

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

Studiengang Ökotrophologie

**Die CO₂-Bilanz von Sojamilch und Kuhmilch im Vergleich –
eine systematische Literaturrecherche**

Bachelorarbeit

Vorgelegt von: Chris Hopp



Vorgelegt am: 28. September 2020

Betreuende Gutachterin:

Prof. Dr. med. vet. Katharina Riehn

Zweiter Gutachter:

Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Biol. Sebastian Thiem

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1. Einleitung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund.....	3
2.1 Definition der Nachhaltigkeit.....	3
2.2 Treibhausgase.....	4
2.2.1 Definition.....	4
2.2.2 CO ₂ -Äquivalente.....	5
3. Die Bezeichnung pflanzlicher Milchalternativen.....	6
4. Soja.....	6
4.1 Die Entwicklung der Sojaproduktion.....	6
4.2 Verwendung.....	9
4.2.1 Futtermittel.....	9
4.2.2 Lebensmittel.....	9
4.3 CO ₂ -Bilanz von Soja.....	10
5. Kuhmilch.....	11
5.1 Verwendung.....	11
5.2 Futtermittel für die Kuh.....	12
5.3 Treibhausgase.....	12
5.3.1 CO ₂ -Bilanz der Kuh.....	12
5.3.2 CO ₂ -Bilanz der Futtermittel.....	13
6. Methodik.....	13
6.1 Kriterien für die Auswahl der Studien.....	14
6.2 Systematische Literaturrecherche.....	14
6.3 Die Ökobilanz als Bewertungsinstrument.....	19

7. Ergebnisse.....	20
8. Diskussion	25
8.1 Diskussion der Ergebnisse	25
8.3 Auswahl der Studien	29
8.4 Ausblick in die Zukunft	31
9. Fazit.....	31
Zusammenfassung	IV
Literaturverzeichnis	V
Eidesstattliche Erklärung	XI

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1:WELTWEITE SOJAPRODUKTION VON 1968 BIS 2018 (EIGENE DARSTELLUNG NACH FAOSTAT).....	7
ABBILDUNG 2: SOJAERZEUGUNG DER VIER HAUPTANBAULÄNDER IN DEN JAHREN 1998, 2008, 2018 (EIGENE DARSTELLUNG NACH FAOSTAT)	8

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ERGEBNISSE DER STUDIENRECHERCHE ZU SOJAMILCH IN VERSCHIEDENEN DATENBANKEN.....	16
TABELLE 2: CO ₂ -ÄQUIVALENTE VON SOJAMILCH UND KUHMITCH DER AUSGEWÄHLTEN STUDIEN	20
TABELLE 3: AUSGEWÄHLTE FAKTOREN DER UNTERSUCHTEN STUDIEN	24

Abkürzungsverzeichnis

CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalente
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	FAO Statistics
FPCM	Fat- and Protein-Corrected Milk
GDP	Global Dairy Platform
GWP	Global Warming Potential
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kg	Kilogramm
L	Liter
N ₂ O	Distickstoffmonoxid / Lachgas
UHT	Ultrahoherhitzung
WWF	World Wide Fund for Nature

1. Einleitung

Aufgrund der großen medialen Präsenz des Klimawandels, sowie der damit zusammenhängenden gesellschaftlichen Debatte, ist die Konfrontation mit diesem Thema allgegenwärtig. Nachrichten über Ereignisse, die mit dem Klimawandel in Zusammenhang stehen sowie mögliche Auswirkungen, mit Titeln wie „Forscher sehen Lebensraum von einer Milliarde Menschen bedroht“ (Zeit Online, 2020), sind zur Normalität geworden.

Ein Sektor der maßgeblich zum Klimawandel beiträgt ist die Landwirtschaft. Rund 24 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen sind auf die Landwirtschaft und die durch sie herbeigeführten Flächenumwandlungen zurückzuführen (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, o.J.). Innerhalb der Landwirtschaft ist die Nutztierhaltung, insbesondere die Rinderhaltung, als eine bedeutende Emissionsquelle zu nennen. Bei der Düngelagerung entstehen die Treibhausgase Methan und Lachgas. Außerdem produzieren Rinder während des Verdauungsprozesses Methan (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2019; Umweltbundesamt, 2020). Laut aktuellen Zahlen werden in Deutschland rund 11,4 Millionen Rinder, darunter vier Millionen Milchkühe, gehalten (Statistisches Bundesamt, 2020).

Dabei gibt es zahlreiche Möglichkeiten tierische Produkte durch pflanzliche Alternativen zu ersetzen oder zu ergänzen. Eine Option, den Konsum von Kuhmilch zu verringern, ist die Verwendung von Pflanzenmilch. Hier gibt es zahlreiche Angebote, wobei Sojamilch eine der beliebtesten Alternativen darstellt (Mintel Group Ltd., 2018; Pospulse GmbH, 2019). Doch wie nachhaltig ist diese Alternative in Bezug auf ihre CO₂-Bilanz? Sind die Emissionen tatsächlich geringer als die des tierischen Produkts? Um dies zu beantworten, wird in dieser Arbeit die CO₂-Bilanz der Kuhmilch genauer untersucht und mit jener von Sojamilch verglichen.

Neben der Beliebtheit der Sojamilch, ist ein weiterer Grund, warum sich in dieser Arbeit für dieses Produkt entschieden wurde, dass die Autorin selbst gelegentliche Sojamilchtrinkerin ist und somit ein persönliches Interesse an diesem Thema

besteht. Sie wird regelmäßig darauf hingewiesen, dass Sojamilch für das Abholzen des Regenwaldes und somit dem Verlust von Biodiversität und der Erzeugung hoher Treibhausgasemissionen verantwortlich sei. Handelt es sich hierbei um eine faktengestützte Aussage oder ein Vorurteil? Auch darauf geht diese Arbeit genauer ein.

Ziel dieser Literatarbeit ist es herauszufinden, ob die pflanzliche Alternative der Sojamilch in Bezug auf ihre CO₂-Bilanz als nachhaltiger zu bewerten ist als Kuhmilch. Hierfür wird der CO₂-Fußabdruck beider Produkte verglichen und die Herkunft der Treibhausgase wird aufgezeigt. Für diesen Vergleich werden Studien herangezogen, die sich mit der Lebenszyklusanalyse eines oder beider Produkte befassen. Die Treibhausgase Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O), auch Lachgas genannt, werden dabei in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Der gesamte Prozess, von der Wiege bis zu Bahre, von einem Liter oder Kilogramm Kuh- und Sojamilch wird berücksichtigt.

Die vorliegende Bachelorarbeit ist folgendermaßen aufgebaut:

Im zweiten Kapitel, dem theoretischen Hintergrund, wird die wissenschaftliche Grundlage für diese Arbeit geschaffen. Es widmet sich den Themen der Nachhaltigkeit sowie den Treibhausgasen. Dabei wird auch auf die CO₂-Äquivalente eingegangen, die in dieser Arbeit eine wichtige Rolle spielen. Kapitel drei behandelt die Bezeichnung der pflanzlichen Milchalternativen. Im vierten Kapitel geht es um den Themenkomplex Soja. Hier wird die Entwicklung der Sojaproduktion sowie die Verwendung von Soja, insbesondere der Einsatz als Futter- und Lebensmittel, genauer beleuchtet. Anschließend wird die CO₂-Bilanz von Soja behandelt. Das fünfte Kapitel erläutert das Produkt der Kuhmilch. Die Verwendung des Erzeugnisses sowie der Einsatz der Futtermittel für die Milchkühe werden hier aufgezeigt. Anschließend werden die Treibhausgase der Kuhmilch, insbesondere die CO₂-Bilanz der Kuh und der Futtermittel, behandelt. In Kapitel sechs wird die Methodik dieser Literatarbeit offengelegt. Sie beginnt mit den Kriterien für die Auswahl der Studien, über die systematische Literaturrecherche bis zur Erläuterung der Ökobilanz als Bewertungsinstrument. Die Ergebnisse dieser Literaturrecherche werden im siebten Kapitel vorgestellt. Die Diskussion erfolgt anschließend in Kapitel acht. Dabei werden die Ergebnisse aus dem vorigen Kapitel diskutiert und es wird auf

mögliche Vorurteile, die gegenüber Sojalebensmittel bestehen, eingegangen. Die Auswahl der Studien dieser Arbeit wird reflektiert und schließlich wird ein Ausblick in die Zukunft gegeben. Es folgt das Fazit dieser Literaturarbeit im letzten Kapitel.

2. Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel werden zunächst die für die Arbeit relevanten Begriffe der Nachhaltigkeit und der Treibhausgase definiert und in einen theoretischen Kontext eingeordnet.

2.1 Definition der Nachhaltigkeit

Diese Arbeit widmet sich der Nachhaltigkeit von Sojamilch und Kuhmilch bezüglich ihrer CO₂-Bilanz. Daher wird zunächst der Begriff der Nachhaltigkeit definiert.

Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung¹ verfasste im Jahr 1987 den sogenannten Brundtland-Bericht. Er stellt fest, dass die globalen Umweltprobleme sowohl aus der Armut des Südens als auch aus der nicht-nachhaltigen Lebensform der Länder des Nordens resultieren (Pufé, 2017, S. 43). Dieses Erkenntnis prägt die gerechtigkeitsorientierte Definition der nachhaltigen Entwicklung:

„Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“ (World Commission on Environment and Development, 1987, S. 37).

Dies bedeutet, dass nachhaltige Entwicklung die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Diese Definition beinhaltet eine zeitlich unbegrenzte und global-umfassende Gerechtigkeitsidee (Ekarth, 2016, S. 67). Dabei unterscheiden sich „Nachhaltigkeit“ und „nachhaltige Entwicklung“ dadurch, dass erstere einen Zustand benennt, während Entwicklung auf eine Bewegung hindeutet

¹ Englisch: World Commission on Environment and Development (WCED)

(Pufé, 2017, S. 43). Auch sprachlich verweist der Begriff „Nachhaltigkeit“ auf einen Langzeitbezug. Der Mensch soll nachhaltig, also dauerhaft, auf diesem Planeten leben können. Ein stabiles Klima ist hierbei ein existentieller Faktor (Ekardt, 2016, S. 68). Doch die jetzige Form dieser Existenz ist durch den Klimawandel bedroht (Bentz-Hölzl, 2014, S. 36ff). Das folgende Kapitel widmet sich seiner Ursache.

2.2 Treibhausgase

2.2.1 Definition

Treibhausgase sind gasförmige Bestandteile der Erdatmosphäre (IPCC, 2013, S. 1455). Durch kurzwellige Sonnenstrahlung wird die Erdoberfläche erwärmt, welche wiederum langwellige Infrarotstrahlung in die Atmosphäre abgibt. Diese Strahlung wird von den Treibhausgasen absorbiert und zurück zur Erdoberfläche reflektiert. Die Wärme, die eigentlich ins Weltall gelangt wäre, wird in der Erdatmosphäre gespeichert und die Temperatur steigt. Dieser Vorgang wird als Treibhauseffekt bezeichnet.

