



# Gesundes Essen fürs Klima

Auswirkungen der Planetary Health Diet auf  
den Landwirtschaftssektor

# Gesundes Essen fürs Klima

## Auswirkungen der Planetary Health Diet auf den Landwirtschaftssektor: Produktion, Klimaschutz, Agrarflächen

Eine Studie des Öko-Instituts im Auftrag von Greenpeace

Veröffentlichung: September 2022

In Gedenken an unseren Kollegen und Freund Dirk Zimmermann, der bei der Vorbereitung dieser Studie uns mit seinen Gedanken und Überlegungen tatkräftig unterstützt hat.

### Kein Geld von Industrie und Staat

Greenpeace arbeitet international und kämpft mit gewaltfreien Aktionen für den Schutz der Lebensgrundlagen. Unser Ziel ist es, Umweltzerstörung zu verhindern, Verhaltensweisen zu ändern und Lösungen durchzusetzen. Greenpeace ist überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Mehr als 630.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.

---

#### Impressum

Greenpeace e.V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/3 06 18 -0 [Pressestelle](mailto:Pressestelle) Tel. 040/3 06 18 - 340, F 040/3 06 18-340, [presse@greenpeace.de](mailto:presse@greenpeace.de), [www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de) [Politische Vertretung Berlin](mailto:PolitischeVertretungBerlin) Marienstraße 19–20, 10117 Berlin, Tel. 030/30 88 99 -0 [V.i.S.d.P.](mailto:V.i.S.d.P.) Martin Hofstetter [Foto](https://www.foto-titel.de) Titel: © Mitja Kobal / Greenpeace, September/2022

# Vorwort

**Die wichtigste Aufgabe der Landwirtschaft ist die Sicherstellung unserer Ernährung.** Doch zunehmende Krisen stellen die Landwirtschaft in Deutschland vor immer größere Herausforderungen. Unser Ernährungssystem ist fragil. Die Preise sind explodiert, durch Hitzeperioden, anhaltende Dürren, aber auch Starkregen und Überschwemmungen sind die Ernten gefährdet. Der Krieg in der Ukraine und die Blockade wichtiger Hafenstädte hat die Lage noch verschärft.

**Gleichzeitig trägt die Landwirtschaft mit Klimagasen aus unterschiedlichen Quellen maßgeblich zur Erderhitzung bei.** Der Sektor muss einen wichtigen Beitrag leisten, damit Deutschland die gesetzlich verankerte Klimaneutralität bis 2045 erreichen kann.

**Die intensive Landwirtschaft ist zudem massiv am Artensterben beteiligt.** Die Hälfte Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt. Die Wissenschaft ist sich einig, dass die Agrarproduktion ökologischer werden muss. Doch umweltfreundliche Anbauverfahren haben häufig den Nachteil, dass die Erträge niedriger sind. Es wird also noch mehr Fläche benötigt.

**Welche Lösungsmöglichkeiten gibt es, all diesen verschiedenen Krisen zu begegnen? Auf welches Zukunftsbild muss sich die Landwirtschaft einstellen?**

**Wir haben das Öko-Institut beauftragt,** zu untersuchen, welche Auswirkungen es für den Landwirtschaftssektor hätte, wenn wir uns in Deutschland künftig nach dem Vorbild der Planetary Health Diet ernähren würden, also weitgehend auf tierische Lebensmittel verzichten würden.

**Seit einigen Jahren sinkt der Fleischkonsum in Deutschland,** wenn auch langsam und damit auch der Flächenverbrauch und der Ausstoß von Klimagasen. Erste Lebensmittelunternehmen haben angekündigt, sich bald ganz aus der Fleischerzeugung zurückzuziehen.



Doch eines wird auch durch diese Studie klar: **Ohne eine radikale Ernährungswende,** die dafür sorgt, dass Lebensmittel klimafreundlicher erzeugt werden, weniger Fläche in Anspruch nehmen, nicht mehr vergeudet werden und für alle finanzierbar bleiben, **werden die oben benannten Krisen nicht bewältigt werden können.**

**Der Weg dorthin wird nicht leicht sein und fordert uns alle.** Es wird auch Widerstände gegen eine Umsetzung geben, denn Tierhalter und die damit verbundene Agrarwirtschaft wären von den Folgen einer Ernährungswende besonders betroffen. Doch ein Weiter-so ist keine Option.

**Mit dieser Studie möchten wir zeigen, wie groß die Chance wäre, durch eine Ernährungswende die aktuellen Herausforderungen zu meistern.** Um die notwendige Transformation anzustoßen, kann jeder und jede etwas beitragen. Vor allem aber müssen Politik und Wirtschaft viel stärker als bisher gestaltend wirken.

**Martin Hofstetter,**  
Greenpeace-Landwirtschaftsexperte

## Gesundes Essen fürs Klima

Auswirkungen der Planetary Health Diet auf den  
Landwirtschaftssektor: Produktion, Klimaschutz, Agrarflächen

Berlin, Darmstadt  
06.09.2022

### Autorinnen

Margarethe Scheffler  
Öko-Institut e.V.

Kirsten Wiegmann  
Öko-Institut e.V.

### Unter Mitarbeit von

Christian Schneider  
Kerstin Borkowski  
Cristina Urrutia  
Öko-Institut e.V.

Martin Hofstetter (Greenpeace)  
Nina Klöckner (Greenpeace)

### Kontakt

[info@oeko.de](mailto:info@oeko.de)  
[www.oeko.de](http://www.oeko.de)

### Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71  
79017 Freiburg

### Hausadresse

Merzhauser Straße 173  
79100 Freiburg  
Telefon +49 761 45295-0

### Büro Berlin

Borkumstraße 2  
13189 Berlin  
Telefon +49 30 405085-0

### Büro Darmstadt

Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt  
Telefon +49 6151 8191-0

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>8</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1 Hintergrund und Fragestellung</b>	<b>12</b>
<b>2 Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele realisieren</b>	<b>15</b>
<b>3 Planetary Health Diet als Vorbild</b>	<b>18</b>
<b>4 Vorgehen in dieser Arbeit</b>	<b>20</b>
<b>5 Auswirkungen der Planetary Health Diet auf Flächenbedarf und Emissionen</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Knappe Fläche ohne Ernährungsänderung</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Veränderung in der Landwirtschaft durch die Planetary Health Diet</b>	<b>28</b>
5.2.1 Produktion zur Deckung der Nachfrage	28
5.2.2 Entwicklung der Anbaufläche für die Ernährung	32
5.2.3 Entwicklung der Treibhausgase	35
<b>5.3 Zwischenergebnisse und Fazit zur Ernährung</b>	<b>38</b>
<b>6 Neue Nutzungen der freigewordenen Flächen</b>	<b>41</b>
<b>6.1 Neue Flächennutzungen – Treibhausgase und Produktion</b>	<b>42</b>
6.1.1 Entwicklung der gesamten Agrarfläche	42
6.1.2 Produktion auf der gesamten Agrarfläche	43
6.1.3 Resultierende Treibhausgase in der Landwirtschaft	45
6.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit zur Landwirtschaft	48
<b>6.2 Weitere Optionen für die Flächennutzung mit Synergien für die Umweltziele</b>	<b>50</b>
6.2.1 Überlegungen zur Grünlandnutzung	50
6.2.2 Ansätze für eine optimierte Flächennutzung	50
<b>7 Ansatzpunkte und Fragestellungen</b>	<b>53</b>
<b>7.1 Ansatzpunkte zur Reduktion des Konsums tierischer Produkte und zum Umbau der Tierhaltung</b>	<b>53</b>
<b>7.2 Forschungsfragen</b>	<b>54</b>
<b>8 Schlussfolgerungen</b>	<b>55</b>

---

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>58</b>
<b>Anhang</b>	<b>64</b>
<b>Anhang I. Modellbeschreibung</b>	<b>64</b>
<b>Anhang II. Methodisches Vorgehen</b>	<b>69</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: Übersicht über die verschiedenen Schritte der Studie	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abbildung 5-1: Flächennutzung der gesamten Landwirtschaft heute (ohne Dauerkulturen)	26
Abbildung 5-2: Änderung der Flächenbelegung durch die Umsetzung der Umweltziele	27
Abbildung 5-3: Notwendige inländische Produktion für die heutige Nachfrage und bei Ernährungsänderung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet	29
Abbildung 5-4: Tierbestände für die gesamte Landwirtschaft (inklusive Export), unsere heutige Ernährung und eine Ernährung nach der Planetary Health Diet	30
Abbildung 5-5: Flächennachfrage für unsere Ernährung im In- und Ausland	34
Abbildung 5-6: Inländischer Flächenbedarf für die Ernährung	35
Abbildung 5-7: THG-Emissionen der Landwirtschaft in Deutschland nach Verwendung (inklusive CO <sub>2</sub> aus landwirtschaftlich genutzten Moorböden)	36
Abbildung 5-8: Entwicklung der landwirtschaftlichen THG-Emissionen durch die Ernährungsänderung	38
Abbildung 6-1: Verfügbare produktive Anbaufläche und deren Inanspruchnahme in den beiden Varianten Klima und Export	43
Abbildung 6-2: Entwicklung der Tierbestände in den Varianten Klima und Export gegenüber heute	44
Abbildung 6-3: THG-Emissionen aus der Landwirtschaft heute im Vergleich zur geänderten Ernährung (Varianten Klima und Export)	47
Abbildung 6-4: Emissionen der Landwirtschaft und Treibhausgasneutralität	49
Abbildung 8-1: Wesentliche Parameter für die Tierhaltung	65
Abbildung 8-2: Wesentliche Parameter für die Bodennutzung	67
Abbildung 8-3: Wesentliche Parameter zur Ermittlung der energiebedingten Emissionen	68

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Übersicht der politischen Zielstellungen	16
Tabelle 3-1: Vergleich der aktuellen Ernährungsweise mit Empfehlungen	19
Tabelle 4-1: Beschreibung des Vorgehens in den einzelnen Berechnungsschritten	23
Tabelle 5-1: Zusätzliche Flächenbedarfe für die Umsetzung der Ziele	28
Tabelle 5-2: Nachfragemengen der relevanten Tierfutter heute und für die PHD	31
Tabelle 5-3: Nachfragemengen für die pflanzliche Ernährung heute und für die PHD	31
Tabelle 5-4: Entwicklung verschiedener Parameter in den einzelnen Schritten	40
Tabelle 6-1: Produktionsmenge für ausgewählte Produkte in den Varianten Klima und Export	45
Tabelle 6-2: Jährliche Kohlenstoffsенke aus der Aufforstung von Ackerland und Grünland	46
Tabelle 6-3: Flächenbedarf und Ernährung im Inland in den Varianten Klima und Export	48

## Abkürzungsverzeichnis

Biodiv	Biodiversität (Artenvielfalt)
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
CH <sub>4</sub>	Methan (25-fache Klimawirkung von CO <sub>2</sub> )
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
g	Gramm
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
ha	Hektar
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
km	Kilometer
konv.	konventionell
KSG	Klimaschutzgesetz
l	Liter
LF	Landfläche
LiSE	Rechenmodell des Öko-Instituts für "Livestock and Soil Emissions"
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestation (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft)
LW	Landwirtschaft
mg	Milligramm

---

Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
N	Stickstoff
Nawaro	Nachwachsende Rohstoffe
N <sub>2</sub> O	Lachgas (298-fache Klimawirkung von CO <sub>2</sub> )
NEC-RL	National Emission Ceilings Directive (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen)
PHD	Planetary Health Diet, Ernährung vereinbar mit der Gesundheit der Erde
PV	Photovoltaik
RL	Richtlinie
SDG	Sustainable Development Goals – Ziele nachhaltiger Entwicklung
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen, auch Umweltrat
SVG	Selbstversorgungsgrad
t	Tonnen
THG	Treibhausgase
TI	Thünen-Institut
UBA	Umweltbundesamt
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZKL	Zukunftskommission Landwirtschaft

---

## Zusammenfassung

Laut Klimaschutzgesetz muss Deutschland bis zum Jahr 2045 treibhausgasneutral werden. Auf Grund der biologischen Prozesse entstehen in der landwirtschaftlichen Produktion Emissionen, deren technische Reduktion eingeschränkt ist. Der Landwirtschaftssektor wird zukünftig der Wirtschaftsbereich mit den höchsten Treibhausgasemissionen sein. Für die Treibhausgasneutralität müssen diese Restemissionen durch natürliche Senken wie z.B. Wälder und Böden ausgeglichen werden. Die ohnehin schon begrenzte landwirtschaftliche Nutzfläche könnte sich zukünftig noch verringern, wenn gleichzeitig die verschiedenen Umweltziele (Biodiversität, Moorschutz, Ressourcenschutz) umgesetzt werden und die Produktion extensiviert wird. Die Einlösung dieser Umweltziele gilt aber als unabdingbar, um die Stabilität der Ökosysteme sicherzustellen. Die ökologischen Belastungsgrenzen der Erde sind für einige Umweltmedien bereits überschritten und die Verringerung der Umweltlasten ist hier dringend erforderlich.

Die meiste Nutzfläche wird für die Erzeugung von Lebensmitteln benötigt. Dabei entstehen auch die meisten Treibhausgasemissionen. Nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen ist unsere derzeitige Art der Ernährung nicht mit den politisch gesetzten Umwelt- und Klimazielen vereinbar. Die Eat Lancet Kommission hat daher mit der Planetary Health Diet ein alternatives Vorbild für eine Ernährungsweise entwickelt, die eine steigende Weltbevölkerung unter Einhaltung der planetaren Belastungsgrenzen versorgen kann. Gegenüber unserer heutigen Ernährung ist dabei der Konsum tierischer Produkte drastisch reduziert.

Im Rahmen dieser Studie stand die Frage im Vordergrund, welche Auswirkungen eine Ernährungsumstellung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet auf die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland hätte und welche neuen Möglichkeiten sich daraus ergeben würden. Dabei wurde die Einhaltung bestehender politisch festgelegter Umwelt- und Klimaziele zugrunde gelegt.

Die Bearbeitung der Fragestellung erfolgt in vier Schritten. Im **ersten Schritt** wird eine Abgrenzung der heutigen Produktion, die für die Ernährung der inländischen Bevölkerung gebraucht wird, von der Gesamtproduktion vorgenommen. Im **zweiten Schritt** wird die Umsetzung von Umweltzielen und anderen Zielen, die im Rahmen der Studie definiert wurden, berücksichtigt. Dazu zählen die Ausweitung der Biodiversitätsflächen, eine großflächige Wiedervernässung der Moorstandorte, die Ausweitung des Ökolandbaus und eine Erhöhung des Selbstversorgungsgrades. Im **dritten Schritt** wird ausgearbeitet, welche Produktionsumstellung sich durch eine Änderung der Nachfrage gemäß der Planetary Health Diet ergeben würde und inwiefern sich der Flächenbedarf und die Treibhausgasemissionen verändern würde. Im **vierten Schritt** werden zwei Varianten von Nutzungsmöglichkeiten für die dadurch verfügbar gewordene Fläche berücksichtigt. In der ersten Variante wird die Schaffung von zusätzlichen Kohlenstoffsinken durch Aufforstung betrachtet, in der zweiten Variante wird die Fläche für den zusätzlichen Anbau von Lebensmitteln für den Export verwendet. Die Analyse erfolgt auf Basis des am Öko-Institut verwendeten Landwirtschaftsmodell LiSE und statistischen Daten zum aktuellen Konsum sowie den Angaben zur Planetary Health Diet.

Die Ergebnisse der Studie bestätigen die Schlussfolgerungen vorhandener Studien und konkretisieren die Aussagen für den deutschen Landwirtschaft- und Ernährungssektor. Mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität sind die Emissionen der heutigen Agrarwirtschaft und Ernährungsweise nicht vereinbar. Ebenso verhält es sich mit dem Flächenverbrauch unserer Ernährung. Bei einer Ernährung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet, würden dagegen die THG-Emissionen drastisch sinken und auf der frei gewordenen Fläche könnte entweder eine zusätzliche Kohlenstoffsinke geschaffen werden, oder es könnten neben der Ernährung der inländischen Bevölkerung bis zu 70 Mio. Menschen zusätzlich ernährt werden.

Im Einzelnen lässt sich festhalten:

Erfüllen wir die flächenbezogenen Umweltziele reicht die inländische Agrarfläche nicht aus, um das heutige Angebot an landwirtschaftlichen Gütern bereitzustellen, denn durch die Umsetzung von Moorschutz und Biodiversitätsschutz würden ca. 1,6 Mio. ha weniger produktive Agrarfläche zur Verfügung stehen. Gleichzeitig wird mehr produktive Fläche für die Ausweitung des Ökolandbaus mit geringeren Erträgen benötigt. Eine Produktion für den Export und für die Industrie- oder Energienutzung wäre damit zukünftig ausgeschlossen. Auch die THG-Emissionen der Landwirtschaft inklusive der landwirtschaftlich genutzten Moorstandorte sind mit 95 Mio. t CO<sub>2</sub>e nicht vereinbar mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität. Mit einem Anteil von 85% (81 Mio. t CO<sub>2</sub>e) ist der Großteil der THG-Emissionen des Landwirtschaftssektors mit der Ernährung der inländischen Bevölkerung verbunden. Gelingt eine Ernährungsumstellung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet und die Umsetzung der Umweltziele, dann können die Emissionen des Landwirtschaftssektor inklusive der CO<sub>2</sub> Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung der Moorstandorte von heute ca. 95 Mio. t CO<sub>2</sub>e auf 23 Mio. t CO<sub>2</sub>e gesenkt werden. Ein Großteil dieser Minderungen (31 Mio. t CO<sub>2</sub>) ist auf die Wiedervernässung der Moorstandorte zurückzuführen. Insgesamt würden die Emissionen pro Hektar von heute ca. 8,3 t CO<sub>2</sub>e auf 2,5 t CO<sub>2</sub>e sinken. Gleichzeitig würden nur noch 60% unserer Nutzfläche für die Ernährung der inländischen Bevölkerung belegt werden und es stünden 1,6 Mio. ha Grünland und 4,6 Mio. ha Ackerland für alternative Verwendungszwecke zur Verfügung.

Wenn die frei gewordene Fläche aufgeforstet wird, könnten die Restemissionen aus der Landwirtschaft fast komplett kompensiert werden. Durch diese zusätzliche Kohlenstoffsénke von 20,4 Mio. t CO<sub>2</sub> verbleiben im Saldo nur noch 2,7 Mio. t CO<sub>2</sub>e an Restemissionen aus der Landwirtschaft. Damit wäre die landwirtschaftliche Produktion fast treibhausgasneutral. Alternativ könnte die freigewordene Fläche genutzt werden, um zusätzliche Lebensmittel für den Export zu erzeugen. Gegenüber heute steigen damit die Exportmengen von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln. Aber auch die THG-Emissionen nehmen zu. Insgesamt steigen die Emissionen um 10 Mio. t CO<sub>2</sub>e auf 33 Mio. t CO<sub>2</sub>e an. Werden die Exporte für die Ernährung genutzt, könnten 70 Mio. zusätzliche Menschen nach dem Vorbild der Planetary Health Diet ernährt werden.

## Summary

According to the Climate Protection Act, Germany must become greenhouse gas neutral by 2045. Due to biological processes, agricultural production produces emissions whose technical reduction is limited. In the future, the agricultural sector will be the economic sector with the highest greenhouse gas emissions. For greenhouse gas neutrality, these residual emissions must be offset by natural sinks, such as forests and soils. Agricultural land, which is limited even today, could be reduced further in the future if the various environmental goals (biodiversity, peatland protection, resource conservation) are implemented at the same time and production is extensified. However, the achievement of these environmental goals is considered crucial in order to ensure the stability of ecosystems. The ecological boundaries are already exceeded for some environmental resources and the reduction of the environmental burdens is urgently necessary.

Most farmland is needed for the production of food. This also generates the most greenhouse gas emissions. According to current scientific findings, our current way of eating is not compatible with the politically set environmental and climate goals. With the Planetary Health Diet, the Eat Lancet Commission has therefore developed an alternative model for a diet that can feed a growing world

population while respecting planetary boundaries. Compared to our current diet, the consumption of animal products is drastically reduced.

In the context of this study, the focus was on the question of what effects the implementation of a dietary change according to the model of the Planetary Health Diet would have on agricultural production in Germany and which new possibilities would result. Compliance with existing politically defined environmental and climate targets was taken as a basis.

The research question is addressed in four steps. In the first step, the current production needed to feed the domestic population is distinguished from the total production. In the second step, the implementation of environmental and other goals defined in the study is taken into account. These include the expansion of biodiversity areas, large-scale rewetting of peatland sites, the expansion of organic farming and an increase in the degree of self-sufficiency. The third step is to work out which production change would result from a change in demand according to the Planetary Health Diet and to what extent land requirements and greenhouse gas emissions would change. In the fourth step, two variants of possible uses for the land thus made available are considered. In the first variant, the creation of additional carbon sinks through afforestation is considered; in the second variant, the land is used for the additional cultivation of food for export. The analysis is based on the LiSE agricultural model used at Oeko-Institut and statistical data on current consumption as well as information on the Planetary Health Diet.

The results of the study confirm conclusions of existing studies and substantiate statements for the German agriculture and food sector. The emissions of today's agriculture and nutrition are not compatible with the goal of greenhouse gas neutrality. The same applies to the land used for our food. If we succeed in changing our dietary patterns along the lines of the Planetary Health Diet, GHG emissions will fall drastically and the land that is freed up could either be used to create an additional carbon sink or to feed up to 70 million people in addition to feeding the domestic population.

In detail, it can be stated:

If we meet the area-based environmental targets, domestic agricultural land is not sufficient to provide the current supply for agricultural goods, because the implementation of peatland protection and biodiversity conservation would result in about 1.6 million ha less productive agricultural land. At the same time, more productive land is needed to expand organic farming with lower yields. Production for export and for industrial or energy use would thus be excluded in the future. GHG emissions from agriculture, including agricultural peatland sites, at 95 Mt CO<sub>2</sub> e are not compatible with the goal of greenhouse gas neutrality either. With a share of 85% (81 Mt CO<sub>2</sub> e), the majority of GHG emissions from the agricultural sector is associated with feeding the domestic population. If a dietary change along the lines of the Planetary Health Diet and the implementation of the environmental targets succeed, then emissions from the agricultural sector, including CO<sub>2</sub> emissions from the agricultural use of peatland sites, can be reduced from about 95 Mt CO<sub>2</sub> e today to 23 Mt CO<sub>2</sub> e. A large part of the reduction (31 million t CO<sub>2</sub>) is due to the rewetting of peatland sites. Overall, emissions per hectare will fall from today's approx. 8.3 t CO<sub>2</sub>e to 2.5 t CO<sub>2</sub> e. At the same time, only 60% of our agricultural land is used for feeding the domestic population, and 1.6 million ha of grassland and 4.6 million ha of arable land are available for alternative uses.

If the freed-up land were reforested, the residual emissions from agriculture could be almost completely offset. This additional carbon sink of 20.4 million t CO<sub>2</sub> would leave only 2.7 million t CO<sub>2</sub>e of residual emissions from agriculture. This would make agricultural production almost greenhouse gas neutral. Alternatively, the freed-up land can be used for additional food production for export.

Compared to today, the export quantities of animal and plant foods, but also GHG emissions, thus increase again. Overall, emissions increase by 10 Mt CO<sub>2</sub>e to 33 Mt CO<sub>2</sub>e. If the export volume is used for food, 70 million additional people could be fed in accordance with the model of the Planetary Health Diet.

## 1 Hintergrund und Fragestellung

Bei der Konzeption dieser Studie steht die Frage im Vordergrund, mit welchem Ernährungs- und Agrarproduktionssystem in den kommenden zwei Jahrzehnten eine maximale Treibhausgasreduktion für den Sektor Landwirtschaft in Deutschland erreicht werden könnte. Diese Frage ist von großer praktischer Bedeutung, wenn wir bis Mitte des Jahrhunderts nicht nur Treibhausgasneutralität erreichen wollen, sondern auch die Erderwärmung auf 1,5 Grad begrenzen wollen.

Die landwirtschaftliche Produktion ist auf Grund der biologischen Prozesse mit Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) verbunden, die nach dem nationalen Klimaschutzgesetz von 2021 bis 2030 einem gesetzlichen Grenzwert unterliegen. Bis 2045 müssen die Emissionen in allen Bereichen (Verkehr, Energie, Wohnen, Landwirtschaft etc.) so weit gesenkt werden, dass Deutschland insgesamt Treibhausgasneutral ist. Um bis 2045 in Deutschland die Treibhausgasneutralität zu erreichen, werden unvermeidbare Emissionen durch die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Wäldern und möglicherweise in geringerem Maße durch technische Optionen<sup>1</sup> der CO<sub>2</sub>-Bindung ausgeglichen werden müssen – letztere sind bisher noch in der Entwicklung.

Von allen Wirtschaftssektoren hat die Landwirtschaft die beschränktesten technischen Möglichkeiten, ihren Ausstoß an Treibhausgasen zu mindern. Es zeichnet sich ab, dass sie trotz aller Bestrebungen der Sektor sein wird, der in einer ansonsten treibhausgasneutralen Welt die höchsten Restemissionen<sup>2</sup> produzieren wird. Um die Treibhausgasneutralität zu erreichen, ist daher eine weitgehende Reduktion der Treibhausgase des Landwirtschaftssektors entscheidend. Gleichzeitig darf dabei aber die ausreichende Erzeugung von Lebensmitteln und anderen Gütern nicht in Frage gestellt werden.

Da die Hauptquellen der Treibhausgase in direkter Verbindung mit dem Umfang der Tierhaltung und dem dazugehörigen Futteranbau stehen, wurde in den vergangenen Jahren zunehmend deutlich, dass es ohne einen Wandel in der Ernährung kaum möglich sein wird, die verabredeten und gesetzlich festgelegten Klimaziele zu erreichen.

Die ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln ist das Grundziel der landwirtschaftlichen Produktion und damit entscheidend für die Höhe der Restemissionen des Landwirtschaftssektors in der Zukunft. Allerdings gibt es in Bezug auf die Flächenbelegung und die THG-Emissionen einen großen Unterschied in der Frage, wie wir alle satt werden. Clark et al. (2020) haben dargelegt, dass schon heute bei der Produktion von Lebensmitteln global mehr Treibhausgase ausgestoßen werden, als das Emissionsbudget für die Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze vorsieht. Diese und andere Studien (Poore & Nemecek, 2018; Searchinger et al., 2014) zeigen außerdem, dass die Ernährungsweise die wichtigste Stellschraube ist, um die Treibhausgase aus der Landwirtschaft zu verringern. Ein entsprechendes Konzept hat die EAT Lancet Kommission mit der Planetary Health Diet (PHD) eingeführt. Eine Ernährungsweise, die in gleicher Weise gesund für die Menschen und den Planeten sein soll und dabei dennoch sicherstellt, dass die steigende Zahl an Menschen auf der Erde ernährt werden kann (Willett et al., 2019). Unser Ernährungsmuster entscheidet über die Nachfrage nach Lebensmitteln und beeinflusst damit die landwirtschaftliche Produktion.

---

<sup>1</sup> Zu den technischen Optionen zum Ausgleich von Restemissionen zählt der Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Luft mit anschließender Lagerung (Direct Air Carbon Capture and Storage - DACCS) und das Auffangen und die Lagerung von CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung von Biomasse, die als CO<sub>2</sub> neutral gewertet wird (Bioenergy Carbon Capture and Storage – BECCS)

<sup>2</sup> Aber auch in der Industrie und in der Abfallwirtschaft können die THG-Emissionen nicht komplett auf Null gesenkt werden.

Wie wichtig eine Änderung der Nachfrage nach pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln durch eine Umstellung der Ernährung für die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland ist, zeigen auch die folgenden Punkte:

1. Ein Großteil des technischen Minderungspotenzials in der Landwirtschaft ist mit den Maßnahmen des Klimaschutzprogramms bereits ausgeschöpft. Weitere Minderungen lassen sich nur durch grundlegende strukturelle Veränderungen, wie die Einschränkung bestimmter intensiver bzw. klimaschädlicher Produktionsverfahren generieren. Das wird sich auf die Gesamtproduktivität, also die Menge an erzeugten Produkten, auswirken. Es muss daher gleichzeitig die Nachfrage verändert werden. Fehlende heimische Mengen durch Importe aus dem Ausland auszugleichen wäre kontraproduktiv, da diese Leakage-Risiken, (globale) Versorgungsgengpässe und steigende unerwünschte Importabhängigkeiten mit sich bringen.
2. Die Emissionen aus der Nutzung drainierter Moorböden sind direkt mit der Landwirtschaft verbunden. Sie betragen jährlich knapp 38 Mio. t CO<sub>2</sub> und liegen somit noch einmal in der Größenordnung von knapp zwei Dritteln der Emissionen aus der Landwirtschaft in Höhe von 57 Mio. t CO<sub>2</sub>e (ohne Energie), vergl. (UBA, 2022b). Eine Wiedervernässung dieser Standorte, die den CO<sub>2</sub>-Ausstoß stoppen würde, sorgt dafür, dass die heutige Nutzung dieser Flächen (knapp 1,3 Mio. Hektar) in Form von Intensivgrünland für Rinder bzw. sogar Ackerbau nicht mehr möglich ist. Es werden alternative Produktionsverfahren wie Paludikulturen gebraucht. Oder die Flächen müssen vollständig aus der landwirtschaftlichen Produktion herausgenommen werden. Eine weitere Einschränkung der nutzbaren Fläche könnte zudem entstehen, wenn der Klimawandel ein wachsendes Risiko für die Waldsenke darstellt. Die häufige Folge von Dürre Jahren schädigt eine zunehmende Zahl an Baumarten oder lässt sie absterben. Insektenbefall und Sturmereignisse verschlimmern die Waldschäden in der Folge noch. Das könnte dazu führen, dass die Landwirtschaft einen Teil der nötigen CO<sub>2</sub>-Speicherung auf der eigenen Fläche ausgleichen müsste (Öko-Institut 2021).
3. Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist ein knappes Gut: Der Fachbericht zur Flächenbelegung von Ernährungsgütern vom statistischen Bundesamt zeigt, dass die aktuelle Landwirtschaft Deutschlands, die auf die Erzeugung von tierischen Produkten wie auch Biogas/Biokraftstoffen fokussiert ist, eine verstärkte Flächenbelegung im Ausland bewirkt, was oftmals mit hohen Umweltbelastungen und sozialen Problemen verbunden ist. Deutschland verfügt über etwa 16,5 Mio. Hektar (ha) Acker- und Grünlandfläche (Destatis, 2021), davon wird ein Teil für den Anbau von Energiepflanzen und die Produktion von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln für den Export genutzt. Das statistische Bundesamt berechnete für den inländischen Lebensmittelkonsum einen Flächenbedarf von 19,1 Mio. ha für das Jahr 2017 (Destatis, 2019). Damit übersteigt die Flächennachfrage das Angebot an inländischer Agrarfläche und es wird zusätzliche Fläche im Ausland für die Produktion unserer Lebensmittel benötigt. Über 60% (10,4 Mio. ha) des Flächenbedarfs für den gesamten Inlandsverbrauch werden dabei für tierische Lebensmittel benötigt (BMEL 2022), da der spezifische Flächenbedarf für Kalorien aus tierischen Produkten um den Faktor 3 bis 15 höher liegt als für pflanzliche (Kramer und Baur, 2020). Als weiterer Grund für den hohen Flächenbedarf wird auch die Lebensmittelverschwendung identifiziert (WWF, 2012; Thünen-Institut, 2019).
4. Die hiesige Landwirtschaft hat zusätzlich eine Reihe gravierender (Umwelt)Probleme zu lösen, die möglichst kohärente Maßnahmen erfordern und nicht gegeneinander ausgespielt werden dürfen. Dazu zählt, einen weiteren Biodiversitätsverlust aufzuhalten (z.B. EEA, 2020; Seibold et al., 2019; Bowler et al. 2019), die Landwirtschaft durch die Schaffung resilienter Landnutzungssysteme an den Klimawandel anzupassen, eine artgerechte und am Tierwohl orientierte

Tierhaltung einzuführen (WBA, 2015), Luft und Wasser durch eine Verringerung der Stickstoff- und Phosphatfrachten reinzuhalten (SRU, 2015; UBA, 2020a; Öko-Institut & FIBL, 2020). Zur Lösung dieser Umweltprobleme ist in vielen Regionen eine extensivere Produktion nötig und es wird absehbar mehr Fläche benötigt. Damit sinkt die zur Verfügung stehende produktive Agrarfläche.

