al. (2014) vergleichen zwei Ernährungsmuster unter Berücksichtigung von elf Lebensmittelgruppen auf die Verwendung von Wasser, Energie, Pestiziden und

Düngemitteln. Rindfleisch hat in allen untersuchten Umweltindikatoren gegenüber getrockneten Bohnen eine schlechtere Ressourceneffizienz (Tab. 3).

Tab. 3: Ressourceneffizienz von Rindfleisch und getrockneten Bohnen (modifizierter Auszug von Marlow et al. 2014)

| Effizienz | Einheit | Rindfleisch | getrocknete Bohnen |
|--|----------------|--------------------|---------------------------|
| Wasserverbrauch | Liter/kg | 8.291,40 * | 2.527,82 |
| Energieverbrauch | kJ/kg | 7.880,94 ** | 2.861,76 |
| Düngemittelverwendung | g/kg | 147,92 *** | 38,95 |
| Pestizideinsatz <i>(Daten der staatlichen Umweltschutzbehörde Kaliforniens)</i> | g/kg | 7,07 **** | 2,17 |

* berechnet aus Maiseinsatz (136,08 Liter/kg) und 5,62 kg Mais/kg Rindfleisch und Luzerneinsatz (131,35 Liter/kg) und 2,66 kg/ Luzerne/kg Rindfleisch, außerdem der Direktwasserverbrauch der Tiere von 53,361 Liter/kg (Marlow et al. 2014).

** berechnet aus Maisenergieverbrauch (875 691 J/kg) und 5,62 kg Mais/kg Rindfleisch und dem Luzerneverbrauch (624 031 J/kg) und 2,66 kg Luzerne/kg Rindfleisch, außerdem der direkte Energieverbrauch der Tiere von 1 299 636 J/kg (Marlow et al. 2014).

*** berechnet durch die Zugabe von Maisdünger (N 0,024, P 0, K 0 kg/ha) und Luzernedünger (N 0, P 0, K 0,0048 kg/ha) (Marlow et al. 2014).

**** berechnet aus dem durchschnittlichen Mais Pestizid-Ertragsverhältnis (F 0,0018, K 0,0014, SJ 0,00030) und dem Luzerne Pestizid-Ertragsverhältnis (F 0,00037, K 0,000061, SJ 0,00018) (Marlow et al. 2014).

In der Studie von Sabaté et al. (2014) werden die In- und Outputs für die Produktion von einem kg essbarem Protein aus Kidneybohnen, Mandeln, Eiern, Huhn und Rindfleisch berechnet. Es werden hierbei die Faktoren Landverbrauch (m^2), Wasserverbrauch (m^3) für den Anbau von Pflanzen, die Aufzucht der Tiere und den Anbau von Tierfutter, Kraftstoffverbrauch (in Litern von Benzin und Diesel) für landwirtschaftliche Maschinen und andere Transportfahrzeuge, sowie Gesamtdüngemittleinsatz (g für N, P und K) und Pestizideinsatz (g) für den Anbau von Pflanzen und Tierfutter (Mais, Soja, Luzerne) berücksichtigt. In Abb. 2 und Abb. 3 sind die jeweiligen In- und Outputs schematisch dargestellt, die benötigt werden, um ein kg Protein aus Kidneybohnen bzw. Rindfleisch herzustellen.

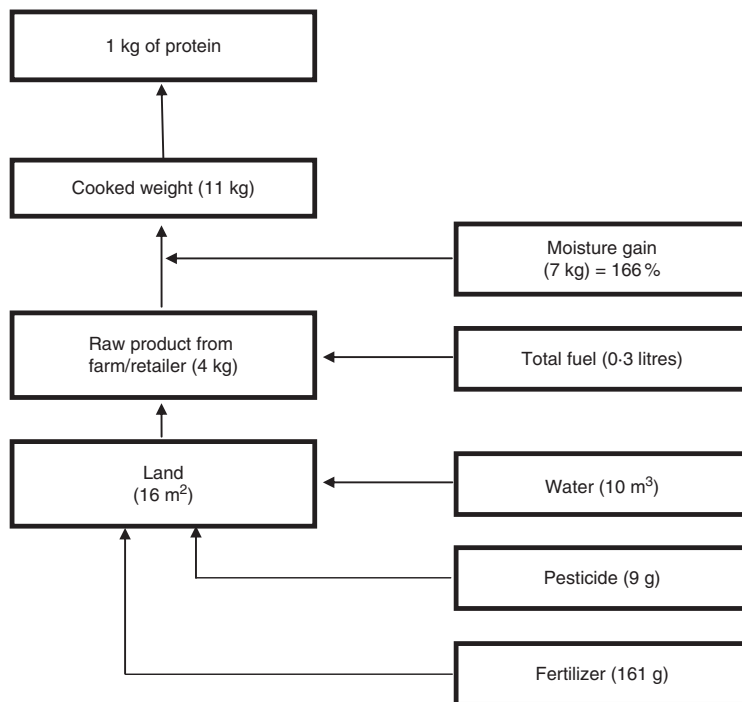


Abb. 2: Schematische Darstellung der In- und Outputs, die benötigt werden, um ein kg gekochtes, essbares Protein aus **Kidneybohnen** herzustellen (Sabaté et al. 2014).

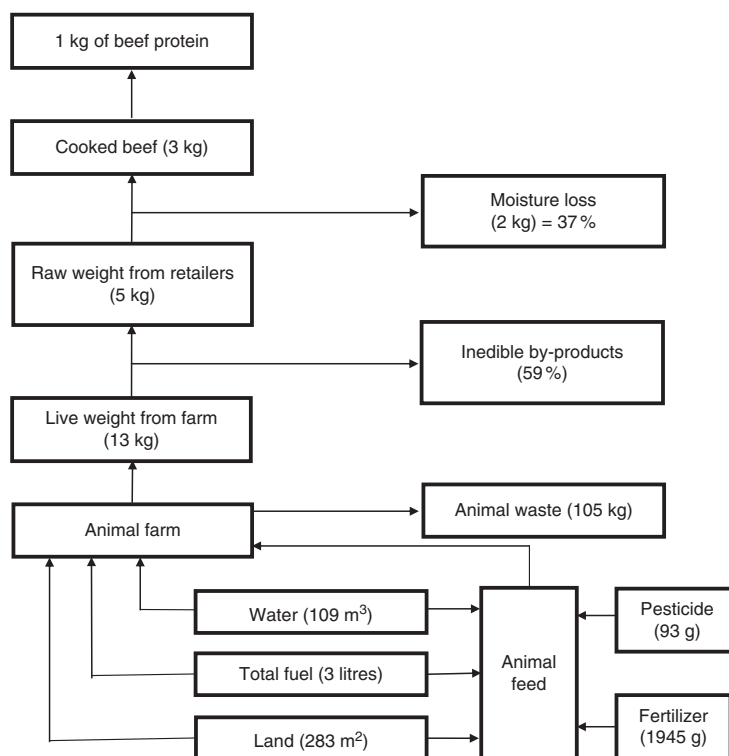


Abb. 3: Schematische Darstellung der In- und Outputs, die benötigt werden, um ein kg gekochtes, essbares Protein aus **Rindfleisch** herzustellen (Sabaté et al. 2014).

In Tab. 4 ist der Ressourceneinsatz für die Produktion von einem kg essbarem Protein zusammengestellt. Kidneybohnen hat im Vergleich zu Rindfleisch in allen berücksichtigten Umweltindikatoren einen sehr viel niedrigeren Ressourceneinsatz. In Bezug auf den Verbrauch von Land, Wasser, Energie, Dünger und Pestizide benötigt Rindfleisch im Vergleich zu Kidneybohnen achtzehn-, zehn-, neun-, zwölf- und zehnmal mehr Ressourcen als Kidneybohnen (Sabaté et al. 2014).

Tab. 4: Ressourceneinsatz bei der Herstellung von Kidneybohnen und Rindfleisch (modifizierter Auszug von Sabaté et al. 2014)

| Umweltindikatoren | Kidneybohnen | Rindfleisch |
|--|---------------------|--------------------|
| Landverbrauch (m ² / kg Protein) | 15,5 | 282,6 |
| Wasserverbrauch (m ³ / kg Protein) | 10,4 | 109,0 |
| Energieverbrauch (Liter / kg Protein) | 0,3 | 2,7 |
| Düngermiteinsatz (g / kg Protein) | 160,5 | 1.945,1 |
| Pestizideinsatz (g / kg Protein) | 8,9 | 93,0 |

Osterburg et al. (2009) untersuchen die Erfassung, Bewertung und Minderungsmöglichkeiten von THG-Emissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Sie berücksichtigen folgende Werte: Fritsche und Eberle (2007) berechneten für Rindfleisch 13.311 g CO₂-Äquivalente pro kg. Tiefgekühlt steigen die CO₂-Äquivalente auf 14.341 g pro kg Rindfleisch (Fritsche und Eberle 2007). Für im Treibhaus angebaute und beheizte Bohnen berechnete Jungbluth (2000) 6.360 g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt. Wenn die Bohnen im Freiland produziert werden, sinkt der Wert auf gerade mal 220 g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt (Jungbluth 2000 zitiert in Koerber und Kretschmer 2008).

Die Studie von Carlsson-Kanyama und González (2009) untersucht den Beitrag zum Klimawandel von Lebensmitteln, die hauptsächlich in Schweden verzehrt werden, indem die wichtigsten THG (CO₂, CH₄ und N₂O) erfasst werden. Die für diese Arbeit interessanten, produktspezifischen THG-Emissionen sind in Tab. 5 zusammengefasst. Die niedrigsten

Emissionswerte haben frisches Gemüse, Getreide und Hülsenfrüchte, die höchsten Werte zeigen Fleisch und mit dem Flugzeug transportierte Früchte.

Tab. 5: Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen von Sojabohnen, grünen Bohnen und Rindfleisch (modifizierter Auszug von Carlsson-Kanyama und González 2009).

| Lebensmittel | Emissionen* in kg CO ₂ -Äquivalente pro kg Produkt | | | |
|--|---|----------------------------|---------------------------|--------|
| | Kohlendioxid (CO ₂) | Lachgas (N ₂ O) | Methan (CH ₄) | Gesamt |
| Sojabohnen (gekocht, verschifft) | 0,92 | 0,0 | 0,0 | 0,92 |
| Grüne Bohnen (Südeuropa, gekocht) | 1,2 | 0,12 | 0,0 | 1,3 |
| Rindfleisch (frisch, einheimisch, gekocht) | 6,9 | 6,6 | 17 | 30 |

* über eine Periode von 100 Jahren

Weiterhin wird in der Studie von Carlsson-Kanyama und González (2009) ermittelt, wie viel Protein bezogen auf die THG Emissionen hergestellt werden kann. Pro kg THG-Emissionen lassen sich etwa 119 g Sojabohnen (hier: gekocht, Schiffstransport), etwa 12 g grüne Bohnen (hier: „importiert“) und 10 g Rindfleisch (hier: heimisch, unverarbeitet) herstellen (Carlsson-Kanyama und González 2009).