Treibhausgase verursachen also den Treibhauseffekt und somit steigende Temperaturen auf der Erdoberfläche. Durch Gase resultierend aus menschlichen Aktivitäten, wird dieses natürliche Phänomen verstärkt, sodass nun von einem anthropogenen Treibhauseffekt gesprochen wird. Die Erde heizt sich so weit auf, dass sich das Klima langfristig verändert und es zum sogenannten Klimawandel kommt (IPCC, 2013, S. 1455; Bentz-Hölzl, 2014, S. 35ff). Einige Treibhausgase sind ausschließlich anthropogenen Ursprungs, andere wiederum kommen natürlich in der Atmosphäre vor. Ihre Konzentration hat sich aber durch menschliche Aktivitäten erheblich erhöht. Zu letzteren zählen unter anderem Methan (CH_4), Kohlendioxid (CO_2) und Distickstoffmonoxid (N_2O) mit welchen sich diese Arbeit befasst (IPCC, 2013, S. 1455; Bentz-Hölzl, 2014, S. 35ff). Im nächsten Kapitel wird ihre Umrechnung in CO_2 -Äquivalente erläutert.

2.2.2 CO₂-Äquivalente

Bei CO₂-Äquivalenten (CO₂e) handelt es sich um Treibhausgase, die entsprechend ihres Treibhauspotentials umgerechnet sind. Kohlendioxid ist dabei das Referenzgas (Umweltbundesamt, o.J.). Dieser Ansatz wird häufig verwendet, um Emissionen verschiedener Treibhausgase zu vergleichen. CO₂-Äquivalente werden berechnet, indem die Emission eines Treibhausgases mit dem relativen Treibhauspotential für einen bestimmten Zeitraum multipliziert wird (IPCC, 2013, S. 1453). Sie werden in Masse angegeben (Klockenhoff, 2009).

Das Treibhauspotential, auch globales Erwärmungspotential oder GWP (Global Warming Potential) genannt, besteht aus der Verweildauer der Gase in der Atmosphäre und deren relative Wirksamkeit, den sogenannten Strahlungsantrieb zu verursachen. Diese Maßzahl bezeichnet also den relativen Beitrag der Gase zum Treibhauseffekt über einen gegebenen Zeitraum (IPCC, 2013, S. 1455). Sie wird als Gewichtung der Emissionen genutzt, um die CO₂-Äquivalente herauszufinden (IPCC, 2013, S. 712).

Innerhalb der ersten 100 Jahre nach Freisetzung trägt ein Kilogramm Methan zum Beispiel 34 Mal so stark zum Treibhauseffekt bei, wie ein Kilogramm CO₂. Das Treibhauspotential von Methan über einen Zeitraum von 100 Jahren beträgt also 34. Angegeben wird dies als GWP₁₀₀ = 34. Das Treibhauspotential von Lachgas beträgt 298 (IPCC, 2013, S. 714).

Diese Potentiale schließen das sogenannte „carbon feedback“ ein. Das bedeutet, dass beispielsweise Veränderungen berücksichtigt werden, die durch den Klimawandel im Wasser- oder Kohlenstoffkreislauf entstehen können, welche den Temperaturanstieg verstärken oder abschwächen (IPCC, 2013, S. 57).

3. Die Bezeichnung pflanzlicher Milchalternativen

Laut EU-Verordnung Nr. 1308/2013 darf nur ein „durch ein- oder mehrmaliges Melken gewonnenes Erzeugnis der normalen Eutersekretion“ als „Milch“ bezeichnet werden (Anhang VII Teil III). Aufgrund einer möglichen Verwechslungsgefahr für Verbraucherinnen und Verbraucher dürfen pflanzliche Milchalternativen somit nicht unter der Bezeichnung „Milch“ vermarktet werden. Dies gilt auch für den Begriff der Sojamilch. Die Hersteller sind deshalb auf „Sojadrink“ umgestiegen, was sich im alltäglichen Sprachgebrauch jedoch nicht durchgesetzt hat (Alpro GmbH, o.J.; ProVeg e.V., 2019). Auch in den Studien, die für diese Arbeit herangezogen wurden, ist von „Sojamilch“ die Rede, weshalb der Begriff in dieser Bachelorarbeit benutzt wird. Um eine Verwechslung zum tierischen Gegenprodukt auszuschließen, wird letzteres nicht als „Milch“, sondern als „Kuhmilch“ bezeichnet.

4. Soja

Die Sojabohne ist eine öl- und eiweißhaltige Nutzpflanze, deren Ursprung im asiatischen Raum liegt und heute weltweit verbreitet ist (Stopp et al., 2012, S. 13). In den folgenden Kapiteln wird die Entwicklung der Sojaproduktion, die Verwendung der Sojabohne sowie ihre CO₂-Bilanz genauer betrachtet.

4.1 Die Entwicklung der Sojaproduktion

Die Sojabohne gehört zu den wichtigsten landwirtschaftlichen Erzeugnissen weltweit (Kliem et al., 2019, S. 43). Im Jahr 2010 wurde die Nutzpflanze bereits auf schätzungsweise sechs Prozent des weltweiten Ackerlandes angebaut und ihre Produktion wird stetig ausgeweitet (Hartman, West & Herman, 2011, S. 5). Seit dem Jahr 1968 hat sich die globale Sojaproduktion beinahe verzehnfacht. Insbesondere zwischen 2008 und 2018 ist die Herstellung des Erzeugnisses enorm gestiegen. Innerhalb von zehn Jahren erhöht sie sich von rund 231 auf 349 Millionen Tonnen Soja (Abbildung 1).

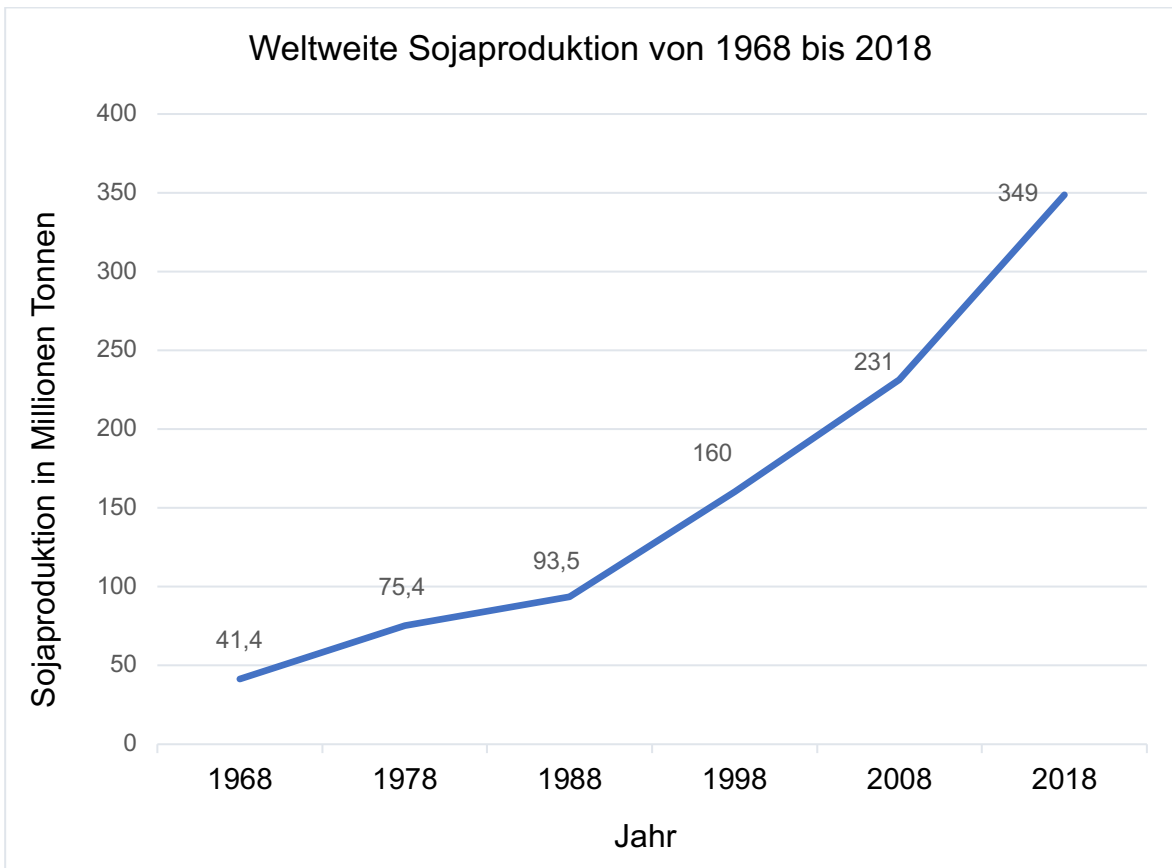


Abbildung 1: Weltweite Sojaproduktion von 1968 bis 2018 (eigene Darstellung nach FAOSTAT²)

Die Länder USA, Brasilien, Argentinien und China produzieren weltweit den Hauptanteil an Sojabohnen (Stopp et al., 2012, S. 14f). Die untenstehende Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Sojaproduktion in diesen Ländern. Die aktuellsten Daten stammen von der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) aus dem Jahr 2018. Um die Entwicklung der Sojaproduktion aufzuzeigen und zu vergleichen wurden die Jahre 1998, 2008 und 2018 ausgewählt.

Zwischen den Jahren 1998 und 2008 erhöhte sich sowohl in Brasilien als auch in Argentinien die Sojaerzeugung um jeweils 28 Millionen Tonnen. Während Brasilien diese immer weiter steigert, ist die Sojaproduktion Argentiniens zwischen 2008 und 2018 rückläufig. Im ausgewählten Zeitraum stagniert die Sojaerzeugung Chinas bei etwa 15 Millionen Tonnen und nimmt zuletzt tendenziell ab. Im Jahr 2018 spielt das Land, im Vergleich zu den drei anderen Haupterzeugern, insbesondere der USA und Brasilien, in der weltweiten Sojaerzeugung nur noch eine untergeordnete Rolle.

² FAO Statistics

Insbesondere der Produktionsschub der USA und Brasiliens zwischen den Jahren 2008 und 2018 ist hervorzuheben. Brasilien hat seine Sojaproduktion innerhalb der letzten zehn Jahre von rund 60 Millionen Tonnen im Jahr 2008 auf 118 Millionen Tonnen im Jahr 2018 nahezu verdoppelt. Die USA steigern ihre Produktion im gleichen Zeitraum von rund 81 auf 124 Millionen Tonnen (Abbildung 2).