5. Daneben steht eine steigende Nachfrage nach biogenen Produkten, zuallererst in Form von Lebensmitteln für eine wachsende Weltbevölkerung, aber auch nach Rohstoffen für die stoffliche oder energetische Nutzung, als Alternative zur fossilen Rohstoffbasis für die biobasierte Ökonomie (Bundesregierung, 2020). Gleichzeitig steigen global die Ertragsverluste durch Extremwetterbedingungen und sie sind größer als bisher angenommen (Jägermeyr et al., 2021). Insbesondere der Rückgang der Biodiversität und gestörte Stoffkreisläufe bei Stickstoff und Phosphor sind nicht nur nationale, sondern auch globale Umweltprobleme, die bereits heute die planetaren Belastungsgrenzen überschritten haben (Steffen et al, 2015; de Vries et al, 2013). Eine Ausweitung von Agrarflächen oder die weitere Intensivierung der Produktion in bereits sehr intensiv bewirtschafteten Regionen wie Deutschland kommen daher nicht als realistische Lösung in Betracht.
6. Während die Effizienz der Produktion in vielen Ländern gestiegen ist, hat die Effizienz in der Verwendung der Lebensmittel gleichzeitig abgenommen, denn Ertragssteigerungen und sinkende Lebensmittelpreise gehen einher mit zunehmenden Lebensmittelverlusten, Überkonsum und Fehlernährung mit einem zu hohen Anteil tierischer Lebensmittel. Benton & Bailey (2019) zeigen diesen Zusammenhang auf und bezeichnen ihn als *Produktivitätsparadoxon der Landwirtschaft*. Wenn weniger Lebensmittel verschwendet und die Ernährungsempfehlungen eingehalten würden, könnten die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt verringert werden. Gleichzeitig würden viele Menschen ihre Gesundheit verbessern (Poore, & Nemecek 2018). Da wegen des fortschreitenden Klimawandels nicht mit signifikanten Ertragssteigerungen zu rechnen ist, bleibt als wichtigste Stellgröße für die Flächeninanspruchnahme die Nachfrage nach Ernährungsgütern.

Es gibt eine ganze Anzahl gravierender Gründe, sich jetzt mit sehr weitreichenden Umstellungen in der Landwirtschaft zu beschäftigen. Am Beispiel einer Ernährungsumstellung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet, die eine starke Reduktion des Konsums von Milch- und Fleischprodukten mit sich bringen würde, wird im Rahmen dieser Studie die Frage beleuchtet: *Welche Folgen hätte eine Änderung der Nachfrage durch eine Ernährungsumstellung auf die landwirtschaftliche Produktion?* Dabei werden folgende Fragen behandelt:

1. Was bedeutet eine grundlegende Veränderung unserer Ernährung für unsere Landwirtschaft in Deutschland, wie beispielsweise eine Abkehr von hohen Fleisch-/Milchproduktanteilen nach dem Vorbild der Planetary Health Diet?
  - a. Welche Auswirkungen hätte eine Umstellung im Sinne der Planetary Health Diet auf die landwirtschaftliche Produktion, den Flächenverbrauch, die Tierhaltung?
  - b. Welche Treibhausgaseinsparungen sind im besten Falle möglich?
2. Welcher Flächenumfang ist für die Bereitstellung von zusätzlichen Umweltleistungen (z.B.: Biodiversitätsförderung durch Hecken, Brachen und Blühstreifen, extensivere Bewirtschaftung zur Verringerung von Stoffeinträgen in die Umwelt, Wiedervernässung der Moore) nötig und wie entwickelt sich die produktive Agrarfläche?

3. Wie soll die Agrarfläche in Deutschland zukünftig genutzt werden? Welchen Beitrag zur Welternährung können (und müssen) wir leisten? Welchen Beitrag zur Treibhausgasneutralität durch den Aufbau einer zusätzlichen Kohlenstoffsенke könnte die Landwirtschaft leisten?
4. Welche Veränderungen ergeben sich durch die veränderte Ernährungsweise für Importe und Exporte von Agrarprodukten?

## 2 Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele realisieren

Seit vielen Jahren ist bekannt, dass die Landwirtschaft erhebliche negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt und die natürlichen Ressourcen hat. Daher gibt es immer wieder Forderungen die Landwirtschaft stärker daran auszurichten und die Produktionsweise anzupassen (vgl. ZKL 2021, EU 2020a, SRU 2015). Die Einhaltung von Umweltzielen führt aber zu Nutzungseinschränkungen und reduziert in den meisten Fällen die Produktion. Gleichzeitig sind Klima-, Ressourcen- und Artenschutz unerlässlich, um die Produktionsgrundlage der Landwirtschaft dauerhaft zu sichern. Vor dem Hintergrund, dass die einzelnen Krisen voranschreiten und sich mitunter gegenseitig verstärken, wurden verschiedene Umweltziele in den vergangenen Jahren auf nationaler und internationaler Ebene neu festgelegt. Sie beziehen auch die Landwirtschaft mit ein.

Allerdings sind diese Ziele unterschiedlich stark bindend. Einige sind Teil internationaler Verträge, aber nur ein Teil davon ist gesetzlich verankert und bei Zielverfehlungen drohen finanzielle Sanktionen (Klimaschutz, Nitrat-RL, NEC-RL). Andere Ziele sind Bestandteil von Strategieprozessen und ohne gesetzlich bindenden Charakter (UN-Nachhaltigkeitsziele über die Nachhaltigkeitsstrategie, Biodiversitätsziele).

Die 2015 entwickelten 17 UN-Nachhaltigkeitsziele (SDG) bilden dabei den globalen Konsens. Deutschland hat seine Ziele entsprechend in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung präzisiert. Für diese Studie relevante Zielvorgaben sind dabei die Bekämpfung von Hunger (SDG 2), Sauberes Wasser (SDG 6), Nachhaltige Städte und Gemeinden (SDG 11), Maßnahmen zum Klimaschutz (SDG 13), sowie Schutz des Lebens an Land (SDG 15). Neben den nationalen Bestrebungen wurde ebenfalls die Unterstützung in den sogenannten Ländern des globalen Südens bei der Erreichung der Ziele in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie festgeschrieben. Eine Übersicht über politische Zielstellungen liefert die Tabelle 2-1.

**Tabelle 2-1: Übersicht der politischen Zielstellungen**

Strategie, Gesetz	Klimaziele	Flächenziele	Stickstoffziele	Ernährungsziele
<b>Internationaler Rahmen</b>				
SDGs	SDG 13	SDG 2, 11, 15	SDG 2, 6	SDG 2
Pariser Klimaabkommen	Begrenzung der globalen Erderwärmung deutlich unter 2°, THG-Neutralität im 21. Jhd	Nat. Kohlenstoff-senken binden und stärken		Ernährungssicherheit und Beendigung von Hunger Priorität zugewiesen
<b>EU-weiter Rahmen</b>				
Green Deal / Farm to Fork	Treibhausgas-Neutralität der EU bis 2050	25% Ökolandbau in EU bis 2030	50 % weniger Nährstoffverluste	EU-Lebensmittel-system krisenfest; Lebensmittel-verschwendung -50%
NEC-RL, Nitrat-RL und Wasserrahmen-RL	Reduktion Ammoniak um 29% bis 2030 im Vgl. zu 2005		max. 50 mg/l Nitrat im Grundwasser bis 2030 Reduktion Stickstoff-oxide um 63% bis 2030 im Vgl. zu 2005	
Biodiversitäts-strategie 2030 der EU	Ausgabenziel von 30% klimarelevanter Mittel: Synergien mit dem Biodiversitäts-förderung (v.a. eingelöst über grüne Architektur in der GAP)	EU weites Netz an Schutzgebieten (30% der EU Fläche) und streng geschützte Gebiete (10% der EU Fläche)  10% Agrarland mit hohen Biodiv-Standards;  25% Ökolandbau  Reduzierung Pesti-ziden um min. 50%	20% Reduzierung von Düngemitteln und Halbierung von Nährstoffverlusten aus der Düngung	
<b>Nationaler Rahmen</b>				
Klimaschutzgesetz 2021	THG-neutral in D bis 2045	Aus Maßnahmen-programm	Aus Maßnahmen-programm	Aus Maßnahmen-programm
Maßnahmen-programm zum Klimaschutzplan	Landwirtschaft: Verringerung der Emissionen bis 2030 auf 56 Mio t CO <sub>2</sub> e  LULUCF mindestens minus 25 Mio t CO <sub>2</sub> e bis 2030, minus 40 Mio. t bis 2045	Erhalt Dauergrünland	Senkung der N-Überschüsse inkl. NH <sub>3</sub> und N <sub>2</sub> O, Verbesserung der Stickstoffeffizienz	Nachhaltige Ernährungsweisen einschließlich Vermeidung von Lebensmittelabfällen + Programm zur Stärkung der Nachhaltigkeit in der Gemeinschafts-verpflegung der Bundesverwaltung

Strategie, Gesetz	Klimaziele	Flächenziele	Stickstoffziele	Ernährungsziele
<b>Nationaler Rahmen</b>				
<b>Moorschutzstrategie 2030</b>	Moore als natürliche Senken erhalten und ausbauen  bis 2030 Emissionen aus landw. Nutzung von Mooren: Minus 5 Mio t CO <sub>2</sub> e	Erhalt und Wiedervernässung ungenutzter Moorflächen  Erhalt naturnahe Moore  Erweiterung Moorschutzgebiete		
<b>Weitere relevante Ziele</b>				
<b>Koalitionsvertrag 2021</b>	Ziele von Paris erreichen  CO <sub>2</sub> -Mindestpreis und einem gemeinsamen CO <sub>2</sub> -Grenzausgleich  Orientierung Tierbestände an der Fläche im Einklang mit den Zielen des Klima-, Gewässer- und Emissionsschutzes (Ammoniak/Methan)	30% Ökolandbau bis zum Jahr 2030  2% Landesflächen für Windenergie  Flächenverbrauch auf 30ha bis 2030 begrenzen		Reduktionsziele Zucker, Fett, Salz entwickeln  DGE Standards aktualisieren  Lebensmittelverschwendung verbindlich branchenspezifisch reduzieren
<b>Zukunftskommission Landwirtschaft (ZKL)</b>	Beitrag der Landwirtschaft zum Erreichen des 1,5 Grad Ziels  Bepreisungssysteme für THG	Wiedervernässung von Flächen mit hohem Renaturierungs- und Klimaschutzpotenzial in Verbindung mit Paludikulturen (keine Spezifizierung)  20% Ökolandbau	Stickstoffüberschuss entsprechend der Nachhaltigkeitsstrategie senken (Stoffstrombilanz; Optimierung und Anreize für Stickstoffeffizienz, auch durch Zulassung von Zusatzstoffen)	Reduktion Konsum tierischer Produkte und Verringerung des Tierbestands, Konzentration auf grünlandbasierte Rinderhaltung  Stärkung Biolebensmittelerzeugung + Absatz  Verringerung von Lebensmittelverschwendung

LULUCF: Land Use Land Use Change and Forestry Sektor. Hier werden die THG-Emissionen die aus der Bewirtschaftung der Böden (Ackerland, Grünland, Siedlungen, Feuchtgebiete) stammen und die Kohlenstoffbindung der Wälder und der Böden berichtet. Die Ziele beziehen sich auf den Saldo, der sich aus den THG-Emissionen und der Kohlenstoffbindung errechnet.  
 Quelle: Öko-Institut, Bundesregierung (2019a), EU (2019a), EU (2019b), Statistisches Bundesamt (2022), UBA (2020c), UN (2015), BMU (2020), Bundesregierung (2021a), BMEL (2021),

Die konsequente Umsetzung dieser Ziele hätte Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion und die Flächennutzung. Bei vollständiger Umsetzung der hier dargestellten Ziele steht für die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland eine geringere nutzbare Fläche zur Verfügung als heute. Außerdem fällt wegen der geringeren Erträge im Ökolandbau die Produktion geringer aus. Die

Ökolandwirtschaft steht hier als Produktionssystem für klimaresilientere und kreislauforientiertere Landwirtschaft.

### 3 Planetary Health Diet als Vorbild

Wie eine nachhaltige und gesunde Ernährung für eine wachsende Weltbevölkerung bis 2050 aussehen könnte, zeigt der 2019 veröffentlichte Bericht der EAT Lancet Kommission<sup>3</sup>. Die Planetary Health Diet (PHD) (Willett et al., 2019) soll als wissenschaftliche Grundlage für einen weltweiten Wandel der Nahrungssysteme dienen, so wie die Arbeiten des IPCC, die die wissenschaftliche Begründung für die Beschlüsse der Klimapolitik liefern. Damit ist der Bericht in seinem Anspruch und in seiner Dimension einzigartig.

Dabei wird darauf verwiesen, dass die Produktion von Lebensmitteln auf stabile Ökosystemfunktionen bzw. stabile biophysikalische Prozesse angewiesen ist. Gleichzeitig verursacht die Produktion von Lebensmitteln die global größten Umweltveränderungen in Bezug auf Landnutzung, Treibhausgase und Wasserbedarf. Für die Sicherung der „planetare Gesundheit“ darf der sichere Handlungsraum („Safe operating space“) nicht verlassen werden, da die Systeme nicht linear reagieren und untereinander vernetzt sind. Was gut für den Planeten ist, ist auch gut für die Menschheit. Hierfür wird auf das Konzept der Einhaltung der planetaren Belastungsgrenzen zurückgegriffen (Steffen et al. 2015), das Grenzbereiche für die sechs Überkategorien Wasser, Land, biologische Vielfalt, Klima, Stickstoff und Phosphor ableitet.

Die planetaren Belastungsgrenzen sind für jeden Umweltaspekt mit einer Bandbreite (z.B. für Emissionen) angegeben. Die EAT Lancet Kommission hat diese dann in eine Ernährungsempfehlung übersetzt, abhängig davon welchen Beitrag die Ernährung an der Umweltbelastung hat und abhängig davon, ob verbesserte Produktionsverfahren zur Anwendung kommen (z.B. verringerte Lebensmittelabfälle, Nährstoffumverteilung). Mit Blick auf die Agrarfläche empfiehlt die Studie global eine Grenze der zu nutzenden Fläche für Ackerbau auf 13 Millionen km<sup>2</sup> (11-15 Millionen km<sup>2</sup>), was für 8 Milliarden Menschen einer Fläche von 1625 m<sup>2</sup> pro Person entspricht. Aktuell werden ca. 13,9 Millionen km<sup>2</sup> Agrarfläche für den Anbau von Ackerfrüchten genutzt (FAO 2022).

Mit Blick auf die global knappen Landressourcen und Umweltprobleme legt die EAT Lancet Studie nahe, die Ernährung im Sinne der Planetary Health Diet auszurichten. Für Deutschland bedeutet dies den Verzehr von tierischen Produkten um 75 % gegenüber heute zu reduzieren, während die Menge an Obst, Gemüse, Nüssen und Hülsenfrüchte sich zum Teil mehr als verdoppeln müsste. Die Lebensmittelverschwendung müsse halbiert werden (Willett et al., 2019). Basisannahme sind ein Verzehr von 2500 kcal pro Kopf. Der Wert liegt damit über dem, was die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) für einen durchschnittlichen Mann mittleren Alters empfiehlt: 2300 kcal (DGE, 2015). Deutliche Unterschiede zwischen den Empfehlungen der DGE und der EAT Lancet Studie liegen in der Ausgestaltung des empfohlenen Speiseplans. Die DGE (DGE, 2019) empfiehlt eine höhere Menge an Milchprodukten und stärkehaltigen Gemüsen in Form von Kartoffeln, während Hülsenfrüchte und Nüsse auf dem exemplarischen Idealmenü für eine vollwertige Kost nicht separat auftauchen (DGE Ernährungskreis, 2017). In der Stellungnahme der DGE zur Planetary Health Diet wird die fehlende Anpassung an die jeweiligen nationalen Gegebenheiten bemängelt, die Grundlage für die Empfehlung der DGE sind (Breidenassel C, 2022). Dabei gibt die EAT Lancet Studie einen

<sup>3</sup> EAT ist eine gemeinnützige Organisation, gegründet von der Stordalen Stiftung, Stockholm Resilience Centre und dem Wellcome Trust. Der Kommission gehören Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus unterschiedlichen Disziplinen an, u.a. Klimafor- schung und Ernährungswissenschaften.

Korridor für jede Lebensmittelgruppe vor, innerhalb dessen eine Planetary Health Diet möglich ist. Beispielsweise hat die Menge an Proteinen durch Hülsenfrüchte oder durch Fleischprodukte in der Bemessungsgrundlage der 2500 kcal jeweils einen gewissen Spielraum, abhängig von der Körpergröße und dem Grad der körperlichen Aktivität. Für tierische Produkte bildet die vegane Ernährung das untere Ende der Spannweite. Die folgende Tabelle (Tabelle 3-1) stellt die Ernährungsempfehlungen der DGE und der EAT Lancet Kommission unserer heutigen Ernährung gegenüber.

**Tabelle 3-1: Vergleich der aktuellen Ernährungsweise mit Empfehlungen**

Lebensmittelgruppe	Heute	PHD	DGE Empfehlung
	g/Person/Tag	g/Person/Tag	g/Person/Tag
<b>Kohlenhydrate</b>			
Vollkorngetreide	162	232	375 (200-550)
Stärkehaltiges Gemüse	103	50 (0-100)	125 (0-250)
Gemüse (bei DGE inkl. Hülsenfrüchten)	162	300 (200-600)	400
Obst	150	200 (100-300)	>250
<b>Proteinquellen</b>			
Rind, Schaf	27	7 (0-14)	
Schwein	93	7 (0-14)	43-86
Geflügel	36	29 (0-58)	
Eier	28	13 (0-25)	<26
Fisch	18	28 (0-100)	38,6
Hülsenfrüchte	4	75 (0-100)	
Nüsse	14	50 (0-75)	0
Milchprodukte inkl. Butter	896	250 (0-500)	596-728 + Butter
<b>Fette</b>			
Ungesättigte Fette	39	40 (20-80)	12,5 (10-15)
Gesättigte Fette (Palmöl, Schmalz, Talg)	11	11,8 (0-11,8)	22,5 (15-30)
<b>Zucker</b>			
Alle Süßungsmittel	76	31 (0-31)	<50

Anmerkung: Berechnung des aktuellen Verzehrs auf Basis aktueller BLE Zahlen, Abweichungen zu Zahlen aus Nationaler Verzehrsstudie 2017 möglich; 1 Portion Nüsse bei DGE als Ersatz für 1 Portion Obst möglich; Quellen: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis BMEL 2021c, DGE 2019; Willet et al. 2019; Renner et al. 2021, Grethe et al. 2021, TI 2019, 2021

Die Bewertungskriterien für gute Ernährung in Industriestaaten waren bislang nur darauf ausgerichtet, die individuelle Gesundheit zu verbessern. Zudem haben nationale Ernährungsempfehlungen in der EU auch immer Traditionen zu berücksichtigen, die naturräumliche Besonderheiten und das Klima der Länder widerspiegeln, weshalb beispielsweise die Empfehlungen für Milch in den europäischen Ländern unterschiedlich hoch ausfallen. Doch hier gibt es bereits heute Veränderungen. So finden sich in den Empfehlungen zunehmend auch Hinweise zum möglichen Einsatz pflanzlicher Milchersatzprodukte<sup>4</sup>. Diesen Ansatz verfolgt die Planetary Health Diet zunächst nicht. Das führte auch zu Kritik (DGE, 2022), da der Ansatz, alle Menschen auf eine vergleichbare Weise zu ernähren, das regionale Erzeugungspotenzial wie auch historische Ernährungsgewohnheiten unberücksichtigt lässt. Hier könnten regional stärker differenzierte Analysen zukünftig weitere Antworten liefern.

Die DGE überarbeitet aktuell ihre Ernährungsempfehlungen (DGE, 2021). Ökologische und soziale Einflussfaktoren sollen künftig stärker berücksichtigt werden. Dort wird eine mögliche Reduzierung von Produkten angekündigt, als Kompromiss zwischen der gesundheitlichen Empfehlung für diese Produkte und deren Klimabilanz bspw. bei Milchprodukten oder Fisch.

## 4 Vorgehen in dieser Arbeit

Hauptziel dieser Analyse ist es, darzustellen, wie sich eine Ernährungsänderung der deutschen Bevölkerung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet auf den Landwirtschaftssektor auswirkt. Dabei wurde die Einhaltung bestehender politisch festgelegter Umwelt- und Klimaziele zugrunde gelegt.

Die Analyse der Auswirkungen einer Ernährungsumstellung inklusive einer Umsetzung der verschiedenen Ziele erfolgt anhand von vier Schritten. Die folgende Abbildung 4-1 stellt die einzelnen Schritte und die Fragestellungen dar, die in den Schritten beantwortet werden. Zudem werden die Bezeichnungen der Schritte eingeführt (Rechtecke am Rand der einzelnen Schritte), die in den folgenden Kapiteln verwendet werden.

---

<sup>4</sup> Beispielsweise in Großbritannien und Finnland, vergl. Food-Based Dietary Guidelines in Europe - table 7 (Summary of FBDG recommendations for milk and dairy products in the EU and other countries), [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge-gateway/food-based-dietary-guidelines-europe-table-7\\_en#FI](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge-gateway/food-based-dietary-guidelines-europe-table-7_en#FI)

**Abbildung 4-1: Übersicht über die verschiedenen Schritte der Studie**



Quelle: Eigene Darstellung

Für die Beantwortung der Fragestellung ist grundsätzlich eine Abgrenzung der Produktion für die Ernährung der inländischen Bevölkerung gegenüber der gesamten landwirtschaftlichen Produktion notwendig. Mit Blick auf die Zusammensetzung der Planetary Health Diet kommt jedoch eine weitere Anforderung hinzu: Die Produktionsschwerpunkte der deutschen Landwirtschaft liegen heute im Anbau von Getreide, sowie in der Tierhaltung für Milch und Fleisch. Hier sind die Selbstversorgungsgrade hoch und es wird auch für den Export produziert. Dagegen hat Deutschland eine sehr geringe Eigenversorgung mit Gemüse, Obst, Hülsenfrüchten und Nüssen. Eine Veränderung der Ernährung in Richtung der Planetary Health Diet hätte somit zur Folge, dass der Flächenbedarf für Ernährungsgüter im Ausland deutlich ansteigen würde, während die derzeitigen Produktionskapazitäten nicht mehr mit der inländischen Nachfrage korrespondieren würden. Aus diesem Grund wird in dieser Studie eine Erhöhung der Selbstversorgungsgrade<sup>5</sup> für pflanzliche Produkte unterstellt – und zwar in der Weise, dass die Produkte, deren Anbau in Deutschland möglich ist, auch hier erzeugt werden. Dies dient in allererster Linie dem Zweck, die notwendigen Flächen und Umweltlasten erfassen zu können, denn für die Analysen in dieser Studie steht kein globales Agrarmodell zur Verfügung.

Es wird aber auch davon ausgegangen, dass Verbraucherinnen und Verbraucher grundsätzlich daran interessiert sind, dass ein Großteil der Lebensmittel aus Deutschland oder EU-Staaten stammt. Zusätzlich darf angenommen werden, dass eine derart gravierende Änderung der Ernährung nicht isoliert in Deutschland, sondern in vielen weiteren Ländern einsetzen würde. Damit steigt das Erfordernis, insgesamt die Produktion pflanzlicher Lebensmittel zu steigern. Zusammengefasst

<sup>5</sup> Der Selbstversorgungsgrad zeigt an, zu welchem Umfang die heimische Produktion den inländischen Bedarf decken kann. Produkte mit einem Selbstversorgungsgrad von über 100% stehen für den Export zur Verfügung, während Produkte mit Selbstversorgungsgraden unter 100% teilweise importiert werden müssen.

führen diese Punkte zu den getroffenen Annahmen bezüglich der Selbstversorgungsgrade. Trotzdem stellen diese insgesamt nur grobe Annahmen dar.

Weiterhin werden die in Kapitel 2 genannten Umweltziele berücksichtigt, sowie die Selbstversorgungsgrade aus den oben genannten Gründen erhöht. Dafür sind folgende Festlegungen für die quantitative Analyse zugrunde gelegt worden:

1. Moorwiedervernässung von 80%<sup>6</sup> der Fläche. Die wiedervernässte Fläche verlässt die produktive landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Möglichkeit von Paludikulturen wurde hier nicht betrachtet, da diese keinen Beitrag zur Ernährung leisten.
2. Biodiversitätsflächen auf insgesamt 10% des Ackerlands und 10% des Grünlands nach den Zielen der Biodiversitätsstrategie. Für Gebiete mit Moorböden wurde auf Landkreisebene die wiedervernässte Fläche vollständig zur Erfüllung der Biodiversitätsförderung angerechnet und Flächenüberlagerungen damit berücksichtigt.
3. Ausweitung des Ökolandbauanteils von heute 10% auf 30% nach den Zielen des Koalitionsvertrags. Das bedeutet, dass auf 30% der für die Ernährung der inländischen Bevölkerung genutzten Fläche niedrigere Erträge angesetzt wurden als heute. Es wird eine Verdreifachung der im Ökolandbau gehaltenen Tierbestände ggü. heute angenommen.
4. Erhöhung der Selbstversorgungsgrade für inländisch anbaubare Kulturarten: auf 100% für Raps, Körnermais, Futterleguminosen bzw. Hülsenfrüchten, für Gemüse auf 67% und für Sojabohnen auf 100%. Der Selbstversorgungsgrad von Nüssen wird nicht erhöht und liegt weiterhin bei 0%.

Diese Annahmen führen insgesamt zu einer Flächenverknappung und einem etwas veränderten Produktionsspektrum. Einen Schwerpunkt der Analyse bildet daher die Verfügbarkeit von inländischen Agrarflächen und die Entwicklung der Flächenbelegung durch verschiedene Nutzungen. Darüber hinaus werden neue Spielräume für die Flächennutzung aufgezeigt, wenn durch eine Ernährungsumstellung weniger Fläche benötigt wird. Führt die Nachfrageänderung aus dem Inland, durch eine drastische Reduktion des Konsums tierischer Produkte, zu einem Tierbestandsabbau, werden Futterflächen frei, die alternativen Nutzungen zur Verfügung stehen. Hierfür werden die zwei Extremfälle betrachtet: Im ersten steht die gesamte Fläche der Produktion von Lebensmitteln für den Export für die Ernährung einer steigenden Weltbevölkerung zur Verfügung, im zweiten wird die gesamte Fläche für die Aufforstung zur Schaffung von Kohlenstoffsinken für die Treibhausgasneutralität genutzt.

Für beide Varianten werden die Treibhausgasemissionen berechnet und sie ergeben jeweils in Summe mit den Emissionen aus der Erzeugung für die inländische Ernährung die Gesamtemissionen für die Landwirtschaft (inklusive THG aus bewirtschafteten Moorstandorten (LULUCF Sektor)). Die Höhe der THG-Emissionen gibt einen Anhaltspunkt darüber, inwiefern die hier betrachteten Veränderungen der Landwirtschaft in Deutschland mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität des Klimaschutzgesetzes vereinbart werden können. Allerdings sind dabei nicht sämtliche technische Minderungsmöglichkeiten angenommen worden, da das Kernziel dieser Analyse auf den Auswirkungen einer Ernährungsänderung auf den Landwirtschaftssektor liegt. So kommt insbesondere keine Ausweitung der Wirtschaftsdüngervergärung ggü. dem heutigen Niveau zur Wirkung, sondern es werden die aktuellen Vergärungsraten beibehalten. Im Bereich des Pflanzenbaus werden diejenigen

<sup>6</sup> Diese Annahme wurde aus den Abschätzungen von Grethe et al. (2020) und Szenariostudien des Greifswald Moorzentrums (Tanneberger et al. 2021) übernommen.

technischen Verbesserungen angenommen, die zur Erfüllung der bereits bestehenden gesetzlichen Vorgaben (wie z.B. die Düngeverordnung) notwendig sind (siehe auch Hintergrund und Fragestellung sowie im Anhang II).

Neben den THG-Emissionen werden zusätzlich Produktionsänderungen (Tierbestände, Tierfutter, pflanzliche Lebensmittel), die Flächenbelegung differenziert nach Ackerland und Grünland sowie die Importflächen betrachtet.