Fritsche und Eberle (2007) untersuchen die THG-Emissionen durch die Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Hülsenfrüchte werden in dieser Studie nicht berücksichtigt. Die Studie fließt dennoch in diese Arbeit mit ein, da ausführliche Daten über Rindfleisch erfasst sind. Die Werte sind teilweise auch in der vorangestellten Studie von Osterburg et al. (2009) zitiert. Die produktspezifischen THG-Emissionen in g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt werden nach Anbauweise angegeben. Konventionelles Rindfleisch hat eine Klimawirksamkeit von 13.311 g CO₂-Äquivalenten pro kg Produkt. Die THG-Emissionen von ökologisch produziertem Rindfleisch betragen 11.374 g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt. Das tiefgekühlte Rindfleisch hat im konventionellen Landbau eine Klimawirksamkeit von 14.341 g CO₂-Äquivalenten pro kg Produkt und im ökologischen Landbau 12.402 g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt. Somit liegen im ökologischen Landbau die THG-Emissionen für

das frische Lebensmittel 15 % und für das tiefgekühlte Lebensmittel 14 % unter den Emissionen des konventionellen Landbaus.

Peters et al. (2007) untersuchen wie die Komponenten Fleisch und Fett den „Landressourcenbedarf“ (Landnutzung) der menschlichen Ernährung in dem Staat New York beeinflussen kann. Für diese Arbeit ist der Zusammenhang zwischen Fleisch und Flächenbedarf von Bedeutung. Der Pro-Kopf-Landbedarf nahm mit steigendem Fleischverzehr zu. Fleisch ist in dieser Betrachtung das landintensivste Nahrungsmittel. Im Gegensatz dazu haben Bohnen einen geringeren Landbedarf. Der durchschnittliche jährliche Flächenbedarf pro Person war bei der Ernährungsweise mit 0 g Fleisch und 52 g Fett 0,18 ha und bei der Ernährungsweise mit 381 g Fleisch und 0 g Fett 0,86 ha. Hierbei wird der Unterschied zu 97,2 % von den unterschiedlich verzehrten Mengen an Fleisch erklärt. Die Komponente Fett (tierischen und pflanzliches) erklärt den Unterschied zu 0,9 % (Peters et al. 2007).

Reijnder und Soret (2003) untersuchen die Umweltauswirkung von verschiedenen proteinreichen Lebensmitteln anhand der Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Methodik. Hierbei werden die kompletten Systeme der Nahrungsmittelkette verglichen. Dazu zählen die Phasen der Primärproduktion (Landwirtschaft, Fischerei), Verarbeitung, Einzelhandel, Einkauf, Lagerung zu Hause, Kochen, Geschirrspülen und Entsorgung. Unter anderem wurde Fleischprotein mit verarbeitetem Sojaprotein verglichen. Die Autoren berechnen das Verhältnis vom Ressourceneinsatz Rindfleisch zu Hülsenfrüchten als Faktor (im Folgenden wird dieses Verhältnis auch als „Substitutionsfaktor“ SF bezeichnet). Der Flächenbedarf ist bei der Fleischproteinproduktion 6 - 17 mal höher. Der Wasserbedarf ist ebenfalls für die Fleischproduktion höher. Hier gibt es allerdings große Unterschiede je nach Intensivität der Bewässerung (4,4 - 27). Die Verwendung von Pestiziden (inkl. Desinfektionsmittel) ist in der Fleischproduktion um einen Faktor 6 höher als in der Züchtung von Sojabohnen und der Umwandlung von Sojabohnenprotein in ein verarbeitetes Nahrungsmittel. Der Energieverbrauch ist um den Substitutionsfaktor 6 - 20 bei der Produktion von tierischem Protein höher. Reijnder und Soret (2003) stellen auch fest, dass Fernluftverkehr, Tiefgefrieren und einige gartenbauliche Maßnahmen dazu führen können, dass die Umweltauswirkungen von pflanzlichen Lebensmitteln ansteigen und so höher sein können als von lokal erzeugten, ökologischen tierischen Quellen (Reijnders und Soret 2003).

In Tabelle 6 und 7 sind die Ergebnisse der Studien zusammengefasst.

Tab. 6: Zusammenfassung der produktspezifischen THG-Emissionen in g CO₂-Äquivalente pro kg Produkt der oben beschriebenen Studien (eigene Darstellung)

| Lebensmittelgruppen | Produkt bzw. Verarbeitungsgrad | Harwatt et al. (2017)* | Osterburg et al. (2009) | Carlsson-Kanyama u. González (2009) | Fritsche und Eberle (2007) |
|---------------------|--------------------------------|---|---|---|---|
| | | g CO ₂ -Äquivalente/kg Produkt | g CO ₂ -Äquivalente/kg Produkt | g CO ₂ -Äquivalente/kg Produkt | g CO ₂ -Äquivalente/kg Produkt |
| Hülsenfrüchte | Grüne Bohnen | 800 | - | 1.300 | - |
| | Sojabohnen | - | - | 920 | - |
| | Treibhaus Bohnen | - | 6.360 | - | - |
| | Freiland Bohnen | - | 220 | - | - |
| Rindfleisch | Rind | 40.200 | 13.311 | 30.000 | 13.311 konv. 11.374 ökol. |
| | Tiefkühlprodukt | - | 14.341 | | 14.341 konv. 12.402 ökol. |

* Emissionen aus US-Ökobilanzen von Nijdam et al. (2012)

Tab. 7: Ressourceneinsatz für die Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte von drei Studien, einschließlich der berechneten Substitutionsfaktoren (SF; eigene Darstellung)

| Lebensmittelgruppen | Produkt | Marlow et al. 2014 (getrocknete Bohnen) | | Sabaté et al. 2014 (Kidneybohnen) | | Reijnder und Soret 2003 (Sojabohnen) |
|-----------------------|---------------|--|----|--------------------------------------|----|---|
| | | pro kg Lebensmittel | SF | pro kg Protein | SF | SF |
| Landnutzung | Hülsenfrüchte | - | - | 15,5 m ² | 18 | 6 - 17 |
| | Rindfleisch | - | | 282,6 m ² | | |
| Wasserverbrauch | Hülsenfrüchte | 2,5 m ³ | 3 | 10,4 m ³ | 10 | 4 - 17 |
| | Rindfleisch | 8,3 m ³ | | 109,0 m ³ | | |
| Energieverbrauch | Hülsenfrüchte | 2.862 kJ | 3 | 0,3 l* | 9 | 6 - 20 |
| | Rindfleisch | 7.881 kJ | | 2,7 l* | | |
| Düngemittelverwendung | Hülsenfrüchte | 39,0 g | 4 | 160,5 g | 12 | - |
| | Rindfleisch | 147,9 g | | 1.945,1 g | | |
| Pestizidverbrauch | Hülsenfrüchte | 2,2 g | 3 | 8,9 g | 10 | 6 |
| | Rindfleisch | 7,1 g | | 93,0 g | | |

* Brennstoff

4.2 Dimension Gesundheit

Folgende Studien wurden durch die beschriebene Methode in Kapitel 3.2 ausgewählt:

- New legume sources as therapeutic agents
(Madar und Stark 2002)
- Type of Vegetarian Diet, Body Weight, and Prevalence of Type 2 Diabetes
(Tonstad et al. 2009)
- Meals based on vegetable protein sources (beans and peas) are more satiating than meals based on animal protein sources (veal and pork) – a randomized cross-over meal test study
(Kirstensen et al. 2016)
- Effect of Plant Protein on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta - Analysis of Randomized Controlled Trials
(Li et al. 2017)

Madar und Stark (2002) vergleichen mehrere Studien auf die möglichen gesundheitlichen Vorteile von drei Hülsenfruchtarten: Bockshornklee, Fababohnen und Mungobohnen. Bockshornklee besitzt eine stark antidiabetische Wirkung, indem es die postprandiale Glukoseantwort, sowohl bei gesunden Menschen als auch bei Diabetikern, reduziert (Sharma 1986 zitiert in Madar und Starck 2002). Außerdem enthält er hohe Konzentrationen von Galactomannanen, stärke-ähnliche Substanzen aus verzweigten Kohlenhydrat-Ketten (Madar und Shomer 1990 zitiert in Madar und Starck 2002). Tierstudien haben geholfen mögliche Mechanismen zu finden, wie Bockshornklee auf den Insulinspiegel wirken kann (Madar und Stark 2002). Entfettetes Bockshornkleepulver senkt das Serumgesamtcholesterin, das LDL- und VLDL-Cholesterin und den Triglyceridspiegel, ohne dabei den schützenden HDL-Cholesterinspiegel zu verändern (Sharma und Raghuram 1990 zitiert in Madar und Starck 2002).

Eine Studie zu Fababohnen, die an Ratten durchgeführt wurde, stellte fest, dass ganze Ackerbohnen signifikant die Absorption von Zink und Magnesium verringern. Ackerbohnenfasern führten zu einer verringerten Absorption von Eisen, wobei die Kupfer-Absorption leicht erhöht wird (Rubio et al. 1992 zitiert in Madar und Starck 2002). Fababohnen haben außerdem einen positiven Einfluss auf das Lipidprofil. Bei Patienten mit Hypercholesterinämie (Typ IIa) wurde eine cholesterinsenkende Wirkung festgestellt (Weck

et al. 1983 zitiert in Madar und Starck 2002). Weitere Tierstudien bestätigen dieses Ergebnis (aufgelistet in Madar und Starck 2002).

Mungobohnen scheinen einen niedrigen glykämischen Index zu haben. Zudem ist die Stärkeverdaulichkeit *in vitro* gering und der Amylosegehalt hoch (Juliano et al. 1989 zitiert in Madar und Starck 2002). Eine Studie von Kabir et al. (2000) zeigt an Ratten, dass die Fütterung von Stärke aus Mungobohnen zu signifikant höheren Plasmaspiegeln und niedrigen Spiegeln an freien Fettsäuren führt (Kabir et al. 2000 zitiert in Madar und Starck 2002). Die Ergebnisse zeigen, dass die Stärke aus Leguminosenquellen die Leptinspiegel im Plasma positiv beeinflussen (Madar und Stark 2002).

Tonstad et al. (2009) untersuchen den Zusammenhang zwischen Diäten und der Prävalenz von Diabetes mellitus Typ 2. Fünf unterschiedliche Ernährungsweisen wurden verglichen. Die Prävalenz für Diabetes mellitus Typ 2 erhöht sich von vegan mit 2,9 über lacto-ovo-vegetarisch (Meiden von Fleisch und Fisch), pesco-vegetarisch (Meiden von Fleisch), semi-vegetarisch (Meiden von rotem Fleisch) auf nicht-vegetarisch mit einer Prävalenz von 7,6. Ein Anstieg des Body Mass Index (BMI) wurde parallel dazu in der gleichen Reihenfolge festgestellt. Außerdem unterschieden sich die Lebensgewohnheiten (Schlaf, Fernsehen, etc.) und die demografische Angabe unter den verschiedenen Ernährungsgruppen (Tonstad et al. 2009).

Kirstensen et al. (2016) vergleichen die Sättigung von pflanzlichen Proteinquellen (Bohnen und Erbsen) und tierischen Proteinen (Kalb- und Rindfleisch). Sie bewerten die Schmackhaftigkeit, das subjektive Appetitempfinden, die *ad-libitum* Energieaufnahme und die subjektive sensorischen Wünsche. Die Schmackhaftigkeit und der Anteil an Ballaststoffen sind wichtige Faktoren bei einer Bewertung der Sättigung von pflanzlichen und tierischen Mahlzeiten. Die Sättigung trat nach der Mahlzeit mit pflanzlichem Protein schneller ein. Dadurch wurde eine niedrigere Energieaufnahme nach der pflanzlichen Mahlzeit festgestellt. Der Geschmack der Hülsenfruchtmahlzeit wird von den Studienteilnehmern negativ im Gegensatz zu der fleischbasierten Mahlzeit bewertet. Ein weiteres Ergebnis ist, dass eine proteinarme Mahlzeit auf der Basis von Hülsenfrüchten genauso sättigend als auch schmackhaft ist, wie eine kalorien- und proteinreiche tierische Mahlzeit.