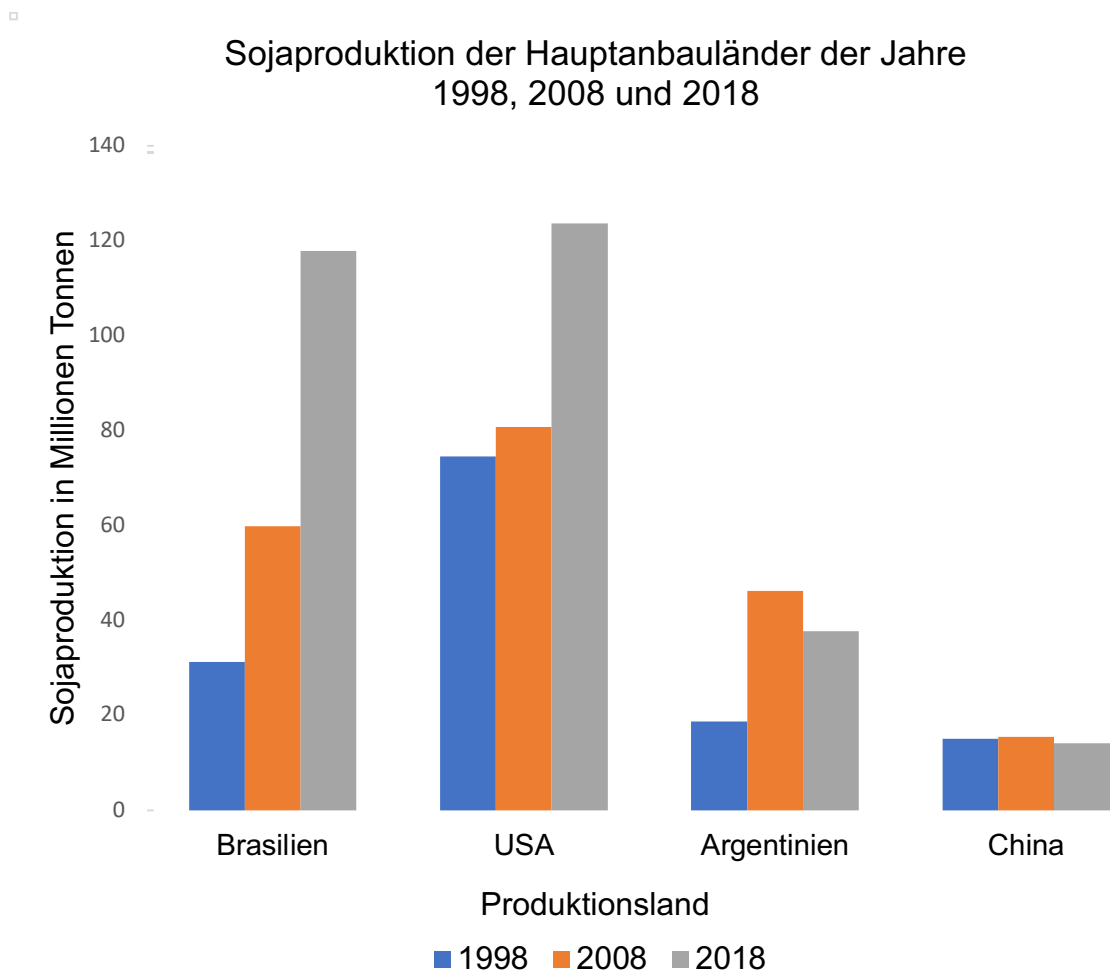


Abbildung 2: Sojaerzeugung der vier Hauptanbauländer in den Jahren 1998 2008 2018 (eigene Darstellung nach FAOSTAT)

Laut aktuelleren Zahlen überholt Brasilien erstmals deutlich die USA für das Produktionsjahr 2019/20. Demnach beträgt die Sojaerzeugung Brasiliens 126 Millionen Tonnen, die der USA rund 97 Millionen Tonnen (United States Department of Agriculture, 2020, S. 16).

Das Wachstum der Sojaproduktion hängt mit der gesteigerten Nachfrage zusammen. Als ganze Bohne oder verarbeitetes Produkt ist das Erzeugnis vielseitig einsetzbar (Hartman, West & Herman, 2011, S. 5).

4.2 Verwendung

Soja wird hauptsächlich als Lebensmittel, Futtermittel und für die Biodieselherstellung genutzt (Stopp et al., 2012, S. 16). Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Produkten Sojamilch und Kuhmilch. Für die Sojamilchherstellung werden ganze Sojabohnen verwendet (siehe Kapitel 4.2.2) diese kommen jedoch auch in verarbeiteter Form als Futtermittel für Milchkühe zum Einsatz (siehe Kapitel 4.2.1). Die folgenden Kapitel widmen sich diesen beiden Verwendungsbereichen.

4.2.1 Futtermittel

Ein Großteil des Sojas in Deutschland wird von außerhalb der EU importiert. Etwa 80 Prozent davon wird zu Schrot verarbeitet und an Nutztiere verfüttert, die restlichen 20 Prozent werden zu Öl verarbeitet. Aufgrund des hohen Proteingehalts ist Sojaschrot zu einem wichtigen Futtermittelbestandteil in der Nutztierhaltung geworden (Kliem et al., 2019, S. 43). Laut dem World Wide Fund for Nature (WWF) wird etwa 75 Prozent des weltweit angebauten Sojas hierfür eingesetzt (WWF, 2014, S. 14). Die Sojabohnen werden zu Schrot verarbeitet, welches fast ausschließlich als Viehfutter genutzt wird (Stopp et al., 2012, S. 41). In Deutschland werden etwa 50 Prozent des Sojaschrots an Geflügel, 28 Prozent an Schweine und 21 Prozent an Rinder verfüttert. Die größten Treiber für den Sojaanbau sind somit Fleisch- und Milchprodukte. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln steigt auch die Nachfrage nach eiweißhaltigen Futtermitteln wie Sojaschrot (Kliem et al., 2019, S. 43f). Somit lässt sich auch der Anstieg der Sojaproduktion (Kapitel 4.1) erklären.

4.2.2 Lebensmittel

Wie bereits erwähnt, wird der Großteil der weltweit produzierten Sojabohnen als Futtermittel genutzt. Die Hülsenfrüchte werden jedoch ebenfalls zu Öl verarbeitet, welches als Lebensmittel und für die Biodieselherstellung genutzt wird (Kliem et al., 2019, S. 44).

In Form von Additiven findet sich Soja in zahlreichen Lebensmitteln, beispielweise in Backwaren oder frittierten Erzeugnissen. Etwa sechs Prozent der globalen Sojaproduktion wird direkt für den menschlichen Verzehr genutzt, zum Beispiel als Sojasauce oder Tofu (WWF, 2014, S. 15).

Auch die in dieser Arbeit thematisierte Sojamilch gehört zu den Lebensmitteln, die aus der Hülsenfrucht hergestellt werden. Es handelt sich um eine pflanzliche Milchalternative auf Basis von Soja, die mit Nährstoffen angereichert und Zucker versetzt werden kann (ProVeg e.V., 2019, S. 7). Welche Menge an Sojabohnen in einem Liter Pflanzenmilch enthalten ist, variiert je nach Produkt. So hat beispielsweise eine als proteinreich beworbene Sojamilch des Herstellers Alpro, einen Sojaanteil von 13,1 Prozent, während die Lightversion 5,6 Prozent enthält (Alpro GmbH, o.J.). In einer Studie von Birgersson, Karlsson und Söderlund wurden verschiedene Hersteller angeschrieben, um die genau enthaltene Menge Sojabohnen in einer Pflanzenmilch herauszufinden. Die Herausgabe dieser Daten ist allerdings vertraulich, sodass nur ein Hersteller bereit war, die Produktionsdaten zu preisgeben. In diesem Fall wurden für einen Liter Sojamilch 154 Gramm Sojabohnen verwendet (Birgersson, Karlsson & Söderlund, 2009, S. 9f).

4.3 CO₂-Bilanz von Soja

Der Soja-Boom geht mit direkten und indirekten Landnutzungsänderungen einher, insbesondere in Südamerika. Für den Sojaanbau werden Grünland, Savannen und Wälder in Ackerflächen umgewandelt, wobei eine sogenannte direkte Landnutzungsänderung stattfindet. Zunehmend findet der Anbau auch auf Flächen statt, die vorher als Weideland für Rinder genutzt wurden. Für die Schaffung von neuem Weideland für das Vieh müssen an anderer Stelle neue Flächen generiert und Wälder gerodet werden. Dieser Vorgang wird als indirekte Landnutzungsänderung bezeichnet. Doch Wälder absorbieren und speichern Kohlendioxid und mit ihrer Beseitigung werden große Mengen CO₂ freigesetzt (WWF, 2014, S. 34f). Grasland, Savannen, Feuchtbiotope und Wälder fungieren als wichtige CO₂-Speicher, die mit einer Umwandlung in Ackerfläche verloren gehen (Kliem et al., 2019, S. 47).

Des Weiteren führt der Anbau von Sojamonokulturen zu einer Absenkung der Bodenfruchtbarkeit, was einen höheren Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden zur Folge hat (Stopp et al., 2012, S. 33; 175). Dabei ist insbesondere der synthetische Stickstoffdünger sehr energieaufwendig in der Herstellung. Für die Produktion und den Transport von einem Kilogramm mineralischem Dünger werden zwischen 2,8 und 16,1 Kilogramm CO₂-Äquivalente freigesetzt (Köpke & Nemecek, 2010, S. 219). Auch die Transportwege sind bezüglich der CO₂-Bilanz von Soja nicht zu vernachlässigen. Deutschland beispielsweise importiert jährlich 5,8 Millionen Tonnen Soja, wovon 80 Prozent aus Brasilien und den USA stammen, was weite Transportwege mit sich bringt (Kliem et al., 2019, S. 44). Die Sojabohnen werden zu Schrot verarbeitet und zum Teil weiter exportiert, oder bereits in Form von Sojaschrot importiert (Stopp et al., 2012, S. 23f).

Es gibt also viele Faktoren, die die CO₂-Bilanz von Soja beeinflussen. Die Treibhausgasemissionen können nicht allgemein benannt werden, da sie je nach Anbaugbiet der Sojabohnen, der möglichen Aufbereitung zu Schrot sowie den Transportwegen schwanken (Hirschfeld et al., 2008, S. 85).

5. Kuhmilch

In den folgenden Kapiteln wird auf die Verwendung der Kuhmilch sowie auf die Futtermittel für Milchkühe eingegangen. Anschließend wird die CO₂-Bilanz von Kuhmilch erläutert, wobei die Emissionen der Milchkühe und der Futtermittel genauer untersucht werden.

5.1 Verwendung

Kuhmilch wird zu einem großen Teil in Form von sogenannten Frischmilcherzeugnissen konsumiert (Rimbach, Möhring & Erbersdobler, 2010, S. 23). Hierzu zählen unter anderem Konsummilch, Sahne-, Butter- und Joghurtherzeugnisse (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019, S. 16). In Deutschland ist der Konsum von Frischmilcherzeugnissen in den letzten Jahren gesunken und liegt im Jahr 2019 bei 86 Kilogramm pro Kopf (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2020).

5.2 Futtermittel für die Kuh

Der Bedarf an Futtermitteln hängt vom Gewicht des Tieres ab und setzt sich aus dem Erhaltungs- und Leistungsbedarf zusammen. Die lebensnotwendigen Nährstoffe, die eine Kuh benötigt, definieren ihren Erhaltungsbedarf, während die Milchleistung den Leistungsbedarf bestimmt (Stopp et al., 2012, S. 78). Das Futter der Milchkühe besteht aus Grund- und Krafffutter. Für die Erhaltung des Säuregleichgewichts des Pansens wird das Grundfutter benötigt, wozu unter anderem Gras- und Maissilage gehören. Bei Krafffutter handelt es sich um industriell hergestelltes Mischfutter, bestehend aus energie- und eiweißreichen Komponenten wie Weizen, Gerste, Raps- und Sojaschrot, das für eine hohe Milchleistung benötigt wird (Stopp et al., 2012, S. 78; 84; Bundeszentrum für Ernährung, 2020).

5.3 Treibhausgase

Bei den verschiedenen Produktionsschritten für die Herstellung von Kuhmilch entstehen Treibhausgasemissionen. Das ist beispielsweise der Fall bei der Primärerzeugung, der Verarbeitung, dem Transport und der Kühlung der Milch sowie bei der Verpackungsherstellung. Auch die Transportwege, Zubereitung und eventuelle Verschwendung durch Verbraucherinnen und Verbraucher haben Einfluss auf die CO₂-Bilanz der Kuhmilch. Außerdem sind Landnutzungsänderungen und Waldrodungen für den Anbau von Getreide oder Soja in anderen Ländern zu berücksichtigen (Brade, 2014, S. 11).