Für die Berechnungen wurde das Landwirtschaftsmodell LiSE des Öko-Instituts eingesetzt. LiSE steht für Lifestock and Soil Emissions. Es handelt sich dabei um ein Bottom-Up Agrarmodell, das die Tierhaltung und die Nutzung landwirtschaftlicher Böden in Deutschland in Bezug auf die Produktion (Erträge und Leistungsparameter, Wirtschaftsweisen, Technologien) und ausgewählte Umweltparameter (Treibhausgase, Flächennutzung, Stickstoffumsätze) abbildet. Eine nähere Modellbeschreibung befindet sich im Anhang I. Die Berechnung der THG-Emissionen basiert auf dem aktuellen THG-Inventar (UBA 2022)<sup>7</sup>. Berücksichtigt werden die Emissionen aus dem Landwirtschaftssektor (CRF-Kategorie 3) und auf Grund ihrer Relevanz auch die CO<sub>2</sub> Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorstandorten (LULUCF-Sektor). Die energiebedingten Emissionen des Landwirtschaftssektors und Emissionen aus der Vorkette werden dagegen nicht berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Berechnungsschritte dieser Studie noch einmal näher beschrieben. Für alle Schritte kann festgehalten werden, dass die inländische Bevölkerung in allen Schritten konstant auf heutigem Niveau gehalten wurde, um keine Überlagerungseffekte mit dadurch bedingten Nachfrageänderung zu erzeugen.

**Tabelle 4-1: Beschreibung des Vorgehens in den einzelnen Berechnungsschritten**

<b>Landwirtschaft gesamt</b>	
Fragestellung	<b>Wie sieht die Flächennutzung der heutigen Landwirtschaft aus, welche THG-Emissionen sind mit der heutigen Produktion verbunden?</b>
Beschreibung	Darstellung der heutigen landwirtschaftlichen Produktion, Flächennutzung und THG-Emissionen, differenziert nach pflanzlichen Lebensmitteln, tierischen Lebensmitteln, Energiepflanzen und Export.
Vorgehen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abgrenzung der berücksichtigten Fläche in der Studie. Die heute für die Pferdehaltung genutzte Grünlandfläche wird im Rahmen der Studie nicht als produktive landwirtschaftliche Nutzfläche berücksichtigt.</li> <li>2. Berechnung der Flächenbelegung für die einzelnen Nutzungen auf Basis von Futterplänen, Bioenergie-Daten und Erzeugung pflanzlicher Lebensmittel.</li> <li>3. Berechnung der THG-Emissionen für die einzelnen Nutzungen.</li> </ol>
Dateninput	BLE: Pro-Kopf-Verbrauch, Versorgungsbilanz Fleisch und Milch, Destatis Bodennutzung der Betriebe, Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung FNR Basisdaten Bioenergie Deutschland Thünen-Institut: Report zu Methoden und Daten der Treibhausgasberichtserstattung 1990-2020
Datenoutput	Flächenbelegung für Energiepflanzen, Export, pflanzliche Ernährung, tierische Lebensmittel, THG-Emissionen differenziert Tierhaltung, Pflanzenbau, Energiepflanzen

<sup>7</sup> Damit ist der Methodenwechsel der neuen Inventar-Submission 2022 für die Berechnung der Lachgasemissionen berücksichtigt.

### Schritt 1: Ernährung heute

Fragestellung	<b>Welchen Anteil an der landwirtschaftlichen Produktion hat die Ernährung der inländischen Bevölkerung?</b>
Beschreibung	Ermittlung des Anteils der landwirtschaftlichen Produktion für die Ernährung der inländischen Bevölkerung. Abgrenzung der landwirtschaftlichen Aktivitäten die nicht im Zusammenhang mit der Ernährung der inländischen Bevölkerung stehen (Produktion für den Export, Energiepflanzenanbau).
Vorgehen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ermittlung des Pro-Kopf-Verzehrs auf Basis der Statistischen Daten</li> <li>2. Berechnung der gesamten Produktionsmengen für die Versorgung der inländischen Bevölkerung, Differenzierung der Produktion in inländische und ausländische auf Basis der Selbstversorgungsgrade</li> <li>3. Berechnung der Flächennutzung und THG-Emissionen auf Basis des LiSE-Modells</li> </ol>
Dateninput	BLE: Pro-Kopf-Verbrauch einzelner Lebensmittel, Versorgungsbilanz Fleisch und Milch, Destatis: Bodennutzung der Betriebe, Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung, Umweltökonomische Gesamtrechnung zur Flächenbelegung von Ernährungsgütern im In- und Ausland Thünen-Institut: Report zu Methoden und Daten der Treibhausgasberichtserstattung 1990-2020, Studien des Thünen-Instituts zur Lebensmittelabfällen entlang der Prozesskette
Datenoutput	Tierbestände, Produktionsmengen für pflanzliche Lebensmittel, Flächenbelegung im Inland- und Ausland, THG-Emissionen differenziert nach Tierhaltung, Pflanzenbau, Energiepflanzen

### Schritt 2: Umweltziele und Selbstversorgung

Fragestellung	<b>Welche zusätzliche Fläche wird für die Umsetzung der Umwelt- und Versorgungsziele der Landwirtschaft benötigt?</b>
Beschreibung	Identifikation von Umwelt- und Versorgungszielen aus den oben genannten Strategien und Gesetzen die zusätzliche Agrarfläche benötigen. Ermittlung des inländischen Flächenbedarfs und der Treibhausgaseinsparungen für deren Umsetzung
Vorgehen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integration der Flächenforderungen für die Moorvernässung (80%) und Biodiversitätsförderung (je 10% Acker- und Grünland) in das Modell LiSE, sowie die Ausweitung des Ökolandbaus (30% der Fläche) und die Erhöhung von Selbstversorgungsgraden für verschiedene Ackerkulturen, Gemüse und Hülsenfrüchte. Einschränkung: Das in Dauerkulturen angebaute Obst wird im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt.</li> <li>2. Es erfolgt keine explizite Betrachtung der Umsetzung der Stickstoffziele. Aber durch die Ökolandwirtschaft, die Verringerung der Produktionsfläche und die Leguminosen verringert sich bereits der Stickstoffeinsatz. Die Entwicklung der Stickstoffeinsätze sind Teil des LiSE Modells, werden sie in der Ergebnisdarstellung aber nur als Rückgang der Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O) ausgewiesen.</li> </ol>
Dateninput	Regionalstatistik zu Flächennutzung (Grünland, Ackerland), Moorflächen auf Landkreisebene (Greifswald Moorzentrum) Ertragsdaten und Leistungsdaten Ökolandbau (AMI, Thünen-Institut, Daten zur Milchleistungskontrolle aus Bayern und Niedersachsen)
Datenoutput	Rückgang der produktiven Fläche durch Moorwiedervernässung und Biodiversitätsflächen, Zunahme der Nachfrage nach produktiver Fläche durch geringe Erträge des Ökolandbaus und die Erhöhung der Selbstversorgungsgrade, Entwicklung der THG-Emissionen.

### Schritt 3: Umsetzung der Planetary Health Diet

Fragestellung	<b>Welche Auswirkungen hat eine Ernährungsänderung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet auf die Flächenbelegung und die THG-Emissionen?</b>
Beschreibung	Ermittlung des landwirtschaftlichen Produktionsumfangs bei Ernährung der inländischen Bevölkerung nach der Planetary Health Diet. Berechnung der Auswirkungen auf Flächenbelegung und THG-Emissionen. Einschränkung: Die Reduktion von Lebensmittelabfällen um 50% wurde nicht berücksichtigt.

Vorgehen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ermittlung des Pro-Kopf-Verzehrs nach dem Vorbild der Planetary Health Diet</li> <li>2. Berechnung der gesamten Produktionsmengen für die Versorgung der inländischen Bevölkerung, Differenzierung der Produktion in inländische und ausländische auf Basis der Selbstversorgungsgrade</li> <li>3. Umstellung der Wiederkäuerfutterpläne auf grünlandbasierte Fütterung.</li> <li>4. Berechnung der Flächennutzung und THG-Emissionen auf Basis des LISE-Modells.</li> </ol>
Daten-input	Ernährungsempfehlung der Planetary Health Diet
Daten-output	Tierbestände, Produktionsmengen für pflanzliche Lebensmittel, Flächenbelegung im Inland- und Ausland, THG-Emissionen differenziert nach Tierhaltung, Pflanzenbau,
<b>Schritt 4: Optionen für die Nutzung der freigewordenen Fläche</b>	
Fragestellung	<p><b>Wie können die frei gewordenen Flächen genutzt werden?</b></p> <p><b>a) Welche Kohlenstoffsenke können wir durch eine Wiederaufforstung schaffen?</b></p> <p><b>b) Wie viele Menschen könnten wir zusätzlich ernähren, wie entwickeln sich THG-Emissionen?</b></p>
Beschreibung	<p>Belegung der frei gewordenen Flächen durch neue Nutzungen. Betrachtung von zwei Varianten:</p> <p>a) Schaffung einer neuen Kohlenstoffsenke durch Aufforstung, Ermittlung der Senkenleistung die bei Startjahr 2023 bis 2045 geschaffen werden kann</p> <p>b) Belegung der frei gewordenen Flächen durch Produktion für den Export für die Ernährung zusätzlicher Menschen</p>
Vorgehen	<p>Variante a):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ermittlung des jährlichen Flächenzuwachses für die Aufforstung (freie Fläche / 23 Jahre)</li> <li>2. Berechnung des jährlichen Senkenzuwachses und Umrechnung in CO<sub>2</sub></li> </ol> <p>Variante b):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Belegung der freien produktiven Flächen mit zusätzlichen Lebensmitteln durch Steigerung der Nachfrage</li> <li>2. Berechnung der Auswirkungen auf den Landwirtschaftssektor mit dem LISE Modell.</li> </ol>
Daten-input	Emissionsfaktoren Aufforstung Thünen-Institut, Daten und Ergebnisse aus Rechenschritten 1 bis 3
Daten-output	Tierbestände, Produktionsmengen für pflanzliche Lebensmittel, Flächenbelegung im Inland, THG-Emissionen, CO <sub>2</sub> Emissionen durch Kohlenstoffsenke

Quelle: Eigene Darstellung

Weitere Information zum Vorgehen, den getroffenen Annahmen, den Datenquellen und den Unsicherheiten sind im Anhang enthalten (siehe Anhang II).

## 5 Auswirkungen der Planetary Health Diet auf Flächenbedarf und Emissionen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Annahmen (Umweltziele und geänderte Ernährungsweise) sowie das Vorgehen dargelegt. Dabei wurden bestehende Umweltziele vorgestellt, die im Zusammenhang mit der Landwirtschaft stehen und die die Art der landwirtschaftlichen Produktion, den Flächenbedarf und letztlich den Produktionsumfang beeinflussen. Für die Nachfrageseite wurde eine mögliche Ernährungswende nach dem Vorbild der Planetary Health Diet aufgezeigt.

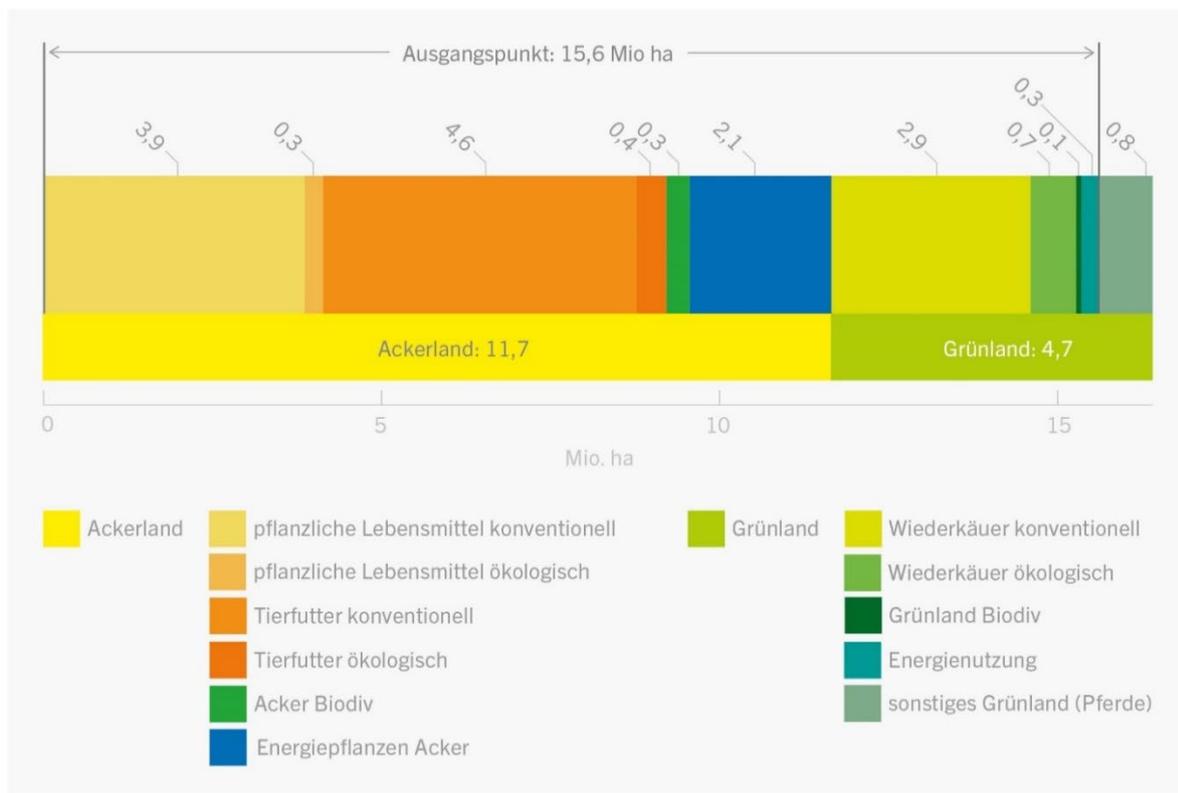
In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der Umsetzung der Umweltziele und der Änderung unseres heutigen Ernährungsmusters nach dem Vorbild der Planetary Health Diet in Bezug auf Tierbestände, Flächenbelegung und THG-Emissionen analysiert. Dies umfasst die ersten drei Arbeitsschritte, die im vorherigen Kapitel vorgestellt wurden.

### 5.1 Knappe Fläche ohne Ernährungsänderung

Heute prägt die Tierhaltung die Flächenbewirtschaftung in Deutschland: Nur ein Viertel der gesamten Nutzfläche wird für die Bereitstellung von pflanzlichen Lebensmitteln genutzt. Etwas mehr als die Hälfte der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche wird für die Bereitstellung von Futtermitteln für die Tiere verwendet. Auf knapp 15% der Fläche werden nachwachsende Rohstoffe (Energie- und Industriepflanzen) angebaut. Weniger als 5% der Fläche dient dem Erhalt der Biodiversität. Das sind ca. 2,6% des Ackerlandes als Brache oder Landschaftselement. Und im Grünland werden ca. 1,6% der Fläche mit hohem Naturwert (High Nature Value Farmland = HNV, Kategorie 1) ausgewiesen (BFN 2021). Knapp 10% der Fläche werden heute nach den Vorgaben des ökologischen Landbaus bewirtschaftet, gut die Hälfte davon als Grünland. Auch im Ökolandbau nimmt die Produktion für pflanzliche Lebensmittel knapp ein Viertel der Fläche ein, während der Großteil für Tierfutter verwendet wird.

Abbildung 5-1 zeigt die verschiedenen Flächennutzungen ohne die Berücksichtigung von Dauerkulturen. In der Summe beträgt die heutige Fläche an Ackerland und Grünland 16,5 Mio. ha. Das Grünland wird differenziert in Biodiversitätsflächen, Nutzung Wiederkäuerfütterung, Energienutzung und sonstiges Grünland, welches hauptsächlich für die Pferdehaltung benötigt wird. Den Ausgangspunkt dieser Studie bilden die Acker- und Grünlandflächen ohne die Berücksichtigung der Pferdefutterflächen (siehe Beschreibung Methodik Anhang II). Der berücksichtigte Flächenumfang liegt damit bei 15,6 Mio. ha.

**Abbildung 5-1: Flächennutzung der gesamten Landwirtschaft heute (ohne Dauerkulturen)**



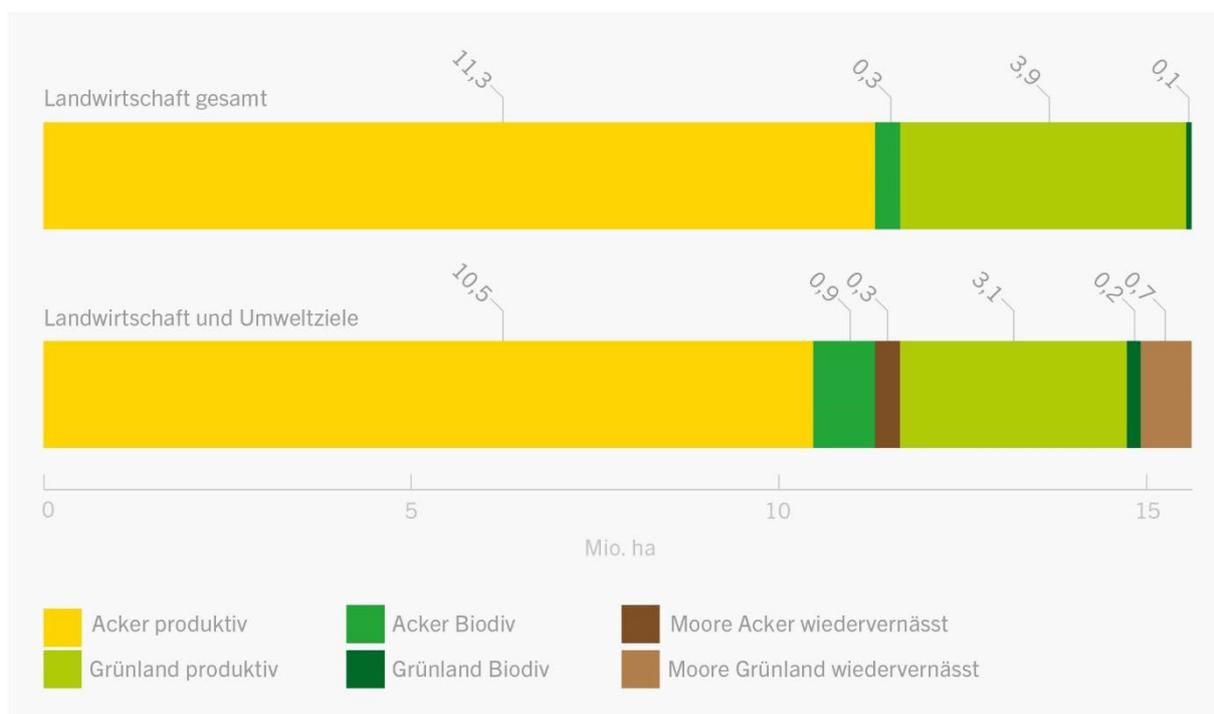
Anmerkung: Die einzelnen Flächenangaben sind auf eine Nachkommstelle gerundet. Daher entstehen bei der Aufsummierung der einzelnen Flächen teilweise Abweichungen.

Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Destatis 2021 und LiSE Modell

Werden die in Kapitel 2 dargestellten flächenbezogenen Umweltziele realisiert, verringert sich die produktive landwirtschaftliche Nutzfläche: Die Sicherung der Biodiversität und die Wiedervernäsung der Moorstandorte erfordert insgesamt ca. 1,7 Mio. ha Acker und Grünland, vergleiche Abbildung 5-2 und Tabelle 5-1.

Da diese Umweltziele hier als unerlässlich angesehen werden, sinkt die in dieser Studie berücksichtigte produktive Agrarfläche von heute 15,2 Mio. ha auf 13,6 Mio. ha. Nicht nur Ackerland, auch Grünland wird weniger, da ein Großteil der Moorflächen auf Grünlandstandorten zu finden ist. Knapp 20% der heutigen Grünlandfläche sind trockengelegte Moorstandorte.

**Abbildung 5-2: Änderung der Flächenbelegung durch die Umsetzung der Umweltziele**



Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Destatis 2021 und LiSE Modell

Zu den Umweltzielen kommen weitere Ziele hinzu, die im Rahmen dieser Studie berücksichtigt werden. Dazu zählen die Ausweitung des Ökolandbaus und die Steigerung der Selbstversorgungsgrade. Für die Umsetzung dieser Ziele steigt die Nachfrage nach der produktiven Nutzfläche weiter an (+3,7 Mio. ha).

Zählt man den zusätzlichen Flächenbedarf aller Forderungen zusammen, steigt der Flächenmehrbedarf um insgesamt 5,35 Mio. Hektar (siehe Tabelle 5-1) an, nämlich von heute 16,5 Mio. ha auf 21,8 Mio. ha. Für die Umsetzung der Umwelt- und Versorgungsziele wäre bei gleichbleibender Ernährung zukünftig fast ein Drittel der derzeitigen Agrarfläche von einer Nutzungsänderung betroffen. Diese würde anders genutzt werden bzw. stände nicht mehr für die Deckung der heutigen Nachfrage nach Ernährungsgütern und Energiepflanzen zur Verfügung. Bei gleichbleibenden Nutzungsanforderungen übersteigt damit die heutige Nachfrage die inländische Agrarfläche.

**Tabelle 5-1: Zusätzliche Flächenbedarfe für die Umsetzung der Ziele**

	Beschreibung	Umfang des Flächenbedarfs	Änderung der Bewirtschaftung
Biodiversitätsflächen	10% Acker 10% Grünland (Moorflächen berücksichtigt)	Acker: 0,51 Mio. ha Grünland: 0,11 Mio. ha	1,65 Mio. ha gehen aus der Nutzung  (ohne Berücksichtigung etwaiger Paludikulturnutzung)
Wiedervernässung Moore	Umwandlung von Ackerland in Grünland und Wiedervernässung von 80% der gesamten Moorfläche	Acker: 0,34 Mio. ha Grünland: 0,69 Mio. ha	
Ökolandbau	Steigerung der ökologisch bewirtschafteten Fläche von heute 10% auf 30% bis 2030	Acker: 0,56 Mio. ha Grünland: 0,83 Mio. ha	1,39 Mio. ha extensiver bewirtschaftete Fläche
Selbstversorgungsgrade	Auf 100% wo möglich	Acker: 2,31 Mio. ha	2,31 Mio. ha deren Produktion anders verwendet wird – dies geht teilweise mit einer Veränderung der Anbaukulturen einher
Gesamt		Acker: 3,71 Mio. ha Grünland: 1,64 Mio. ha Gesamt: 5,35 Mio. ha	

Annahme: In Landkreisen mit Moorböden werden die 10% Biodiversitätsflächen über die Wiedervernässung der Moorstandorte angerechnet

Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis LiSE-Modell

Zukünftig stehen nur noch 13,6 Mio. ha produktives Ackerland und Grünland zur Verfügung, während gleichzeitig die Nachfrage nach produktiver Fläche weiter steigt. Inwieweit die Flächen zur Deckung der Nachfrage für die heutige inländische Ernährung ausreicht und welche Auswirkungen die Änderung unserer Ernährung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet auf die Flächenbelegung hat, zeigen die folgenden Kapitel.

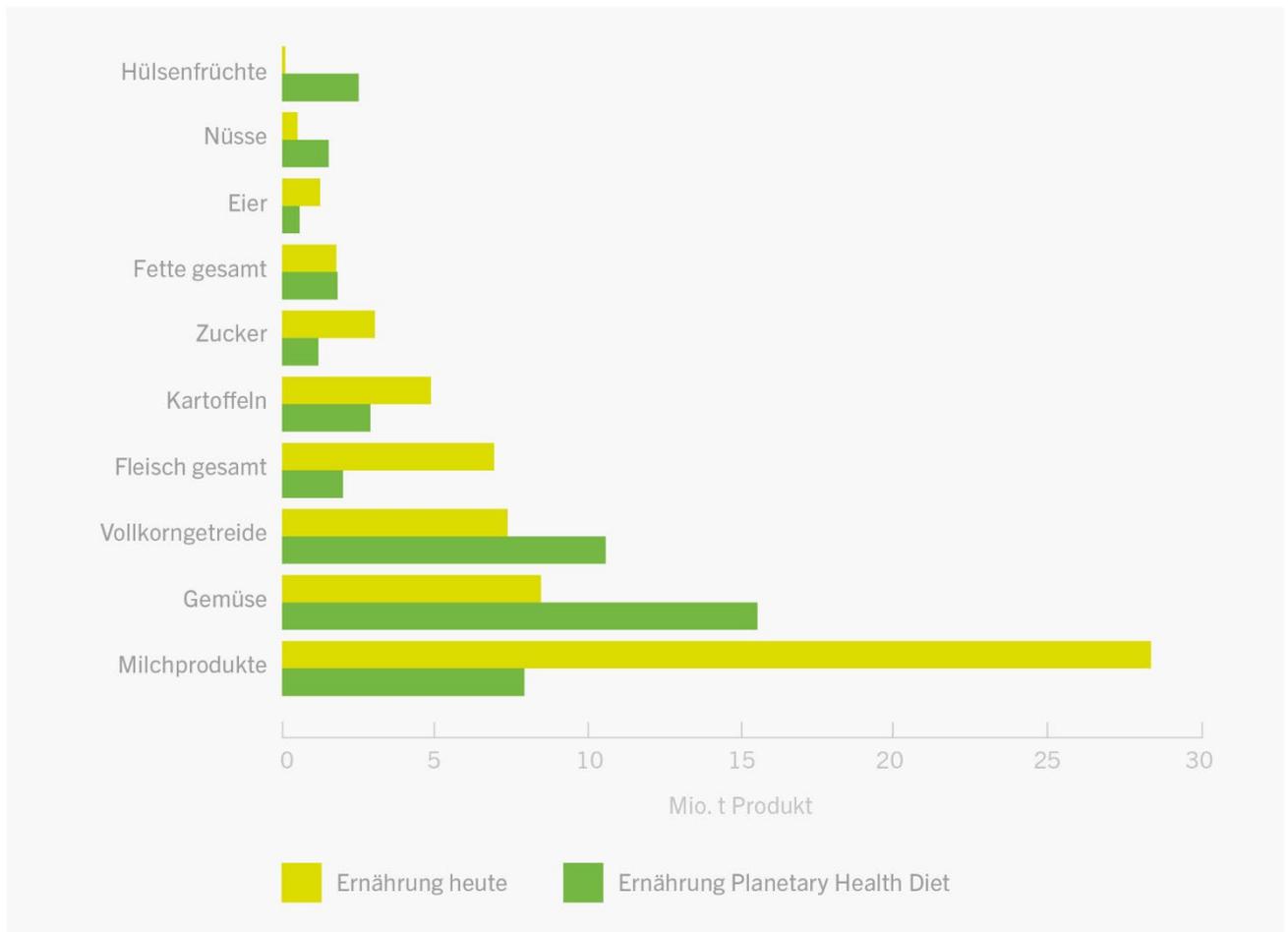
## 5.2 Veränderung in der Landwirtschaft durch die Planetary Health Diet

### 5.2.1 Produktion zur Deckung der Nachfrage

Gelingt eine breite Ernährungsänderung nach Vorbild der Planetary Health Diet in Deutschland, würde sich die Nachfrage nach Produkten und damit die landwirtschaftliche Produktion stark ändern. Die Abbildung 5-3 stellt die heutigen Produktionsmengen für die Ernährung unserer inländischen Bevölkerung den Produktionsmengen bei der Planetary Health Diet gegenüber. Damit wird deutlich, welche starken Veränderungen sich in der landwirtschaftlichen Produktion ergeben würden, sollte sich die inländische Nachfrage entsprechend ändern. Vor allem die drastische Reduktion des Konsums tierischer Produkte von bis zu 75% gegenüber heute hätte gravierende Auswirkungen auf die Produktionsmengen und damit auf die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche. Der starke

Rückgang in der Produktion tierischer Produkte wird mit einem Anstieg von Hülsenfrüchten und Gemüse teilweise kompensiert (siehe Abbildung 5-3).

**Abbildung 5-3: Notwendige inländische Produktion für die heutige Nachfrage und bei Ernährungsänderung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet**



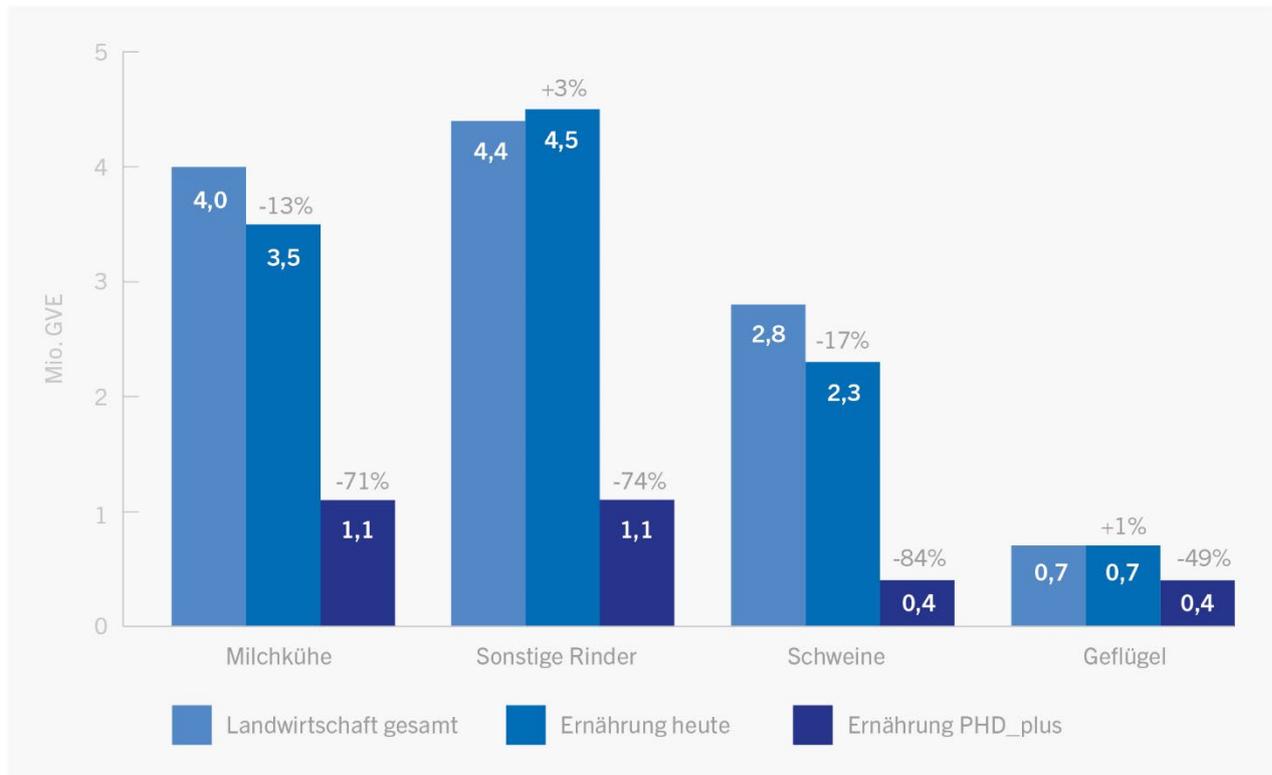
Hinweis: Die hier genannten Mengen umfassen nicht nur die notwendige Menge für den Verzehr, sondern die notwendige Produktionsmenge, die auch Verluste und Verfütterung (z.B. von Milch) umfasst. Da sich die Analyse auf die klassische Agrarproduktion bezieht, wurde der Konsum von Fisch nicht weiter berücksichtigt. Ebenso werden in der Studie die Dauerkulturen und damit der Obstkonsum nicht weiter berücksichtigt.  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis BMEL 2021c, BLE 2021a,b, Willet et al. 2019, TI 2019, 2021

Der hohe Konsum tierischer Produkte wird fast komplett durch die heimische Landwirtschaft gedeckt. Bei Milch und Schweinefleisch liegt die Selbstversorgung sogar über 100%, so dass ein Nettoexport ins Ausland stattfindet. während sie bei Rindfleisch und Geflügelfleisch knapp unter 100% liegen. Die Änderung unserer Ernährungsweise nach der Planetary Health Diet führt dagegen zu einem drastischen Rückgang des Bedarfs an tierischen Produkten.