Eine Studie von Li et al. (2017) untersucht die Wirkung von pflanzlichen Proteinen auf Blutlipide um Herz-Kreislaufkrankungen vorzubeugen. 112 Studien werden darin miteinander verglichen. Als pflanzliche Proteinquellen werden verwendet: Hülsenfrüchte,

Nüsse, Gerste und Samen. Tierische Proteinquellen waren Milchprodukte, Fleisch, Fisch und Eier. Pflanzenproteine verringerten den Low-density-Lipoprotein (LDL) Wert um 0,16 mmol / l, den Non-high-Density-Lipoprotein (Non-HDL) Wert um 0,18 mmol / l und den Wert des Apolipoprotein B (ApoB) zu 0,05 g / l. Die Studie von Li et al. (2017) ist die erste, die den Einfluss einer Substitution von tierischen Proteinquellen durch pflanzliche Proteinquellen auf die Blutlipide untersucht (Li et al. 2017).

4.3 Dimension Wirtschaft

Diese Arbeit beschränkt sich auf die Sicht des privaten Verbraucherhaushaltes. Anhand der Marktdaten für den Preis in Euro pro kg Frischmasse (FM) (AMI 2018) und den Nährwerten in g Protein pro kg FM (Heseker und Heseker 2016 und USDA 2018) kann der Preis pro g Protein berechnet werden. Bei einem Preisvergleich der zwei Substituenten sind deutliche Unterschiede festzustellen. Für Rindersteak wurde ein Preis von 5,96 Cent pro g Protein berechnet. Für Rinderhackfleisch liegt der Preis bei 4,69 Cent pro g Protein, wohingegen der Preis für Bohnen bei 1,64 Cent pro g Protein liegt (Tab. 8).

Tab. 8: Wirtschaftlicher Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrüchten (eigene Darstellung nach Heseker und Heseker 2016, AMI 2018 und USDA 2018; FM Frischmasse)

| | Euro/kg FM* | g Protein/ kg FM | Cent/g Protein |
|-------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| Rindersteak | 17,43 | 290 | 5,96 |
| Rinderhackfleisch | 6,75 | 144** | 4,69 |
| Bohnen | 3,45 | 210 | 1,64 |

* Mittelwert von den Jahren 2015 bis 2017

** Beef, ground, 70% lean meat / 30% fat, raw (USDA 2018)

Cordts et al. (2013) untersuchen das Potential für eine Verminderung des Fleischkonsums in Deutschland und die Auswirkungen einer Konsumreduktion in OECD-Ländern auf globale Marktbilanzen und Nahrungsmittelpreise. Vor allem der verminderte Verzehr von Fleisch verbessert die Ernährungssituation in anderen Ländern der Welt. Es wurde festgestellt, dass bei einem verminderten Fleischkonsum der Verzehr von anderen Lebensmitteln, wie Brot, Brötchen und Bier, ebenfalls sinkt. Das hat positive Auswirkungen auf die globale Biomassenbilanz (d.h. die für die Ernährung notwendige Biomasse sinkt). Dies ist mit einer allgemeinen kalorienärmeren Ernährung verbunden (Cordts et al. 2013).

Durch den verminderten Fleischverzehr in den OECD-Ländern sinkt die Nachfrage nach Futtermitteln. Der Effekt wird durch den Nachfrageanstieg an Rindfleisch in den Nicht-OECD-Ländern etwas gemindert. Der Preis von Fleisch sinkt dadurch relativ stark (etwa zehn Prozent). Der Effekt des Preisabfalls bei Getreide ist sehr gering (etwa ein Prozent). Das hat zu Folge, dass die Getreidenachfrage für die menschliche Ernährung steigen könnte (Cordts et al. 2013).

5 Diskussion

Wichtige, zu berücksichtigende Vorbemerkungen zur Methodik werden vorangestellt. Die Diskussion ist ebenfalls wie Kapitel 4 in die Dimensionen Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft gegliedert. Die Diskussion umfasst ebenso einen Exkurs zu den möglichen Auswirkungen in der Gesellschaft. Das Kapitel wird mit den Limitationen dieser Arbeit abgeschlossen.

Vorbemerkung zur Methodik

Die Thematik Ernährung und Klimawandel ist komplex. Durch viele Faktoren sind die Wirkungen stark vernetzt und es treten in jedem Bereich sowohl positive als auch negative Nebenwirkungen auf.

Bei einem Vergleich von unterschiedlichen Studien muss die Methodik genau berücksichtigt werden. Die unterschiedlichen, produktspezifischen THG-Emissionen bzw. Substitutionsfaktoren kommen vor allem dadurch zustande, dass unterschiedliche Faktoren in die Analyse einbezogen werden. Innerhalb der Studien sind die Systemgrenzen einheitlich aufgebaut, sodass hier ein Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrucht gemacht werden kann.

Ein genereller Vergleich zwischen Ökobilanzstudien ist schwer zu ziehen, da meist unterschiedliche Methoden und Daten zugrunde liegen (Quirin et al. 2004 zitiert in Osterburg et al. 2009). Osterburg et al. (2009) definieren drei Herausforderungen für die Analyse der THG-Emissionen: Zuerst eine vollständige Erfassung von Produktionsprozessen und die durch Klimaschutzmaßnahmen ausgelösten direkten Reduktionen. Weiterhin eine Erfassung der indirekten, vor der Produktion entstehenden Emissionen. Schließlich eine Analyse der Vernetzungen und der Änderungen der Emissionen durch marktwirtschaftliche Bedingungen (Osterburg et al. 2009). Auch Reijnders und Soret (2003) merken an, dass die verwendete

Methodik der LCIA's keine genormte Methode ist, um die tatsächlichen Umweltauswirkungen darzustellen, da z. B. wichtige Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Qualität der Böden und auf die Biodiversität vernachlässigt werden (Reijnders und Soret 2003). Eine Lösung wäre, eine genormte einheitliche Methodik zu entwickeln, damit Lebensmittel untereinander besser und schneller verglichen werden können und Verbraucher die Unterschiede einfacher erkennen. Ein gute Grundlage hierfür ist bspw. die Emissionsberichtserstattung, die die Erstellung der THG-Bilanzen bereits sehr gut regelt (Osterburg et al. 2009 S 7ff).

Bei empirischen Vergleichsstudien von Vegetariern mit Fleischessern ist zu beachten, dass Vegetarier meist einen gesünderen Lebensstil verfolgen und dies Auswirkungen auf die Ergebnisse haben kann (Madar und Stark 2002). Beispielsweise rauchen Vegetarier weniger und die Intensität der körperlichen Aktivität ist höher, welches beides Einfluss auf den Gesundheitsstatus haben kann (Tonstad et al. 2009). Dies beeinflusst die externe Validität einer Studie, wenn die Gesamtheit der Studienteilnehmer nicht in unabhängige Untergruppen untergliedert wird (z. B. Unterscheidung körperlich aktiver und körperlich nicht aktiver Vegetarier).

Studien, die mit unterschiedlichen Ernährungsmustern arbeiten, sind ebenfalls schwer zu vergleichen, da der Aufbau der Ernährung sich meist unterscheidet und somit unterschiedliche Vernetzungen auftreten. In dieser vorliegenden Arbeit werden nicht alle Makro- und Mikronährstoffe betrachtet. Dadurch ergeben sich mögliche fehlende Auswirkungen, vor allem auf die Gesundheit, durch einen erhöhten Verzehr von Hülsenfrüchten und einen verminderten Verzehr von Rindfleisch (Peters et al. 2007).

5.1 Vergleichsaspekte Umwelt

Rindfleisch hat gegenüber Hülsenfrüchten eine etwa 42 mal so große Wirkung auf den Klimawandel. Die Substitutionsfaktoren in Tab. 9 sind aus den zusammenfassenden Tabellen der Ergebnisse (s. Kap. 4.1 in den Tab. 6 und Tab. 7) erstellt. Beim Anbau wird etwa 15 mal mehr Land benötigt, etwa achtmal so viel Wasser, Energie und Düngemittel sowie sechsmal so viel Pestizide. Folglich sind die Substitutionsfaktoren der THG-Emissionen und der Landnutzung am größten. Insgesamt sieht man den klaren Vorteil einer Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte in Bezug auf die Umwelt.

Tab. 9: Umweltindikator und Substitutionsfaktoren des Vergleichs von Rindfleisch und Hülsenfrüchten (eigene Darstellung nach Tab. 6 und Tab. 7; Datengrundlagen Reijnders und Soret 2003, Peters et al. 2007, Fritsche und Eberle 2007, Carlsson-Kanyama und González 2009, Osterburg et al. 2009, Sabaté et al. 2014, Marlow et al. 2014 und Harwatt et al. 2017)

| Ausgewählter Umweltindikator | Anzahl Studien | Spanne der Substitutionsfaktoren (Rindfleisch / Hülsenfrüchte) | Mittelwert der Substitutionsfaktoren (Rindfleisch / Hülsenfrüchte) |
|-------------------------------------|-----------------------|---|---|
| THG-Emissionen | 3 | 23-61* | 42 |
| Landnutzung | 2 | 6-18 | 15 |
| Wasserverbrauch | 3 | 3-17 | 8 |
| Energieverbrauch | 3 | 3-20 | 8 |
| Düngemittelverwendung | 2 | 4-12 | 8 |
| Pestizidverbrauch | 3 | 3-11 | 6 |

* ohne Substitutionsfaktor 2 aus Treibhaus Bohnen (beheizt)

Eine Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte ist eine gute Option, um die THG-Emissionen zu reduzieren. Dennoch müssen neben der Vergleichbarkeit der Systemgrenzen (verwendete Methoden) noch die im Folgenden diskutierten Aspekte beachtet werden.

5.1.1 Produktspezifische THG-Emissionen

Die Streuung der produktspezifischen THG-Emissionen ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten hat vor allem folgende Gründe: Zum einen gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Arten der Hülsenfrüchte (Carlsson-Kanyama und González 2009 und Osterburg et al. 2009). Zum anderen ist die Anbauweise wesentlich entscheidend (Fritsche und Eberle 2007). Beheizte Treibhäuser haben einen großen Einfluss auf die Klimawirksamkeit. So haben Bohnen, die im Treibhaus angebaut werden, lediglich eine 2-fach geringere Klimawirkung als Rindfleisch (Rindfleisch: 13.311 g CO₂-Äquivalente pro kg und Treibhaus Bohnen: 6.360 g CO₂-Äquivalente pro kg; Osterburg et al. 2009). Wohingegen Freilandbohnen (nicht beheizt) eine 60-fach geringe Klimawirkung gegenüber Rindfleisch vorweisen (Osterburg et al. 2009). Auch die Verarbeitungstiefe, vor allem Kühlung und Trocknung, verursacht hohe THG-Emissionen (Osterburg et al. 2009). Außerdem tragen Verpackung, Lagerung, Vermarktungswege, Beschaffung, Zubereitung und Lagerung im privaten Haushalt wesentlich zur Wirkung am Klima bei (Osterburg et al. 2009).

Trotz der unterschiedlichen Methodik ist ein klarer Unterschied zwischen Rindfleisch und Hülsenfrüchten zu verzeichnen. Rindfleisch hat im Mittel eine etwa 42 mal höhere Klimawirksamkeit als Hülsenfrüchte (s. Tab. 9). Welche Bedeutung dieses Einsparungspotential (an THG-Emissionen) durch die Substitution von Rindfleisch auf die nationalen Klimaziele hat, ist noch nicht untersucht worden. Für die USA haben Harwatt et al. (2017) berechnet, dass durch diese Substitution 75 % der Klimaziele für 2020 erreicht werden können. Aufgrund des hohen Schweinefleischverzehr in Deutschland (50,2 kg pro Kopf und Jahr; BMEL 2018) dürfte das Einsparpotential im Vergleich zu den USA wesentlich geringer ausfallen (in dieser Arbeit nicht weiter dargestellt).