5.3.1 CO₂-Bilanz der Kuh

Bei der Produktion von Kuhmilch werden die Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) freigesetzt. Methan entsteht bei der Zersetzung von organischen Stoffen unter Sauerstoffausschluss. In der Tierhaltung bildet sich das Gas bei der enterischen Fermentation im Pansen von Wiederkäuern, wozu auch Rinder gehören. Die Menge an ausgestoßenem Methan hängt unter anderem von der Milchleistung und der Futteraufnahme und -zusammensetzung ab (Brade, 2014, S. 2f). Der Methanausstoß der Kühe steigt mit zunehmender Milchleistung, die

Emissionen aus dem Erhaltungsbedarf bleiben jedoch konstant. Die Treibhausgase aus der gesteigerten Milchproduktion verteilen sich auf die höheren Milcherträge und sinken somit je Kilogramm Milch (Brade, 2014, S. 4; FAO & GDP, 2019, S. 26f). Durch eine hohe Produktivität der Milchkühe und eine Abnahme der Tierbestände lassen sich die Methanemissionen pro Kilogramm Milch nachhaltig senken. Das Einsparungspotential sinkt allerdings mit wachsender Milchleistung und ist somit limitiert. Ab einer Höhe von 12.000 Kilogramm Milch pro Kuh und Jahr ist das Potential zur Reduzierung des Methanausstoßes nur noch minimal (Brade, 2014, S. 4f).

Beim Wirtschaftsdüngemanagement aus der Tierhaltung entstehen die Treibhausgase N_2O und CH_4 . Unter anaeroben Bedingungen bildet sich Methan bei der Zersetzung des Düngers und der im Kot und Urin enthaltene Stickstoff wird als Lachgas emittiert (FAO & GDP, 2019, S. 22). Sowohl Behandlungstechnik des Wirtschaftsdüngers als auch Temperatur beeinflussen die Höhe der Emissionen (Hirschfeld et al., 2008, S. 39).

5.3.2 CO₂-Bilanz der Futtermittel

Die Treibhausgasemissionen aus dem Futtermittelanbau für die Milchkühe sind der Milchproduktion zuzurechnen. Hierzu gehören sowohl Erzeugnisse aus dem In- und Ausland als auch der Transport zum Einsatzort (Hirschfeld et al., 2008, S. 16). Die Treibhausgase aus der Futtermittelproduktion gehören zu den indirekten Emissionen aus der Nutztierhaltung (siehe 4.2.1) (FAO & GDP, 2019, S. 14).

6. Methodik

Um der Frage nachzugehen, ob Sojamilch in Bezug auf die CO₂-Bilanz als nachhaltiger zu bewerten ist als Kuhmilch, wurden zunächst Ein- und Ausschlusskriterien für die Studien definiert. Anschließend erfolgte die Durchführung einer systematischen Literaturrecherche und die Überprüfung der Ergebnisse anhand der festgelegten Kriterien. Diese Kriterien, sowie der Ablauf der

Literaturrecherche und das angewandte Bewertungsinstrument der Lebenszyklusanalyse, werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

6.1 Kriterien für die Auswahl der Studien

Zunächst wurden die Einschlusskriterien definiert. Aufgrund der Erhöhung des Treibhauspotentials für Methan um etwa 20 Prozent im Jahr 2013 ist ein Kriterium, ausschließlich Kuhmilchstudien einzubeziehen, die nach 2013 durchgeführt wurden. Da bei der Produktion von Sojamilch kein Methan ausgestoßen wird, spielt dieses Kriterium hier keine Rolle. Außerdem zeigten erste Einstiegs-Recherchen, dass zur CO₂-Bilanz von Sojamilch nur eine geringe Anzahl von Studien durchgeführt wurde, weshalb hier keine zeitliche Grenze gesetzt wurde. Ein weiteres Kriterium stellt die Verwendung der Methode der Lebenszyklusanalyse dar, die sich mit dem CO₂-Fußabdruck von Soja- und/oder Kuhmilch befasst und die Haupttreibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O berücksichtigt. Des Weiteren müssen die Produktionsschritte, welche für die Untersuchung einbezogen wurden, transparent dargelegt sein, damit mögliche Unsicherheiten der Studie nachvollziehbar sind. Außerdem muss die Funktionseinheit zur Bewertung der Umweltauswirkungen des Produkts nach Masse oder Volumen erfolgen. Ein weiteres Einschlusskriterium ist die Verfassung der Studie in englischer oder deutscher Sprache.

Ausschlusskriterien sind der Bewertungsansatz nach Nährstoffdichte, also beispielsweise Protein je Kilogramm Produkt sowie andere Sprachen als Deutsch und Englisch. Lebenszyklusanalysen, die sich nicht mit dem CO₂-Fußabdruck von Soja- und/oder Kuhmilch befassen werden ebenfalls ausgeschlossen.

6.2 Systematische Literaturrecherche

Die Literaturrecherche erfolgte am 23. Juli 2020. Zuerst wurde nach geeigneten Studien zur CO₂-Bilanz von Sojamilch gesucht. Da sich nach ersten Recherchen herausstellte, dass nur wenige Studien zu diesem Thema vorhanden sind, wurde die Suche in vielen verschiedenen Datenbanken, mit mehreren Kombinationen aus Suchbegriffen, durchgeführt.

Die Umweltauswirkungen eines Produkts, darunter der CO₂-Fußabdruck, werden mit Hilfe einer Lebenszyklusanalyse, auch Ökobilanz genannt, ermittelt. Diese Methode wird in Kapitel 6.3 genauer beschrieben.

Bei Lebenszyklusanalysen wird häufig die Abkürzung LCA, aus dem englischen Life Cycle Assessment, genutzt, daher wurde für die Suche sowohl der Begriff „LCA“ als auch „Life Cycle Assessment“ ausgewählt. Für das englische Wort der Sojamilch gibt es die zwei geläufigen Schreibweisen „soymilk“ und „soy milk“, welche beide für die Suche eingeschlossen wurden. Zum Teil wird auch „soy drink“ verwendet, dieser Begriff ergab allerdings bei der Suche keine zusätzlichen Ergebnisse, sodass er hier nicht mit aufgezählt wird. Einige Studien, die das Instrument der Lebenszyklusanalyse nutzen, befassen sich nur mit dem CO₂-Fußabdruck eines Produkts. Deshalb wurde für die Suche auch der Begriff „greenhouse gases“³ eingeschlossen. Die Studiensuche erfolgte demnach anhand von Wortkombinationen aus „soymilk“ oder „soy milk“ und „LCA“, „Life Cycle Assessment“ oder „greenhouse gases“.

In den Suchergebnissen der Datenbanken JSTOR, SAGEPub und Pubmed fanden sich keine relevanten Studien für diese Arbeit, daher sind sie in der untenstehenden Tabelle 1 nicht mit aufgelistet. Um alle existierenden Studien begutachten zu können, wurde keine Zeitspanne angegeben. Nach Dopplungsausschluss und Berücksichtigung der Einschlusskriterien wurden insgesamt vier Studien aus den Datenbanken Science Direct, Researchgate, Google Scholar sowie der Environmental Product Declaration für diese Arbeit einbezogen.

³ Deutsch: Treibhausgase

Tabella 1: Ergebnisse der Studienrecherche zu Sojamilch in verschiedenen Datenbanken

		Suchbegriffe						Nach Dopplungsausschluss
		LCA + soymilk	LCA + soy milk	Life Cycle Assessment + soymilk	Life Cycle Assessment + soy milk	Greenhouse gases + soymilk	Greenhouse gases + soy milk	
Datenbanken	Science Direct	23	401	157	2931	54	939	
	Nach Titel-Screening	0	0	0	0	0	1	1
	Researchgate	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
	Nach Titel-Screening	0	2	0	1	0	0	2
	Google Scholar	331	5130	7340	49800	1560	17600	
	Nach Titel-Screening	3	2	2	1	1	2	3
		soymilk	soy milk					
	Environmental Product Declaration (EPD)	0	19					
	Nach Titel-Screening	0	2					2
Nach Dopplungsausschluss zwischen den Datenbanken und Berücksichtigung der Einschlusskriterien								4

k.A. = keine Angabe

Durch Sichtung der Titel, hier Titel-Screening genannt, wurden die Suchergebnisse auf ihre Relevanz geprüft. In der Datenbank Science Direct ergab die Kombination der Suchbegriffe zwar viele Treffer, jedoch stellte sich nur einer als relevant heraus. Die meisten Suchergebnisse konnten bei Google Scholar generiert werden, allerdings blieben nach dem Titel-Screening nur drei Studien übrig. Sie entsprachen alle den Einschlusskriterien und wurden daraufhin für diese Arbeit ausgewählt. Zwei der Studien sind öffentlich zugänglich, die andere wurde auf Nachfrage, allerdings ohne das Zusatzmaterial, zur Verfügung gestellt. Bei Researchgate handelt es sich um eine Netzwerkplattform für Wissenschaftler, die zusätzlich eine Datenbank mit Veröffentlichungen enthält. Die Suche konnte über „Publications“ und „Article“ eingegrenzt werden, hier erfolgt jedoch keine Anzeige der Trefferzahlen. Nach Sichtung der Titel stellten sich zwei Ergebnisse als potenziell relevant heraus. Bevor die Eingrenzung „Article“ vorgenommen wurde, fand sich bei Researchgate ein Poster zu den Treibhausgasen von Kuh- und Sojamilch. Auf Nachfrage zur Herkunft dieser Angaben wurde vom Autor die Environmental Product Declaration (EPD) Datenbank empfohlen, welche Informationen zur Lebenszyklusanalyse verschiedener Produkte bereitstellt. Die Daten werden nach unabhängiger Überprüfung veröffentlicht. In dieser Datenbank fanden sich zwei Produktdeklarationen zu den Umweltauswirkungen von Sojamilch. Eine Studie war auf italienisch und entsprach somit nicht den Einschlusskriterien. Nach Sichtung der anderen Studie wurde diese mit aufgenommen.

Aufgrund der ähnlichen Suchkombinationen fanden sich zum Teil Dopplungen innerhalb der gleichen Datenbank, die daraufhin ausgeschlossen wurden. Insgesamt fanden sich acht potenziell relevante Studien, die anschließend auf Duplikate und Ein- beziehungsweise Ausschlusskriterien geprüft wurden. Über die Datenbanksuche wurden vier Studien zum CO₂-Fußabdruck von Sojamilch final ausgewählt.

Bei den anfänglichen Recherchen zu dieser Arbeit fand sich in mehreren Artikeln, unter anderem bei Zeit Online („Die Bessermilch“), eine zitierte Studie über den Ausstoß von CO₂-Äquivalenten von Kuh- und Sojamilch. Es handelt sich um eine Metastudie, die zwar in keiner der benutzten Datenbanken gefunden, jedoch von der Fachzeitschrift „Science“ veröffentlicht wurde und auf ihrer Internetseite frei

zugänglich ist. Diese Studie erfüllt alle Einschlusskriterien und wurde deshalb für diese Arbeit ausgewählt. Drei der fünf ausgewählten Studien zur CO₂-Bilanz von Sojamilch beinhalten ebenfalls vergleichende Daten zu den Emissionen von Kuhmilch, die den Einschlusskriterien entsprechen. Bei Recherchen zum Thema Treibhausgasemissionen auf der Internetseite der FAO fand sich eine relevante Studie, die alle Voraussetzungen erfüllt und ebenfalls für diese Arbeit einbezogen wurde. Zu diesem Zeitpunkt lagen insgesamt sechs Studien zur CO₂-Bilanz vor, davon beziehen sich fünf auf Sojamilch und vier auf Kuhmilch.