Eine geringere inländische Nachfrage nach Fleisch und Milchprodukten hat Auswirkungen auf den Tierbestand (siehe Abbildung 5-4). Unter der Annahme, dass dies zu einer parallelen Anpassung der inländischen Erzeugung führt, sinken die Tierbestände in Summe um ca. 75% gegenüber heute. Der stärkste Rückgang ist mit über 80% bei den Schweinebeständen zu verzeichnen, während die

Geflügelbestände gegenüber heute halbiert werden. Die Milchkuh- und Rinderproduktion nimmt bei einer Realisierung der Planetary Health Diet um ca. drei Viertel ab.

**Abbildung 5-4: Tierbestände für die gesamte Landwirtschaft (inklusive Export), unsere heutige Ernährung und eine Ernährung nach der Planetary Health Diet**



Die Zahlen für den Tierbestand der Landwirtschaft heute beziehen auf das Jahr 2019. Die Planetary Health Diet geht von einem Rückgang der Schweineproduktion von -92% ggü. heute und einer deutlichen Nachfrage nach Geflügel aus. Da historisch in DE der Schweinekonsum hoch ist, wird der Geflügel- und Schweinekonsum aus der PHD auf beide Monogastrier zu 50% aufgeteilt. Die Prozentangaben geben die Änderung gegenüber den Tieren der heutigen Landwirtschaft an. Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis UBA 2022b, BLE 2021 a,b, Willet et al. 2019 und LiSE Modell

Mit dem Rückgang der Tierbestände reduziert sich auch die Nachfrage nach Futtermitteln. Heute liegt der Bedarf von Getreide für die Tierfütterung bei ca. 23 Mio. t. Der Bedarf für die Ernährung der inländischen Bevölkerung liegt bei ca. 20,3 Mio. t. Gegenüber unserer heutigen Ernährung würden 14,3 Mio. t weniger Getreide für die Produktion von Tierfutter benötigt (siehe Tabelle 5-2). Und auch die Nachfrage nach Ölschroten und Silomais reduziert sich gravierend. Der Bedarf an Grünlandfutter nimmt durch den starken Rückgang der Wiederkäuerbestände ebenfalls ab.

**Tabelle 5-2: Nachfragemengen der relevanten Tierfutter heute und für die PHD**

	Ernährung heute	Ernährung PHD_plus
	Mio t. Frischmasse	Mio t. Frischmasse
Getreide	20,3	6,0
Rapsschrot, Sojaschrot	6,9	1,3
Silomais*	32,3	4,6
Futter vom Grünland	65,3	22,3

Anmerkungen: Für den Silomais liegen modellbedingte Abweichungen für das Basisjahr vor, da die Menge im Modell unterschätzt wird.  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis LiSE-Modell in Abgleich zur Statistik BLE 2020, 2021e

Gleichzeitig steigt durch die Veränderung der Ernährung die Nachfrage nach pflanzlichen Lebensmitteln stark an. Dabei ist die Deckung des Proteinbedarfs ein wichtiger Aspekt, da diese derzeit überwiegend durch tierische Produkte gedeckt wird. Dies wird in der Planetary Health Diet vor allem durch die Steigerung des Konsums von Hülsenfrüchten und Nüssen ausgeglichen. Aber auch der Bedarf an Getreide, Gemüse und Obst steigt gegenüber heute stark an, während der Bedarf für Kartoffeln und Zucker sinkt. Daraus resultieren folgende Nachfragemengen (siehe Tabelle 5-3):

**Tabelle 5-3: Nachfragemengen für die pflanzliche Ernährung heute und für die PHD**

	Ernährung heute	Ernährung PHD_plus
	Mio t.	Mio t.
Getreide	7,4	10,6
Pflanzliche Öle	1,4	1,4
Hülsenfrüchte	0,1	2,5
Nüsse	0,5	1,8
Zucker	3,0	1,2
Kartoffeln	4,9	2,9
Gemüse*	8,4	15,5

Anmerkungen: Zahlen bilden nur die Produktion für die heutige pflanzliche Ernährung ab. Daher sind Futterpflanzen und Energiepflanzen nicht in der Tabelle enthalten.

\*Die Zusammensetzung der Gemüsesorten ist in Anhang II unter den Selbstversorgungsgraden näher erläutert.

Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis BMEL 2021c und Willet et al. 2019

## 5.2.2 Entwicklung der Anbaufläche für die Ernährung

### Fläche für die heutige Ernährung = Ernährung heute (Schritt 1)

Nach Abzug der Flächen, die für die Energiepflanzenproduktion und für den Anbau von Exportgütern verwendet werden, verbleibt eine Fläche von ca. **9,8 Mio. ha**, die heute im Inland für die Ernährung der Bevölkerung genutzt wird.

Zusätzlich importiert Deutschland aber auch landwirtschaftliche Produkte, die für die Ernährung der hiesigen Bevölkerung verwendet werden. Dazu zählen insbesondere Obst und Gemüse, Eiweißfuttermittel und Pflanzenöle/Ölsaaten. Nach eigenen Berechnungen mit der hier verwendeten Methodik werden zusätzlich weitere **2,9 Mio. ha** im Ausland für unsere heutige Ernährung für die pflanzliche Ernährung und als Futtermittel benötigt (siehe Abbildung 5-5).).

#### Flächenbedarf für die Ernährung der inländischen Bevölkerung und Abweichungen ggü. der Statistik

Für das Jahr 2017 wird von Destatis im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung ein Flächenbedarf von 19,1 Mio. ha für die inländische Ernährung ausgewiesen. Die hier dargestellten Ergebnisse weisen lediglich einen Bedarf von 12,7 Mio. ha aus.

- **Umfang der Studie:** Die Statistik berücksichtigt die Importfläche von Genussmitteln (Kaffee, Kakao, Getränke, Gewürze), die im Rahmen der Planetary Health Diet und daher auch in dieser Studie nicht einbezogen wurden. Zudem werden in dieser Studie keine Dauerkulturen wie z.B. der Obstanbau berücksichtigt. Diese Flächen sind ebenfalls in der Statistik enthalten. In der Summe beinhaltet die Statistik damit ungefähr 2,5 Mio. ha an Importfläche, die im Rahmen der Studie nicht betrachtet werden.
- **Methodik:** Die Statistik beruht grundsätzlich auf einer anderen Methodik. Im Rahmen der Studie erfolgte eine Bottom-Up Berechnung auf Basis der Produktionsmengen und der Erträge. Destatis verwenden dagegen einen Top-Down Ansatz auf Basis von Input-Output-Analysen. Die Importe von Raps sind hier mit besonders hohen Unsicherheiten zu nennen, da hier sowohl stark schwankende Selbstversorgungsgrade als auch schwankende Erträge zu verzeichnen sind. Auf Grund der geringen Selbstversorgungsgrade von Ölfrüchten (Soja, Sonnenblumen, aber auch Raps) hat die Berechnung der Flächen, die für den Anbau von Ölfrüchten benötigt werden, großen Einfluss auf die Höhe der Importflächen.

Die Abweichungen zur Statistik lassen sich letzten Endes nicht vollständig erklären, siehe dazu auch Anhang II.

### Fläche für die Umsetzung der Umweltziele und die Steigerung der Selbstversorgung = Ernährung heute\_plus (Schritt 2)

Wenn der Ökolandbau ausgeweitet wird und die Selbstversorgungsgrade für Tierfutter und für pflanzliche Lebensmittel erhöht werden, steigt der inländische Flächenbedarf bei Beibehaltung

unserer heutigen Ernährung an (Ernährung heute\_plus)<sup>8</sup>. Für pflanzliche Lebensmittel von heute 1,7 Mio. ha auf 2,4 Mio. ha und für Tierfutter (ohne Pferde) von heute 8,1 Mio. ha auf 11,1 Mio. ha. Vor allem die Nachfrage nach Grünland erhöht sich von heute 3,5 auf 4,3 Mio. ha, da mehr Tiere im Ökolandbau gehalten werden (siehe Abbildung 5-5). Sie übersteigt sogar die im Inland verfügbare Dauergrünlandfläche um 1,2 Mio. ha (Nachfrage 4,3 Mio. ha, Angebot 3,1 Mio. ha siehe Abbildung 5-2). Für die Erzeugung von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln wird eine Ackerfläche von 9,1 Mio. ha benötigt. Damit wird weniger Ackerfläche benötigt, als nach der inländischen Flächenkulisse an produktivem Ackerland zur Verfügung steht (10,5 Mio. ha, siehe Abbildung 5-2). Im Saldo (Ackerland und Grünland) passt die Nachfrage nach produktiver Fläche zum Angebot. Inklusive der Integration der Ziele werden insgesamt 15,5 Mio. ha der heutigen landwirtschaftliche Nutzfläche für unsere Ernährung benötigt. Damit werden 99,5% der verfügbaren Fläche in Höhe von 15,6 Mio. ha belegt. Allerdings reduziert sich durch die Erhöhung der Selbstversorgungsgrade auch die im Ausland benötigte Fläche. Damit verschiebt sich die Fläche und es wird mehr Fläche im Inland belegt und dafür weniger im Ausland benötigt.

Die Ernährung der inländischen Bevölkerung könnte also inklusive der Umweltforderungen mit den in der Studie betrachteten Agrargütern auf der heimischen Agrarfläche gewährleistet werden, da der Mehrbedarf an Fläche dem entspricht, was heute für den Energiepflanzenanbau und die Produktion von Lebensmitteln für den Export verwendet wird.

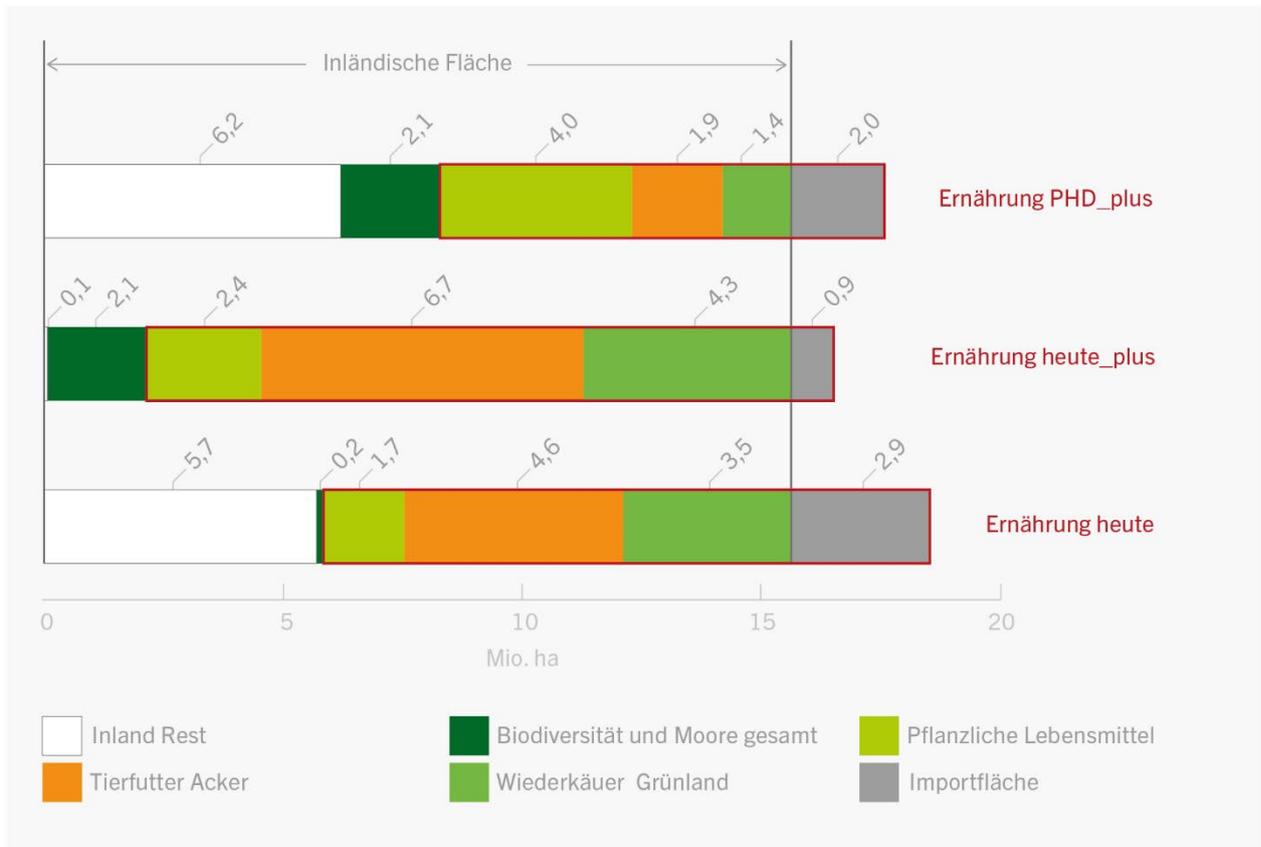
### **Fläche für die Umsetzung der Planetary Health Diet = PHD\_plus (Schritt 3)**

Die veränderte Ernährung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet führt zu einer veränderten Nachfrage nach Futtermitteln und pflanzlichen Lebensmitteln. Im Resultat geht die Flächennachfrage für die Ernährung zurück. Die Anbaufläche von Tierfutter wird drastisch reduziert, gegenüber der Variante Ernährung heute\_plus sinkt sie um rund zwei Drittel (-7,7 Mio. ha) von ca. 11,1 Mio. ha auf ca. 3,3 Mio. ha (Abbildung 5-6). Dagegen steigt die Nachfrage nach pflanzlichen Lebensmitteln und damit der dafür nötige Bedarf an Anbaufläche um 1,6 Mio. ha. Insgesamt belegen die Güter für die pflanzliche Ernährung 4 Mio. ha Ackerland. Abbildung 5-5 verdeutlicht, dass auch in der Variante der Planetary Health Diet\_plus weiterhin Fläche im Ausland benötigt wird, insbesondere für den Anbau von Gemüse, Ölfrüchten (Ölpalmen und Oliven) sowie Nüssen. Während durch die Erhöhung der Selbstversorgungsgrade für die Hülsenfrüchte, Raps- und andere Ölsaaten die im Ausland benötigte Fläche ggü. heute reduziert werden kann, steigt sie im Falle der Planetary Health Diet wieder an. Das liegt vor allem an der starken Zunahme des Bedarfs für Nüsse und Gemüse, die auch für die Variante Planetary Health Diet zu Teilen noch aus dem Ausland stammen (vergleiche Tabelle 5-3).<sup>9</sup>

<sup>8</sup> In dieser Variante wird auch die Wiedervernässung der Moorstandorte zugrunde gelegt. Allerdings entspricht das hier eher einer theoretischen Betrachtung. In der Realität wird ein Großteil der Moorstandorte für die Haltung von Wiederkäuern genutzt. Schätzungsweise 10-15% des gesamten Rinderbestands (inkl. Milchkühe) werden von diesen Flächen gefüttert. Für eine Wiedervernässung dieser Flächen ohne eine Ernährungsänderung müsste diese Produktion großflächig verlagert werden.

<sup>9</sup> Der Nussanbau ist derzeit in Deutschland nicht etabliert und die heute niedrige Nachfrage wird komplett durch Importe gedeckt. Eine starke Steigerung der Nachfrage nach Nüssen erfordert daher diesen neuen Bedarf an Flächen im Ausland, solange im Inland der Nussanbau nicht ausgeweitet wird. Auf Grund der klimatischen Bedingungen ist der Nussanbau in Deutschland heute nicht für die Vermarktung verbreitet. Welche Potenziale für den Nussanbau in Deutschland vorhanden sind, wurde im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt. In Agroforstsystemen besteht sicherlich die Möglichkeit den Nussanbau in Deutschland zu etablieren.

Abbildung 5-5: Flächennachfrage für unsere Ernährung im In- und Ausland

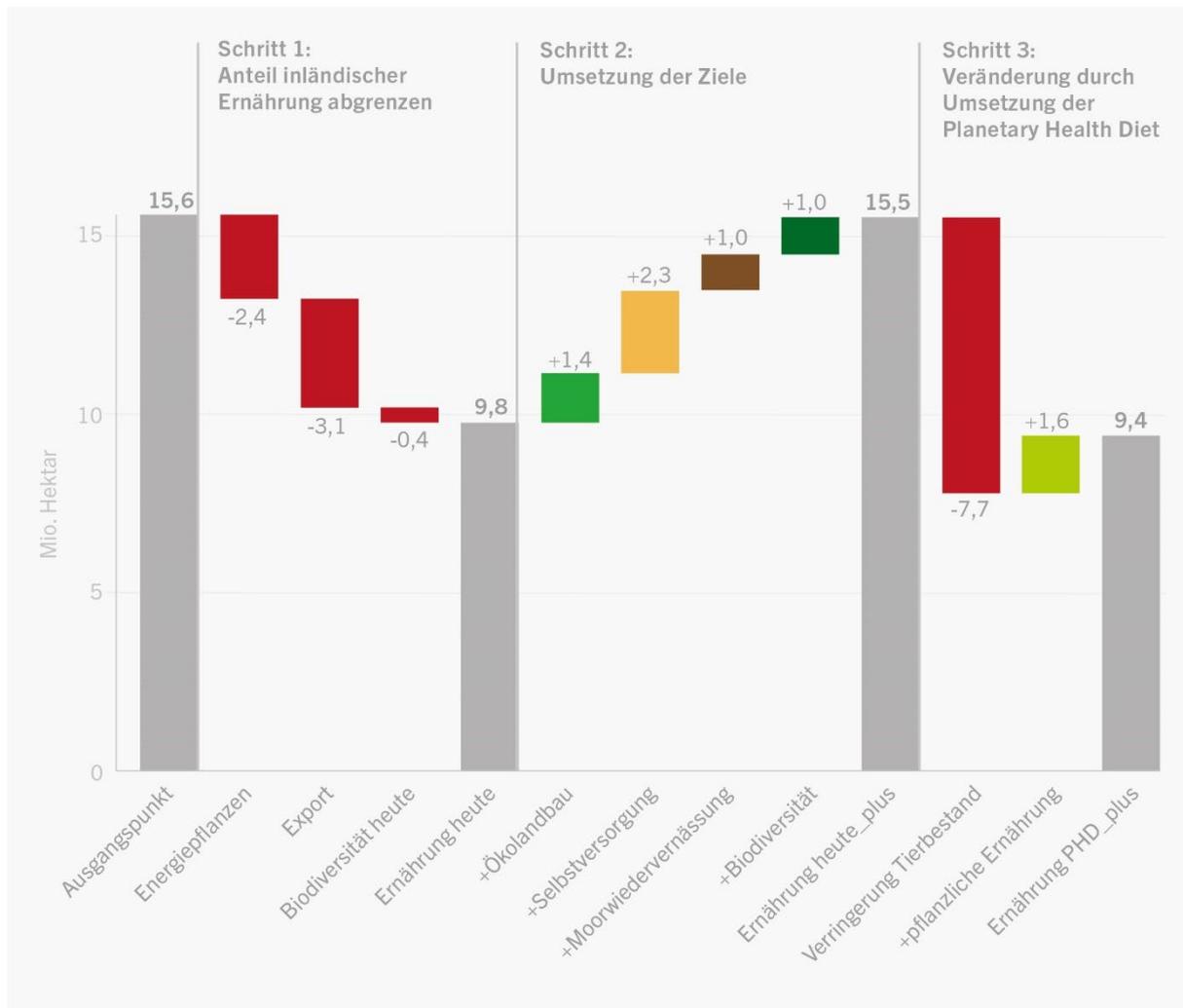


Anmerkungen: Es liegen Abweichungen zur Statistik vor allem für die Importflächen vor, da die Flächenberechnung auf Basis einer unterschiedlichen Methodik erfolgte. Dauerkulturen und damit Obst wurden im Rahmen der Analyse nicht berücksichtigt, daher fehlen sie in dieser Abbildung. Ebenso sind die Importe für Kaffee, Kakao etc. hier nicht berücksichtigt, da die PHD hierzu keine Aussage trifft. Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Destatis 2021 und LiSE Modell

Abbildung 5-6 gibt einen Überblick darüber, wie sich der inländische Flächenbedarf entwickelt, wenn eine Ernährungswende nach dem Vorbild der Planetary Health Diet vollzogen wird. Dabei werden alle drei Rechenschritte getrennt voneinander dargestellt. Auf diese Weise wird deutlich, welchen Mehrbedarf die Integration von Umweltzielen und einer veränderten Selbstversorgung auf den Flächenbedarf hat.

Inklusive der Umsetzung der Umweltziele werden am Ende 9,4 Mio. ha und damit 60% der berücksichtigten zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzfläche in Höhe von 15,6 Mio. ha für die Versorgung der inländischen Bevölkerung benötigt. Damit stehen 40% der Fläche (6,2 Mio. ha) für neue Nutzungen zur Verfügung.

Abbildung 5-6: Inländischer Flächenbedarf für die Ernährung



Anmerkung: Die Umsetzung der Umwelt- und Versorgungsziele entspricht nur einer theoretischen Betrachtung, da keine Regionalisierung erfolgte. In der Realität ist z.B. die Wiedervernässung der Moorstandorte auf Grund der Wiederkäuerhaltung in diesen Gebieten schwer ohne eine Nachfrageänderung schwer umsetzbar, bzw. die hätte große Produktionsverlagerungen zur Folge.  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Destatis 2021 und LiSE Modell

### 5.2.3 Entwicklung der Treibhausgase

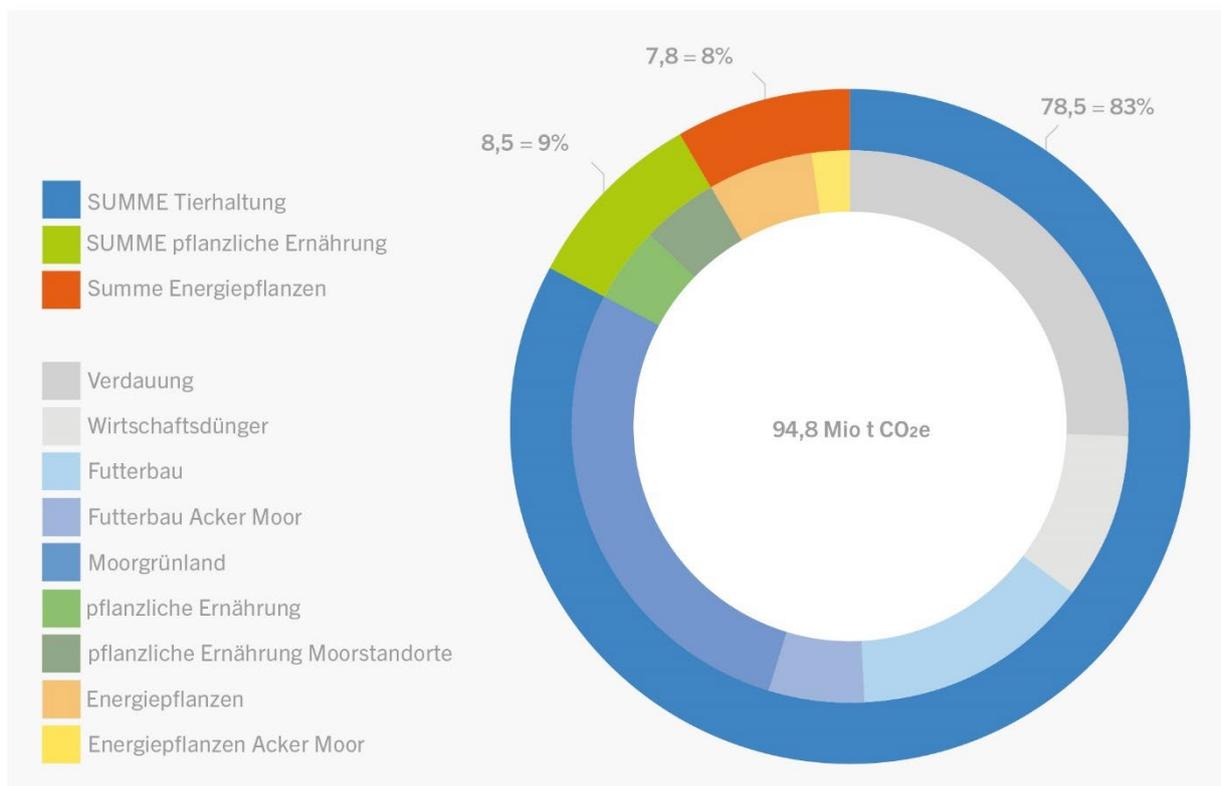
Die aktuellen Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft inklusive der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorstandorten (LULUCF-Sektor) liegen bei ca. 95 Mio. t CO<sub>2</sub>e<sup>10</sup> und werden mit ca. 78,5 Mio. t CO<sub>2</sub>e von den Emissionen aus der Tierhaltung dominiert. Sie stammen - unter Berücksichtigung des Stickstoffeinsatzes für die Futtermittelerzeugung und den hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Futterwerbung auf Moorstandorten – zu 83% aus der Tierhaltung, siehe

<sup>10</sup> Die Zahl berücksichtigt die CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Nutzung trockengelegter Moorstandorte als Grünland und Ackerland, die zum Sektor Landnutzung zählen. Die übrigen Emissionen aus dem Landnutzungssektor wie z.B. die Emissionen aus dem Grünlandumbruch wurden hier nicht berücksichtigt.

Abbildung 5-7. Die Nutzung trockengelegter Moorstandorte für die Erzeugung von Futtermitteln (Ackerfutterbau und Grünland) verursachen dabei den höchsten Anteil der Emissionen aus der Tierhaltung (31,6 Mio. t CO<sub>2</sub>e). Ähnlich bedeutsam ist Methan aus der Verdauung (24,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e).

Die Emissionen aus der pflanzlichen Ernährung sind dagegen mit 8,5 Mio. t CO<sub>2</sub>e gering. Der Energiepflanzenanbau und Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen verursachen vergleichbar hohe Emissionen in Höhe von 7,8 Mio. t CO<sub>2</sub>e wie die der pflanzlichen Ernährung.

**Abbildung 5-7: THG-Emissionen der Landwirtschaft in Deutschland nach Verwendung (inklusive CO<sub>2</sub> aus landwirtschaftlich genutzten Moorböden)**



Anmerkung: Die Emissionen der Tierhaltung umfassen in dieser Darstellung auch die Emissionen des Futterbaus  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnung auf Basis UBA 2022b, FNR 2021, Destatis 2021 und LiSE Modell

Analog zur Darstellung der Flächen gibt Abbildung 5-8 einen Überblick darüber, wie sich die Treibhausgase in der Landwirtschaft (inklusive Moornutzung) entwickeln, wenn sich die Bevölkerung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet ernährt. Wieder werden alle drei Rechenschritte getrennt voneinander dargestellt.

Den Startpunkt bilden die zuvor dargestellten Emissionen in Höhe von 94,8 Mio. t CO<sub>2</sub>e. Davon werden die Emissionen für die inländische Ernährung ausgewiesen: Nach eigenen Berechnungen entstehen durch die Produktion von tierischen und pflanzlichen Produkten für den Export ca. 5,9 Mio. t CO<sub>2</sub>e. im Landwirtschaftssektor, während rund 5,7 Mio. t CO<sub>2</sub>e mit der Produktion und Lagerung von Energiepflanzen verbunden sind. Abzüglich dieser Positionen verbleiben rund 81 Mio. t

CO<sub>2</sub>e<sup>11</sup> aus der landwirtschaftlichen Produktion und in der Landnutzung, die auf unsere heutige Ernährung zurückzuführen sind.