5.1.2 Landnutzung

Die Landnutzung für die Herstellung von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln zu vergleichen ist komplex. Hierbei muss zum einen berücksichtigt werden, dass es Flächen gibt, welche nur für Weideland und mehrjähriges Grünfutter genutzt werden können (Peters et al. 2007). Nicht auf allen Flächen, auf denen Rinder gehalten werden können, können ebenso gut Leguminosen angebaut werden.

Weiterhin ist die Fettversorgung der Gesellschaft zu beachten. Bei einer vollständigen Substitution müssten neben den Hülsenfrüchten auch vermehrt fettliefernde Pflanzen (Ölpflanzen) angebaut werden (Peters et al. 2007). Dadurch steigt für die Ernährung mit Hülsenfrüchten der Ressourceneinsatz leicht an (hier nicht dargestellt).

Die Landnutzung ist generell bei der Produktion von tierischen Lebensmitteln hoch. Rindfleisch hat eine etwa 15 mal intensivere Landnutzung als Hülsenfrüchte (s. Tab. 9). Der Grund dafür ist der Anbau von Futtermitteln und der damit verbundenen Veredelung von pflanzlichem in tierisches Protein (Aiking et al. 2006 zitiert in Sabaté et al. 2014). Die Veredelungsverluste von tierischen Lebensmitteln entstehen durch die unterschiedliche Futtermittelverwertung der Tiere. Unter der Futtermittelverwertung wird das Maß der Effizienz mit der das Tier Futter in Körpergewicht oder nutzbare Produkte umwandelt verstanden. Nur etwa 10 bis 30 % des Futters wird bei Rindern in essbares Produkt umgewandelt. Das liegt vor allem daran, dass das Tier auch Energie für den eigenen Stoffwechsel benötigt (Westhoek et al. 2011).

5.1.3 Beeinflussende Faktoren

Der produktspezifische Ressourcenverbrauch von Wasser-, Energie-, Düngemittel und Pestiziden nach Marlow et al. (2014), Sabaté et al. (2014) und Reijnder und Soret (2003) ist nicht unmittelbar vergleichbar, da die untersuchten Hülsenfruchtarten unterschiedlich sind. Es muss ebenfalls darauf geachtet werden, welche Produktionsschritte in der jeweiligen Analyse berücksichtigt sind (Carlsson-Kanyama und González 2009 und Osterburg et al. 2009). Auch die Bezugsgröße der Werte ist relevant. Die Daten von Reijnders und Soret (2003) und Sabaté et al. (2014) beziehen sich jeweils auf die Proteinmasse des Lebensmittels. Wohingegen Marlow et al. (2014) die Werte auf das Lebensmittel als Ganzes beziehen. Das könnte eine mögliche Ursache für die Faktorunterschiede sein.

Ungeachtet der Sortenunterschiede bei Hülsenfrüchten kann jedoch die Schlussfolgerung gezogen werden, dass das jeweilig untersuchte tierische Produkt einen wesentlich höheren Verbrauch aller Ressourcen aufweist als die berücksichtigte Hülsenfruchtart (Marlow et al. 2014, Sabaté et al. 2014 und Reijnder und Soret 2003). Dies ist an den höheren Substitutionsfaktoren zu sehen.

Flugzeugtransport

Carlsson-Kanyama und González (2009) ermitteln große Unterschiede bei den Emissionen, wenn die Lebensmittel mit dem Flugzeug transportiert werden. Eine weitere Studie zeigt auch, dass Ferntransport von Lebensmitteln mit dem Flugzeug einen sehr großen Einfluss auf die Umweltbewertung haben kann (Jungbluth 2000). Klimaschonende Nahrungsmittel wie Hülsenfrüchte können demnach sogar höhere Emissionen als Fleisch aufweisen (Jungbluth et al. 2000, Carlsson-Kanyama und González 2009 und Nijdam et al. 2012). Ebenso muss beachtet werden, dass der Verzehr von vegetarischen Gerichten, die exotische Produkte aus Übersee enthalten, umweltschädlicher sein könnte als regional produzierte Fleischgerichte (Reijnders und Soret 2003). Eine Empfehlung um Emissionen zu reduzieren ist regionale Erzeugnisse mehr wertzuschätzen.

Intensität der Tierhaltung

Es werden höhere Emissionen erwartet, wenn Tiere intensiv gehalten werden (Carlsson-Kanyama und González 2009). Dies bestätigen auch Fritsche und Eberle (2007), da die THG-

Emissionen von ökologischem Rindfleisch geringer sind als die von konventionell erzeugtem, etwa um 15 % (Fritsche und Eberle 2007).

5.2 Vergleichsaspekte Gesundheit

Die zitierten Studien untersuchen jeweils unterschiedliche gesundheitliche Effekte. Eine umfassende Bewertung der Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte auf die Gesundheit liegt bisher nicht vor. Das liegt zum einen an den unterschiedlichen Effekten der verschiedenen Hülsenfrüchte (Madar und Stark 2002) und insbesondere aber an den verschiedenen Fragestellungen der Studien.

Aspekte, wie der Geschmack von pflanzlichem Protein, Einfluss auf die Sättigung, Auswirkungen auf die Gewichtszunahme, Veränderungen des BMIs und auf die Reduzierung des Risikos von Diabetes mellitus Typ 2 werden im Folgenden diskutiert.

5.2.1 Geschmack und Sättigung

Ein Nachteil einer Substitution tierischen Proteins durch pflanzliches Protein ist der veränderte Geschmack, wenn dies in großen Mengen verzehrt wird. Ein gutes Beispiel ist hier Bockshornklee, deren therapeutische Effekte sehr eingeschränkt sind, durch seinen bitteren Geschmack und seinen stechenden Geruch. Um diese Nachteile zu umgehen, werden isolierte Produkte der Hülsenfrucht (z. B. Galactomannane des Bockshornklees) für die Ernährung vorgeschlagen (Madar und Stark 2002). Allgemein können Lebensmittel mit einem hohen pflanzlichen Proteingehalt den Geschmack negativ beeinträchtigen. Versuchsteilnehmer, die nicht an diesen Geschmack gewöhnt sind, scheinen schneller gesättigt zu sein (Kristensen et al. 2016). Auf der anderen Seite nimmt das Geschmacksempfinden, als Folge der Gewöhnung an einen Reiz, mit der Expositionsdauer ab (Hatt 2006). Das heißt, wenn pflanzliches Protein über einen längeren Zeitraum verzehrt wird, kann sich der Geschmack auch verändern.

Kristensen et al. (2016) untersuchen lediglich gesunde, normalgewichtige junge Männer. Frauen haben einen höheren Obst- und Gemüseverzehr und könnten deshalb eher an den Verzehr pflanzlicher Proteine gewöhnt sein als Männer (Mensink et al. 2013). Das könnte die externe Validität beeinflussen.

Der hohe Anteil an Ballaststoffen in den Hülsenfrüchten im Vergleich zu Rindfleisch begründet ebenfalls den erhöhten Sättigungswert (Kristensen et al. 2016). Ein weiterer

Mechanismus, den positiven Einfluss auf die Sättigung zu erklären, wurde bei Mungobohnen festgestellt. Sie beeinflussen den Leptinspiegel positiv (Madar und Stark 2002). Leptin wird verstärkt ausgeschüttet und führt als Hormon zu einem verminderten Hunger- bzw. verstärktem Sättigungsgefühl. Als Folge kann sich das Körpergewicht normalisieren (Biesalski et al. 2015).

5.2.2 Gewichtszunahme

Dadurch, dass Proteine aus Hülsenfrüchten eine schnelle Sättigung als Proteine aus Rindfleisch erzielen, wird weniger Energie aufgenommen. Das beeinflusst die Gewichtszunahme positiv. Der Verzehr von tierischem Protein führt eher zu Gewichtszunahme (Halkjær et al. 2011 zitiert in Kristensen et al. 2016), weil mehr davon gegessen wird.

Es gibt drei Studien, bei denen keine schnellere Sättigung durch pflanzliche Proteine nachgewiesen wird (Tan et al. 2010, Douglas et al. 2015 und Overduin et al. 2015 alle zitiert in Kristensen et al. 2016). Ursächlich wird hier die Untersuchung von Sojaprotein als pflanzliche Proteinsubstitution genannt. Die Hülsenfruchtart muss demnach im Ergebnis beachtet werden (Kristensen et al. 2016).

5.2.3 Reduktion BMI und Risiko Diabetes mellitus Typ 2

Durch verminderten Fleischkonsum sinkt der BMI und das Risiko für Diabetes mellitus Typ 2 kann reduziert werden (Tonstad et al. 2009). Somit führt eine Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte zu einer Minderung von ernährungsabhängigen Krankheiten. Neben den gesundheitlichen Vorteilen von pflanzlichem Protein kann der Fleischverzehr auch nachteilig für die Gesundheit sein (Lippi et al. 2016). Der Konsum von rotem Fleisch, insbesondere von verarbeitetem rotem Fleisch, erhöht das Risiko für Diabetes Typ 2. Schätzungsweise führt eine Substitution einer Portion rotes Fleisch pro Tag durch eine Portion Nüsse, fettarmer Milchprodukte und Vollkorn pro Tag zu einem geringeren Risiko von Diabetes Typ 2 um 16 - 35 % (Pan et al. 2011).

Des Weiteren hat die vegane und lacto-ovo-vegetarische Ernährungsweise einen vorbeugenden Effekt auf das Übergewicht. Vegetarier essen mehr komplexe Kohlenhydrate und Ballaststoffe, gleichzeitig ist der Protein- und Gesamtfettverzehr geringer. Diese

niedrigere Energiedichte führt dazu, dass vegetarische Kost bei gleichem Volumen weniger Nahrungsenergie als Mischkost aufweist (Leitzmann und Keller 2013). Allerdings haben vegetarisch lebende Menschen meist eine allgemein gesündere Lebensweise z.B. eine höhere körperliche Aktivität (Mensink et al. 2016). Eine Ernährungsumstellung kombiniert mit leichtem Sport trägt zu einem verbesserten Gesundheitsstatus bei (Sabaté 2001).

Hülsenfrüchte können auch als Antidiabetika wirken. Aufgrund des hohen Ballaststoffgehaltes haben sie einen sehr niedrigen glykämischen Index. Folglich steigt bei einem Verzehr der Blutzuckerspiegel nicht so steil an, wie z. B. nach dem Verzehr von Rindfleisch. Dadurch wird nicht so viel Insulin ausgeschüttet, um den Blutzuckerspiegel zu senken. Die Insulinsubstitution von Diabetiker ist so geringer (sie müssen sich nicht so viel zuführen) und dies hat folglich positive Einflüsse auf die Sättigung und auf die Gesundheit (Faller et al. 2016).

5.3 Vergleichsaspekt Wirtschaft

Bei einer Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte müssen auch die Auswirkungen auf die Wirtschaft berücksichtigt werden, da der Anreiz einer Substitution durch mögliche Kosteneinsparungen gesteigert wird. Ein hoher Preis kann die Substitution verhindern.