Zum CO₂-Fußabdruck von Kuhmilch existieren wesentlich mehr Studien als zu jenem von Sojamilch. Da bei der Pflanzenmilch aufgrund der geringen Studienlage keine örtliche Begrenzung vorgenommen wurde, wäre es nicht sinnvoll, die CO₂-Bilanz von Kuhmilch auf ein Land oder eine Region zu beschränken. Außerdem erscheint ein globaler Überblick zu den Emissionen von Kuhmilch in dieser Arbeit durchaus interessant. Deshalb wurde beschlossen, dass die nun ausgewählten Studien zu Kuhmilch ausreichen, um einen guten Überblick zu den globalen Treibhausgasemissionen und ihrer Herkunft zu geben.

Diese Arbeit schließt folgende Studien ein:

- Birgersson, S., Karlsson, B.-S., & Söderlund, L. (2009). *Soy Milk - an attributional Life Cycle Assessment examining the potential environmental impact of soy milk*. Stockholm.
- Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K. (1. Januar 2017). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, 140(2), S. 766–783.
- FAO & GDP. (13. Dezember 2019). *Climate change and the global dairy cattle sector - The role of the dairy sector in a low-carbon future*. (Food and Agriculture Organization of the United Nations & Global Dairy Platform) Abgerufen am 19. September 2020 von Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>
- Grant, C., & Hicks, A. (5. November 2018). Comparative Life Cycle Assessment of Milk and Plant-Based Alternatives. *Environmental Engineering Science*, 35(11), S. 1235–1247.

- Poore, J., & Nemecek, T. (1. Juni 2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), S. 987–992.
- Unigra Srl. (21. Dezember 2017). *Environmental declaration of the product plant-based soy beverage with vitamins and calcium*. Abgerufen am 19. September 2020 von EPD International: [https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/18404/S-P-01144%20EPD%20\(English%20version\)%202020.pdf](https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/18404/S-P-01144%20EPD%20(English%20version)%202020.pdf)

6.3 Die Ökobilanz als Bewertungsinstrument

Die Studien in dieser Arbeit nutzen das Instrument der Lebenszyklusanalyse, um die CO₂-Bilanz von Kuhmilch und Sojamilch zu ermitteln. Die Ökobilanz erfolgt nach den ISO Standards 14040 und 14044 und wird herangezogen, um potenzielle Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu beurteilen. Sie umfasst vier Phasen (Röös et al., 2018, S. 25; Umweltbundesamt, 2018). Als Erstes werden Ziel und Untersuchungsrahmen definiert, wobei unter anderem die funktionelle Einheit („functional unit“) festgelegt wird. In den Studien dieser Arbeit handelt es sich dabei um ein Kilogramm oder Liter Milch. In der zweiten Phase, der Sachbilanz, werden Input- und Outputströme für jeden Schritt des gesamten Lebenszyklus des Produkts quantifiziert. Sie beginnt mit der Rohstoffgewinnung, hier zum Beispiel dem Soja- beziehungsweise Futteranbau, über die Produktion und dem Verbrauch der Milch, bis hin zur Beseitigung der Verpackung. In der dritten Phase, der Wirkungsabschätzung, werden Wirkungskategorien festgelegt, wie beispielsweise Versauerung, stratosphärischer Ozonabbau oder Eutrophierung. Eine Lebenszyklusanalyse, die sich ausschließlich auf die Kategorie des Klimawandels konzentriert, wird als CO₂-Fußabdruck bezeichnet und in Kilogramm CO₂e / funktionelle Einheit ausgedrückt (Röös et al., 2018, S. 25; Busch, Vogt & Fehrenbach, o.J.). In der vierten und letzten Phase erfolgt die Auswertung sowie das Aufzeigen möglicher Unsicherheiten bezüglich der Ergebnisse (Röös et al., 2018, S. 25). Diese Arbeit befasst sich ausschließlich mit der Wirkungskategorie des Klimawandels, also der CO₂-Bilanz und dem Bewertungsansatz kg CO₂e / kg bzw. L Milch.

Wie bereits erwähnt, umfasst eine Ökobilanz im Normalfall den gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Der Untersuchungsumfang umfasst alle Schritte von der Wiege bis zur Bahre („cradle to grave“). Es ist aber auch möglich, lediglich einen Teil des Lebenszyklus zu betrachten, sodass die Ökobilanz nur „von der Wiege bis zum Einzelhandel“ („cradle to retail“) oder „von der Wiege bis zum Hoftor“ („cradle to farm-gate“) umfasst. Studien mit dem Untersuchungsumfang „cradle to grave“ oder „cradle to retail“ befassen sich mit einem verzehrfertigen Produkt und nutzen meist die Funktionseinheit Liter oder Kilogramm Milch. Bei einem Untersuchungsumfang von „cradle to farm-gate“ wird Kuhmilch üblicherweise auf vier Prozent Fett und 3,3 Prozent Protein standardisiert, um die Milch von Kühen mit unterschiedlicher Fütterung vergleichen zu können. Dies wird als fett- und proteinkorrigierte Milch bezeichnet, „FPCM“⁴ genannt.

7. Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 2 werden die Ergebnisse der verschiedenen Studien zur CO₂-Bilanz von Kuh- und Sojamilch aufgezeigt. Anschließend werden sie erläutert.

Tabelle 2: CO₂-Äquivalente von Sojamilch und Kuhmilch der ausgewählten Studien

Studie	Sojamilch	Kuhmilch
Hicks & Grant, 2018	3,3 kg CO ₂ e / L*	2,8 kg CO ₂ e / L*
Birgersson, Karlsson & Söderlund 2009	0,2 kg CO ₂ e / L*	
FAO & GDP, 2019		2,5 kg CO ₂ e / kg FPCM
Unigra Srl., 2017	0,6 kg CO ₂ e / kg*	
Clune, Crossin & Vergheze, 2017	0,9 kg CO ₂ e / kg*	1,4 kg CO ₂ e / kg*
Poore & Nemecek, 2018	1,0 kg CO ₂ e / L	3,2 kg CO ₂ e / L

*Anmerkung: Diese Werte wurden auf eine Nachkommastelle gerundet.

⁴ Fat- and Protein-Corrected Milk

Bei allen untersuchten Studien, mit einer Ausnahme, weist Sojamilch ein niedrigeres Treibhauspotential auf als Kuhmilch. Lediglich beim Ergebnis von Hicks und Grant ist dieses Verhältnis umgekehrt. Der CO₂-Fußabdruck von Kuhmilch beträgt hier 2,8 kg CO₂e / L, womit er niedriger ist als der von Sojamilch mit 3,3 kg CO₂e / L. Diese US-Studie vergleicht die Ökobilanzen von gesüßter Soja- und Mandelmilch mit einem Liter Kuhmilch. Für Kuhmilch wurden die Bestandsdaten einer Ökobilanzstudie eines repräsentativen Milchviehbetriebs aus Wisconsin benutzt. Die Werte für die Berechnung der CO₂-Bilanz stammen aus verschiedenen US-Datenbanken, wobei aufgrund unzureichender Datenlage zum Teil auf globale oder europäische Daten zurückgegriffen wurde. Der Untersuchungsumfang umfasst die landwirtschaftliche Produktion, den Transport, die Verarbeitung und die Kühlung der Milch im Einzelhandel. Somit handelt es sich um eine „cradle to retail“ Studie. Es wird die Annahme getroffen, dass Sojamilch im Einzelhandel ausschließlich gekühlt gelagert wird und vor Verkauf dreimal länger im Einzelhandel bleibt als Kuhmilch. Dies bringt einen hohen Stromverbrauch mit sich, weshalb die Lagerung im Einzelhandel die dominanteste Phase der Sojamilchproduktion ist. Bei Kuhmilch liegt der höchste Beitrag zur CO₂-Bilanz in der Produktion der Rohmaterialien. Näheres zum Futteranbau kann den Zusatzmaterialien von Hicks und Grant entnommen werden, welche jedoch, auch auf Nachfrage, für diese Arbeit nicht zur Verfügung gestellt wurden.

Eine von der FAO und der Global Dairy Platform (GDP) durchgeführte Studie beschäftigt sich mit dem Beitrag der Milchwirtschaft zu den globalen Treibhausgasemissionen zwischen 2005 und 2015. Diese Studie gibt einen Überblick über den durchschnittlichen, weltweiten CO₂-Ausstoß von Kuhmilch, angefangen beim Anbau der Futtermittel bis zum Hoftor („cradle to farm-gate“). Die genutzte Bewertungseinheit ist ein Kilogramm FPCM. Im Jahr 2015 beträgt der CO₂-Fußabdruck von Kuhmilch laut Studie der FAO und GDP 2,5 kg CO₂e / kg FPCM. Der Methanausstoß der Rinder ist demnach die Hauptursache für die Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung. An zweiter Stelle stehen Emissionen aus der Produktion, Verarbeitung und Transport des Futters für die Tiere. Mit gesteigerter Produktivität der Milchkühe können, bis zu einem gewissen Punkt, Treibhausgase eingespart werden. Dadurch ist die Milchproduktion effizienter

geworden und der Ausstoß an Emissionen aus der Milchproduktion hat weltweit abgenommen (siehe 5.3.1).

Birgersson, Karlsson und Söderlund untersuchen die CO₂-Bilanz der Sojamilch des Herstellers Alpro, der im Jahr 2009, zum Zeitpunkt der Durchführung der Studie, Soja aus Brasilien bezieht. In Belgien wird es zu Sojamilch verarbeitet, welche anschließend für den Verkauf nach Schweden transportiert wird. Die Betrachtung für den CO₂-Fußabdruck beginnt mit dem Transport für die Baumrodung und der Landaufbereitung für den Sojaanbau und endet mit dem Abfallmanagement. Somit handelt es sich um eine „cradle to grave“ Studie. Es wird davon ausgegangen, dass die Hälfte der Sojamilch im Einzelhandel gekühlt gelagert wird. Die Ergebnisse werden mit denen aus einer Kuhmilchstudie verglichen. Birgersson, Karlsson und Söderlund geben an, dass die Daten aus dieser herangezogenen Studie nicht sehr detailliert und somit schwer nachvollziehbar sind, was einen Vergleich erschwert. Außerdem wurde die genannte Studie im Jahr 2004 durchgeführt, weshalb sie mit einem niedrigeren Methanwert rechnet. Sie entspricht somit nicht den Einschlusskriterien dieser Arbeit, sodass die vergleichenden Daten dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. Laut den Autoren ergibt sich ein potenzielles Treibhauspotential für Sojamilch von 0,2 kg CO₂e / L, wovon der überwiegende Teil aus der Herstellung der Sojamilch stammt.

Bei der produktbasierten Untersuchung des italienischen Herstellers Unigra liegen die Emissionen bei 0,6 kg CO₂e / kg Sojamilch. Es handelt sich um ein mit Vitaminen und Calcium angereichertes Produkt, welches ultrahochoerhitzt wurde und somit ungekühlt gelagert werden kann. Der Emissionswert bezieht sich auf die Schritte „cradle to grave“, allerdings ohne die Nutzungsphase. Die Sojabohnen werden in Italien in der Region Emilia-Romagna angebaut, wo sie auch verarbeitet werden. Bezüglich des Vertriebs wird ausschließlich der italienische Markt betrachtet. Der Hauptanteil des emittierten CO₂ liegt bei den vorgelagerten Prozessen, also dem Anbau und der Verarbeitung der Sojabohnen. Der Kernprozess, die Sojamilchproduktion, trägt ebenfalls einen maßgeblichen Teil zum genannten Ergebnis bei.