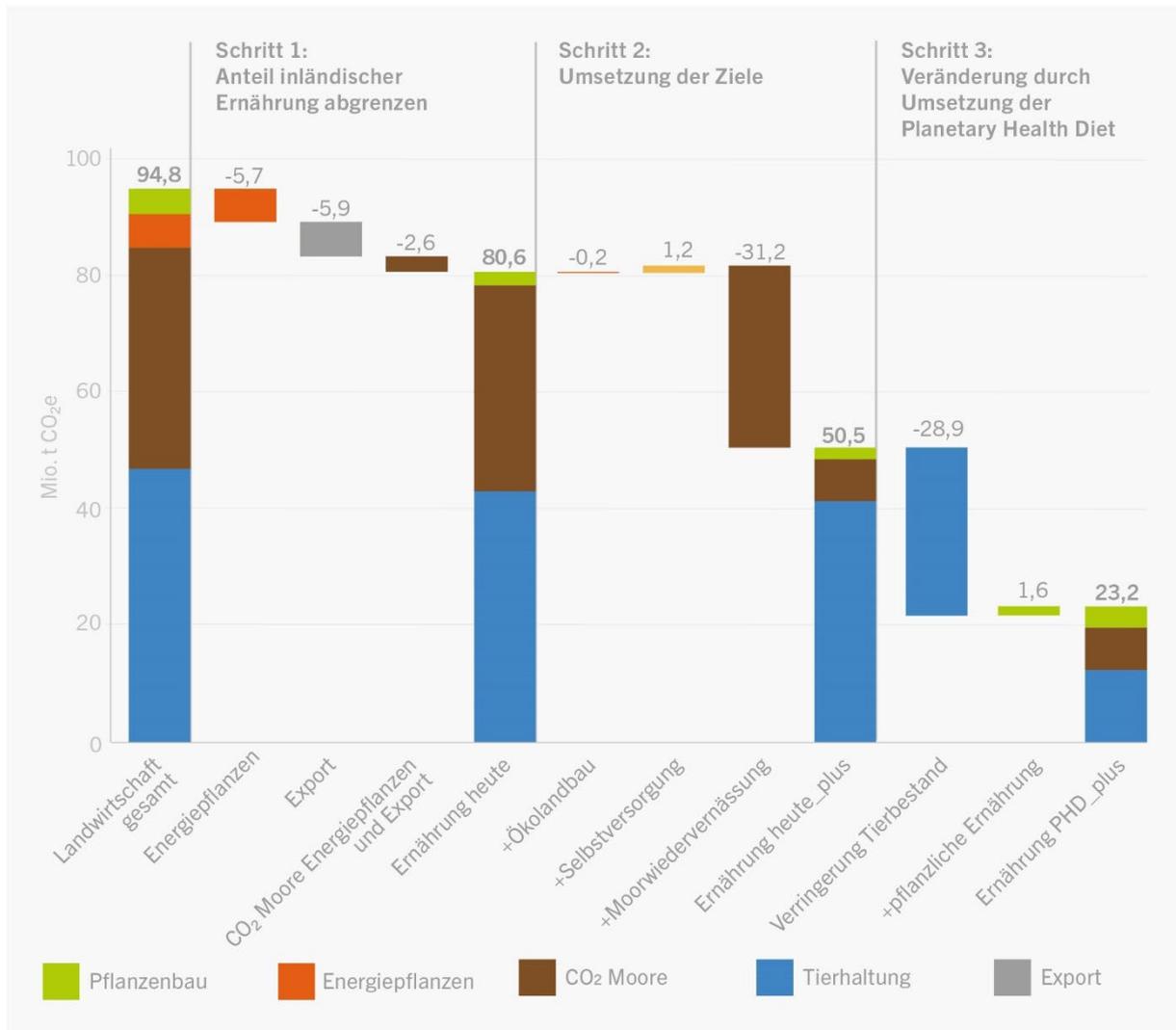
Durch die Umsetzung der Umweltziele sinken die Emissionen unserer Ernährung auf knapp 51 Mio. t CO<sub>2</sub>e. Der Großteil der Emissionsreduktion wird dabei durch die Wiedervernässung der landwirtschaftlich genutzten Moorstandorte (-31,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e) erreicht, während die Erhöhung des Ökolandbauanteils bei gleichbleibender Nachfragemenge nur zu einer geringfügigen Reduktion der THG-Emissionen führt (-0,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e). Die Erhöhung der Selbstversorgungsgrade führt dagegen zu einem erneuten Anstieg der THG-Emissionen, vor allem durch den zusätzlichen Düngbedarf im Anbau (+1,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e).

Mit der Reduktion des inländischen Konsums tierischer Produkte können die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft um weitere knapp 30 Mio. t CO<sub>2</sub>e. gemindert werden. Der Anstieg der Emissionen durch zusätzliche pflanzliche Lebensmittel beträgt dagegen lediglich 1,6 Mio. t CO<sub>2</sub>e. Die verbleibenden Gesamtemissionen liegen schließlich bei rund 23 Mio. t CO<sub>2</sub>e.

---

<sup>11</sup> Da eine regionale Differenzierung für den Anbau von Energiepflanzen, Futterpflanzen und Marktfrüchten nicht vorliegt, wurden die CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O Emissionen aus den Moorstandorten nach dem prozentualen Anteil der Ackernutzung auf die verschiedenen Produktionsrichtungen verteilt.

**Abbildung 5-8: Entwicklung der landwirtschaftlichen THG-Emissionen durch die Ernährungsänderung**



Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnung auf Basis UBA 2022b, FNR 2021, Destatis 2021, Willet et al. 2019 und LiSE Modell

Die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion für die inländische Ernährung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet liegen damit über 75% niedriger als unsere heutigen Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion. Der Großteil der Emissionen stammt immer noch aus der Tierhaltung und aus den CO<sub>2</sub>-Emissionen der noch verbleibenden Moorböden (54%). Durch die verstärkte pflanzliche Produktion für die Ernährung steigt der Anteil der Emissionen aus der Produktion für die pflanzliche Ernährung zukünftig zwar an, liegt im Vergleich zu den 54% der Emissionen aus der Tierhaltung und 31% CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Mooren immer noch sehr niedrig.

### 5.3 Zwischenergebnisse und Fazit zur Ernährung

Das vorangegangene Kapitel hat aufgezeigt, dass die Einhaltung der gesteckten Umwelt- und Versorgungsziele bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung unseres heutigen Produktionsniveaus inklusive des Energiepflanzenanbaus, der Produktion von Exportgütern und der Produktion zur Deckung der

Nachfrage für die inländische Ernährung nicht möglich wäre, da Agrarflächen fehlen würden. Die inländischen Agrarflächen reichen aus, um den größten Bedarf für die inländische Ernährung zu decken und gleichzeitig die Ziele zu erfüllen. Dadurch werden 99,5% der zur Verfügung stehenden inländischen Agrarfläche belegt. Sollen über die Ernährung der inländischen Bevölkerung hinaus weitere Nachfragen erfüllt werden, wie z.B. die Produktion für den Export, die Produktion von stofflicher oder energetischer Biomasse oder die Schaffung neuer Kohlenstoffsenken, müsste der Flächenfußabdruck unserer Ernährung verkleinert werden. Die Planetary Health Diet markiert dabei aus heutiger Sicht eine Ernährungsweise, die in Bezug auf den Flächenanspruch einen niedrigen Bedarf aufweist.

Mit der Umsetzung der Ernährungsmuster nach dem Vorbild der Planetary Health Diet gehen Änderungen der Produktionsmengen, der Treibhausgase und der Flächennutzung einher, wie weitere Kennzahlen in Tabelle 5-4 verdeutlichen:

### **Anzahl der ernährten Personen pro Hektar**

Werden allein die Umwelt- und Versorgungsziele umgesetzt, sinkt die Anzahl der Personen, die von einem Hektar Land (inkl. Importfläche) ernährt werden können bei Aufrechterhaltung des heutigen Ernährungsmusters von heute 6,6 auf 5,8 Personen (siehe Tabelle 5-4). Dies liegt an den geringeren Flächenerträgen in der Ökolandwirtschaft, die von heute 10% auf 30% der Fläche erhöht wurde. Aber auch die höheren Selbstversorgungsgrade haben Flächenveränderungen zur Folge, da teils mit anderen Erträgen produziert wird als im Ausland. Mit der Planetary Health Diet wird weniger Fläche für die Ernährung einer Person benötigt. Pro Hektar können dann ca. 9 Menschen ernährt werden.

### **Spezifische THG-Emissionen pro Hektar**

Die spezifischen Emissionen pro Hektar inländischer Agrarfläche sinken von 8,3 t CO<sub>2</sub>e auf 6,1 t CO<sub>2</sub>e, in erster Linie durch die extensivere Bewirtschaftung im Ökolandbau, wobei gleichzeitig mehr Fläche benötigt wird. Größere Auswirkungen auf die durchschnittlichen Emissionen pro Hektar produktiver Agrarfläche hat die Wiedervernässung der Moorböden. Damit lassen sich die Emissionen um weitere 2,4 t CO<sub>2</sub>e pro Hektar (40%) reduzieren. Angesichts eines Anteils von nur 7% (ca. 1 Mio. ha bei 80% Wiedervernässung) an der gesamten produktiven Fläche (13,6 Mio. ha) bringt die Wiedervernässung von Moorböden den größten Minderungseffekt pro Hektar bei der Reduktion der Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion.

Gelingt es, die flächenbezogenen Umweltziele zu erfüllen, ist somit auch für den nationalen Klimaschutz viel gewonnen, da die THG-Emissionen in Folge der Extensivierungen insgesamt sinken. Die globale Flächenkonkurrenz und das Leakage-Risiko für weitere Treibhausgasemissionen im Ausland steigen dagegen deutlich an, wenn die Nachfrage z.B. nach Energiepflanzen oder Exportgütern auf dem heutigen Niveau bleibt oder gar steigt, aber nicht mehr im Inland erzeugt werden kann, weil keine Fläche mehr zur Verfügung steht. Erst durch die Ernährungsänderung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet können die Emissionen pro Hektar weiter gesenkt werden.

### **Produktion:**

Als Konsequenz sinkt die Erzeugung von Fleisch und Milch stark ab und es wird nur noch ein Viertel der tierischen Produkte im Vergleich zu heute produziert. Im Gegenzug steigt die pflanzliche Produktion stark an und verdoppelt sich fast gegenüber heute. Damit können mehr Lebensmittel (physiologische Energie) für die menschliche Ernährung erzeugt und damit letztendlich mehr Menschen pro Fläche ernährt werden - und dass deutlich klimagünstiger.

**Tabelle 5-4: Entwicklung verschiedener Parameter in den einzelnen Schritten**

	Flächenbedarf (nur produktive Fläche)	Inländische Produktion für Ernährung	Ernährte Menschen***	Spezifische THG****
	Mio. ha	Σ in Produkt	Personen pro Hektar	t CO <sub>2</sub> e pro Hektar
<b>Ernährung heute</b>	Gesamt-Inland: 9,8 davon Acker: 6,3 davon Grünland: 3,5 Netto-Import*: 2,9	Milch: 28,4 Mrd. t Fleisch: 7,1 Mio. t Pflanzlich: 10,7 Mio. t GE	Gesamt: 6,6 Inländisch: 8,5	<b>Gesamt: 8,3</b>
<b>Ernährung heute_plus</b>	Gesamt-Inland: 13,5 davon Acker: 9,1 davon Grünland: 4,3 Netto-Import*: 0,9	Milch: 28,4 Mrd. t Fleisch: 7,1 Mio. t Pflanzlich: 11,7 Mio. t GE	Gesamt: 5,8 Inländisch: 6,2	<b>Gesamt: 6,1</b>  inkl. Wiedervernässung Moorböden: 3,7
<b>Ernährung PHD_plus</b>	Gesamt-Inland: 7,3 davon Acker: 5,9 davon Grünland: 1,4 Netto-Import*: 2,0	Milch: 7,9 Mrd. t Fleisch: 2,0 Mio. t Pflanzlich: 19 Mio. t GE	Gesamt: 9,0 Inländisch: 11,3	<b>Gesamt: 2,5</b>

\* Netto-Importfläche ohne Obst und Kaffee, Kakao, Getränke u.a. Genussmittel, auf die die nach der PHD nicht einbezogen werden. Abweichung zu den Angaben aus der umweltökonomischen Gesamtrechnung (Destatis 2019) ergibt sich aus der verwendeten Methode und den Flächen für die nicht berücksichtigten Produkte (vergleiche BOX).  
Etwaige Importe für die Stoff- und Energienutzung sind hier nicht berücksichtigt, da sich alle Angaben allein auf die Ernährung beziehen.

\*\*\*Für diese Angabe wird die Zahl der inländischen Bevölkerung einmal durch die gesamte produktive Fläche (Gesamt-Inland + Netto-Import) und einmal nur durch die inländische produktive Fläche, die für die Ernährung benötigt wird dividiert.

\*\*\*\*bezogen auf die inländischen Emissionen und Flächen.

Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Destatis 2021, Willet et al. 2019 und LiSE Modell

Mit einer Ernährungswende nach dem Vorbild der Planetary Health Diet wären mit 5,9 Mio. ha Ackerland insgesamt nur noch 56% der in dieser Studie berücksichtigten produktiven Ackerfläche (10,5 Mio. ha, siehe Abbildung 5-2) und mit 1,4 Mio. ha Grünland nur noch 45% der Grünlandfutterfläche für Wiederkäuer für die Ernährung notwendig (Gesamt 3,1 Mio. ha). Damit wird ein nennenswerter Anteil der Agrarfläche für die erwähnten alternativen Nutzungen (Export, Senken, Energiepflanzenproduktion) verfügbar: nämlich 4,6 Mio. ha Ackerland und 1,6 Mio. ha Grünland (siehe Kapitel 6).

Zusammengefasst lässt sich festhalten:

- Die Emissionen aus dem Landwirtschaftssektor und der Landnutzung liegen heute bei ca. 95 Mio. t CO<sub>2</sub>eq. Rund 12 Mio. t CO<sub>2</sub>e. der landwirtschaftlichen THG-Emissionen stammen aus dem Energiepflanzenanbau und dem Anbau und der Produktion tierischer Produkte für den Export. Unsere heutige Ernährung verursacht THG-Emissionen in Höhe von ca. 81 Mio. t CO<sub>2</sub>e in der landwirtschaftlichen Produktion und der Landnutzung. Durch die Umsetzung der gesetzten Ziele Ökolandbau und Moorwiedervernässung sind Einsparungen von bis zu 31 Mio. t CO<sub>2</sub>e. möglich, der größte Anteil kommt dabei aus der Moorwiedervernässung. Die

Wiedervernässung der Moorstandorte ist dabei aber theoretisch nur mit Produktionsverlagerungen möglich, da ein Großteil der Wiederkäuerhaltung auf Moorstandorten stattfindet.

- Allerdings belegen wir durch unsere heutige Ernährung bei Umsetzung der Umweltziele die gesamte inländische Agrarfläche. Andere Flächennutzungen z.B. für den Export, für die Energiepflanzenproduktion oder die Schaffung neuer Kohlenstoffsinken sind bei unserer derzeitigen Ernährungsweise daher kaum mehr möglich.
- Durch eine Änderung unserer heutigen Ernährungsweise nach dem Vorbild der Planetary Health Diet reduzieren wir unseren Flächenverbrauch und wir bekommen neue Gestaltungsspielräume für die Nutzung unserer landwirtschaftlichen Fläche. Gleichzeitig können wir die THG-Emissionen unserer Ernährung auf 23,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e reduzieren, was für die Treibhausgasneutralität entscheidend ist.
- Wenn wir unsere Ernährung ändern, dann können wir die Emissionen unserer Ernährung mehr als halbieren und die Umsetzung der Umweltziele inklusive der Erhöhung der Selbstversorgung sicher gewährleisten. Gleichzeitig stehen bis zu 4,6 Mio. ha Ackerfläche und 1,6 Mio. ha Grünland für andere Nutzungen zur Verfügung.

## 6 Neue Nutzungen der freigewordenen Flächen

Gelingt die Ernährungswende nach dem Vorbild der Planetary Health Diet werden in großem Umfang inländische Agrarflächen verfügbar, die wir alternativ mit einer neuen Nutzung belegen oder aber aus der landwirtschaftlichen Produktion nehmen könnten. Angesichts des aktuellen Spannungsfeldes zwischen Treibhausgasneutralität (mit der Notwendigkeit der Schaffung von zusätzlichen Kohlenstoffsinken) und Ernährungssicherung (Export von Ernährungsgütern) stehen damit zwei konkurrierende Optionen gegenüber, die hier näher betrachtet werden sollen.

Zum jetzigen Zeitpunkt lässt sich nicht vorhersagen, wie sich die produktive Agrarfläche weltweit entwickeln wird und ob es erforderlich sein wird, langfristig auf einem größeren Anteil unserer Agrarfläche die Produktion von globalen Ernährungsgütern zu übernehmen. Klar ist allerdings auch, dass der Beitrag der deutschen Fläche im globalen Maßstab klein ist (unter 1%), auch wenn die Flächenproduktivität hierzulande hoch ist. Auf der anderen Seite ist auch die Entwicklung der Kohlenstoffsinke des Waldes mit hohen Unsicherheiten belastet. Und ob der Ausgleich der Restemissionen durch die Schaffung von natürlichen Senken gelingt, ist ungewiss. Daher werden im Folgenden zwei Varianten aufgezeigt, die für die Diskussionen der zukünftigen Entwicklung des Landwirtschaftssektors zwei entgegengesetzte Richtungen darstellen.

Die durch die Ernährungswende im Sinne der Planetary Health Diet freiwerdenden Flächen bilden die Grundlage für die folgenden zwei Varianten:

1. Klima-Pfad (Kohlenstoffeinbindung durch Wiederaufforstung):  
Alle freiwerdenden Agrarflächen (Acker- und Grünlandflächen), die nicht zur Ernährungssicherung der 83,2 Mio. Einwohner Deutschlands benötigt werden, werden aufgeforstet.
2. Export-Pfad (Produktion von Ernährungsgütern für den Weltmarkt):  
Mit Blick auf die steigende Weltbevölkerung und neue Knappheiten in Folge des Klimawandels ist die Lebensmittelversorgung der Menschen zunächst das vordringliche Ziel der Landwirtschaft. Daher werden alle freiwerdenden Acker- und Grünlandflächen für die Bereitstellung von Lebensmitteln für den Export genutzt. In der Export-Variante wird vorausgesetzt,

dass der Rest der Weltbevölkerung sich ebenfalls nach dem Vorbild der Planetary Health Diet ernährt. Die landwirtschaftliche Flächennutzung für den Export erfolgt dabei nach demselben Muster wie für die inländischen Nachfrage.

## 6.1 Neue Flächennutzungen – Treibhausgase und Produktion

Gemäß dem in Kapitel 4 beschriebenen Vorgehen werden hier die Ergebnisse des 4. Schrittes zu den zuvor dargestellten Ergebnissen aus Kapitel 5 ergänzt. Die Bezugsgröße ist damit wieder die gesamte Agrarfläche und nicht mehr nur der Anteil für die inländische Ernährung.

### 6.1.1 Entwicklung der gesamten Agrarfläche

Wie die frei gewordenen Flächen in Höhe von 6,2 Mio. ha (1,6 Mio. ha Grünland und 4,6 Mio. ha Ackerland) künftig genutzt werden, ist sowohl entscheidend für den Produktionsumfang als auch für die Höhe der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft und ihren Beitrag zur Treibhausgasneutralität.

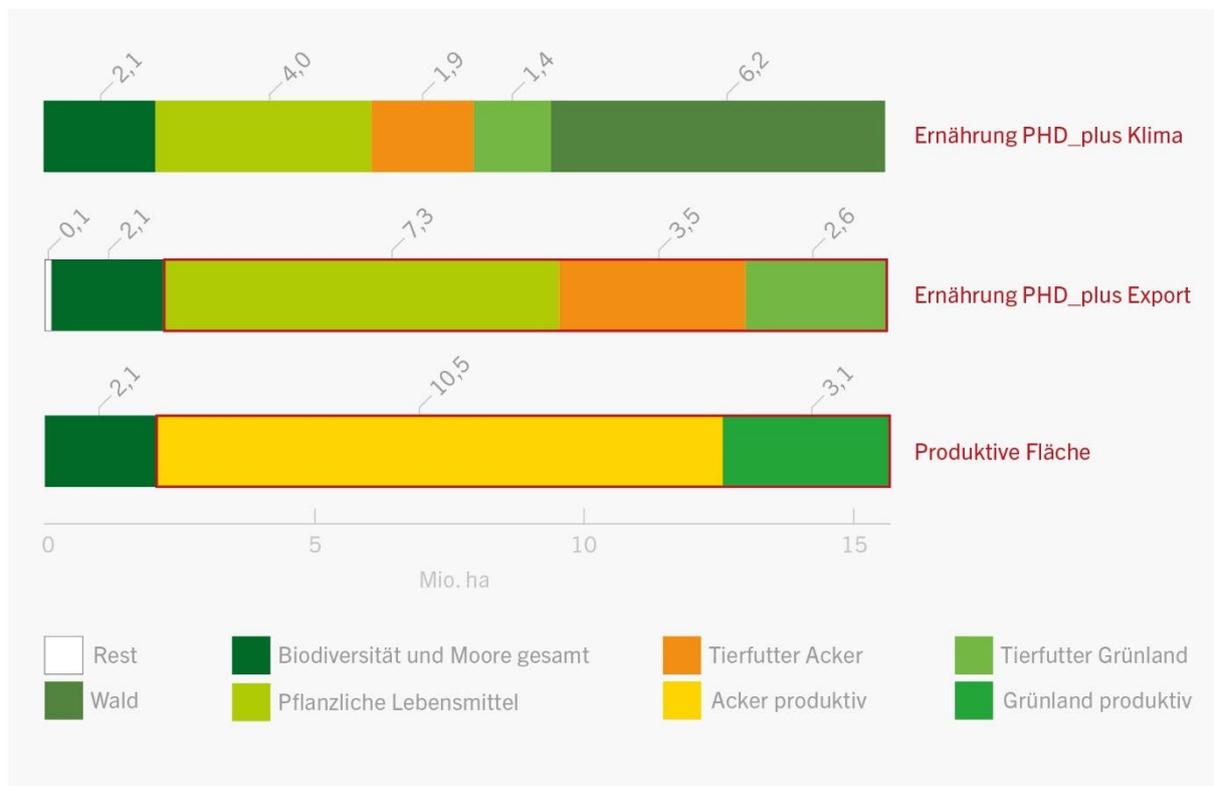
In der Klima-Variante werden die durch die Ernährungsumstellung freiwerdenden Flächen nicht mehr für die landwirtschaftliche Produktion genutzt, sondern aufgeforstet, um eine maximale zusätzliche CO<sub>2</sub>-Bindung, also eine neue Kohlenstoffsенke, zu erreichen. Die landwirtschaftliche Produktion deckt dabei nur die Nachfrage der inländischen Bevölkerung ab. Insgesamt werden 40% der betrachteten Agrarfläche aufgeforstet.

Hingegen wird in der Export-Variante die komplette landwirtschaftliche Nutzfläche so weit wie möglich für die Produktion von Lebensmitteln genutzt. Nur die Moorflächen und die Biodiversitätsflächen stehen dafür nicht mehr zur Verfügung. Damit werden 99,2%<sup>12</sup> der produktiven Agrarfläche belegt. Allerdings wird durch die Beibehaltung des Nachfragemusters nach der Planetary Health Diet für den Export mehr produktives Ackerland und dafür weniger produktives Grünland benötigt, als auf der inländischen Flächenkulisse zur Verfügung steht (siehe Abbildung 6-1). In Summe (Ackerland plus Grünland) passt die Nachfrage nach produktiver Fläche jedoch zum inländischen Flächenangebot.

---

<sup>12</sup> Die restlichen 0,8% der produktiven Fläche bleiben frei und werden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

**Abbildung 6-1: Verfügbare produktive Anbaufläche und deren Inanspruchnahme in den beiden Varianten Klima und Export**

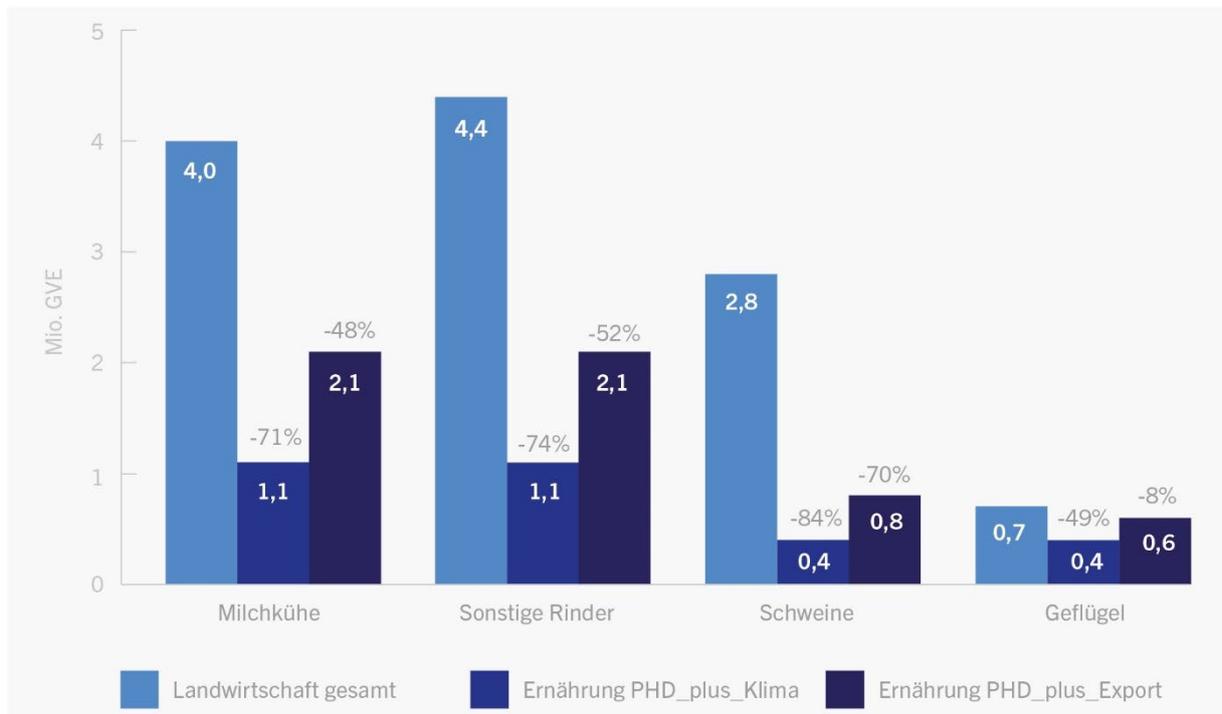


Anmerkung: Die produktive Fläche ist hier der gesamte in dieser Studie betrachtete Flächenumfang von 15,6 Mio. ha (vergleiche Kapitel 5.1) abzüglich der Flächen für Biodiversität und Moorvernässung. Die einzelnen Flächenangaben sind auf eine Nachkommstelle gerundet. Daher entstehen bei der Aufsummierung der einzelnen Flächen teilweise Abweichungen.  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Destatis 2021 und LiSE-Modell

### 6.1.2 Produktion auf der gesamten Agrarfläche

Während die Produktion in der Variante Ernährung PHD\_plus-Klima den unter Kapitel 5 dargestellten Entwicklungen für die Umsetzung der Planetary Health Diet entspricht, liegt die landwirtschaftliche Produktion in der Variante Ernährung PHD\_plus-Export wieder etwas höher: Im Vergleich zu heute halbieren sich die Rinderbestände nur noch, während die Geflügelbestände sogar fast auf heutigem Niveau bleiben. Nur bei den Schweinebeständen sind Rückgänge von 70% zu verzeichnen (siehe Abbildung 6-2). Insgesamt halbiert sich der Tierbestand gegenüber heute in der Export-Variante, während er in der Klima-Variante um drei Viertel reduziert wird.

**Abbildung 6-2: Entwicklung der Tierbestände in den Varianten Klima und Export gegenüber heute**



Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis UBA 2022b, BLE 2021 a,b, Willet et al. 2019 und LiSE Modell

Während die Produktionsmengen in beiden Varianten gegenüber heute vor allem für tierische Produkte sinken, steigen in der Export-Variante die Exporte von tierischen Produkten an. Dabei werden in der Export-Variante mehr Fleisch- und Milchprodukte exportiert als heute. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch bei der Getreideproduktion. Gegenüber heute sinkt die Getreideproduktion um ca. 12 Mio. t, das entspricht einem Rückgang von ca. 27%. Gleichzeitig können aber die absoluten Exportmengen gesteigert werden. Durch den rückläufigen Futterbedarf an Getreide steigt das Exportvolumen für Getreide um 7,2 Mio. t ggü. heute an. (siehe Tabelle 6-1).

**Tabelle 6-1: Produktionsmenge für ausgewählte Produkte in den Varianten Klima und Export**

	Landwirtschaft gesamt		Ernährung PHD_plus und Ernährung PHD_plus-Klima		Ernährung PHD_plus-Export	
	Produktion	Export	Produktion	Export	Produktion	Export
Getreide in Mio. t FM	44,3	1,6	17,7	0	32,2	8,8
Milch in Mrd. Liter	33,1	4,7	7,9	0	14,5	6,5
Fleisch in Mio. t SG	8,6	1,5	2,0	0	3,6	1,6

Produktion = inländische Produktion (auch Netto-Produktion)

Abkürzungen: FM = Frischmasse, SG = Schlachtgewicht

Export als Bilanz abzüglich Importe

Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis Versorgungsbilanzen BLE (2021a, 2021b, 2021c)

### 6.1.3 Resultierende Treibhausgase in der Landwirtschaft

Durch die Änderung der Produktion bei beiden Varianten verändern sich auch die THG-Emissionen. In der Klima-Variante (=entspricht Ernährung PHD\_plus, 23,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e - siehe auch Kapitel 5.2.3) können die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion und der Nutzung der Moorböden durch den Aufbau einer Kohlenstoffsенke fast komplett kompensiert werden.. Auf den Flächen, die nicht für die inländische Ernährung genutzt werden, erfolgt dabei durch Wiederaufforstung die Umwandlung der Agrarflächen in Waldfläche. Durch die Nutzungsänderung würde im Zeitraum der nächsten 23 Jahre die Kohlenstoffsенke schrittweise aufgebaut und im Jahr 2045 würde die neu geschaffene Kohlenstoffsенke 20,4 Mio. t CO<sub>2</sub> erreichen (siehe Tabelle 6-2). Damit können die verbliebenen Restemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion in Höhe von 23,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e. fast komplett ausgeglichen werden. Der THG-Saldo Landwirtschaft liegt nach der Anrechnung der neu geschaffenen Senke bei 2,7 Mio. t CO<sub>2</sub>e (siehe Abbildung 6-3).