Diese Arbeit beschränkt sich auf einen Vergleich isolierter Preise von Hülsenfrüchten und Rindfleisch für den privaten Konsumhaushalt und bezieht lediglich Proteine mit in die Analyse ein. Mit weiteren Nährstoffen, wie Kohlenhydrate oder Fett, wäre die Analyse zu umfangreich für diese Arbeit. Laut der DGE benötigen Frauen von 19 - 51 Jahren 48 g Protein pro Tag und Männer 57 g Protein pro Tag (DGE 2018). In dieser Arbeit wird ein durchschnittlicher Proteinbedarf von 52,5 g Protein pro Tag zugrunde gelegt. Die Preise pro g Protein betragen für Rindersteak 5,96 Cent pro g Protein und für Bohnen 1,64 Cent pro g Protein (s. Tab. 8). Um die Kosten besser vergleichen zu können, werden jeweils die Proteinmengen von Rindfleisch und Hülsenfrüchten errechnet, die pro Tag benötigt werden, um den Bedarf an Protein zu decken.

Eine Ernährung, deren Proteinzufuhr ausschließlich auf Rindfleischprotein basiert, kostet 3,13 € pro Tag und auf Basis von Bohnen 0,86 € pro Tag (Tab. 10). Da die biologische Wertigkeit bei den Lebensmitteln unterschiedlich ist (Rindfleisch 87 und Bohnen 73, Biesalski et al. 2015) wird ein Faktor von 1,19 mit in die Preise verrechnet. Dadurch werden 1,02 € pro Tag

benötigt, um die Referenzwerte an Protein durch Bohnen zu decken. Die Kosten für eine Ernährung nur aus Rindfleischprotein wären demnach bei einer isolierten Betrachtung dreimal so hoch wie eine Ernährung mit Proteinen aus Hülsenfrüchten.

Tab. 10: Errechnung der Kosten pro Tag, wenn nur Protein aus Rindfleisch bzw. Bohnen verzehrt wird (eigene Darstellung nach Biesalski et al. 2015, Heseke und Heseke 2016, AMI 2018, DGE 2018 und USDA 2018)

| | Rindfleisch | Bohnen | Verhältnis (Rindfleisch / Bohnen) |
|--|--------------------|---------------|--|
| Kosten in Cent/g Protein | 5,96 | 1,64 | 3,63 |
| Kosten in €/Tag* | 3,13 | 0,86 | - |
| Biologische Wertigkeit | 87 | 73 | 1,19 |
| Kosten in €/Tag (angepasst nach Wertigkeit) | 3,13 | 1,02 | 3,07 |

* 52,5 g Protein/Tag

Zu beachten ist, dass Ernährung ein komplexes System ist und viele Faktoren die wirtschaftliche Analyse beeinflussen.

Beispielsweise kann die biologische Wertigkeit durch eine Kombination verschiedener Lebensmittel verändert werden (Biesalski et al. 2015). Das heißt, dass die Wertigkeit des Hülsenfruchtproteins z. B. mit einer Kombination aus Mais höher sein kann, als die biologische Wertigkeit von Rindfleisch mit Kartoffeln (hier nicht weiter dargestellt) (Jekat 1984 S 182 zitiert in Koerber et al. 2004).

Des Weiteren könnte sich durch eine sinkende Nachfrage nach Rindfleisch die Nachfrage nach Hülsenfrüchten erhöhen (Cordts et al. 2013). Das hätte Auswirkungen auf die Marktpreise. Durch einen verminderten Konsum von Rindfleisch fallen dessen Marktpreise. Außerdem könnte der national verminderte Rindfleischverzehr zu einem erhöhten Konsum von Rindfleisch in anderen Teilen der Welt führen (Osterburg et al. 2009 und Cordts et al. 2013).

Es ist auf jeden Fall sinnvoll für eine ausführlicheren Analyse auch weitere Nährstoffe, wie Fett und Kohlenhydrate oder auch Vitamine und Mineralstoffe von Rindfleisch und Hülsenfrüchten zu betrachten (Sabaté et al. 2014). Zusätzlich sind langfristige Effekte in Schwellen- und Entwicklungsländern durch eine Reduktion des Fleischverzehrs zu beachten

(Cordts et al. 2013). Auch die Einnahmen im landwirtschaftlichen Sektor, die sich durch einen Nachfragerückgang von Rindfleisch negativ verändern könnten, sollten berücksichtigt werden. In dieser Arbeit lassen sich lediglich für den privaten Konsumhaushalt Einsparungen durch eine Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte erkennen.

5.4 Exkurs: Kulturelle und gesellschaftliche Auswirkungen

Bei einer erweiterten Betrachtung der Ernährung kann eine fünfte Dimension, die Kultur, definiert werden (Koerber 2014). Denn nicht nur gesundheitliche, wirtschaftliche und soziale Faktoren spielen bei der Wahl des Essensverhalten eine Rolle, sondern auch Tradition und Rituale (Schropp 2013).

Eine Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte kann ebenfalls Auswirkungen auf die Gesellschaft haben. Zu den aktuellen, ernährungsbezogenen gesellschaftlichen Problemen zählen (Koerber et al. 2004):

- Bevölkerungswachstum und dessen Folgen auf die globale Ernährungssicherheit
- Zerstörung von Lebensräumen (z. B. durch Verstädterung oder Entwaldung) und dadurch entstehende Folgen auf das Gesundheitssystem (z. B. Unterernährung, Kosten von ernährungsabhängigen Krankheiten)
- Veredelungsverluste bei tierischen Lebensmitteln und Folgen der ungleichen Verteilung der Ressourcen
- Arbeitsbedingungen in Entwicklungsländern
- Wandel der Esskultur

Eine kombinierte systematische Suche mit den Suchbegriffen „Gesellschaft“, „Fairtrade“, „Ernährungssicherung“, „Fleischverzicht“, „Vegetarismus“, „Fleisch“, „Fleischkultur“ und „Hülsenfrüchte“ führt zu keinen geeigneten (quantitativen) Ergebnissen für die Auswirkungen auf die Dimension Gesellschaft.

Da die Dimension Gesellschaft nach Meinung der Autorin zu einer ganzheitlichen Betrachtung der Ernährungsökologie dazu gehört, werden im folgende Vergleichsaspekte für den Vergleich von Rindfleisch und Hülsenfrüchten angesprochen:

- Relevanz der vegetarischen Ernährung für die Weltbevölkerung (Ernährungssicherheit)

- Auswirkungen auf die globalen, ernährungsabhängigen Krankheiten
- Sekundäre Folgen der Umweltauswirkungen

Weitere Auswirkungen auf Kultur und Gesellschaft, die nicht hier betrachtet werden, könnten sein: Folgen der ungleichen Verteilung von Ressourcen, Auswirkungen durch die Produktion von billigen Futtermitteln außerhalb der EU (z. B. die Abholzung des Regenwaldes in Amazonasgebieten), Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen, Veränderungen der Kultur von Rindfleisch und Hülsenfrüchten und damit auch die Veränderungen des Geschmacks der Gesellschaft. Diese werden hier nicht angesprochen.

5.4.1 Relevanz der vegetarischen Ernährung für die Weltbevölkerung

Ein Zusammenhang zwischen Fleischverzehr in Industrieländern und der Ernährungsunsicherheit in Entwicklungsländern ist empirisch nicht klar erforscht (Cordts et al. 2013). In der öffentlichen Diskussion ist der Vorteil des direkten Verzehrs der Futtermittel (z. B. Getreide und Mais) gegenüber der veredelten Variante mit Rindfleisch zu erkennen. Allerdings gibt es wenige Studien, die diesen Zusammenhang analysieren (in dieser Arbeit deshalb nicht weiter dargestellt) (Rosegrant et al. 1999).

Ernährungsweisen mit weniger Fleischverzehr können vergleichsweise mehr Menschen ernähren als Ernährungsweisen mit hohem Fleischkonsum (Peters et al. 2007). Die weltweiten Lebensmittelerzeugnisse würden zwar auch für eine etwas höhere Weltbevölkerung ausreichen, allerdings nur wenn der Verzehr von tierischen Lebensmitteln nicht weiter steigen würde (Koerber und Leitzmann 2011).

5.4.2 Auswirkungen auf die globalen, ernährungsabhängigen Krankheiten

Hülsenfrüchte haben im Gegensatz zu Rindfleisch gesundheitsfördernde Eigenschaften (s. Kap. 4.2). Dadurch könnte eine allgemein verbesserte Gesundheit in der Gesellschaft erreicht werden. Dies hätte einen positiven Einfluss auf das Risiko ernährungsabhängiger Krankheiten. Zum Beispiel lassen sich die Zahlen der Übergewichtigen und Diabetes mellitus Typ 2 Erkrankten reduzieren (Tonstad et al. 2009). Als direkte Folge dessen könnten Kosten im Gesundheitssektor gemindert werden (hier nicht untersucht).

5.4.3 Sekundäre Folgen der Umweltauswirkungen

Durch einen wesentlich größeren Verbrauch von Rindfleisch gegenüber Hülsenfrüchten an den Ressourcen Wasser, Energie, Düngemittel, Pestiziden und Land (Reijnder und Soret 2003, Marlow et al. 2014 und Sabaté et al. 2014) würden diese durch eine Substitution eingespart werden. Sekundäre Folgen, die durch eine weltweite Zunahme des Fleischverzehrs entstehen, könnten eine ungerechte Weltwirtschaftsbedingungen, ungleiche Ressourcenverteilung, Flächenkonkurrenz, globale Klimaveränderungen, steigende Lebensmittelpreise und knappe Wasserressourcen sein (Koerber und Leitzmann 2011). Eine Substitution der Güter könnte deshalb positive Auswirkungen auf diese Probleme haben.

5.5 Limitationen dieser Arbeit

Hülsenfrüchte sind im Vergleich zu Rindfleischkonsum in Deutschland als Nahrungsmittel im Gegensatz zum Futtermittel in Studien wenig thematisiert. Durch die Komplexität des Ernährungssystems können in dieser Arbeit nicht alle Auswirkungen auf die Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft berücksichtigt werden. Die Auswirkungen sind oft auch dimensionsübergreifend. Die Untersuchung ist auf ausgewählte Aspekte in den Dimensionen beschränkt. Interessante Aspekte, die ebenfalls beachtet werden sollten, sind als Empfehlungen für künftige Studien aufgeführt (s. Kap. 6). Auch zeitlich und räumlich versetzte Nebenwirkungen sind zu beachten (z. B. Verlust der Funktion der Rinderhaltung für die Landschaftspflege). In dieser Arbeit wird die Substitution nur für die Proteinversorgung isoliert betrachtet. Die Untersuchung der Ernährungsweisen ist nicht vollständig, es müsste bspw. die Substitution von Fetten einbezogen werden. Für die Dimension Wirtschaft und ihre Handlungsempfehlungen sollte auch der direkte Akteur Landwirt berücksichtigt werden.

6 Schlussfolgerung / Fazit

Insgesamt sind positive Auswirkungen einer Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte in allen drei Dimensionen Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft eindeutig festzustellen. Rindfleisch hat gegenüber Hülsenfrüchten einen extrem negativen Einfluss auf den Klimawandel und verbraucht wesentlich mehr Ressourcen (Land, Wasser, Energie, Düngemittel und Pestizide). Daher ist schon aus Umweltsicht die eindeutige Empfehlung für den Verbraucher weniger tierische Nahrungsmittel zu verzehren. Dazu kommen noch die

positiven gesundheitlichen Wirkungen durch eine erhöhte Aufnahme von Hülsenfrüchten (Tonstad et al. 2009 und Li et al. 2017). Das gilt für die hier untersuchten, in unserer Ernährung häufig vorkommenden, Hülsenfrüchte: getrockneten Bohnen, Kidneybohnen, Erbsen, Linsen und Sojabohnen. Aber auch unbekanntere Hülsenfrüchte, wie Mungobohnen, Bockshornklee und Fababohnen, sollten in die Ernährung der Menschen einbezogen werden. Pflanzliche Proteine können durch eine schnellere Sättigung und damit verminderte Energieaufnahme die Gewichtszunahme stoppen. Der BMI kann sich reduzieren und das Risiko an Diabetes mellitus Typ 2 zu erkranken kann gemindert werden. Wichtige Faktoren hierfür sind die unterschiedlichen Ballaststoffgehalte und der Geschmack (Kristensen et al. 2016).