Clune, Crossin und Vergheze führen eine Metaanalyse zu den Treibhausgasen verschiedener frischer Lebensmittel durch, darunter auch Kuh- und Sojamilch. Es

werden ausschließlich Studien der Jahre 2000 bis 2015 mit nachvollziehbarem Untersuchungsumfang, Produktionsort und der Bewertungseinheit $\text{CO}_2\text{e} / \text{Masse Produkt}$ einbezogen. Studien die bei „farm-gate“, also beim Produktionsort, enden, werden mit Daten aus anderen Studien ergänzt, sodass der Untersuchungsumfang bis zum Einzelhandel reicht („cradle to retail“). Für Sojamilch werden zwei Studien mit acht Treibhauspotentialen ausgewertet, was zu einem Durchschnitt von $0,9 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{kg}$ führt. Der weltweite Durchschnittswert aus 262 Treibhauspotentialen von Kuhmilch beträgt $1,4 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{kg}$ und ist somit der niedrigste aller untersuchten Kuhmilchstudien.

Die Studie von Poore und Nemecek zeigt die Umweltauswirkungen verschiedener Nahrungsmittel und die Möglichkeiten der Produzenten und Konsumenten auf, diese zu reduzieren. Die Metaanalyse beginnt mit der Ressourcengewinnung für den Input landwirtschaftlicher Produktion und endet im Einzelhandel („cradle to retail“). Den Zusatzmaterialien der Studie ist zu entnehmen, dass Kuhmilch auf 3,3 Prozent Protein und vier Prozent Fett, und Sojamilch auf 3,3 Prozent Protein standardisiert wurde. Der Durchschnittswert aus 354 Treibhauspotentialen für Sojamilch beträgt $1,0 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{L}$. Für Kuhmilch wurden 1.800 Potentiale ausgewertet, woraus sich ein Durchschnitt von $3,2 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{L}$ ergibt.

Die folgende Tabelle 3 fasst einige der wichtigsten Parameter der untersuchten Studien zusammen. In dieser Arbeit wurde auf Studien mit einem einheitlichen Bewertungsansatz zurückgegriffen, jedoch unterscheiden sich Untersuchungsumfang, Untersuchungsort und Lagerfähigkeit des Produkts. Dies sind einige der Faktoren, die Einfluss auf das Ergebnis der CO_2 -Bilanz von Soja- und Kuhmilch haben und im nächsten Kapitel diskutiert werden.

Tabella 3: Ausgewählte Faktoren der untersuchten Studien

Studie, Jahr	Hicks & Grant, 2018	Birgersson, Karlsson & Söderlund, 2009	Unigra Srl., 2017	FAO & GDP, 2019	Clune, Crossin & Verghese, 2017	Poore & Nemecek, 2018
Methode	LCA	LCA	LCA	CO ₂ -Fußabdruck	Systematisches Review mit Metaanalyse	Systematisches Review mit Metaanalyse
Bewertungseinheit	1 Liter	1 Liter	1 Kilogramm	1 Kilogramm FPCM	1 Kilogramm	1 Liter
Untersuchungsumfang	Cradle to retail	Cradle to grave	Cradle to grave, ohne Nutzungsphase	Cradle to farm-gate	Cradle to retail	Cradle to retail
Untersuchtes Produkt und CO₂e	Sojamilch, gekühlt: 3,3 kg CO ₂ e / L	Sojamilch, Hälfte gekühlt, Hälfte UHT: 0,2 kg CO ₂ e / L	Sojamilch, UHT: 0,6 kg CO ₂ e / kg		Sojamilch: 0,9 kg CO ₂ e / kg	Sojamilch: 1,0 kg CO ₂ e / L
	Kuhmilch, gekühlt: 2,8 kg CO ₂ / L			Kuhmilch: 2,5 kg CO ₂ e / kg FPCM	Kuhmilch: 1,4 kg CO ₂ e / kg	Kuhmilch: 3,2 kg CO ₂ e / L
Untersuchungsort	USA	Brasilien, Belgien, Schweden	Italien	Weltweit	Weltweit	Weltweit

UHT = Ultrahocherhitzt

8. Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der ausgewählten Studien diskutiert. Anschließend erfolgt eine Reflektion möglicher Vorurteile gegenüber Sojalebensmittel sowie eine kritische Betrachtung der Auswahl der Studien dieser Arbeit. Schließlich wird ein Ausblick in die Zukunft gegeben.

8.1 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der verschiedenen Studien unterscheiden sich sowohl bei Soja- als auch bei Kuhmilch.

Bei der CO₂-Bilanz von Sojamilch liegen die Emissionswerte aus den beiden Reviews von Clune, Crossin und Verghese mit 0,9 kg CO₂e / kg sowie Poore und Nemecek mit 1,0 kg CO₂e / L nah beieinander. Es handelt sich jeweils um „cradle to retail“ Studien, somit werden Nutzungsphase und Abfallmanagement nicht betrachtet. Wären sie inbegriffen würden sich die Werte wahrscheinlich leicht, aber nicht signifikant, erhöhen. Dies lässt sich aus den Ergebnissen aller untersuchten Studien schließen, die die Hauptemissionsquellen am Anfang der Produktion sehen.

Der Emissionswert des OraSi soy drink des italienischen Herstellers Unigra beträgt 0,6 kg CO₂e / kg. Dieser niedrigere Wert lässt sich dadurch erklären, dass sowohl Anbau und Verarbeitung als auch der Vertrieb in Italien erfolgen und es sich somit um ein regionales Produkt handelt. Bei dieser „cradle to grave“ Studie ist die Nutzungsphase ausgeschlossen, das Abfallmanagement jedoch inbegriffen. Ungewöhnlich an dieser Studie ist, dass die Sojabohnen von einem einzigen Betrieb stammen und dessen Felder sich unweit des Standorts des Verarbeitungsbetriebes befinden. Die Transportdistanzen sind also auf ein Minimum reduziert. In den meisten Fällen stammen die Sojabohnen aus mehreren verschiedenen Ländern oder sogar Kontinenten. Es kann also davon ausgegangen werden, dass der OraSi soy drink mit seinem regionalen Anbau und Verarbeitung, eine absolute Ausnahme bildet und diese niedrige CO₂-Bilanz durchaus plausibel erscheint.

Des Weiteren fällt das niedrige Ergebnis von 0,2 kg CO₂e / L von Birgersson, Karlsson und Söderlund auf. Mehrere Gründe legen die Annahme zu einem höheren CO₂-Wert nahe. Zum einen wird in dieser Studie Soja aus Brasilien bezogen, welches in Belgien zu Sojamilch verarbeitet und in Schweden verkauft wird, was sehr weite Transportwege mit sich bringt. Allein deshalb wäre zu erwarten, dass die CO₂-Äquivalente oberhalb jener des regionalen OraSi soy drink liegen. Zum anderen handelt es sich um eine etwas ältere Studie aus dem Jahr 2009. Seitdem ist die Sojamilchproduktion durch stetige Verbesserungen der Technologien und höhere Ernteerträge effizienter geworden. Aufgrund dessen geben die Autoren selbst an, dass die Ergebnisse ihrer Studie maximal fünf Jahre gültig seien. Der CO₂-Fußabdruck von Sojamilch aus dem Jahr 2009 wäre insgesamt also höher zu erwarten gewesen. Im Gegensatz zu den untersuchten Reviews handelt es sich um eine „cradle to grave“ Studie, die alle gängigen Produktionsschritte einer Ökobilanz umfasst. Die Annahmen, die vor der Untersuchung getroffen wurden, scheinen realistisch zu sein, daher ist nicht ersichtlich, warum das Ergebnis von 0,2 kg CO₂e / L Sojamilch so niedrig ist. Es kann lediglich gemutmaßt werden, dass beispielsweise der von einem indischen Sojamilchproduzenten übernommene Gesamtenergieverbrauch niedriger ist, als es tatsächlich für den Verarbeitungsstandort Belgien der Fall wäre. Dafür gibt es jedoch keine Belege. Bei dieser Studie liegt die Hauptquelle der Emissionen bei der Bereitstellung des Anbaulandes in Brasilien. Für den Sojaanbau werden hier Waldrodungen durchgeführt (siehe Kapitel 4.2.1). Eine im Jahr 2014 durchgeführte Umfrage ergab jedoch, dass weder Alpro noch ein anderer führender Sojamilchproduzent, zu diesem Zeitpunkt sein Soja aus Brasilien bezieht.

Bei Hicks und Grant liegt das Ergebnis der CO₂-Bilanz von Sojamilch auffallend hoch. Es beträgt 3,3 kg CO₂e / L, wobei das nächsthöchste Ergebnis für die Pflanzenmilch das von Poore und Nemecek mit 1,0 kg CO₂e / L ist. Außerdem handelt es sich um die einzige Studie bei der die CO₂-Äquivalente von Sojamilch, die der Kuhmilch übersteigen. Laut den Autoren sind für den CO₂-Fußabdruck beider Produkte Transport und Stromverbrauch im Einzelhandel hervorzuheben. Hicks und Grant treffen die Annahme, dass die Sojamilch 7,8 Tage und somit dreimal länger als Kuhmilch, vor Verkauf gekühlt im Einzelhandel gelagert wird. Dies führt zu einem hohen Stromverbrauch, in diesem Fall bestehend aus 74 Prozent Kohle- und

20 Prozent Nuklearstrom, woraus erhebliche Treibhausgasemissionen entstehen. Die Annahmen die Hicks und Grant treffen, sind entscheidend für das hohe Ergebnis der CO₂-Äquivalente. Sojamilch wird beispielsweise in Europa hauptsächlich in UHT-Form angeboten. Dies erfordert zwar zusätzliche Produktionsschritte, mindert im Endeffekt aber den Treibhausgasausstoß, da sowohl beim Transport als auch im Einzelhandel der Stromverbrauch für die Kühlung entfällt. Auch der Strombezug für die Kühlung der Kuh- und Sojamilch ist ein entscheidender Faktor. Der Einsatz oder Teileinsatz von Strom aus erneuerbaren Energien würde das Treibhauspotential im Vergleich zu Nuklear- und Kohlestrom erheblich senken. Über welchen Zeitraum Soja- und Kuhmilch im Einzelhandel bleiben, variiert je nach Konsumgewohnheiten der Verbraucherinnen und Verbraucher. Es ist anzunehmen, dass in Regionen, in denen vermehrt auf pflanzliche Alternativen zurückgegriffen wird, Sojamilch nicht dreimal länger im Einzelhandel bleiben würde als Kuhmilch. All diese Faktoren deuten darauf hin, dass die Annahmen, welche für eine Studie getroffen werden, auf den Ort der Untersuchung angepasst werden sollten. Beispielsweise sind Annahmen, die für den US-amerikanischen Standort gerechtfertigt sind, nicht unbedingt nachvollziehbar für Europa, und umgekehrt.