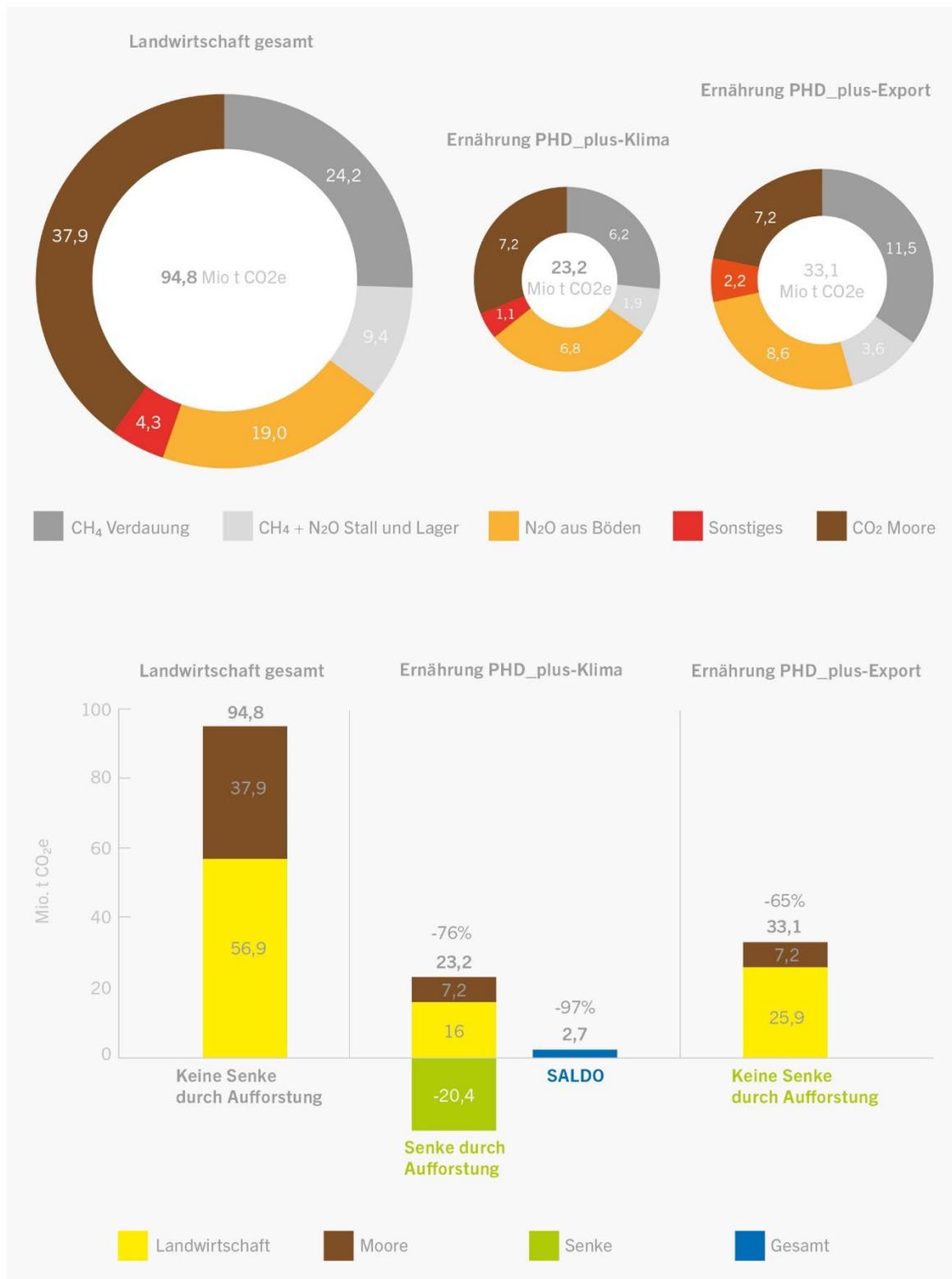
**Tabelle 6-2: Jährliche Kohlenstoffsenke aus der Aufforstung von Ackerland und Grünland**

	2025	2030	2035	2040	2045
	Mio t. CO <sub>2</sub> /a				
Ackerland	0,28	2,3	6,2	12,1	16,7
Grünland	0,07	0,5	1,4	2,7	3,7
Gesamt	0,3	2,8	7,6	14,9	20,4

Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnungen auf Basis von WBAEV & WBW 2016, Paul et al. 2009

Wird die freiwerdende Fläche dagegen für die Produktion landwirtschaftlicher Güter für den Export genutzt, steigen die THG-Emissionen von 23,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e wieder auf 33,1 Mio. t CO<sub>2</sub>e. an (siehe Abbildung 6-3). Gegenüber heute sinken die THG-Emissionen durch die Umsetzung der Umweltziele wie der Moorwiedervernässung und eine Änderung unserer Ernährung um 65%. Die direkten Emissionen aus der Tierhaltung (CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus Verdauung und Wirtschaftsdünger) sinken in der Export-Variante von heute 33,6 um 19 Mio. t CO<sub>2</sub>e auf 15,1 Mio. t CO<sub>2</sub>e. Neben dem Rückgang der Emissionen aus der Tierhaltung sinken auch die Lachgasemissionen aus den Böden. Durch die geänderte Nachfrage nach Tierfutter, aber auch durch die Ausweitung des Leguminosenanbaus, der keinen zusätzlichen Stickstoffinput benötigt, geht der Einsatz des Stickstoffdüngers zurück. In der Folge können die Lachgasemissionen aus den Böden um 10 Mio. t CO<sub>2</sub>e von heute 19,0 Mio. t auf 8,6 Mio. t CO<sub>2</sub> reduziert werden, auch wenn weiterhin die gesamte Fläche (mit Ausnahme der Moor- und der Biodiversitätsflächen) in der Produktion bleibt.

**Abbildung 6-3: THG-Emissionen aus der Landwirtschaft heute im Vergleich zur geänderten Ernährung (Varianten Klima und Export)**



Anmerkung: Die Emissionen beziehen sich hier auf die Bewirtschaftung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, es wird also auch der Teil einbezogen, der über die Ernährung hinaus benötigt wird. Im Fall von PHD-Klima wird letzterer aufgeforstet.  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnung auf Basis UBA 2022b, FNR 2021, Destatis 2021, Willet et al. 2019 und LiSE Modell

### 6.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit zur Landwirtschaft

Durch die Planetary Health Diet sinkt der inländische Flächenverbrauch unserer Ernährung gegenüber der Variante Ernährung heute\_plus um 46%. Die frei gewordene Fläche wird in den untersuchten Varianten entweder zur Schaffung neuer Kohlenstoffsinken durch Aufforstung genutzt oder es werden Lebensmittel für das Ausland produziert. Auf der Fläche, die durch die angenommene Ernährungsänderung zur Verfügung steht, können knapp 70 Mio. weitere Menschen versorgt werden, wenn diese sich ebenfalls nach dem Vorbild der Planetary Health Diet ernähren (siehe Tabelle 6-3). Alternativ könnte eine zusätzliche Senke in Höhe von ca. 20,4 Mio. t CO<sub>2</sub> innerhalb der nächsten 23 Jahre geschaffen werden.

**Tabelle 6-3: Flächenbedarf und Ernährung im Inland in den Varianten Klima und Export**

	Flächenbedarf (nur produktive Fläche)	Für Ernährung verwendete produktive Fläche	Ernährte Personen
	m <sup>2</sup> pro Person (inländisch)	Mio ha (inländisch)	Mio
Ernährung heute_plus	Ackerland: 1.097 Grünland: 522 Gesamt: 1.619	Gesamt: 13,6	83,2
Ernährung PHD_plus-Klima	Ackerland: 710 Grünland: 172 Gesamt: 882	Gesamt: 7,3	83,2
Ernährung PHD_plus_Export		Gesamt: 13,6	152,4

Anmerkung: Die Tabelle beinhaltet nicht die Flächen, die zusätzlich im Ausland benötigt werden, wie z.B. Nüsse und Ölf Früchte. Für die Ernährung der angegebenen Personenzahl kommen also zusätzlich noch die Flächen im Ausland hinzu.  
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis LiSE-Modell

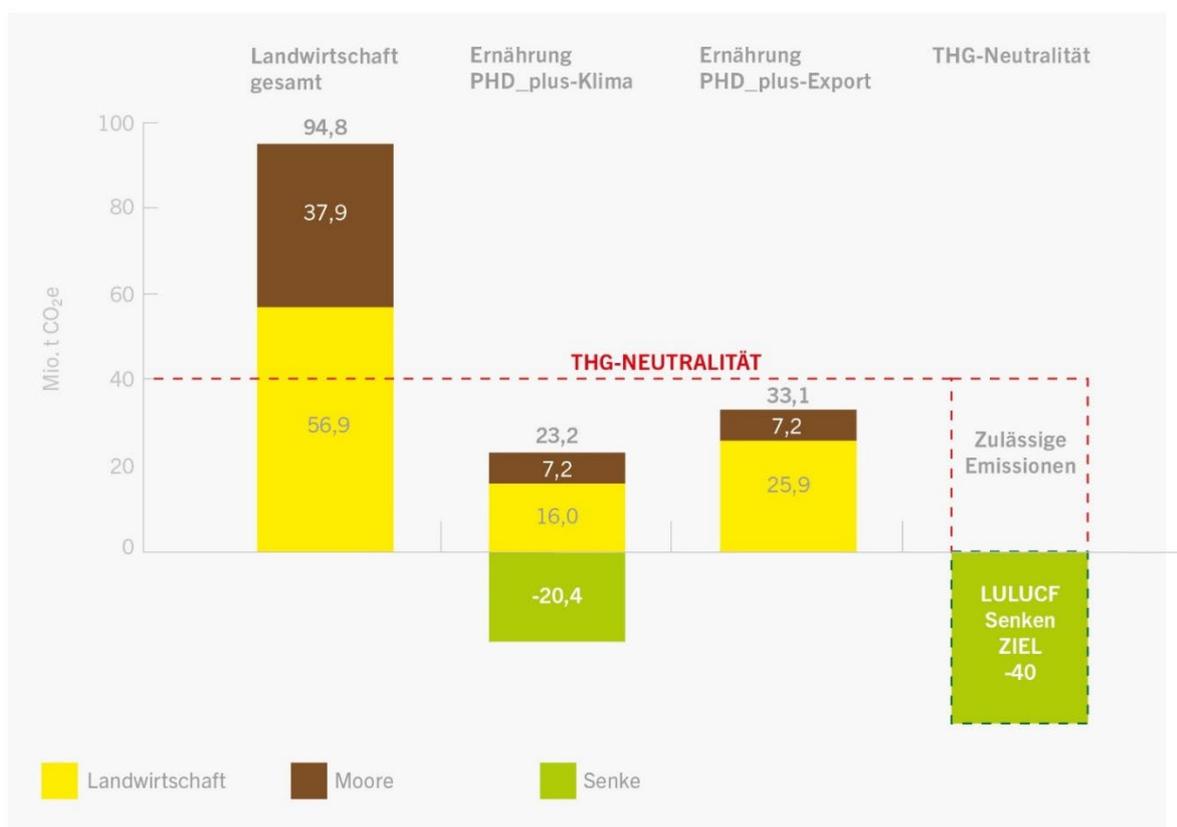
Ordnet man die Ergebnisse der Analysen in das Ziel der Treibhausgasneutralität ein, dann können folgenden Punkte festgehalten werden:

- Die derzeitigen THG-Emissionen aus dem Landwirtschaftssektor sind zu hoch, um Treibhausgasneutralität zu gewährleisten. Dafür müssen die Restemissionen durch negative Emissionen ausgeglichen werden. Die Senke des LULUCF-Sektors soll bis 2045 40 Mio. t erreichen, so lautet das Sektorziel aus dem Klimaschutz. Die hier ermittelten THG-Emissionen für die derzeitige Ernährung übersteigen diese noch wegen der hohen Emissionen aus der Tierhaltung. Auch wenn hier noch zu einem gewissen Teil technische Minderungen erreicht werden, fehlt insgesamt der nötige Spielraum für den Ausgleich von Restemissionen aus anderen Sektoren. Die Umstellung unserer Ernährung wird daher zum Dreh- und Angelpunkt für die weitere Reduktion der Emissionen.
- Gelingt es, unsere Ernährung auf eine fleisch- und milchärmere Ernährung umzustellen, wie es die Planetary Health Diet vorsieht, sinken die Gesamtemissionen auf rund 23 Mio. t CO<sub>2</sub>e (siehe Abbildung 6-4). Wird die freie Fläche für eine Wiederbewaldung genutzt, könnte fast die gleiche Menge an ausgestoßenen Treibhausgasen durch die Schaffung einer neuen Kohlenstoffsinke gespeichert werden. Die Schaffung weiterer Senken wird relevant, wenn die

Waldsenke auf Grund von zunehmendem Klimawandel weiter in Gefahr gerät<sup>13</sup>. Dann könnte das LULUCF Ziel nur durch die Schaffung zusätzlicher Senke auf der Agrarfläche erreicht werden.

- Bleibt die Waldsenke stabil und wird keine zusätzliche Fläche für die Schaffung neuer Kohlenstoffsenken benötigt, ist das Ziel der Treibhausgasneutralität auch bei Wiederbelegung der freiwerdenden Fläche mit Exportgütern erreichbar. Die gesamten Emissionen der Landwirtschaft inklusive der verbleibenden Restemissionen aus der Nutzung von Moorstandorten in Höhe von ca. 33 Mio. t CO<sub>2</sub>e könnten durch die Aufrechterhaltung unserer heutigen Waldsenke ausgeglichen werden. Für den Ausgleich der Restemissionen der anderen Sektoren (vor allem der Industrie) würden noch 7 Mio. t CO<sub>2</sub> aus den natürlichen Senken zur Verfügung stehen. Weitere Emissionen müssten durch die Schaffung von negativen Emissionen durch technische Senken ausgeglichen werden.

**Abbildung 6-4: Emissionen der Landwirtschaft und Treibhausgasneutralität**



Anmerkung: Das LULUCF Senken-Ziel entspricht dem Saldo der THG-Emissionen aus Mooren etc. und der Waldsenke. Damit verbleiben nur die THG-Emissionen des Landwirtschaftssektors (gelb) als Restemissionen, wenn das LULUCF-Ziel erfüllt wird.  
 Quelle: Öko-Institut, eigene Berechnung auf Basis UBA 2022b, FNR 2021, Destatis 2021, Willet et al. 2019, Bundesregierung 2019a und LiSE Modell

<sup>13</sup> Die Frage der Treibhausgasneutralität hängt stark von der Höhe der Restemissionen aus der Landwirtschaft ab. Je höher diese sind, desto höher ist der notwendige Ausgleich mit negativen Emissionen. Dieser Ausgleich soll in Deutschland maßgeblich durch den Wald erfolgen, der in Deutschland der wichtigste natürliche Kohlenstoffspeicher ist. Doch die Entwicklung der Waldsenke ist mit hohen Unsicherheiten behaftet. Auf Grund der Bestandstruktur unseres Waldes rechnet man eher mit einer Abnahme als mit einer Zunahme der Waldsenke von heute -46 Mio. t CO<sub>2</sub>e (UBA, 2022a). Die Unsicherheiten sind allerdings groß und stark von der zukünftigen klimatischen Entwicklung abhängig. Erste grobe Abschätzungen (Öko-Institut e.V., 2021) zeigen eine Spannbreite für die CO<sub>2</sub> Speicherung des Waldes zwischen -10 Mio. t CO<sub>2</sub> und knapp - 50 Mio. t CO<sub>2</sub> für die Zukunft.

## 6.2 Weitere Optionen für die Flächennutzung mit Synergien für die Umweltziele

### 6.2.1 Überlegungen zur Grünlandnutzung

Im Vergleich zur Ackernutzung ist die landwirtschaftliche Grünlandnutzung ohne Wiederkäuer bislang eine Herausforderung. Werden diese – wie im Falle der Planetary Health Diet - weniger, bestehen grundsätzlich verschiedene Zukunftsoptionen für das Grünland:

1. Extensivierung: Durch eine Extensivierung der Produktion mit einem höheren Anteil an Öko-Tieren und der Umstellung auf eine grünlandbasierte Fütterung wird eine höhere Grünlandfläche benötigt. Diese Option wurde im Rahmen der Studie berücksichtigt.
2. Nutzungsaufgabe als produktives Grünland: Erhalt durch Landschaftspflege, Sukzession oder Aufforstung. In der beschriebenen Klima-Variante wurde die Option der Aufforstung nicht benötigter Grünlandflächen berücksichtigt.
3. Nutzungen des Grünlands durch andere Tierarten, die nicht zu den Wiederkäuern zählen (beispielsweise Geflügel/Vogelstraße, Kaninchen/Hasen oder Pferde/Esel).
4. Energetische Nutzung in Biogasanlagen oder zur Rohstoffherzeugung in Grasraffinerien. Die Nutzung von Gras in Biogasanlagen hängt zukünftig stark von diversen Faktoren ab (Biomasseangebot, das gleichzeitige Vorhandensein von Gülle und Gras und/oder von energiereichen Ko-substraten, Abnehmer von Biogas bzw. KWK-Wärme und der realisierbare Preis der Bereitstellung).

Auch wenn die zwei letztgenannten alternativen Nutzungsmöglichkeiten von Gras seit Jahren ein sehr interessantes Forschungsfeld darstellen, liegen diese außerhalb des Fokus dieser Studie und wurden nicht betrachtet.

Interessant bleibt aber auch die Diskussion um Umfang und Intensität der Grünlandnutzung durch die Wiederkäuer. Nach den Berechnungen der Studie bleibt bei der Umsetzung der Planetary Health Diet gut die Hälfte des produktiven Grünlands ungenutzt. Die Nutzungsaufgabe von einem Großteil des produktiven Grünlands bei gleichzeitiger Steigerung der Importflächen vor allem durch den Nussanbau ist in Frage zu stellen. Der große Vorteil der Wiederkäuer ist die Verwertung von Grünland, was ohne diese Veredelung für die menschliche Ernährung kaum nutzbar ist. Daher steht auch die Anpassung der Höhe des Wiederkäuerbestandes an die Dauergrünlandkulisse als Möglichkeit im Raum. Damit wäre eine höhere Milch- und Rindfleischproduktion möglich, allerdings würden die THG-Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion weiter ansteigen. Die zusätzlichen Milch- und Rindfleischmengen könnten entweder in den Export gehen, oder im Inland konsumiert werden. Inwieweit der Ersatz von Nüssen durch Milch- und Rindfleisch ernährungsphysiologisch möglich ist, müsste geprüft werden. Die in der Planetary Health Diet ausgewiesenen Spannweiten (siehe Tabelle 3-1) für die einzelnen Produktgruppen bieten allerdings die Möglichkeit den Milch- und Rindfleischkonsum zu verdoppeln und den Nusskonsum zu halbieren.

### 6.2.2 Ansätze für eine optimierte Flächennutzung

Neben der betrachteten Maßnahme einer veränderten Ernährungsweise für mehr Klimagerechtigkeit gibt es diverse weitere technologische und agrarökologische Ansätze, um den Restriktionen in Bezug auf die landwirtschaftliche Nutzfläche sowie dem Klimaschutz und Klimawandel zu begegnen. Im Zusammenhang mit dem stärkeren Fokus auf Bioökonomie durch die EU wie den Bund entstehen

weitere Geschäftsmodelle, die sich noch in der Entwicklung und im fortlaufenden Bewertungsprozess befinden. Dabei handelt es sich insbesondere um hybride bzw. gleichzeitige Flächennutzungen. Hierzu zählen traditionelle Verfahren wie Streuobstwiesen und Mischkulturen genauso wie die parallele Stromerzeugung auf Agrarflächen. Von besonderer Bedeutung aus der Perspektive des Klimaschutzes ist die Nutzung von wiedervernässten Flächen in Mooregebieten für Photovoltaik-Anlagen, wie es auch im Eckpunktepapier (BMWK, 2022) betont wurde und wofür die EEG-Förderung geöffnet wurde. Eine weitere Möglichkeit der Nutzung von Moorflächen sind sogenannte Paludikulturen<sup>14</sup>, bei denen beispielsweise Schilf oder Torfersatzsubstrate abgebaut werden kann als Zusatzeffekt zum Klimaschutz.

Um auf Acker- und Grünlandflächen ökologisch nachhaltiger zu wirtschaften, gibt es ebenfalls eine wachsende Anzahl von Möglichkeiten. Agroforstsysteme, die inzwischen förderfähig sind, kombinieren Gehölze auf den Flächen und bieten Erosionsschutz und Windschutz für das Ackerland und können eine Entlastung für Wald- oder Obstbauflächen bieten. Der Zwischenfruchtanbau wurde durch die Greening-Anforderungen der EU gestärkt und bietet weiteres Potenzial für Leguminosen, Gräser, Kreuzblütler etc. und verbessert dabei Erosionsschutz, Humusaufbau und Biodiversität der Böden (BLE, 2018). Auch Mischkulturen auf einem Acker bieten einer globalen Metastudie zufolge Chancen (Li et al., 2020). Die Veränderung der klimatischen Bedingungen könnte regional für deutsche Agrarbetriebe sogar die Chance auf mehrere Ernten pro Jahr erhöhen (Flaig & Mastel, 2012) und den Zweitfruchtanbau ausweiten.

Darüber hinaus wird die Fläche zur Lebensmittelproduktion auch in städtischen Gebieten punktuell erweitert durch Projekte wie Stadtgärten, Anbau von Kräutern und Gemüse auf Dächern (Urban Farming) oder in nach oben gestreckten Gewächshäusern direkt in Restaurants oder Supermärkten (Vertical Farming) oder die Nutzung von Synergien bei der industriellen Aufzucht durch sogenannte Aquaponik. Inwiefern, in Abwägung zum hohen Energieeinsatz von Vertical Farming, ökologischer Fortschritt erzielt werden kann, ist jedoch noch offen. Der Erfolg ist an die weitere Entwicklung dieser Start-Ups (UBA, 2020b) und die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Quellen geknüpft.

Einen groben Überblick über die Optionen und ihre Vor- und Nachteile gibt Tabelle 6-4.

---

<sup>14</sup> Paludikultur ist die land- und forstwirtschaftliche Nutzung nasser Hoch- und Niedermoore

**Tabelle 6-4: Überblick über effiziente Verfahren der landwirtschaftlichen Flächennutzung mit positivem Klimabeitrag**

Nutzungsform	Vorteile	Nachteile
Agri-PV	Doppelnutzung Energieerzeugung; Fläche bleibt weiterhin GAP förderfähig wenn PV auf <15% der Fläche etabliert wird; Diversifizierung des Einkommens	Nahrungskonkurrenz, Investitionskosten, eingeschränkte Lichtverfügbarkeit
Moor-PV	Doppelnutzung Energieerzeugung, EEG förderfähig; Erhalt von Einkommen auf der Fläche, Motivation zur Stilllegung von landwirtschaftlich genutzten Moorflächen	Eingeschränkte Lichtverfügbarkeit für geschlossene Vegetationsdecke schwierig, Praktikabilität noch offen (Herausforderung Wasserbeständigkeit etc.); Naturschutzkonflikte
Agroforst	Doppelnutzung Ackerfrüchte und Baumkulturen für Obstanbau oder stoffliche/energetische Biomasse; Bodenerosionsschutz; Humussteigerung; Biodiversitätssteigerung; CO <sub>2</sub> -Speicherung; Einkommensdiversifizierung durch Erweiterung der Produktpalette	Etablierungskosten, Langfristige Bindung der Fläche, Konkurrenz um Wasser, Licht und Nährstoffe möglich
Paludikulturen	Doppelnutzung zur CO <sub>2</sub> -Speicherung, sehr hoher Klimaschutz ohne Stilllegung, Naturschutz, Biodiversitätssteigerung, Wasserschutz; Erweiterung der Produktpalette	Hohe Investitionskosten für Etablierung und Technik, fehlende Nachfrage der Produkte und dadurch fehlender finanz. Anreiz zur Umstellung; ordnungsrechtliche Fragen
Permakultur	Nachhaltiges Konzept, v.a. im Obst- und Gemüsebau, mit optimaler Flächennutzung, eng durchmischte Kulturen und damit viele verschiedene Mikroklimata	Hohe Arbeitsintensität durch fehlende Mechanisierung, fehlende Erfahrungen für große Betriebe (> 100 Hektar)
Zweifruktanbau	Effizientere Nutzung; Bodenbedeckung ganzjährig; zwei Ernten im Jahr	Höherer Wasser- und Düngerbedarf; intensivere Nutzung nachteilig für Boden; nur bestimmte Kombinationen möglich
Zwischenfructanbau	Bodenerosionsschutz; Humusaufbau; Erweiterung der Produktpalette; Erhöhung der Artenvielfalt;	Kenntnis zu geeigneten Sorten; ggf. höherer Aufwand
Aquaponik	Doppelnutzung im System; CO <sub>2</sub> Umsetzung (nahezu emissionsfrei), geringere Nitratbelastung	Keine tiergerechte Fischeaufzucht; begrenzte Auswahl von geeigneten Kulturen
Urban Farming	Keine Flächenkonkurrenz; Förderung Bezug zu Lebensmitteln; Verbesserung Stadtbild; kurze Transportwege	Geringer Einfluss, eher Stadtmarketing als Nahrungsmittelproduktion
Vertical Farming	Keine Flächenkonkurrenz; geringe Transportwege	Hoher Energiebedarf; hohe Investition in Technologie

Quellen: Eigene Sammlung, BMWK (2022), Greifswald Moor Centrum (2022), BLE (2021d), DEHSt (2022), ISIP (2022), BMBF (2018), BLE (2022)

## 7 Ansatzpunkte und Fragestellungen

### 7.1 Ansatzpunkte zur Reduktion des Konsums tierischer Produkte und zum Umbau der Tierhaltung

Eine Ernährungsänderung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet ist mit einer drastischen Reduktion an tierischen Produkten verbunden. Diese Umstellung muss angereizt und unterstützt werden. Dabei hilft, dass bereits heute aus verschiedenen Gründen die Nachfrage nach Fleischprodukten, insbesondere nach Schweinefleisch, zurückgeht. Dieser Trend wird anhalten und sich vermutlich sogar verstärken, denn gesundheitliche und ethische Aspekte nehmen eine zunehmende Rolle beim Ernährungsverhalten ein. Zusätzlich könnten Lebensmittel aus der Tierhaltung überproportional teuer werden:

- a) Der Umbau der Tierhaltung hin zu tierwohlverträglichen Systemen kostet Geld, das indirekt über höhere Verbraucherpreise, über eine Fleischabgabe oder eine Anpassung der Mehrwertsteuer auf Fleisch/Milchprodukte getragen werden muss.
- b) Durch insgesamt höhere Haltungsanforderungen, weitere Umweltschutzauflagen und hohe Energie- und Futtermittelpreise steigen die Preise für tierische Produkte stärker als für pflanzliche Lebensmittel.
- c) In Zukunft ist zu erwarten, dass auch Teile der Landwirtschaft stärker in den Emissionshandel bzw. eine THG-Bepreisung einbezogen werden oder zumindest klimarelevante Inputs berücksichtigt werden, so dass auch hierdurch die Erzeugungskosten in der tierischen Produktion überproportional ansteigen werden.

Neben dem Preis sind technologische Neuentwicklungen ausschlaggebend für die Verdrängung tierischer Lebensmittel vom Speiseplan: In den vergangenen Jahren sind auf Basis von günstig verfügbaren pflanzlichen Rohstoffen Fleischersatzprodukte entwickelt worden, die geschmacklich, eine immer stärkere Konkurrenz zu tierischen Produkten darstellen, was sich in steigenden Absatzzahlen dieser Produkte widerspiegelt (Jetzke et al. 2019). Mit steigenden Produktionsmengen sind langfristig auch Preiseffekte zu erwarten und damit kostengünstigere Angebote. Gerade für Personengruppen, die ihre Ernährungsgewohnheiten ansonsten nicht umstellen wollen, könnten diese „neuen“ Produkte einen steigenden Anteil ihres Essens ausmachen. Die Entwicklung weiterer Fleisch- bzw. Proteinalternativen über Biomasse-Fermentation sowie Zellkultivierung ist noch am Anfang, sollte aber in ihrer Bedeutung angesichts der Protagonisten aus der Lebensmittelwirtschaft und den hohen Investitionen, die in diesem Sektor erfolgen, nicht unterschätzt werden. Wann und in welchem Umfang diese auf den Markt kommen und einen relevanten Anteil ausmachen werden, ist aber derzeit kaum realistisch abschätzbar.

Um den Abbau der Tierhaltung und die notwendige Transformation der Ernährung zu erreichen, sollte die Politik zukünftig stärker gestaltend wirken. Wichtige Ansatzpunkte sind dabei:

- Progressive Zielvorgaben und Ernährungsempfehlungen, die im Einklang mit den Umwelt- und Klimazielen stehen.
- Eine intensivere Aufklärung der Verbraucher:innen und verbesserte Lebensmittelkennzeichnung in Bezug auf Tierwohl, Klima und die Gesundheit.
- Die Unterstützung und Förderung der Erforschung und Erzeugung alternativer Protein-Produkte.

- Die Reform der Lebensmittelbesteuerung, so dass klimaschädliche Lebensmittel mit einem vollen Mehrwertsteuersatz belegt werden, klimafreundliche gesunde Produkte dafür günstiger werden.
- Die Einführung einer Fleischabgabe zur Finanzierung des Umbaus der Tierhaltung.
- Die Verschärfung der Anforderungen an die Nutztierhaltung, damit für alle Nutztiere ein Leben im Sinne des Tierschutzgesetzes möglich ist.
- Konkrete Ziele für den Abbau der Tierhaltung benennen (siehe Niederlande) und durch gezielte Maßnahmen begleiten (z.B. Herauskaufen der Tierhaltung von Moorstandorten und in Intensivregionen); Stallumbau nur für bestimmte Ziel-Betriebe fördern.
- Die aktive Förderung des Anbaus von Hülsenfrüchten, Obst, Gemüse und Nüssen, um das regionale Angebot dieser Lebensmittel auszubauen und Einkommensmöglichkeiten im Bereich des Pflanzenbaus zu erweitern.

Zentral ist in jedem Fall zunächst die Feststellung von Regionen, in denen ein erhöhter Handlungsbedarf vorliegt. Da viele landwirtschaftliche Betriebe durch die Extremwetterereignisse und Preisschwankungen der vergangenen Jahre stark belastet wurden, ist ein verlässlicher Planungshorizont im Dialog mit der Branche essenziell. Für die Betriebe muss die Transformation auch finanziell interessanter werden als die Fortsetzung des umweltschädlicheren Status-quo. Entsprechende Veränderungen der bestehenden Fördersysteme sind nötig.