Hülsenfrüchte können deshalb auch als therapeutische Antidiabetika genutzt werden. Der erhöhte Verzehr von Hülsenfrüchten hat einen positive Einfluss auf die allgemeine Gesundheit und auf die Reduktion von ernährungsabhängigen Krankheiten (Tonstad et al. 2009 und Li et al. 2017).

Für den privaten Haushalt können bei einer isolierten Betrachtung der Kosten von Rindfleisch- und Hülsenfrüchten Kosteneinsparungen festgestellt werden. Wenn alle Kosten betrachtet werden, so könnte eine Konsumreduzierung von Rindfleisch auch zu sinkenden Einnahmen im landwirtschaftlichen Sektor führen (hier nicht untersucht).

Handlungsempfehlungen

Ergänzend zu den sieben Grundsätzen der Vollwert-Ernährung (s. Kap. 2.1; Koerber et al. 2004) sind hier folgende Handlungsempfehlungen aus der Sicht der Autorin hervorzuheben:

- 1 Die Bedeutung der Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte für die Umwelt muss bei der Aufklärung und Information von Politik und Öffentlichkeit mehr in den Vordergrund gerückt werden. Das Ressourcenminderungspotential, das bereits durch eine marginale, aber signifikante Ernährungsumstellung erreicht werden kann, muss von der Öffentlichkeit verstanden werden.
- 2 Der gesundheitliche Nutzen von weniger bekannten Hülsenfruchtarten, wie Mungobohnen, Bockshornklee und Fababohnen sollte in der Forschung und der Öffentlichkeit mehr beachtet werden (Madar und Stark 2002).

- 3 Es müssen Veränderungen in der Agrarpolitik erfolgen. Flächen, die derzeit für den Anbau von Leguminosen als Futtermittel verwendet werden, können auch unmittelbar für die direkte Ernährung der Menschen genutzt werden.
- 4 Auch der Anbau, der Transport und die Verarbeitung von Lebensmitteln sind wesentlich für die Bewertung der Nachhaltigkeit (z. B. Gewächshausanbau, Flugzeugtransport und Tiefkühlprodukte). Das ist für den Verbraucher nicht transparent genug und sollte deutlicher gekennzeichnet werden (z. B. direkt auf dem Produkt).

Empfehlungen für zukünftige Studien

Empfehlungen für weitere Forschungen sind tiefergehende Analysen durchzuführen mit unterschiedlichen Arten von Fleisch und Fleischersatzprodukten, um einen größeren Überblick über die Thematik Ernährung und Umwelt zu bekommen. Zum Beispiel ist der Schweinefleischverzehr in Deutschland mit 50,2 kg pro Kopf und Jahr wesentlich höher als der Rindfleischverzehr mit 14,6 kg pro Kopf und Jahr (Stand 2016) (BMEL 2018). Aufgrund dieser Zahlen und den damit verbundenen hohen Einsparpotentialen könnte eine Substitution von Schweinefleisch mit Hülsenfrüchten ebenfalls von Interesse für weitere Studien sein.

Für kommende Studien sollte eine möglichst hohe Differenzierung der Hülsenfrüchte verwendet werden, damit die Vielfalt im Angebot größer wird und der Anreiz einer Substitution von Fleisch für die Bevölkerung steigt. Die Lebensmittel sollten nicht nur isoliert, sondern im Kontext des vollständigen Ernährungssystems betrachtet werden. Peters et al. (2007) haben hierfür z. B. ein nützliches Modell mit 42 verschiedenen Ernährungsweisen entwickelt. Um die Umweltwirkung der Ernährung besser vergleichen zu können, wäre ein solches Standardmodell interessant.

Beim Fokus einer geeigneten Substitution von tierischen durch pflanzliche Nahrungsmittel sollen auch Fette und Kohlenhydrate und deren Verteilung mit eingeschlossen werden. Außerdem sollen mehr Bereiche von Umwelt, Gesundheit über Wirtschaft und Gesellschaft betrachtet werden. Künftige Analysen der Umweltwirkungen könnten sich an den Planetaren Belastungsgrenzen nach Rockström et al. (2009) orientieren und vor allem die Themen Biodiversität (Artensterben) und Stickstoff-Kreislauf betrachten (Rockström et al. 2009).

Persönliches Fazit

Als Autorin dieser Arbeit ergeben sich für mich folgende Schlussfolgerungen: Bereits eine marginale Ernährungsumstellung zu weniger Fleisch und mehr Hülsenfrüchten hat in allen Bereichen positive Auswirkung und das sollte der Gesellschaft mitgeteilt werden. Dabei muss kein völliger Verzicht von Fleisch angestrebt werden, zumal Wiederkäuer zur Erhaltung der Kulturlandwirtschaft unverzichtbar sind. Auch die sozialen und kulturellen Gewohnheiten (täglicher Fleischverzehr) können sich ändern. Die Wertschätzung der Hülsenfrüchte in der Ernährung der Menschen muss gezielt verbessert werden. Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass Leguminosen / Hülsenfrüchte heute eher als Futtermittel für Tiere und nicht als wertvolle Proteinquelle für Menschen bekannt sind.

7 Zusammenfassung (Summary)

Schlüsselwörter: Rindfleisch, Hülsenfrüchte, Lebensmittelsubstitution, Klimawandel, Treibhausgasemissionen, vegetarische Ernährung

Ein vermehrter Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln steht im Fokus der Vollwert-Ernährung. Dabei ist die Substitution von Rindfleisch eine zentrale Herausforderung für die Gesellschaft. Die Herstellung von Rindfleisch verbraucht besonders viele Ressourcen und produziert vermeidbare THG-Emissionen. Deshalb ist das genaue Einsparpotential einer Substitution von tierischen durch pflanzliche Lebensmittel für die Umwelt von Interesse. Nach den Prinzipien der Ernährungsökologie werden in dieser Arbeit neben den Umweltaspekten auch die Dimensionen Gesundheit und Wirtschaft untersucht. Die Arbeit beschränkt sich auf den Proteinvergleich. Hülsenfrüchte haben ähnliche Proteingehalte wie Rindfleisch und bieten sich deshalb für die Substitution besonders an.

Diese Literaturrecherche baut auf 13, teilweise sehr umfangreiche, Studien auf, die sowohl Rindfleisch als auch Hülsenfrüchte untersucht haben. In dieser Arbeit werden für jede der drei Dimensionen relevante Vergleichsaspekte der Substitution definiert. Um die Treibhausgasemissionen und den Ressourcenverbrauch besser vergleichen zu können, werden aus den Ergebnissen der jeweiligen Studien Substitutionsfaktoren berechnet (Ressourceneinsatz Rindfleisch / Ressourceneinsatz Hülsenfrüchte).

Rindfleisch hat gegenüber Hülsenfrüchten im Mittel 42-fach höhere THG-Emissionen. Rindfleisch verbraucht etwa 15 mal mehr Land, achtmal so viel Wasser, Energie und

Düngemittel sowie sechsmal so viel Pestizide. Durch den großen Unterschied in der Klimawirksamkeit von Hülsenfrüchten gegenüber Rindfleisch und dem deutlich geringeren Verbrauch an Ressourcen ist ein signifikanter positiver Einfluss durch diese Substitution für die Umwelt festzustellen. Ungünstige Verpackung, lange Lagerung, Vermarktungswege und Beschaffungswege, sowie aufwendige Zubereitung können die produktspezifischen THG-Emissionen von Lebensmitteln erhöhen. Der Anbau in beheizten Treibhäusern hat einen wesentlichen Einfluss auf die Klimawirksamkeit. Der Transport durch Flugzeuge und die Intensität der Tierproduktion können die Klimawirkung ebenfalls wesentlich erhöhen. In den USA könnten 75 % der Klimaziele durch eine vollständige Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte erreicht werden. Für Europa liegt eine vergleichbare Schätzung noch nicht vor. Die Bilanz der ungünstigen Landnutzung von Rindfleisch ist vor allem durch die Veredelungsverluste der Umwandlung von pflanzlichem in tierisches Eiweiß zu erklären (Anbau der Futtermittel). Einfacher und sinnvoller wäre es, die Leguminosen, die als Futtermittel dienen, direkt zu verzehren.

Der vermehrte Konsum von Hülsenfrüchten wirkt sich positiv auf die Gesundheit, die Gewichtsabnahme, auf das Risiko von Diabetes mellitus Typ 2 und auf die Blutlipide aus. Die schnellere Sättigung durch Verzehr pflanzlichen Proteinen führt zu einer geringeren Energieaufnahme. Eine Studie hat ergeben, dass durch einen verminderten Verzehr von Rindfleisch der Konsum von weiteren Nahrungsmitteln, wie Brot, Kartoffeln, etc. ebenfalls sinkt.

Proteine ausschließlich über Rindfleisch aufzunehmen kostet rund dreimal so viel wie eine Proteinversorgung durch Hülsenfrüchte (isolierte Betrachtung). Damit ist die Substitution für private Haushalte auch kostengünstiger. Einschränkend muss hier angefügt werden, dass dies voraussichtlich nicht für das Einkommen des Sektors Landwirtschaft gilt (hier nicht untersucht).

Durch die Reduktion der Untersuchung auf ausgewählte Vergleichsaspekte kann die Komplexität des Ernährungssystems (der Substitution) nur ansatzweise bewertet werden. Zukünftige Studien über verschiedene Fleischarten und Fleischerzeugnisse (insbesondere Schweinefleisch) und unbekanntere Hülsenfruchtarten (wie Bockshornklee) sollten nicht nur isoliert, sondern im vollständigen Ernährungssystem berücksichtigt werden.

Ergänzend zu den Grundsätzen der Vollwert-Ernährung ergaben sich in diese Arbeit vier Handlungsempfehlungen. Die Bedeutung der Fleischreduktion soll in der Öffentlichkeit

besser kommuniziert werden. Die Agrarpolitik sollte unterstützend eingreifen. Die Nachhaltigkeit der Lebensmittel sollte für den Verbraucher besser gekennzeichnet werden. Unbekanntere Hülsenfruchtarten sollen die Chancen einer Substitution von Fleisch verbessern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Substitution von Rindfleisch durch Hülsenfrüchte einen signifikanten positiven Einfluss auf die Dimensionen Umwelt und Gesundheit hat, auch in der Wirtschaft sind positive Einflüsse zu erkennen.

Summary

Keywords: beef, legumes, food substitution, climate change, greenhouse gas emissions, vegetarian nutrition

An higher consumption of vegetable foods is the focus of wholefood nutrition. The substitution of beef is a central challenge for the society. The production of beef consumes many resources and produces GHG emissions. Therefore, the exact savings potential of a substitution of animal by vegetable food is of interest for the environment. In accordance with the principles of nutrition ecology, the dimensions of health and economy are examined in this paper in addition to the environmental aspects. The work is limited to the comparison of proteins. Legumes have similar protein contents to beef and are therefore well suited for a substitution.