Auch der Bezug des Sojas spielt eine Rolle. Alle Studien geben an, dass der Transport ein wichtiger Faktor in Bezug auf die CO₂-Bilanz von Sojamilch ist. Für die Sojamilch des Herstellers Unigra werden die Sojabohnen in der gleichen Region angebaut in denen sie auch verarbeitet werden, während bei Hicks und Grant wesentlich längere Transportwege anfallen. Daher ist nicht ersichtlich wie eine in Schweden konsumierte Sojamilch, bestehend aus brasilianischem Soja, einen solch niedrigen CO₂-Fußabdruck haben kann wie bei der Studie von Birgersson, Karlsson und Söderlund.

Das Ergebnis der CO₂-Bilanz von Kuhmilch mit 2,8 kg CO₂ / L von Hicks und Grant erscheint jedoch plausibel. Hierfür wurde auf eine Ökobilanzstudie zurückgegriffen, welche einen typischen Milchbetrieb aus Wisconsin, ein US-Staat mit hoher Milchproduktion, repräsentiert. Für Kuhmilch ist laut den Autoren die Produktion der Rohmaterialien die dominanteste Phase in allen Umweltkategorien, einschließlich des Treibhauspotentials. Zu dieser Phase gehören unter anderem Futteranbau und -transport, Methanausstoß, Düngermanagement und Transport der Rohmilch zum

Verarbeitungsbetrieb. Der genaue Beitrag der genannten Quellen wird allerdings nicht erläutert. Möglicherweise finden sich dazu weitere Informationen im Zusatzmaterial, was jedoch nicht zur Verfügung gestellt wurde. Laut Studie der FAO und GDP sowie dem Review von Poore und Nemecek handelt es sich bei der Hauptquelle der Treibhausgasemissionen von Kuhmilch jedoch um den Methanausstoß der Milchkühe. Bei Clune, Crossin und Verghese wird hierzu keine Angabe gemacht.

Bezüglich des CO₂-Fußabdrucks von Kuhmilch handelt es sich bei allen Untersuchungen um „cradle to retail“ Studien, mit Ausnahme jener der FAO und GDP, wo der Untersuchungsumfang „cradle to farm-gate“ umfasst. Drei der vier Ergebnisse liegen zwischen 2,5 und 3,2 kg CO₂e / L Kuhmilch. Mit Einschluss der Nutzungsphase und des Abfallmanagements („cradle to grave“) würden sich diese Emissionswerte wahrscheinlich leicht erhöhen.

Das Ergebnis von Clune, Crossin und Verghese, welches mit 1,4 kg CO₂e / kg Kuhmilch den weltweiten Durchschnitt darstellen soll, erscheint jedoch nicht sehr plausibel. In einkommensschwachen Regionen sind die Emissionen je Liter Kuhmilch höher als in Industriestaaten (FAO & GDP, 2019, S. 24f). Tatsächlich sind diese Regionen in der Studie von Clune, Crossin und Verghese aber deutlich unterrepräsentiert und somit auch im Ergebnis des weltweiten Durchschnitts. Es werden beispielsweise nur fünf Treibhauspotentiale für Kuhmilch aus Afrika, jedoch 175 für Kuhmilch aus Europa ausgewertet. Hier kann zwar angemerkt werden, dass Afrika einen weitaus geringeren Anteil zur weltweiten Milchproduktion beiträgt als Europa oder die USA, der Emissionswert von 1,4 kg CO₂e / kg Kuhmilch erscheint im Vergleich zu den anderen Studien, deren Ergebnisse doppelt so hoch liegen, aber nicht nachvollziehbar.

8.2 Vorurteile über Sojalebensmittel

Die Behauptung, dass Sojamilch für die Abholzung des Regenwaldes und dem damit verbundenen Verlust von Biodiversität und dem Ausstoß hoher Treibhausgasemissionen verantwortlich ist, konnte in dieser Arbeit widerlegt

werden. Um herauszufinden, woher dieses Vorurteil stammt, wurde eine kurze Onlinerecherche durchgeführt. Einige Artikel, die sich mit dem Thema Sojalebensmittel und Regenwaldzerstörung befassen, formulieren die genannte Behauptung als Frage, andere wiederum widerlegen sie bereits im Titel. Alle Artikel kommen jedoch zu dem Schluss, dass Soja hauptsächlich als Viehfutter genutzt wird und nur zu einem Bruchteil direkt in die menschliche Ernährung fließt. Es konnte keine Quelle gefunden werden, die etwas Gegenteiliges behauptet.

Woher also das Vorurteil der zerstörerischen Sojalebensmittel stammt, kann nur gemutmaßt werden. Eine Erklärung könnte beispielsweise im Wort „Soja“ liegen. Aufgrund der Regenwaldabholzung für den Anbau von Sojabohnen, wird die Zerstörung des Regenwaldes weniger mit Tierfutter assoziiert, sondern eher mit Lebensmitteln von denen bekannt ist, dass sie aus Soja bestehen oder deren Produktbezeichnung bereits auf diesen Bestandteil hindeutet. Vermutlich ist den Sojamilchherstellern bewusst, dass der Bezug von Soja aus Südamerika negativ behaftet ist. Sie beziehen die Hülsenfrucht mittlerweile aus Kanada, Asien und Europa (Verbraucherzentrale Hamburg, 2014).

8.3 Auswahl der Studien

Die geringe Studienlage zur CO₂-Bilanz von Sojamilch führte zu einigen Einschränkungen bei der Auswahl der Studien. Aufgrund dessen wurde weder bei Sojamilch noch bei Kuhmilch eine örtliche Begrenzung vorgenommen. Da sich die Studienlage von Sojamilch nochmals vermindern würde, wurde außerdem auf das Kriterium eines einheitlichen Untersuchungsumfangs verzichtet, was bei einem Vergleich von zwei Produkten eigentlich gegeben sein sollte.

Bei einer der fünf Studien zu Sojamilch, jener des Herstellers Unigra, handelt es sich um eine produktbasierte Untersuchung. Die Studie von Birgersson, Karlsson und Söderlund kann nicht direkt als produktbasiert bezeichnet werden, da sie sich zwar auf die Sojamilch des Herstellers Alpro als Referenzprodukt bezieht, jedoch keinen Zugriff auf seine Daten hat und daher Schätzungen vornehmen sowie auf Datenbanken und Werte eines anderen Herstellers zurückgreifen muss. Auch Hicks

und Grant berechnen den CO₂-Fußabdruck mit Hilfe von Datenbanken. Die Untersuchung der FAO und GDP gibt einen Überblick über den weltweiten Ausstoß von Emissionen aus der Milchviehhaltung. Bei den Studien von Poore und Nemecek sowie Clune, Crossin und Verghese handelt es sich um Reviews. Diese zwei Metaanalysen wurden einbezogen, da zum einen die Studienlage zur CO₂-Bilanz von Sojamilch, welche den Einschlusskriterien entspricht, gering ist. Zum anderen sollen sie einen Überblick darüber geben, ob die Ergebnisse der anderen Studien zu Soja- und Kuhmilch realistisch sind. Bei den anderen drei Studien zum CO₂-Fußabdruck von Sojamilch kann abgeleitet werden, bei welchen Produktionsschritten die Emissionen anfallen.

Zur CO₂-Bilanz von Kuhmilch gibt es eine Vielzahl an Studien. Der Emissionsausstoß unterscheidet sich allerdings stark nach Entwicklungsstand der Region. Da keine örtliche Begrenzung vorgenommen wurde, wurden für diese Arbeit Studien ausgewählt, die einen globalen Überblick geben. Die Untersuchungen von Hicks und Grant sowie der FAO und GDP beschreiben die Herkunft der Treibhausgase aus der Milchviehhaltung genauer.

Des Weiteren greift jede Studie für ihre Untersuchung auf Ergebnisse vorheriger Studien zurück, beispielsweise um sie zu vergleichen oder Annahmen zu treffen. Diese Studien beziehen sich teilweise wiederum auf vorherige Untersuchungen. Dies ist ein normaler Vorgang, welcher jedoch Unsicherheiten mit sich bringt, unter anderem weil stetig technologische und züchterische Fortschritte stattfinden.

Das Ergebnis ist, dass bei Sojamilch zwei von fünf und bei Kuhmilch eine von vier Studien ungewöhnlich hohe oder niedrige Ergebnisse aufweisen. Zum Teil kann nachvollzogen werden, wie es zu diesen abweichenden Werten kommt, jedoch stellt sich die Frage, ob dies mit einer besseren Studienlage und einem Vergleich mit einheitlichem Untersuchungsumfang ebenfalls der Fall wäre.

8.4 Ausblick in die Zukunft

Die Sojabohne ist anpassungsfähig an verschiedene klimatische Verhältnisse. Sie kann sowohl in Ländern mit gemäßigttem als auch tropischem Klima angebaut werden (WWF, 2014, S. 14). Momentan kann Deutschland den eigenen Sojabedarf nur zu einem Prozent selbst decken. Aufgrund züchterischer Fortschritte wird es jedoch zukünftig vermehrt möglich sein, Sojaanbau in Europa zu betreiben (Kliem, et al., 2019, zitiert nach BLE, 2015). Dies könnte bedeuten, dass weniger Soja aus Asien, Süd- und Nordamerika importiert werden muss, was zu kürzeren Transportwegen und weniger CO₂-Emissionen führt. Trotzdem ist und wird es notwendig sein, weniger Fleisch- und Milchprodukte zu konsumieren. Ihre Massenproduktion führt nicht nur zu enormen Treibhausgasemissionen und trägt zum Klimawandel bei, sondern verursacht außerdem andere Umweltschäden wie verringerte Artenvielfalt und Verschmutzung von Luft und Boden (Kliem et al., 2019, S. 48).

9. Fazit

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass Sojamilch einen geringeren CO₂-Fußabdruck hat als Kuhmilch und somit diesbezüglich als nachhaltiger zu betrachten ist. Der Ersatz oder die Ergänzung der pflanzlichen Alternative zum tierischen Produkt ist also durchaus sinnvoll. Der Hauptanteil der Emissionen von Sojamilch fällt beim landwirtschaftlichen Anbau der Sojabohnen und deren Verarbeitung zu Sojamilch an. Je nach Produkt sind die Transportwege und der Stromverbrauch der Kühlung zu beachten. Bei Kuhmilch ist der Methanausstoß der Tiere als Hauptquelle der Emissionen zu nennen, wobei die CO₂-Emissionen aus dem Futteranbau für die Tiere nicht zu vernachlässigen sind.

Zwar ist auch der Untersuchungsumfang zu beachten, da jedoch bei beiden Produkten die Hauptemissionen am Anfang der Produktion anfallen, spielen beispielweise Nutzungsphase und Abfallmanagement eher eine untergeordnete Rolle. Ein wichtiger Faktor für das Ergebnis der Emissionswerte sind die Annahmen, die vor der Untersuchung getroffen werden, wie zum Beispiel, ob das Produkt in UHT-Form angeboten wird oder gekühlt gelagert werden muss.

Trotz Einschränkungen aufgrund der geringen Studienlage von Sojamilch gibt diese Arbeit durchaus einen umfassenden Überblick zur CO₂-Bilanz von Kuhmilch und Sojamilch sowie über die Herkunft der Treibhausgase.

Es besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf bezüglich der CO₂-Bilanz von Sojamilch. Zwei von fünf Studien weisen ungewöhnlich hohe oder niedrige Ergebnisse auf, was mit Hilfe weiterer Untersuchungen zur Pflanzenmilch genauer überprüft werden kann. So könnten außerdem die Ergebnisse dieser Arbeit vertieft werden. Ein Vergleich von Soja- und Kuhmilch aus gleichen Regionen wäre ebenfalls interessant. Wie verhält sich der CO₂-Fußabdruck, wenn weite Transportwege entfallen? Außerdem ist die Frage nach anderen pflanzlichen Alternativen interessant. Ist der CO₂-Fußabdruck von Mandel- oder Hafermilch ebenfalls niedriger als der von Kuhmilch?