## 7.2 Forschungsfragen

Manche zuvor genannten Ansatzpunkte für Maßnahmen sind noch mit einer Reihe ungeklärter Fragen verbunden. Für folgende Punkt besteht daher ein kurzfristiger Forschungs- und Klärungsbedarf:

- Welche regionalen Lösungen könnte es angesichts räumlicher Cluster der Nutzungen geben (insbes. Milchhaltung auf Moorstandorten, Veredelungszentren)? Wie kann der Abbau der Tierhaltung sozial abgefedert werden? Welche Entwicklungsmöglichkeiten haben welche Betriebstypen und Regionen?
- Neben den landwirtschaftlichen Betrieben müssen sich auch der Handel und die Verarbeitung strukturell verändern. Welche Infrastruktur wird für diese Ernährungswende benötigt? Welche wird nicht mehr benötigt und gibt es Möglichkeiten zur Umnutzung (z.B. Verarbeitung Hülsenfrüchte, Nüsse, tierische Produkte)?
- Wie können arbeitsintensivere Kulturen bei Obst, Nüssen und Gemüse in einem Hochlohnland wie Deutschland unter Wahrung der sozialen Arbeitsbedingungen angebaut werden? Die bereits heute schwierige Personalsituation bei Spargel, Erdbeeren und Co zeigt, dass hier arbeitspolitisches Handeln notwendig ist. Und welche Rolle können die Digitalisierung und Robotik dabei spielen, in welcher Zeit sind diese zu vernünftigen Preisen auf den Markt zu bringen?
- Für welche dieser Kulturen liegen in Deutschland die notwendigen Anbaubedingungen vor, was lässt sich wirtschaftlich realisieren? Welchen zeitlichen Vorlauf benötigen zum Beispiel die Etablierung von Baumkulturen, bis diese volle Ernten erbringen?

- Durch eine Zunahme des Unter-Glasanbaus kann das Gemüseangebot außerhalb der Saison gesteigert werden. Dafür könnte die Ausweisung von Vorranggebieten (vergleichbar mit dem Vorgehen Windkraftfelder) eine Anleitung geben. Für die Ausweisung von Flächen sind geeignete Bewertungskriterien für die Bewertung des Nutzens und die Schutzgüterabwägung nötig, z.B. das Vorhandensein von Abwärmepotenzialen für die Beheizung, Lage zu Schutzgebieten für Arten, Wasser, Wasserverfügbarkeit etc.). Ebenso sollten Kriterien für die Ausführung von Anlagen und die spätere Bewirtschaftung gesetzt werden (Energiestandards, ressourcenschonende Bewässerung, Einbezug von Agri-PV etc.). Welche Möglichkeiten und Potenziale bestehen, um die Produkte auch nah an Absatzorten in Städten erzeugen zu können?
- Wie ist THG-Bilanz für verschiedene tierische Fette aus der Grünlandfütterung gegenüber dem gestiegenen Nussbedarf zu bewerten? Hierbei sollten sowohl verschiedene Tierarten (z.B. Wiederkäuer, Strauße, Kaninchen) als auch Anbaukulturen verglichen werden.
- Welcher Wiederkäuerbestand bzw. welche Milch- und Rindfleischproduktion ist auf der inländischen Grünlandfläche bei Grünland- und Reststoffbasierter Fütterung möglich?
- Welche Rolle spielt die Verringerung der Lebensmittelabfälle und Verluste für die Flächenbelegung und die THG-Emissionen?
- Wie könnte ein Emissionshandel für die Landwirtschaft aussehen? Für die weitere Ausarbeitung eines Konzeptes könnten z.B. die THG-Emissionen pro Hektar herangezogen werden: Dabei sollten Minimalemissionen für unsere Ernährung ausgenommen bleiben. Das Minimum für die Emissionen aus der Ernährung könnte durch die Planetary Health Diet repräsentiert sein. Nach diesen Berechnungen wären das 2,5 t CO<sub>2</sub>e/ha.

## 8 Schlussfolgerungen

Die globale fruchtbare Ackerfläche ist begrenzt. Und auch in Deutschland konkurrieren mittlerweile verschiedene Nutzungen um die knappe Ressource Land. Auch wenn die Herstellung von Lebensmitteln immer als die wichtigste Aufgabe der Landwirtschaft genannt wird, stehen bei genauerem Hinsehen der Erhalt und die Förderung von Biodiversität sowie der Klimaschutz auf der Agrarfläche (Bildung von Kohlenstoffsinken und Moorvernässung) der Sicherung der Ernährung in nichts nach. Diese auch als Trilemma beschriebene Situation (WBGU 2020) zwingt uns dazu, unsere Ernährungsweise wie auch unseren Bedarf an biogenen Ressourcen grundlegend in Frage zu stellen, da nur in diesen beiden Größen die Stellschrauben zur Lösung liegen, wenn die Grenzen der Belastbarkeit des Planeten mit Blick auf Biodiversität und das Klima bereits als überschritten bewertet werden.

Ein Großteil der Agrarflächen in Deutschland wird für die Erzeugung von Futtermitteln und Bioenergie genutzt. Gleichzeitig zeigt diese Studie, dass sich über 80% der landwirtschaftlich bedingten Emissionen auf die Tierhaltung zurückführen lassen. Die vorliegende Analyse reiht sich in eine mittlerweile große Zahl weiterer Studien ein, die belegt, dass die Ernährungs- und Konsummuster in hoch entwickelten Ländern unvereinbar mit den Zielen des Klimaschutzes sind (Springmann et al., 2020).

So werden entgegen den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung etwa doppelt so viel Lebensmittel tierischer Herkunft konsumiert, wie es aus gesundheitlicher Sicht sinnvoll wäre.

Selbst die Realisierung der hier vorgestellten Umwelt- und Versorgungsziele wäre ohne Veränderung der Ernährungsgewohnheiten mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden, die den voraussichtlichen Umfang der natürlichen Senken immer noch übersteigt. Weitere Minderungen durch technische Maßnahmen wurden hier nicht berücksichtigt. Diese würden immense Anstrengungen und Investitionen erfordern und gemeinsam mit dem notwendigen Umbau für das Tierwohl zu einer überproportionalen Preissteigerung tierischer Produkte führen.

Trotz aller genannten Bemühungen wäre die gesamte für die Produktion verfügbare Fläche der Landwirtschaft dann für unsere Ernährung belegt. Flächenspielräume können in gewissem Maße durch innovative und effiziente Verfahren der Flächennutzung gewonnen werden. Derartige Konzepte wie Aquaponik, Mischkulturen, Agri-PV etc. sind dabei vielfach erst in der Einführung. Ein weiteres Feld ist das der Züchtung und Entwicklung neuer Sorten. Bei fortschreitendem Klimawandel wird vor allem die Stabilität der Erträge das prioritäre Züchtungsziel. Inwiefern gleichzeitig noch eine Steigerung der Erträge erreicht werden kann, ist ebenfalls ungewiss.

Weitaus naheliegender, weil technisch einfach zu realisieren und gesünder, ist dagegen die Veränderung unserer Ernährungsgewohnheiten und unseres Umgangs mit Lebensmitteln. Entgegen den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung und der EAT Lancet Commission werden aktuell zu viel Lebensmittel tierischer Herkunft konsumiert, als aus gesundheitlicher Sicht sinnvoll wäre. Die Politik sollte nicht nur der Verringerung von Lebensmittelabfällen, sondern auch der Ernährungswende eine hohe Priorität auf der Agenda einräumen und dieses Handlungsfeld ambitioniert gestalten. Maßnahmen aus dem Bereich der Bildung und Information allein werden jedenfalls nicht das notwendige Maß an Veränderungen initiieren.

Ob am Ende der Transformation eine Ernährung steht, die in allen Punkten mit den in dieser Arbeit vorgestellten Punkten einer Planetary Health Diet übereinstimmt, sei dahingestellt. Entscheidend scheint der Wechsel von tierischen Lebensmitteln, die auf Basis von Ackerhauptfutterpflanzen erzeugt wurden, hin zu einem größeren Anteil an pflanzlichen Lebensmitteln sowie einer tierischen Produktion, die sich an der Verfügbarkeit der Futtermittel orientiert, die für die direkte menschliche Ernährung ungeeignet sind. Die Nutzung von Grünland wie von Nebenprodukten der Lebensmittelherstellung wird vermutlich weiterhin bevorzugt über den tierischen Magen erfolgen, jedoch in Konkurrenz zu Unternehmen der Bioökonomie. Das derzeitige Planetary Health Diet-Konzept weist durchaus noch Schwächen auf und sollte in Zukunft stärker auf nationale/ regionale Erzeugungsmöglichkeiten wie auch Ernährungsgewohnheiten ausgerichtet werden. Fisch spielt in der deutschen Küche sicher nicht die gleiche Rolle wie in Ländern mit einer langen Fischfangtradition wie Spanien oder Japan, Kartoffeln spielen in unserer Ernährung eine andere Rolle als in Südeuropa. Die Traditionen spiegeln dabei auch die regionale Verfügbarkeit von Lebensmitteln wider. Auch diese sollten im Hinblick auf die Transportnotwendigkeit von Nahrungsgütern näher betrachtet werden.

Analog zu einer Verringerung der Nachfrage sollte gleichzeitig die Tierhaltung in Deutschland verringert werden, da auch mit einer umfangreichen Wiedervernässung von Moorböden und einem reduzierten und effizienteren Einsatz von Stickstoff das Ziel der Treibhausgasneutralität nicht zu erreichen ist. Das Maß der zukünftigen Tierhaltung sollte von der Politik an den Vorgaben des Tierwohls und der Klima- und Umweltpolitik ausgerichtet werden. Verbunden mit einer Ernährungswende, angelehnt an den Vorgaben der Planetary Health Diet, könnte die Tierhaltung um bis zu 75 Prozent in den kommenden 20 Jahren zurückgehen. Die oft zitierte Maxime von *Qualität statt Quantität* wird zwar erhebliche Auswirkungen auf die Wertschöpfung im ländlichen Raum und die Arbeitsplätze in der Landwirtschaft haben, könnte aber auch gleichzeitig enorme Vorteile bringen, da statt für den Futteranbau Flächen für die notwendige Ökologisierung auf der landwirtschaftlichen Fläche frei

werden. Mit den gewonnenen Flächen könnten Ertragseinbußen durch den Ausbau des Ökolandbaus kompensiert werden, Flächen für Maßnahmen zum gezielten Artenschutz bereitgestellt werden, effektive Maßnahmen zur Kohlenstoffeinbindung auf der landwirtschaftlichen Fläche realisiert werden und durch die Neuanlage von Hecken und Strukturelementen können Agrarlandschaften aufgewertet werden und als Naherholungsgebiete genutzt werden.

Neben der Reduzierung der THG-Emissionen und der Freisetzung landwirtschaftlicher Flächen für ökologische Zwecke ergeben sich durch den Bestandsabbau weitere Vorteile. Dazu zählen beispielsweise der Rückgang des Stickstoffeintrags und anderen Düngemitteln aus der Tierhaltung in die Umwelt und die Möglichkeiten des Umbaus der Tierhaltung hin zu tierfreundlicheren Systemen wird erleichtert. Gleichzeitig kann mit der freiwerdenden Fläche die zusätzliche heimische Nachfrage an pflanzlichen Lebensmitteln weitgehend bedient werden.

Die Selbstversorgung über heimische Agrarprodukte kann deutlich verbessert werden, auch wenn weiterhin Obst und Gemüseprodukte zum Teil saisonal eingeführt werden. Doch der umwelt- und klimaschädliche Import von Ölfrüchten (z.B. Soja) nimmt in den betrachteten Varianten ab. Die Orientierung der Ernährung an der Planetary Health Diet ergäbe aktuell ein Defizit an Nüssen bzw. Nussprodukten. Doch bietet sich hier zugleich die Chance, dass zukünftig neue Agroforstsysteme in Deutschland aufgebaut werden oder neue Nusstragende-Kulturen Einzug in die deutsche Landwirtschaft halten.

Eine neue Nutzungsoption ist die Etablierung von Wald auf den freiwerdenden, ungenutzten Flächen, um zusätzlich Kohlenstoff zu speichern. Auch historische Waldnutzungsformen wie Niederwald sind denkbar. Hierdurch würde es insgesamt leichter für Deutschland über alle Sektoren hinweg bis 2045 Treibhausgasneutral zu werden.

Alternativ ist es möglich rund 70 Mio. Menschen zusätzlich mit einer ausgewogenen Diät (PHD) zu versorgen, sollte es durch den Klimawandel in den kommenden Jahren zu einem extremen Mangel an Lebensmitteln kommen. Natürlich verbleibt auch die Option, die freiwerdenden Flächen zur Erzeugung von stofflicher oder energetisch nutzbarer Biomasse zu nutzen. Letztendlich müssen wir als Gesellschaft gemeinsam entscheiden, welche Variante wir in welchem Umfang bevorzugen. Voraussetzung für all dies ist aber eine massive Umstellung der Ernährung.

Die Suche nach einem Zukunftsbild für die Landwirtschaft zwischen Klimawandel, wachsender Weltbevölkerung, Artenschwund und Treibhausgasneutralität hat Priorität, denn für die Entwicklung und Umsetzung eines bislang unbekanntes Zukunftsbilds verbleiben nur noch zwanzig Jahre. Für eine demokratische Willensbildung in einem pluralistischen Gemeinwesen ist das eine Herausforderung, denn das Thema Ernährung betrifft alle.

## Literaturverzeichnis

Benton & Bailey, 2019: Benton TG, Bailey R (2019): The paradox of productivity: agricultural productivity promotes food system inefficiency. *Global Sustainability* 2, e6, 1–8. <https://doi.org/10.1017/sus.2019.3>

BLE, 2022: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Vertical Farming – Landwirtschaft in der Senkrechten, online verfügbar: <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-erleben/landwirtschaft-hautnah/in-der-stadt/vertical-farming-landwirtschaft-in-der-senkrechten> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

BMBF, 2018: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Herausgeber von bioökonomie.de, „5 Fakten zu Aquaponik“, Redaktion: Sebastian Delbrück, Philipp Graf, Stand: 28.09.2018, online verfügbar unter: <https://biooekonomie.de/themen/dossiers/5-fakten-zu-aquaponik> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

BMEL 2018: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Schmitz, A.; Isselstein, J.: Wieviel Grünland wird in Deutschland für Pferde genutzt? Versuch einer Quantifizierung von Bestands- und Praxisdaten. *Berichte über Landwirtschaft*, Band 96, Ausgabe 1. Stand 30.08.2022. Online verfügbar unter: <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/186/Wieviel%20Gr%C3%BCnland%20wird%20in%20Deutschland%20f%C3%BCr%20Pferde%20genutzt%3F> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

BMEL, 2021: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe - Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft; online verfügbar unter: <http://www.bmel.de/goto?id=89464> (zuletzt abgerufen 01.09.2022) BMU, 2020: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Moorschutzstrategie der Bundesregierung – Diskussionspapier; online verfügbar unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/diskussionspapier\\_moorschutzstrategie\\_bundesregierung\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/diskussionspapier_moorschutzstrategie_bundesregierung_bf.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

BMWK, 2022: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Eckpunktepapier BMWK, BMUV und BMEL - Ausbau der Photovoltaik auf Freiflächen im Einklang mit landwirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz; online verfügbar unter: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktepapier-ausbau-photovoltaik-freiflaechenanlagen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=12](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktepapier-ausbau-photovoltaik-freiflaechenanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=12) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Bowler et al., 2019: Bowler, D. E.; Heldbjerg, H; Fox, A.D.; de Jong, M.; Böhning-Gaese, K.: Long-term declines of European insectivorous bird populations and potential causes. *Conservation Biology*, Volume 33, No. 5, 1120–1130. Online verfügbar unter [DOI: 10.1111/cobi.13307](https://doi.org/10.1111/cobi.13307)

Breidenassel C, S. A., 2022: Einordnung der Planetary Health Diet anhand einer Gegenüberstellung mit den lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen der DGE. *Ernaehrungs Umschau*, S. 56-72.

Bundesregierung, 2019a: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), online verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Bundesregierung, 2019b: Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Bundesregierung, 2020: Nationale Bioökonomiestrategie. Online verfügbar unter <https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Broschueren/nationale-biooekonomiestrategie-langfassung.pdf> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Bundesregierung, 2021a: Koalitionsvertrag zwischen SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP; „Mehr Fortschritt wagen“

Bundesregierung, 2021b: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Weiterentwicklungen 2021; <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/7c0614aff0f2c847f51c4d8e9646e610/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf?download=1> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Clark et al., 2020: Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets; Michael A. Clark, Nina G. G., Kimberly Colgan, Sumil K. Thakrar, David Tilman, John Lynch, Inês L.

Azevedo and Jason D. Hill; veröffentlicht in Science (6 Nov 2020) Vol 370, Issue 6517, pp. 705-708., DOI: [10.1126/science.aba7357](https://doi.org/10.1126/science.aba7357)

Destatis, 2019: Statistisches Bundesamt (Destatis), Umweltökonomische Gesamtrechnungen Flächenbelegung von Ernährungsgüter 2010 – 2017, erschienen am 15. August 2019, [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/landwirtschaft-wald/Publikationen/Downloads/fachbericht-flaechenbelegung-pdf-5385101.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/landwirtschaft-wald/Publikationen/Downloads/fachbericht-flaechenbelegung-pdf-5385101.pdf?__blob=publicationFile) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

DEHSt, 2022: Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt), Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur - Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“, Stand: Februar 2022, online verfügbar unter: [https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/projekt-mechanismen/Hintergrundpapier-hemmnisse-paludikultur.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/projekt-mechanismen/Hintergrundpapier-hemmnisse-paludikultur.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

De Vries et al. (2013): De Vries, W.; Kros, J.; Kroeze, C.; Seitzinger, S.P., Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5 (3-4).

DGE, 2015: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE). Wie viel Energie braucht der Mensch? - DGE veröffentlicht neue Referenzwerte für die Energiezufuhr, veröffentlicht am 19.0.2015, online verfügbar unter: <https://www.dge.de/presse/pm/wie-viel-energie-braucht-der-mensch/> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

DGE, 2019: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE). DGE Ernährungskreise, Basisplan für eine vollwertige Kost; online verfügbar unter: <https://www.dge-ernaehrungskreis.de/speiseplan/> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

DGE, 2021: Renner B, Arens-Azevêdo U, Watzl B, Richter M, Virmani K, Linseisen J for the German Nutrition Society (DGE): DGE position statement on a more sustainable diet. *Ernahrungs Umschau* 2021; 68(7): (published ahead of print on 8 June 2021), The English version of this article is available online: DOI: 10.4455/eu.2021.030

DGE, 2022: Breidenassel C, Schäfer AC, Micka M, Richter M, Linseisen J, Watzl B for the German Nutrition Society (DGE): The Planetary Health Diet in contrast to the food-based dietary guidelines of the German Nutrition Society (DGE). A DGE statement. *Ernahrungs Umschau* 2022; 69(5): 56–72.e1–3. The English version of this article is available online: DOI: 10.4455/eu.2022.012

EEA, 2020: State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013–2018, Technical report No 10/2020, Europäische Umweltagentur. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.2800/088178> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

EU, 2020a: Europäische Union. Farm to Fork Strategy - For a fair, healthy and environmentally-friendly food system; [https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f\\_action-plan\\_2020\\_strategy-info\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

EU, 2020b: Europäische Union. EU-Biodiversitätsstrategie für 2030; Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen; COM(2020) 380 final

Flaig & Mastel, 2012: Flaig, H., & Mastel, K., LTZ Augustenberg, Karlsruhe, 2012; Ermöglicht der Klimawandel zwei Ernten im Jahr vom selben Acker?. *VDLUFA-Schriftenreihe* 68.

Greifswald Moor Centrum, 2022: Informationspapier des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden; online verfügbar unter: [https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere\\_Briefings/Positionspapier\\_PV-auf-Moor\\_fin.pdf](https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/Positionspapier_PV-auf-Moor_fin.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

ISIP, 2022: Verein Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V. (ISIP e.V.). Grundlegendes zum Zwischenfruchtanbau, online verfügbar unter: <https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de/infothek/mais---gruenland---futterbau/zwischenfruechte/grundlegendes> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Jägermeyr et al, 2021: Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A., & al.,: Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nat Food* 2, S. 873–885.

Jetzke et al. (2019): Jetzke, T., Richter S., Keppner B., Domröse L., Wunder L., Ferrari A. Die Zukunft im Blick: Fleisch der Zukunft. Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen von pflanzlichen Fleischersatzprodukten, essbaren Insekten und In-vitro-Fleisch. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-25\\_trendanalyse\\_fleisch-der-zukunft\\_web\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-25_trendanalyse_fleisch-der-zukunft_web_bf.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Krayer und Baur, 2020: Patricia Krayer, Priska Baur. Kalorienverluste durch die Tierproduktion. Recherchebericht Nr. 5 zum Forschungsprojekt Schweizer Futtermittelimporte. <https://doi.org/10.21256/zhaw-2400> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Li et al., 2020: Li, C., Hoffland, E. K., T.W., & al., e., 2020: Syndromes of production in intercropping impact yield gains. Nat. Plants, S. 653-660.

Öko-Institut & FIBL, 2020: Instrumente und Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoffüberschüsse. Endbericht (Förderkennzeichen: L75 180076). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Instrumente-und-Maassnahmen-zur-Reduktion-der-Stickstoffueberschuesse.pdf> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Öko-Institut., 2021: Natürliche Senken – Die Potenziale natürlicher Ökosysteme zur Vermeidung von THG-Emissionen und Speicherung von Kohlenstoff. Modellierung des LULUCF-Sektors sowie Analyse natürlicher Senken. Kurzgutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Herausgegeben von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005\\_DLS\\_gutachten\\_OekoInstitut\\_final.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005_DLS_gutachten_OekoInstitut_final.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Paul et al., 2009; Paul, C.; Weber, M.; Mosandl, R. Kohlenstoffbindung junger Aufforstungsflächen. Literaturstudie erstellt am Karl Gayer Institut in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Waldbau der Technischen Universität München. Online verfügbar unter: [https://karlgayer.de/Forschung\\_Aufforstung.pdf](https://karlgayer.de/Forschung_Aufforstung.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Poore & Nemecek, 2018: Poore, J., & Nemecek, T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Searchinger et al., 2014: Searchinger, Tim et al., Creating a sustainable food future. A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. World resources report 2013-14: interim findings, World Resources Institute, ISBN: 978-1-56973-817-7

Seibold et al., 2019: Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K. et al. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. Nature 574, 671–674 (2019). Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Soja Förderring, 2022: Anbaueignung der Regionen in Deutschland. Online verfügbar unter: <https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/sojaklima-in-deutschland/karte-anbaueignung-deutschland/> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Springmann et al. 2020: Springmann, M.; Spajic, L.; Clark, M.A.; Poore, J.; Herforth, A.; Webb, P.; Rayner, Scarborough, P.: The healthiness and sustainability of national and global food based dietary guidelines: modelling study. BMJ2020;370:m2322.

SRU, 2015: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem – Sondergutachten, veröffentlicht Januar 2015; online verfügbar unter: [https://www.umwelt-rat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02\\_Sondergutachten/2012\\_2016/2015\\_01\\_SG\\_Stickstoff\\_HD.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.umwelt-rat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Statistisches Bundesamt, 2022: Nationale Indikatoren Deutschlands für die SDG: online verfügbar unter: <https://sdg-indikatoren.de/> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Steffen et al., 2015: Steffen W, Richardson K, Rockström J, et al. Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science 2015; 347: 1259855.

Tanneberger et al., 2021: Tanneberger, F., Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T., Gaudig, G., Günther, A., Kreyling, J., Peters, J., Pongratz, J., Joosten, H. Towards net zero CO<sub>2</sub> in 2050: An emission reduction pathway

for organic soils in Germany. Mires and Peat, 27, 05, 17pp., online verfügbar unter: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map27/map2705.php> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Thünen-Institut, 2019: Schmidt TG, Baumgardt S, Blumenthal A, Burdick B, Claupein E, Dirksmeyer W, Hafner G, Klockgether K, Koch F, Leverenz D, Lörchner M, Ludwig-Ohm S, Niepagenkemper L, Owusu-Sekyere K, Waskow F (2019) Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen- Pathways to reduce food waste (REFOWAS) : Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 290 p, Thünen Rep 73, Vol. 1, DOI:10.3220/REP1569247044000

Thünen-Institut, 2021: Orr, L.; Schmidt, T.: Monitoring der Lebensmittelabfälle im Groß- und Einzelhandel in Deutschland 2019 – daten des Lebensmitteleinzelhandels. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Working Paper 168. Online verfügbar unter: [https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper\\_168.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_168.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2020a: Umweltbundesamt (UBA), Reaktive Stickstoffflüsse in Deutschland 2010 - 2014 (DESTINO Teilbericht 2). Dessau-Roßlau, online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/reaktive-stickstofffluesse-in-deutschland-2010-2014> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2020b: Umweltbundesamt (UBA), Nischen des Ernährungssystems: Bewertung des Nachhaltigkeits- und Transformationspotenzials innovativer Nischen des Ernährungssystems in Deutschland. Online verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-02\\_texte\\_121-2020\\_nischen-ernaeh-rung-deutschland.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-02_texte_121-2020_nischen-ernaeh-rung-deutschland.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2020c: Umweltbundesamt (UBA), Nationales Luftreinhalteprogramm, online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/nationales-luftreinhalteprogramm> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2021: Umweltbundesamt (UBA), UBA Texte 129/2021: Versteckte Umweltkosten in der Milchproduktion. Online verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-06-13\\_texte\\_129-2021\\_sichtbarmachung\\_umweltkosten.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-06-13_texte_129-2021_sichtbarmachung_umweltkosten.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2022a: Umweltbundesamt (UBA), Böttcher et al., Entwicklung eines finanziellen Anreizsystems für zusätzliche Klimaschutz- und Biodiversitätsleistungen im Wald, Climate Change | 35/2022, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-eines-finanziellen-anreizsystems-fuer> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2022b: Umweltbundesamt (UBA), UBA Texte 24/2022: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-7>(zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UBA, 2022c: Umweltbundesamt (UBA), Siedlungs- und Verkehrsfläche, online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke-> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

UN, 2015: United Nations, Sustainable Development Goals, online verfügbar unter: <https://sdgs.un.org/goals> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

WBA, 2015: Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL. Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Online verfügbar unter [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

[WBAE & WBW: Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL \(2016\): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin](#)

WBGU ,2020: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. Berlin: WBGU. Online verfügbar unter: <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende> (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

Welthungerhilfe, 2021: Deutsche Welthungerhilfe e.V., online verfügbar unter: <https://www.welthungerhilfe.de/fileadmin/pictures/publications/de/factsheets/topics/2021-factsheet-welthunger-index.pdf> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Willet et al., 2019: Prof Walter Willett, MD, Prof Johan Rockström, PhD, Brent Loken, PhD, Marco Springmann, PhD, Prof Tim Lang, PhD, Sonja Vermeulen, PhD et al.; Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. Lancet. 2019 Feb 2;393(10170):447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

WWF, 2012: World Wide Fund For Nature (WWF), online verfügbar unter: [https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/studie\\_tonnen\\_fuer\\_die\\_tonne.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/studie_tonnen_fuer_die_tonne.pdf) (zuletzt abgerufen 01.09.2022)

## DATEN

BLE, 2018: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Kulturpflanzenvielfalt und Fruchtfolge. Online verfügbar unter: <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/ackerbau/forschungsprojekt-belegt-vorteile-fuer-zwischenfruchtmischungen> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BLE 2020: Futteraufkommen im Wirtschaftsjahr 2019/2020. Online verfügbar unter [https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Futter/Futter\\_node.html](https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Futter/Futter_node.html) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BLE 2021a: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Fleisch 2021. Online verfügbar unter: [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/2021Bericht-Fleisch.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/2021Bericht-Fleisch.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BLE 2021b: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Milch und Milcherzeugnissen 2021. Online verfügbar unter: [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/2021BerichtMilch.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/2021BerichtMilch.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BLE 2021c: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bericht zur Markt- und Versorgungslage Getreide 2021. Online verfügbar unter: [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Getreide/Getreideerzeugnisse/2021BerichtGetreide.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Getreide/Getreideerzeugnisse/2021BerichtGetreide.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BLE, 2021d: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Referat 413, Projektgruppe Ökolandbau. Online verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/regenerative-landwirtschaft/agrofornsysteme/> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BLE 2021e: Futteraufkommen im Wirtschaftsjahr 2019/2020. Online verfügbar unter [https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Futter/Futter\\_node.html](https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Futter/Futter_node.html) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BFN, 2021: Bundesamt für Naturschutz: Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert an der Agrarlandfläche Deutschlands in den Jahren 2009 bis 2021. Online verfügbar unter: <https://www.bfn.de/sites/default/files/2022-06/Anteil%20der%20Landwirtschaftsfl%C3%A4chen%20mit%20hohem%20Naturwert%20an%20der%20Agrarlandwirtschaftsfl%C3%A4che%20Deutschlands%20in%20den%20Jahren%202009%20bis%202021%20in%20Prozent.pdf>, (zuletzt abgerufen am 30.08.2022)

BMEL 2021a: Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte: SJ 2020 Kapitel C, VII\_b. Online verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tabellen-kapitel-c-hii-und-hiii-des-statistischen-jahrbuchs> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BMEL 2021b): Selbstversorgungsgrad bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen: SJ 2021 Kapitel D, I. Online verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BMEL 2021c). Verbrauch von Nahrungsmitteln je Kopf: SJ2020, Kapitel D, I a-c. Online verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/tabellen-kapitel-d-und-hiv-des-statistischen-jahrbuchs/> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

BMEL 2022: Statistisches Jahrbuch, SJT-3090400-0000: Anteil der Futtererzeugung an der landwirtschaftlichen Produktion; Online verfügbar unter <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tabellen-kapitel-c-hii-und-hiii-des-statistischen-jahrbuchs> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Destatis 2021a: Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen). Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Publikationen/Bodennutzung/landwirtschaftliche-nutzflaeche-2030312217004.html> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Destatis, 2021b: Statistisches Bundesamt (Destatis), Landwirtschaftszählung 2020, Stand: November 2021. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/flaechen-hauptnutzungsarten.html?nn=371820> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Destatis 2022: Regionalstatistik: 41141-01-01-4: Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Kulturarten. Online verfügbar unter: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1662115794012&code=41141#abreadcrumb> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2021): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2021. Festbrennstoffe, Biokraftstoffe, Biogas. Online verfügbar unter: [https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/Mediathek/broschuere\\_basisdaten\\_bioenergie\\_2020\\_web.pdf](https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2020_web.pdf) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

FAO 2022: Food and Agricultural Organisation: Statistische Daten FAOSTAT. Online verfügbar unter: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Greifswald Moorzentrum: Tegetmeyer, C., Barthelmes, K.-D., Busse, S. & Barthelmes, A. (2020) [Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands](#). Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 01/2020 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X), 10 S. Online verfügbar unter: [https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/DEU\\_orgBod\\_GMC\\_202105/DEU\\_orgBod\\_GMC\\_update202105.zip](https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/DEU_orgBod_GMC_202105/DEU_orgBod_GMC_update202105.zip) (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Ökolandbau.de: Erträge im biologischen und konventionellen Anbau Ökologischen Anbau. Online verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/>; (zuletzt abgerufen 05.08.2022)

Thünen-Institut 2022: Vos C, Rösemann C, Haenel H-D, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2022): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2020: Report on methods and data (RMD) Submission 2022. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 454 p, Thünen Rep 91, DOI:10.3220/REP1646725833000

## Anhang

### Anhang I. Modellbeschreibung

Das Öko-Institut entwickelt seit 2015 den FABio Modellverbund (Forestry and Agriculture Biomass Model). Er besteht aus drei Teilmodellen: FABio-Land (Landnutzung), FABio-Forest und dem Agrarmodell LiSE. Diese Modelle beschreiben mit Hilfe der Methode der Systemdynamik und Szenarienmodellierung die Produktion und Nutzung von Biomasse in der Land- und Forstwirtschaft und deren Auswirkungen auf bestimmte Umweltindikatoren.