This literature search is based on 13 studies which have analysed both beef and legumes. In this paper, relevant comparative aspects of substitution are defined for each of the three dimensions. In order to be able to better compare the life cycle assessments, substitution factors (SF) are calculated from the results of the respective studies (resource input beef / resource input legumes).

Compared to legumes, beef has on average 42 times higher GHG emissions. Beef consumes about 15 times more land, eight times more water, energy and fertilizer and six times more pesticides. Because of the large difference in the climate impact of these two foods and the significantly lower consumption of resources, this substitution has a significant positive impact on the environment. Unfavourable packaging, long storage, marketing and procurement channels as well as intensive preparation can increase the product-specific GHG emissions. Cultivation in heated greenhouses has a significant effect on climate impact.

Airplane transport and the intensity of animal production can also significantly increase the climate impact. In the USA, 75 % of the climate targets could be achieved by a complete substitution of beef by legumes. A comparable estimate for Europe is not yet available. The balance of the unfavourable land use of beef can mainly be explained by the losses in refinement resulting from the conversion of vegetable protein into animal protein (cultivation of animal feed). It would be simpler and more logical to consume the legumes used as animal feed directly.

Increased consumption of legumes has a positive effect on health, weight loss, the risk of type 2 diabetes mellitus and blood lipids. The faster saturation of vegetable proteins leads to lower energy intake. A study showed that by a reduced consumption of beef the consumption of other foods, such as bread, potatoes, etc. also decreases.

Protein intake only from beef costs about three times as much as protein intake from legumes (isolated consideration). This means that substitution is also cheaper for private households. It must be added that this is probably not the case for the income of the agricultural sector (not investigated here).

By reducing the study to a few selected aspects of comparison, the complexity of the food system (substitution) can only be assessed to a limited extent. Future studies on different types of meat and meat products (especially pork) and less known legumes (such as fenugreek) should not only be isolated but taken into account in the complete food system.

In addition to the principles of wholefood nutrition, four guidelines for action were developed in this bachelorthesis. The importance of meat reduction should be better communicated to the public. Agricultural policy should be supportive. The sustainability of food should be better labelled for the consumer. Unknown leguminous crops should increase the chances of substitution.

In summary it can be said that a substitution of beef by legumes has a significant positive influence on the dimensions of environment and health, including positive effects on the economy.

Literaturverzeichnis

- Aiking H, Boer J de, Vereijken J: Sustainable Protein Production and Consumption: Pigs or Peas? Springer Science, The Netherlands, 2006
- AMI (Agrarmarkt Informations-Gesellschaft): AMI-Marktdaten zu Fleisch und Hülsenfrüchten. Persönliche E-Mail, 2018
- Biesalski HK, Grimm P, Nowitzki-Grimm S: Taschenatlas Ernährung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 6. Auflage, 2015
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft): Statistische Jahrbücher über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. BMEL, Bonn, 2002. Internet: <https://www.bmel-statistik.de/footer/navigation/archiv/statistisches-jahrbuch/> (25.07.2018)
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft): Statistischer Monatsbericht des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft - Kapitel B. Ernährungswirtschaft. BMEL, Bonn, 2018. Internet: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-b-ernaehrungswirtschaft/> (27.08.2018)
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland) und Misereor (Hrsg.): Zukunftsfähiges Deutschland - Ein Beitrag zu einer globalen nachhaltigen Entwicklung. Birkhäuser Verlag, Basel, 5. Auflage, 1998
- Bundesministerium für Gesundheit: Daten des Gesundheitswesens 2017. Internet: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Gesundheit/Broschueren/170927_BMG_DdGW.pdf (25.07.2018)
- Carlsson-Kanyama A und González AD: Potential contributions of food consumption patterns to climate change. Am J Clin Nutr 89, 2009. Internet: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736AA> (02.08.2018)
- Cernay C, Ben-Ari T, Pelzer E, Meynard JM, Makowski D: Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. Sci Rep 5, 2015. Internet: <https://www.nature.com/articles/srep11171> (13.06.2019)
- Cordts A, Duman N, Grethe H, Nitzko S, Spiller A: Potential für eine Verminderung des Fleischkonsums am Beispiel Deutschland und Auswirkungen einer Konsumreduktion in OECD-Ländern auf globale Marktbilanzen und Nahrungsmittelpreisen. Gesellschaft für Wirtschaft- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. (GEWISOLA), Berlin, 2013. Internet: https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/156138/2/B3-Cordts-The_Potential_c.pdf (02.08.2018)

- Deutscher Bauernverband: Situationsbericht 2016/17. Berlin, 2016. Internet:
<https://www.bauernverband.de/situationsbericht-2016-17> (24.08.2018)
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.): Referenzwerte Protein. DGE, Bonn, 2018. Internet:
<https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/protein/> (16.09.2018)
- Douglas SM, Tyler RL, Heather JL: Consuming Beef vs. Soy Protein Has Little Effect on Appetite, Satiety, and Food Intake in Healthy Adults. *The Journal of Nutrition*, Oxford, 2015. Internet:
<https://doi.org/10.3945/jn.114.206987> (14.09.2018)
- EOP (Executive Office of the President): The President's climate action plan. The White House, Washington US, 2013. Internet:
<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf> (02.08.2018)
- Erbersdobler HF, Barth CA, Jahreis G: Körnerleguminosen in der Humanernährung - Nährstoffgehalt und Proteinqualität von Hülsenfrüchten. *Ernährungsumschau* 09/10, 2017. Internet:
https://www.ufop.de/files/8715/1299/3528/UFOP_1450_Studie_061217_A.pdf (18.09.2018)
- Faller A, Schnüke M, Schnüke G: *Der Körper des Menschen: Einführung in Bau und Funktion*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 17. Auflage, 2016
- FAO (Food and Agriculture Organization): Livestock's long shadow - environmental issues and options. FAO, Rome, 2006. Internet: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM> (26.07.2018)
- FAOstat (Food and Agricultural Organisation of the United States): Data. FAO, Rome, 2018. Internet:
<http://www.fao.org/faostat/en/#data> (13.06.2018)
- Fritsche UR und Eberle DU: Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Öko-Institut e.V., Darmstadt, 2007. Internet:
<https://www.oeko.de/oekodoc/328/2007-011-de.pdf> (07.05.2018)
- FSIN (Food Security Information Network): Global Report on Food Crisis 2018. o.O., 2018. Internet:
<https://www.wfp.org/content/global-report-food-crises-2018> (25.07.2018)
- Halkjær J, Olsen A, Overvad K, Jakobsen MU, Boeing H, Buijsse B, Palli D, Tognon G, Du H, van der A DL, Forouhi NG, Wareham NJ, Feskens EJM, Sørensen TIA, Tjønneland A: Intake of total, animal and plant protein and subsequent changes in weight or waist circumference in European men and women: the Diogenes project. *Int J Obes* 35, USA, 2011. Internet:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=10.1038%2Fijo.2010.254> (13.09.2018)

- Harwatt H, Sabaté J, Eshel G, Soret S, Ripple W: Substituting beans for beef as a contribution toward US climate change targets. *Clim Change* 143, Loma Linda, 2017. Internet: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-017-1969-1> (24.04.2018)
- Hatt H: Geschmack. In: *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Springer Verlag, Heidelberg, 5. Auflage, 2006
- Heseker H und Heseker B: *Die Nährwerttabelle*. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstraße, 4. Auflage, 2016
- IEA (International Energy Agency): *Key World Energy Statistics 2017*. IEA Publications, Paris, 2017. Internet: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf> (20.09.2018)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate change: The 1990 and 1992 IPCC assessments*, Canada, 1992. Internet: https://www.ipcc.ch/ipccreports/1992%20IPCC%20Supplement/IPCC_1990_and_1992_Assessments/English/ipcc_90_92_assessments_far_front_matters.pdf (16.05.2018)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Schweiz, 2014. Internet: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (26.07.2018)
- Jekat F: *Nahrungseiweiß*. AID-Verbraucherdienst 9, 1984
- Juliano BO, Perez CM, Komindr S, Banphotkasem S: Properties of Thai cooked rice and noodles differing in glycemic index in noninsulin-dependent diabetics. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, 1989. Internet: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4020-1041-4_147.pdf (13.09.2018)
- Jungbluth N: *Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz*. dissertation.de, Zürich, 2000. Internet: <https://doi.org/10.3929/ethz-a-003867192> (15.05.2018)
- Kabir M, Guerre-Millo M, Laromiguiere M, Slama G, Rizkalla SW: Negative regulation of leptin by chronic high-glycemic index starch diet. *Metabolism* 49, o.O., 2000. Internet: <https://doi.org/10.1053/meta.2000.6258> (13.09.2018)
- Koerber K von: *Fünf Dimensionen der Nachhaltigen Ernährung und weiterentwickelte Grundsätze. Ernährung im Fokus* 14, o.O., 2014. Internet: https://www.nh-e.de/fileadmin/Publikationen/aid_eif_Nachhaltige_Ernaehrung_Koerber_09-2014__Lit.pdf

(24.08.2018)

Koerber K von und Kretschmer J: Bewusst essen – Klima schützen. UGB-Forum spezial, Verband für Unabhängige Gesundheitsberatung e. V., Wettenberg, 2008. Internet: <https://www.ugb.de/vollwert-ernaehrung/bewusst-essen-klima-schuetzen/> (14.08.2018)

Koerber K von und Leitzmann C: Welternährung: globale Nahrungssicherung für eine wachsende Weltbevölkerung. Ernährungsumschau 12, München, 2011. Internet: https://www.nachhaltigeernaehrung.de/fileadmin/Publikationen/EU12_2011.pdf (28.05.2018)

Koerber K von, Männle T, Leitzmann C: Vollwert-Ernährung: Konzeption einer zeitgemäßen und nachhaltigen Ernährung. Karl F. Haug, Stuttgart, 10. Auflage, 2004

Kristensen MD, Bendsen NT, Christensen SM, Astrup A, Raben A: Meals based on vegetable protein sources (beans and peas) are more satiating than meals based on animal protein sources (veal and pork) – a randomized cross-over meal test study. Food Nutr Res 60, Copenhagen, 2016. Internet: <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.32634> (06.08.2018)

LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW): Indikatoren. Internet: <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?mode=liste&aufzu=0> (23.09.2018)

Leithold G, Becker K, Riffel A, Schulz F, Schmid-Eisert A, Brock C: Stickstoff und Schwefel im ökologischen Landbau - Ratgeber für eine bessere Nährstoffversorgung von Ackerkulturen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 2015

Leitzmann C und Keller M: Vegetarische Ernährung. UTB GmbH, Stuttgart, 3. Auflage, 2013

Li SS, Mejia SB, Lytvyn L, Stewart SE, Vigiouliouk E, Ha V, Souza RJ de, Leiter LA, Kendall CWC, Jenkins DJA, Sievenpiper JL: Effect of Plant Protein on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. J Am Heart Assoc 12, Dallas, 2017. Internet: <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.006659> (20.08.2018)

Lippi G, Mattiuzzi C, Cervellin G: Meat consumption and cancer risk: a critical review of published meta-analyses. Elsevier, Italien, 2016. Internet: <http://dx.doi.org/10.1016/j.critrevonc.2015.11.008> (25.09.2018)

Madar Z und Shomer I: Polysaccharide composition of a gel fraction derived from fenugreek and its effect on starch digestion and bile acid absorption in rats. J Agric Food Chem 38, München, 1990. Internet: <https://doi.org/10.1021/jf00097a023> (13.09.2018)