Zusammenfassung

Hintergrund

Tierische Produkte verursachen hohe CO₂-Emissionen und tragen maßgeblich zum Klimawandel bei. Dabei gibt es zahlreiche Alternativen, um den Konsum tierischer Produkte zu verringern oder zu ersetzen. Diese Arbeit vergleicht ein tierisches Erzeugnis und eine pflanzliche Alternative.

Ziel

Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, ob die pflanzliche Alternative der Sojamilch, in Bezug auf ihre CO₂-Bilanz als nachhaltiger zu bewerten ist als Kuhmilch.

Methode

Mittels einer systematischen Literaturrecherche werden Studien herangezogen, die sich mit der Lebenszyklusanalyse von Sojamilch und Kuhmilch befassen. So wird der CO₂-Fußabdruck der beiden Produkte ermittelt und verglichen. Die Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O) werden berücksichtigt und, für eine bessere Vergleichbarkeit, in CO₂-Äquivalente umgewandelt. Der gesamte Prozess, von der Wiege bis zu Bahre, von einem Liter oder Kilogramm Kuh- und Sojamilch wird berücksichtigt.

Ergebnisse

Vier Studien befassen sich mit der CO₂-Bilanz von Kuhmilch und fünf mit der von Sojamilch. Bei allen untersuchten Studien, mit einer Ausnahme, weist Sojamilch ein niedrigeres Treibhauspotential auf als Kuhmilch. Die Annahmen, die vor den Untersuchungen getroffen werden, spielen für das Ergebnis eine wichtige Rolle.

Fazit

Bezüglich ihrer CO₂-Bilanz ist Sojamilch im Vergleich zu Kuhmilch als nachhaltiger zu betrachten. Die Hauptquelle der Emissionen von Sojamilch liegt beim Anbau des Sojas und dessen Verarbeitung zu Pflanzenmilch. Bei Kuhmilch sind der Methanaustoß der Milchkühe sowie der Anbau der Futtermittel für die Tiere als wichtige Emissionsquellen zu nennen.

Literaturverzeichnis

- Alpro GmbH. (o.J.). *Sojadrinks Natur*. Abgerufen am 19. September 2020 von Alpro GmbH: <https://www.alpro.com/de/produkte/drinks/sojadrinks-natur/proteindrink-natur/>
- Bentz-Hölzl, J. (2014). *Der Weltklimavertrag: Verantwortung der internationalen Gemeinschaft im Kampf gegen den Klimawandel*. Ingolstadt, Deutschland: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Birgersson, S., Karlsson, B.-S., & Söderlund, L. (2009). *Soy Milk - an attributional Life Cycle Assessment examining the potential environmental impact of soy milk*. Stockholm.
- Brade, W. (5. Mai 2014). CO₂-Fußabdrücke für Milch und Milchprodukte. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 92(1), S. 1–16.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (15. Juli 2019). *Definitionen und Begriffe: Milch und Milcherzeugnisse*. Abgerufen am 19. September 2020 von Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung: <https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/DefinitionBegriffe.pdf? blob=publicationFile&v=4>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (4. April 2020). *Versorgung mit Frischmilcherzeugnissen in Deutschland nach Kalenderjahren*. Abgerufen am 19. September 2020 von Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/DtVersorgungVerbrauch/406003002_01.xlsx? blob=publicationFile&v=13
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (o.J.). *Wie kann ich klimabewusst einkaufen?* Abgerufen am 19. September 2020 von Bundesinformationszentrum Landwirtschaft: <https://landwirtschaft.de/landwirtschaftliche-produkte/worauf-kann-ich-beim-einkauf-achten/regional-und-saisonal/wie-kann-ich-klimabewusst-einkaufen>
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (13. Dezember 2019). *Landwirtschaft und Klimaschutz*. Abgerufen am 19. September 2020 von

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft:
<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/landwirtschaft-und-klimaschutz.html>
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (o.J.). *Landwirtschaft und Klima*. Abgerufen am 19. September 2020 von Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung: <http://www.bmz.de/de/themen/klimaschutz/Landwirtschaft-und-Klima/index.html>
- Bundeszentrum für Ernährung. (30. Juli 2020). *Milch: Erzeugung*. Abgerufen am 19. September 2020 von Bundeszentrum für Ernährung: <https://www.bzfe.de/inhalt/milch-gewinnung-6967.html>
- Busch, M., Vogt, R., & Fehrenbach, H. (o.J.). *Wirkungsabschätzung*. Abgerufen am 19. September 2020 von ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: <https://www.ifeu.de/methoden/wirkungsabschaetzung/>
- Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K. (1. Januar 2017). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, 140(2), S. 766–783.
- Ekardt, F. (2016). *Theorie der Nachhaltigkeit: Ethische, rechtliche, politische und transformative Zugänge - am Beispiel von Klimawandel, Ressourcenknappheit und Welthandel* (Bd. 2. Auflage). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- FAO & GDP. (13. Dezember 2019). *Climate change and the global dairy cattle sector - The role of the dairy sector in a low-carbon future*. (Food and Agriculture Organization of the United Nations & Global Dairy Platform) Abgerufen am 19. September 2020 von Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>
- FAOSTAT. (2020). *Crops*. Abgerufen am 19. September 2020 von Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Grant, C., & Hicks, A. (5. November 2018). Comparative Life Cycle Assessment of Milk and Plant-Based Alternatives. *Environmental Engineering Science*, 35(11), S. 1235–1247.

- Hartman, G. L., West, E., & Herman, T. (27. Januar 2011). Crops that feed the World 2. Soybean - worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3(1), S. 5–17.
- Hirschfeld, J., Weiß, J., Preidl, M., & Korbun, T. (2008). *Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland*. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Berlin: Schriftenreihe des IÖW 186/08.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.
- Köpke, U., & Nemecek, T. (5. Februar 2010). Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*, 3(115), S. 217–233.
- Kliem, L., Pentzien, J., Baldauf, M., Bidjanbeg, A., Fehrenbach, H., Auberger, A., & Köppen, S. (September 2019). *Sustainable Consumption for Biodiversity and Ecosystem Services - The cases of cotton, soy and lithium*. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & Bundesamt für Naturschutz) Abgerufen am 19. September 2020 von Bundesamt für Naturschutz: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/internationalernaturschutz/Dokumente/Sustainable_Consumption_Biodiversity_bf.pdf
- Klockenhoff, J. (Mai 2009). Product Carbon Footprinting und der Kohlendioxidbewusste Konsument. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 4, S. 199–201.
- Mintel Group Ltd. (4. Januar 2018). *US non-dairy milk sales grow 61% over the last five years*. Abgerufen am 19. September 2020 von Mintel Group Ltd.: <https://www.mintel.com/press-centre/food-and-drink/us-non-dairy-milk-sales-grow-61-over-the-last-five-years>
- Poore, J., & Nemecek, T. (1. Juni 2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), S. 987–992.
- Pospulse GmbH. (Juli 2019). *Alternativen zu Milch*. Abgerufen am 19. September 2020 von Pospulse GmbH: <https://www.pospulse.com/alternativenzumilch2019>

- ProVeg e.V. (Oktober 2019). *Der Pflanzenmilch-Report*. Abgerufen am 19. September 2020 von ProVeg e.V.: https://proveg.com/de/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/PV_Pflanzenmilch-Report_281019-final.pdf
- ProVeg e.V. (11. April 2019). *Die Benennung pflanzlicher Milchprodukte*. Abgerufen am 19. September 2020 von ProVeg e.V.: <https://proveg.com/de/was-wir-tun/politische-arbeit/lebensmittelkennzeichnung/benennung-milchalternativen/>
- Pufé, I. (2017). *Nachhaltigkeit*. Konstanz, München: UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Röös, E., Garnett, T., Watz, V., & Sjörs, C. (2018). *The role of dairy and plant based dairy alternatives in sustainable diets*. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Schweden: SLU Future Food Reports 3.
- Rimbach, G., Möhring, J., & Erbersdobler, H. F. (2010). *Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schröter, A. (10. Februar 2020). *Die Bessermilch*. Abgerufen am 19. September 2020 von Zeit Online: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2020-01/milch-nachhaltige-ernaehrung-hafer-soja-konsumverhalten>
- Statistisches Bundesamt. (10. Januar 2020). *Globale Tierhaltung, Fleischproduktion und -konsum*. Abgerufen am 19. September 2020 von Statistisches Bundesamt (Destatis): <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/landwirtschaft-fischerei/tierhaltung-fleischkonsum/tierhaltung-fleisch.html>
- Statistisches Bundesamt. (25. Juni 2020). *Haltungen mit Rindern und Rinderbestand*. Abgerufen am 19. September 2020 von Statistisches Bundesamt (Destatis): <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Tabellen/betriebe-rinder-bestand.html>
- Stopp, A., Schüler, I., Krutzinna, C., & Heß, J. (2012). *Alternativen zu importiertem Soja in der Milchviehfütterung*. Abgerufen am 19. September 2020 von WWF Deutschland: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Studie_Alternativen_zu_importierter_Soja_in_der_Milchviehfuetterung_Langfassung.pdf

- Umweltbundesamt. (17. 10 2018). *Ökobilanz*. Abgerufen am 19. September 2020 von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekobilanz>
- Umweltbundesamt. (10. Juli 2020). *Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgasemissionen*. Abgerufen am 19. September 2020 von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/landforstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#klimagase-aus-der-viehhaltung>
- Umweltbundesamt. (o.J.). *CO₂-Äquivalent*. Abgerufen am 19. September 2020 von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/service/glossar/c>
- Unigra Srl. (21. Dezember 2017). *Environmental declaration of the product plant-based soy beverage with vitamins and calcium*. Abgerufen am 19. September 2020 von EPD International: [https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/18404/S-P-01144%20EPD%20\(English%20version\)%202020.pdf](https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/18404/S-P-01144%20EPD%20(English%20version)%202020.pdf)
- United States Department of Agriculture. (August 2020). *Oilseeds: World Markets and Trade*. Abgerufen am 19. September 2020 von United States Department of Agriculture - Economics, Statistics and Market Information System: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/tx31qh68h/v692tv607/3x817933j/oilseeds.pdf>
- Verbraucherzentrale Hamburg. (April 2014). *Woher kommen die Sojabohnen in den Drinks?* Abgerufen am 19. September 2020 von Verbraucherzentrale Hamburg: https://www.vzhh.de/sites/default/files/medien/166/dokumente/14-04_vzhh_Vegan_Herkunft_Soja.pdf
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. United Nations. Oxford: Oxford University Press.
- WWF. (Januar 2014). *The Growth of Soy: Impacts and Solutions*. Abgerufen am 19. September 2020 von WWF International: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publicationen-PDF/20140312_WWF_TheGrowthOfSoy_Impacts_Solutions.pdf
- Zeit Online. (9. September 2020). *Forscher sehen Lebensraum von einer Milliarde Menschen bedroht*. Abgerufen am 19. September 2020 von Zeit Online:

<https://www.zeit.de/wissen/2020-09/klimawandel-studie-europa-migration-2050-lebensraum>

Eidesstattliche Erklärung

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

Hamburg, den 28. September 2020

Chris Hopp