Madar Z und Stark AH: New legume sources as therapeutic agents. Br J Nutr 88, Southampton, 2002. Internet: <https://doi.org/10.1079/BJN2002719> (17.06.2018)

- Marlow HJ, Harwatt H, Soret S, Sabaté J: Comparing the water, energy, pesticide and fertilizer usage for the production of foods consumed by different dietary types in California. *Public Health Nutrition, California*, 2014. Internet: <https://doi.org/10.1017/S1368980014002833> (23.04.2018)
- Mensink G, Truthmann J, Rabenberg M, Heidemann C, Haftenberger M, Schienkiewitz A, Richter A: Obst- und Gemüsekonsum in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Springer Verlag, Berlin, 2013. Internet: <https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/1478/23e632IIgrVbo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (25.09.2018)
- Mensink G, Lage Barbosa C, Brettschneider A: Verbreitung der vegetarischen Ernährungsweise in Deutschland. Robert Koch-Institut, Berlin, 2016. Internet: <https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/2488/22dr2psmaEz.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (25.09.2018)
- Nijdam D, Rood G, Westhoek H: The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy* 37, The Hague, 2012. Internet: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002> (06.05.2018)
- Osterburg B, Nieberg H, Röder N, Isermeyer F, Haenel HD, Hahne J, Krentler JG, Paulsen HM, Schuchardt F, Schweinle J, Weiland P: Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 2009. Internet: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk041942.pdf (07.05.2018)
- Overduin J, Guérin-Deremaux L, Wils D, Lambers TT: Nutralys pea protein: characterization of in vitro gastric digestion and in vivo gastrointestinal peptide responses relevant to satiety. *Food Nutr Res* 59, Schweden, 2015. Internet: <https://doi.org/10.3402/fnr.v59.25622> (14.09.2018)
- Pan A, Sun Q, Bernstein AM, Schulze MB, Manson JE, Willett WC, Hu FB: Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 94, Houston, 2011. Internet: <https://academic.oup.com/ajcn/article/94/4/1088/4598110> (19.09.2018)
- Peters CJ, Wilkins JL, Fick GW: Testing a complete-diet model for estimating the land resource requirements of food consumption and agricultural carrying capacity: The New York State example. Cambridge University Press, New York, 2007. Internet: <https://doi.org/10.1017/S1742170507001767> (01.08.2018)
- Postel SL, Daily GC, Ehrlich PR: Human Appropriation of Renewable Fresh Water. *Sci New Ser* 271,

- USA, 1996. Internet: http://web.mit.edu/12.000/www/m2012/postel_science.pdf (17.09.2018)
- Quirin M, Gärtner S, Pehnt M, Reinhardt G: CO₂-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe – Eine Bestandsaufnahme. IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg, 2004. Internet: http://www.co2star.eu/publications/ifeu_berichte/Co2_neutrale_Wege.pdf (13.09.2018)
- Reijnders L und Soret S: Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. *Am J Clin Nutr* 78, USA, 2003. Internet: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.664S> (05.08.2018)
- Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin E, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley J: Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecol Soc* 14, Stockholm, 2009. Internet: <https://www.jstor.org/stable/26268316> (29.09.2018)
- Rosegrant MW, Leach N, Gerpacio RV: Alternative futures for world cereal and meat consumption. *Proc Nutr Soc* 58, USA, 1999. Internet: <https://doi.org/10.1017/S0029665199000312> (24.09.2018)
- Rubio LA, Grant G, Bardocz S, Dewey P, Pusztai A: Mineral excretion of rats fed on diets containing faba beans (*Vicia faba* L.) or faba bean fractions. *Br J Nutr*, Great Britain, 1992. Internet: <https://doi.org/10.1079/BJN19920033> (13.09.2018)
- Sabaté J (Hrsg.): *Vegetarian Nutrition*. Crc Pr Inc, Boca Raton, 2. Auflage, 2001
- Sabaté J, Sranacharoenpong K, Harwatt H, Wien M, Soret S: The environmental cost of protein food choices. *Public Health Nutr* 18, Loma Linda, 2014. Internet: <https://doi.org/10.1017/S1368980014002377> (23.04.2018)
- Schlatzer M: *Tierproduktion und Klimawandel : ein wissenschaftlicher Diskurs zum Einfluss der Ernährung auf Umwelt und Klima*. Lit Verl, Wien, 2. Auflage, 2011
- Schneider K, Hoffmann I, Leitzmann C: *Ernährungsökologie : Komplexen Herausforderungen integrativ begegnen*. *Spieg Forsch* 29, Gießen, 2012. Internet: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8786/> (24.07.2018)
- Schropp S: Der Einfluss des Ernährungsverhaltens auf die Rechte künftiger Generationen am Beispiel des Fleischkonsums in Deutschland. *J Für Gener* 13, Mannheim, 2013. Internet: <http://nbn->

resolving.de/urn:nbn:de:0168-ss0ar-343282 (02.08.2018)

Sharma RD: An evaluation of hypocholesterolemic factor of fenugreek seeds (*T. foenum graecum*) in rats. *Nutr Rep Int* 33, o.O., 1986. Internet:

<https://eurekamag.com/research/001/298/001298139.php> (13.09.2018)

Sharma RD und Raghuram TC: Hypoglycaemic effect of fenugreek seeds in non-insulin dependent diabetic subjects. Elsevier, Amsterdam, 1990. Internet: [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(05\)80822-X](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(05)80822-X) (13.09.2018)

Tan SY, Batterham M, Tapsell L: Energy Expenditure Does not Differ, but Protein Oxidation Rates Appear Lower in Meals Containing Predominantly Meat versus Soy Sources of Protein. *The European Journal of Obesity*, Freiburg, 2010. Internet: <https://doi.org/10.1159/000290061>

Tonstad S, Butler T, Yan R, Fraser GE: Type of Vegetarian Diet, Body Weight, and Prevalence of Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* 32, USA, 2009. Internet: <https://doi.org/10.2337/dc08-1886> (22.08.2018)

USDA (United States Department of Agriculture): National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release - 13498, Beef, ground, 70% lean meat / 30% fat, raw. Internet: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/13498> (23.08.2018)

Weber C und Fahl U: Energieverbrauch und Bedürfnisbefriedigung - eine Analyse mit Hilfe der energetischen Input-Output-Rechnung. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, Deutschland, 1993. Internet: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/5313036> (05.10.2018)

Weck M, Hanefeld M, Leonhardt W, Haller H, Robowsky KD, Noack R, Schmandke H: Ackerbohnenproteindiät bei Hypercholesterolemie. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co., Weinheim, 1983. Internet: <https://doi.org/10.1002/food.19830270406> (13.09.2018)

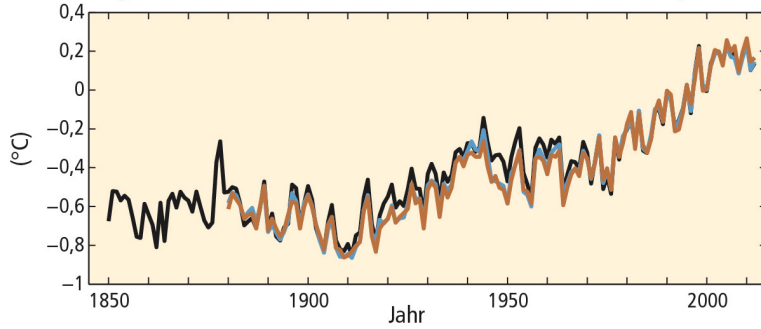
Westhoek H, Rood T, Berg M van den, Janse J, Nijdam D, Reudink M, Stehfest E, Lesschen JP, Oenema O, Woltjer GB: The protein puzzle : The consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union. Environmental Assessment Agency, The Hague, 2011. Internet: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/406619> (30.07.2018)

WHO (World Health Organization): About WHO. Genf, 1991. Internet: <http://www.who.int/about/mission> (25.07.2018)

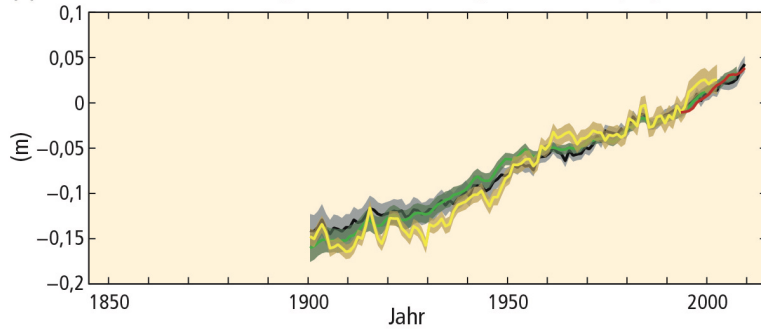
Young VR und Pellett PL: Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am J Clin Nutr* 59, USA, 1994. Internet: <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.5.1203S> (20.09.2018)

Anhang

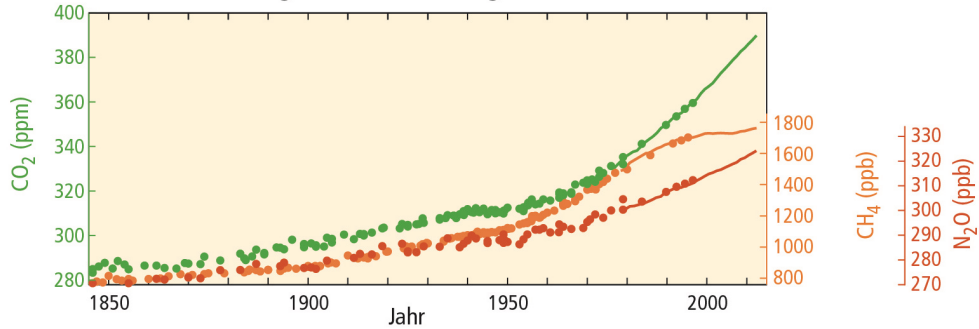
(a) Global gemittelte kombinierte Land- und Ozeanoberflächentemperatur-Anomalie



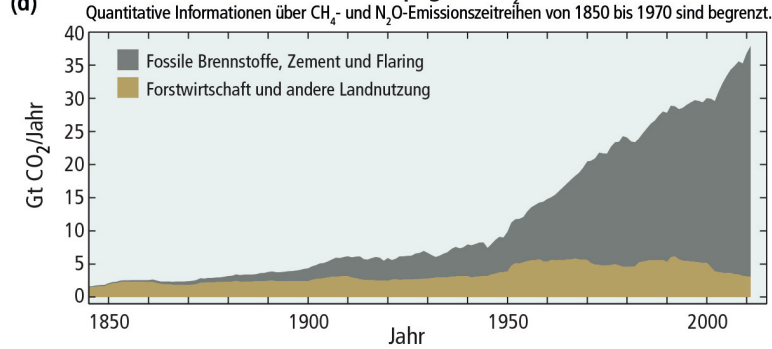
(b) Global gemittelte Änderung des Meeresspiegels



(c) Global gemittelte Treibhausgaskonzentrationen



(d) Globale anthropogene CO₂-Emissionen



Kumulative CO₂-Emissionen

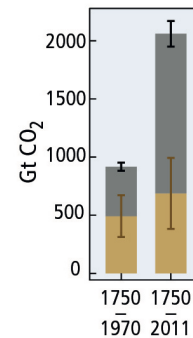


Abb. 4: Änderungen der Oberflächentemperatur, des Meeresspiegels, Treibhausgaskonzentrationen und anthropogene CO₂-Emissionen von 1850 bis ca. 2010 (IPCC 2014)

Erklärung zum eigenständigen Verfassen der Arbeit

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung verwendet.

Gießen, den