Das Agrarmodell LiSE (LiSE steht für **L**ifestock, **S**oil and **E**nergy emissions) ist ein excelbasiertes Modell, das die Treibhausgasemissionen und andere umweltrelevante Indikatoren der landwirtschaftlichen Produktion aus der Tierhaltung und der Nutzung landwirtschaftlicher Böden in Deutschland sowie die energiebedingten Emissionen aus Land- und Gartenbau kalkuliert. Das Modell setzt auf den Bestands- und Strukturdaten der Nationalen Treibhausgasinventare auf und produziert in einem Bottom-up-Ansatz Emissionen für die entsprechenden Quellgruppen. Neben den Treibhausgasemissionen werden im Modell weitere Größen wie z.B. die Entwicklung der Flächenbelegung und Stickstoffsalden etc. berechnet. Das Modell besteht aus den drei Hauptmodulen Nutztierhaltung, landwirtschaftliche Böden und Energienutzung. Zusätzlich ist eine Differenzierung nach einzelnen Nachfragruppen in Tierhaltung (inkl. Futtermittel), Pflanzliche Lebensmittel und Biomasseproduktion für die stoffliche und energetische Nutzung möglich.

#### Externe Größen, Nachfrage und Ableitung von relevanten Aktivitätsgrößen

Als Eingangsdaten für das Modell stehen externe Annahmen zur Entwicklung der Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln, pflanzlichen Lebensmitteln und Biomasseproduktion für die stoffliche und energetische Nutzung. Diese Größen werden mit Abgleich mit der Fachliteratur, wie z.B. agrarökonomischen Projektionen zur Marktentwicklung, politischen Vorgaben oder Annahmen zur Entwicklung des Konsumverhaltens ermittelt oder aus anderen Modellen des Öko-Instituts abgeleitet, wie z.B. die Biomassenachfrage anderer Sektoren. Neben der Entwicklung der Nachfrage können weitere externe Vorgaben, die sich aus politischen Zielstellungen und der Umsetzung rechtlicher Vorgaben ableiten lassen, berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise verschiedene Landbau- und Tierhaltungsformen und deren Ertrags- und Leistungsentwicklung, aber auch die Flächenbelegungen durch zusätzliche Biodiversitätsflächen, Flächen zum Moorschutz oder der Flächenbedarf für Siedlung und Infrastruktur.

#### Räumliche und zeitliche Auflösung

In seiner Grundversion arbeitet das Modell mit einer räumlichen Auflösung auf der Ebene von Deutschland. Hierfür ist auch eine Auflösung auf Ebene von Bundesländern möglich. Detailanalysen können zusätzlich auf Landkreisebene erfolgen.

Inputgrößen fließen mit einer zeitlichen Auflösung von Fünf- bis Zehnjahresschritten in das Modell ein. D.h. äußere Einflüsse wie z.B. gesetzliche Auflagen oder Annahmen zu wichtigen Konsum- oder Leistungsentwicklungen werden in größeren Schritten festgelegt und die sich ergebenden Aktivitätsgrößen und Emissionsfaktoren werden für die Zwischenjahre interpoliert. Eine jahresweise Ausgabe der Ergebnisse ist daher möglich.

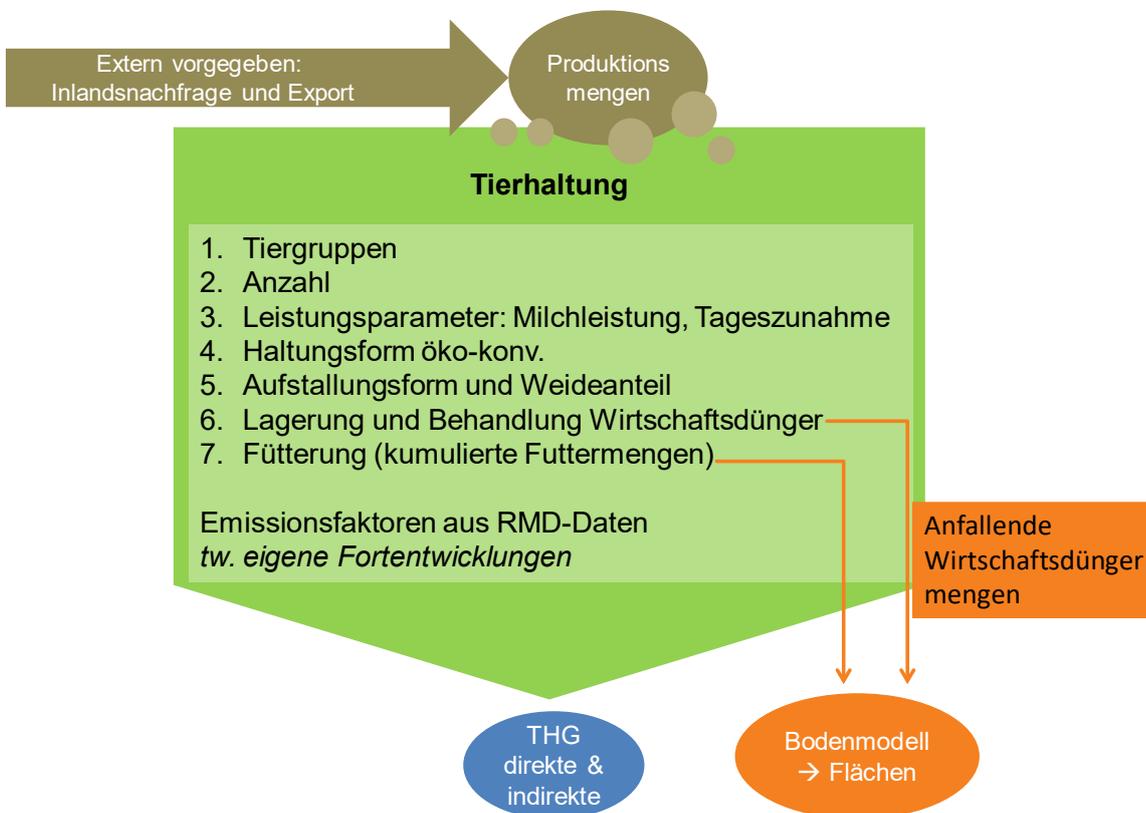
## Flächenbelegung

Die Belegung der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird innerhalb des LiSE Modells durch die verschiedenen Nachfragen nach Tierfutter, pflanzlichen Lebensmittel und Biomasseproduktion für die stoffliche und energetische Nutzung ermittelt. Die Ausweisung des Futterflächenbedarfs der Tierhaltung erfolgt differenziert in den Bedarf nach Ackerfutterflächen und Grünland. Sämtliche Flächennutzungen werden hinsichtlich konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung unterschieden. Ferner können Vorgaben zu ungedüngten Flächen (ökologischer Vorrangflächen, Strukturelemente etc.), zur Fruchtfolge als auch zur Belegung der Ackerflächen und zur Intensität der Grünlandnutzung berücksichtigt werden.

## Nutztierhaltung

Das Modul zur Nutztierhaltung umfasst alle relevanten Nutztierklassen und deren Methan-, sowie direkte und indirekte Lachgasemissionen. Wichtigste Aktivitätsgröße sind zunächst die Tierbestände selbst. Hier gibt es eine Schnittstelle zu einem Konsummodell, mit dem Verhaltensänderungen und Selbstversorgungsgrade im Bereich des Milch- und Fleischverzehr quantifiziert und in das Tiermodell zur Bestandsanpassung einfließen können. Wesentliche Aktivitätsgrößen des Modells sind: Bestandsgrößen der Nutztiere, Milchleistung, N- und VS-Exkretionsrate, Methanbildungsraten für Wirtschaftsdünger, sowie die Güllevergärung. Die folgende Abbildung stellt die wesentlichen Parameter des Teilmodul der Nutztierhaltung dar.

Abbildung 8-1: Wesentliche Parameter für die Tierhaltung



Quelle: Öko-Institut, eigene Darstellung

Weitere wichtige Kenngrößen charakterisieren die Stallungen (stroh- bzw. güllebasiert, Anbindehaltung oder Freilaufsysteme) und die Wirtschaftsdüngerlagerung. Bei letzterer wird spezifiziert, welcher Anteil anaerob vergoren wird und in welchem Umfang die Gärrestlagerung gasdicht erfolgt. Auch für die nicht vergorenen Wirtschaftsdünger kann der Effekt einer abgedeckten Lagerung ermittelt werden.

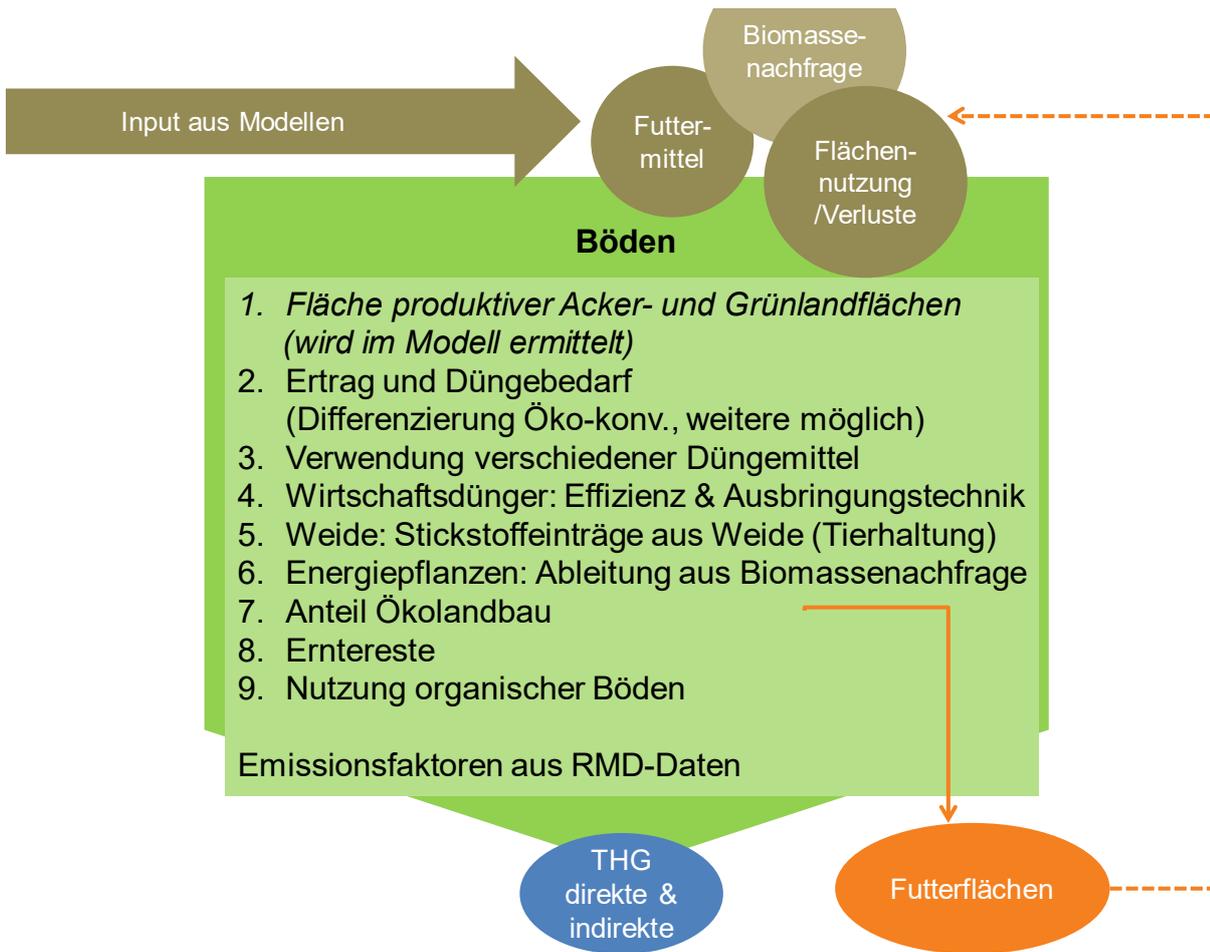
Über den gesamten Szenario-Zeitraum können außerdem Leistungsparameter und eine stickstoffoptimierte Fütterung berücksichtigt werden. Für die enterische Verdauung und die Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlagerung werden die spezifischen Emissionsfaktoren der einzelnen Tiergruppen fortgeschrieben. Maßnahmen des Herdenmanagements bei Kühen bzw. Rindern könnten über die Verhältnisse adulter zu juvenilen Tiere abgebildet werden.

Eine Untergruppe des Nutztier Moduls bilden die Futterpläne. Hier wird der jährliche Futter- und Flächenbedarf pro Tierplatz für die verschiedenen Nutztiergruppen ermittelt. Hierbei sind Futterpläne für die konventionelle und ökologische Tierhaltung hinterlegt. Daraus wird die Flächenbelegung mit den verschiedenen Ackerfrüchten und der Bedarf und die Intensivität der Grünlandnutzung ermittelt. Wesentliche Parameter, die berücksichtigt werden können, sind die Annahmen zu Stall, Weidehaltung, Mais- oder Grünlandbasierte Fütterung, aber auch Annahmen zur Grünlandintensität (z.B. Anbau auf Dreischürigem Grünland etc.).

### **Landwirtschaftliche Böden**

Über die Belegung der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit den verschiedenen Ackerfrüchten und der Grünlandnutzung wird der Stickstoffdüngereinsatz ermittelt. Dazu ist der Düngebedarf der einzelnen Kulturen aus der aktuellsten Fassung der Düngeverordnung hinterlegt. Wahlweise können auch andere Bedarfswerte übernommen werden. Aus dem Tiermodell wird der anfallende Wirtschaftsdünger auf Basis der Stickstoffexkretion der einzelnen Tierarten ermittelt. Der Stickstoffstrom über Nawaro-Biogassubstrate wird über externe Vorgaben zur Bioenergie einbezogen. Je nach Stickstoffbedarf und verwendeten Anrechnungsregeln für organische Stickstoffdünger wird der verbleibende Bedarf mit mineralischem Stickstoff gedeckt. Die Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdüngerausbringung können technologiebezogen über den betrachteten Szenario-Zeitraum verändert werden und so sich ändernde gesetzliche Vorgaben einbeziehen. Auf Ebene der Stickstoffflüsse kann die Gesamtbilanz als zentraler Umweltindikator in der Landwirtschaft ausgewiesen werden. Die folgende Abbildung stellt die wesentlichen Parameter des Teilmodul der landwirtschaftlichen Böden dar.

**Abbildung 8-2: Wesentliche Parameter für die Bodennutzung**



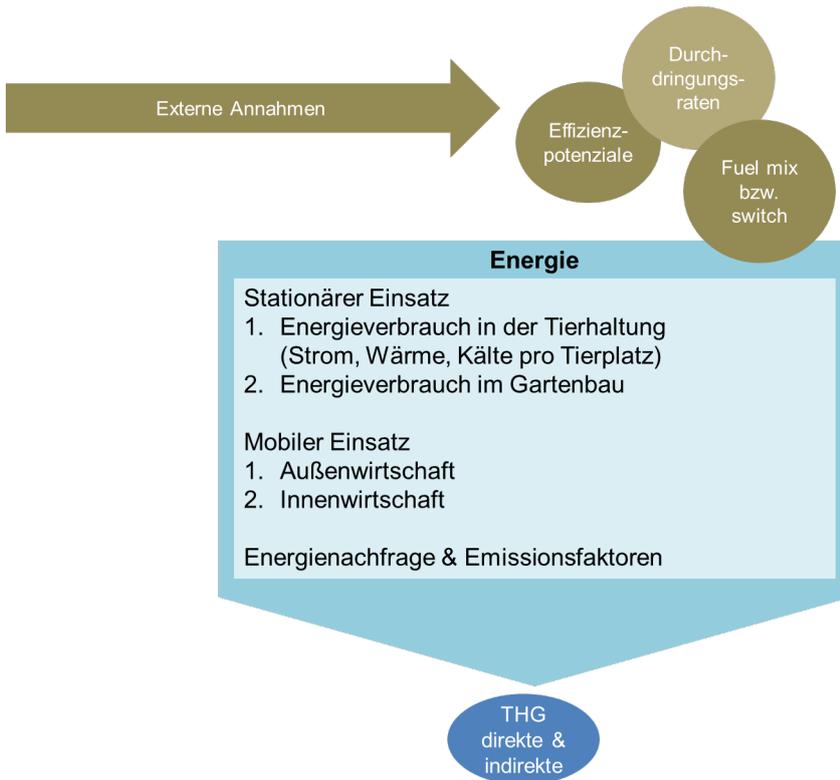
Quelle: Öko-Institut, eigene Darstellung

Für die Ermittlung der direkten und indirekten Lachgas-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung werden die Düngieranwendung (mineralische, sowie tierische und pflanzliche Wirtschaftsdünger), Erntereste, die Bewirtschaftung organischer Böden, Klärschlammausbringung und Exkremente aus der Weidehaltung berücksichtigt.

### Energiebedingte Emissionen

Das Modul für die energiebezogenen Emissionen umfasst die mobile (Binnen- und Außenwirtschaft) und die stationäre Energienutzung. Hier werden für die Szenarien Annahmen zur Effizienz- und Energieeinsparung und der Wechsel auf regenerative Energieträger für die Landwirtschaft kombiniert. Mit Hilfe der im Inventar verwendeten Emissionsfaktoren werden aus dem resultierenden neuen Energiemix die Treibhausgasemissionen ermittelt. Die folgende Abbildung stellt die wesentlichen Parameter des Teilmodul der Energienutzung dar.

**Abbildung 8-3: Wesentliche Parameter zur Ermittlung der energiebedingten Emissionen**



Quelle: Öko-Institut, eigene Darstellung

### Daten, Kalibrierung und Unsicherheiten

Das Modell verwendet die aktuellsten RMD-Daten des Thünen-Instituts, die für die Erstellung der THG-Inventarberichte des UBAs verwendet werden. Zudem werden Daten aus der aktuellen Statistik zu Grunde gelegt. Die RMD-Daten enthalten Angaben für fast alle Parameter bis zum Jahr 2030. Bei Umstellung der Daten auf eine neue Inventar-Submission werden die RMD-Daten des Thünen-Instituts zur Kalibrierung verwendet. Ebenso werden die Modellergebnisse z.B.: zur Nachfrage von Tierfuttermengen, Flächenbelegungen etc. mit der aktuellen Statistik abgeglichen. Damit können Fehlstellen identifiziert und behoben werden. Unsicherheiten durch kleine Abweichungen zur Statistik bleiben aber bestehen.

## Anhang II. Methodisches Vorgehen

<b>BESCHREIBUNG</b>	
<b>ERTRÄGE im PFLANZENBAU</b>	
Annahmen und Begründung	Die Ertragsdaten im Pflanzenbau werden konstant auf dem heutigen Niveau belassen. Damit bleiben die verschiedenen Berechnungsschritte miteinander vergleichbar.
Vorgehen/Methodik	Für die Erträge im konventionellen Pflanzenbau wurde der Mittelwert für die Jahre 2014:2019 aus der aktuellen Statistik verwendet. Die Grünlanderträge wurden differenziert nach Schnitthäufigkeit und Intensität der Nutzung aus Tabelle 9 der Düngeverordnung übernommen. Die Ökolandbau Erträge basieren auf Angaben von AMI 2019. Sofern keine Daten für den Ökolandbau verfügbar sind, wurde eine Ertragsabweichung von -40% ggü. den Erträgen des konventionellen Anbaus angenommen. Die Differenz zu den Erträgen des Dauergrünlands für den konventionellen Anbau wurden auf Basis der Studie UBA Texte 129/2021 ermittelt. Für die Anrechnung der Nebenprodukte der Ölfrüchte (Ölschrote) ist eine Massenallokation verwendet worden (Ölausbeute für Raps 42% und für Soja 22%)..
Daten	BMEL 2021: Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte, DüV 2017, Tabelle 9  AMI Daten zu Erträgen im biologischen und konventionellen Anbau, abgerufen unter <a href="https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/">https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/</a>  UBA Texte 129/2021: Versteckte Umweltkosten in der Milchproduktion
Unsicherheiten	Potenzielle Ertragszuwächse durch Züchtung, verbesserte Anbaumethoden ebenso wie gegenteilig wirkende Ertragsminderungen durch den Klimawandel (beispielsweise Dürreperioden oder Extremwetterereignisse) wurden im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt  Die Daten für den konventionellen Anbau 2014:2019 enthalten auch die Ertragsdaten des Ökolandbaus, wodurch der Wert etwas verringert wird. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Effekt vernachlässigbar ist, da der Flächenanteil des Ökolandbaus an den Ackerfrüchten heute gering ist.
<b>LEISTUNGEN IN DER TIERHALTUNG</b>	
Annahmen	Mit der Umstellung der Ernährung auf die Planetary Health Diet wird das heutige Grünland nicht mehr im selben Umfang genutzt. Da vor allem Ackerland zur Deckung des Bedarfs der pflanzenbasierten Ernährung benötigt wird, wird im Rahmen der Studie eine Umstellung von einer ackerbasierten auf eine grünlandbasierte Fütterung der Milchkuh und Rinderbestände angenommen. Durch diese Umstellung sinken die Leistungen in der Milchproduktion.  Für die übrigen Tierarten wird angenommen, dass die Leistungen auf dem heutigen Niveau bleiben.
Methodik	Auf Basis der aktuellen Statistik und des Anteils der ökologisch erzeugten Milchmenge wird jeweils die Milchleistung für den konventionellen und den Öko-Tierbestand ermittelt. Die Milchleistung für die konventionellen Tiere liegt heute bei 8.282 kg pro Kuh und Jahr die für die Öko-Tiere bei 7.400. Die Milchleistung sinkt im Schritt 3 bei der Umsetzung der Planetary Health Diet durch die Umstellung auf grünlandbasierte Fütterung auf 7.000 Liter für den konventionellen Tierbestand und auf 6.500 Liter für die Öko-Tiere. Die Leistungsunterschiede zwischen beiden Tierhaltungsformen wurden basierend auf Daten zur Milchleistungskontrolle aus Niedersachsen und Bayern abgeleitet.

<p>Daten</p>	<p>BLE 2021: Bericht zur Markt- und Versorgungslage von Fleisch 2021 für das Jahr 2019. Bericht zur Markt- und Versorgungslage von Milch und Milcherzeugnissen für das Jahr 2019.</p> <p>Thünen-Institut 2022, Report 91</p> <p>Daten zur Milchleistungskontrolle aus Niedersachsen und Bayern <a href="https://www.oeko-komp.de/wp-content/uploads/2020/11/MLP-Bericht-2020.pdf">https://www.oeko-komp.de/wp-content/uploads/2020/11/MLP-Bericht-2020.pdf</a> <a href="https://www.lkv.bayern.de/wp-content/uploads/2021/03/20210310_MLP-Jahresbericht-2020_Online_compressed.pdf">https://www.lkv.bayern.de/wp-content/uploads/2021/03/20210310_MLP-Jahresbericht-2020_Online_compressed.pdf</a></p>
<p>Unsicherheiten</p>	<p>Neben der Differenzierung von Milchleistungen für konventionelle und Öko-Tiere erfolgt keine weitere Differenzierung von Leistungen für die anderen Tierarten. Emissionsseitig werden die damit einher gehenden Unsicherheiten als gering eingeschätzt. In Bezug auf den Flächenverbrauch ist die gesamte Fütterung der Öko-Tiere in separaten Prozessen im Modell abgebildet (s.u. Flächenbelegung und Anteil ökologische Bewirtschaftung). Unsicherheiten bleiben aber durch eine höhere Tierzahl zur Deckung des Bedarfs bestehen.</p> <p>Weitere Unsicherheiten betreffen die Nutzung von Reststoffen in der Tierfütterung. Hierzu wurden keine expliziten Annahmen getroffen. Die Standardfutterpläne wurden gleich gelassen.</p>
<p><b>FLÄCHENBELEGUNG UND ANTEIL ÖKOLOGISCHER BEWIRTSCHAFTUNG</b></p>	
<p>Annahmen</p>	<p>Verfügbare Fläche für den Anbau: Von der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche wird zuerst die unproduktive Fläche abgezogen, vergleiche Kapitel 5.1.</p> <p>Umfang des Ökolandbaus: Der Ökolandbau wird hier als stellvertretendes Produktionssystem für klimaresilientere und kreislauforientiertere Landwirtschaft betrachtet. Es wird daher eine Erhöhung des Ökolandbaus auf Basis der Ziele des Koalitionsvertrags von heute 10% auf 30% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF) angenommen. Damit liegt das Ziel im oberen Bereich der in Kapitel 2 aufgeführten politischen Ziele, die bis ins Jahr 2030 erreicht sein sollen.</p> <p>Futterflächenbedarf: Nicht nur die Höhe des Tierbestands an sich, auch der Anteil der ökologisch und konventionell gehaltenen Tiere beeinflusst die Nachfrage nach Art und Menge an Futterpflanzen. Daher wird parallel zur Verdreifachung der Ökolandbaufläche auch der heutige Tierbestand verdreifacht. Für die sonstigen Rinder wird der Tierbestand 2,5 facht, da bereits viele Mutterkühe im Ökolandbau gehalten werden. Damit liegt der Anteil an Ökotieren bei den Milchkühen bei 19%, der sonstigen Rinder bei 20%, Schweine bei 4% und Geflügel bei 18% am gesamten Tierbestand. Dieser Anteil wird in allen betrachteten Varianten beibehalten.</p>
<p>Methodik</p>	<p>Die benötigten Futterflächen werden auf Basis von Standardfutterplänen ermittelt. Dazu wird der Futterbedarf über die Erträge der Futterpflanzen bzw. -mittel in Kombination mit Selbstversorgungsgraden (näheres siehe unter Selbstversorgungsgrade) berechnet. Dabei werden konventionelle und ökologische Verfahren getrennt voneinander betrachtet.</p> <p>Die für den Anbau von pflanzlichen Lebensmitteln verfügbare Anbaufläche wird jeweils als Restgröße ermittelt.</p> <p>In allen berechneten Varianten bezieht sich der Anteil von 30% Ökolandwirtschaft auf die benötigte Fläche bzw. auf den jeweils benötigten Tierbestand für die Ernährung. Damit bleiben nicht die absoluten Hektar oder Tierbestandshöhen gleich, sondern nur die Anteile, die in dem ersten Schritt bei Verdreifachung des Tierbestandes ermittelt wurden.</p> <p>Die Ermittlung der Flächen erfolgt mit Hilfe des LISE-Modells.</p>
<p>Daten</p>	<p>Destatis 2021: Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen).</p>

	Die Standardfutterpläne im LiSE Modell basieren auf Futterplänen der DLG (Band 199 für Milchkühe und weitere DLG Futterpläne für die übrigen Tiere), Kirchgessner (2014) und auf Angaben aus UBA Texte 129/2021.
Unsicherheiten	Die heutige Flächenbelegung, differenziert nach ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen wurden mit Hilfe des LiSE-Modells ermittelt. Auf Grund der Verwendung von Standardfutterplänen und Ertragsmittelwerten über mehrere Jahre kommt es bei einer jahresscharfen Betrachtung zu Abweichungen zur Flächenbelegung der Statistik.
<b>BIODIVERSITÄTSFLÄCHEN</b>	
Annahmen	<p>Für die Umsetzung der Biodiversitätsstrategie werden 10% der Agrarfläche mit hohen Biodiversitätsstandards benötigt. Im Rahmen der Studie wurde vereinfachend angenommen, dass es sich dabei um unproduktives Grünland und Ackerland handelt.</p> <p>Grundsätzlich ist es auch möglich einen Teil dieser Fläche für besonders extensive Anbauformen heranzuziehen (Beispielsweise Lichtäcker). Aber da von Seiten der Artenschutzexperten und Naturschutzverbänden auch höhere Flächenforderungen bestehen, ist das hier beschriebene Verfahren gewählt worden.</p>
Methodik	<p>Als Zielwert für die Berechnungen der Varianten mit erfüllten Biodiversitätsschutz, wurden 10% des Ackerlands und 10% der Dauergrünlands als unproduktive Flächen ermittelt. Auf Basis der statistischen Daten zu Brachen und Angaben des BFN zu Grünland mit hohem Naturschutzwert (Kategorie 1) wurde die zusätzlich benötigte Fläche berechnet. In Regionen in den zusätzlich Moore wiedervernässt werden, wurde die wiedervernässte Moorfläche als Biodiversitätsfläche berücksichtigt. Diese Fläche wird unter den Moorflächen gezählt und unter den Biodiversitätsflächen nicht zusätzlich ausgewiesen. Die Berücksichtigung der Moorfläche erfolgte auf Basis von Landkreisdaten für Grünland und Ackerland differenziert.</p> <p>Nach Abzug der Moorflächen wurde eine Biodiversitätsfläche von 850.000 ha Ackerland und 190.000 ha Grünland als unproduktive Fläche ausgewiesen. Diese absolute Flächengröße steht in allen berücksichtigten Varianten ( _plus) nicht für die Produktion und auch nicht für die Aufforstung zur Verfügung, sondern bleibt als Offenland zur Förderung der Biodiversität erhalten.</p>
Daten	<p>Destatis 2021: Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen)</p> <p>BFN 2021: Anteil der Landwirtschaftsfläche mit hohem Naturschutzwert</p> <p>Destatis 2022: Regionalstatistik: 41141-01-01-4: Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Kulturarten</p> <p>Greifswald Moorzentrum Schriftenreihe 01/2020: Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands</p>
Unsicherheiten/ Einschränkungen	Teilweise ist auch aus Biodiversitätsgründen eine Bewirtschaftung der Fläche nötig. Beispielsweise durch jährliche Mahd auf Grünland. Damit ist ggf. auch bei Umsetzung der Biodiversitätsrichtlinie eine Bewirtschaftung der Fläche möglich/notwendig und es müssten nicht 10% der Fläche aus der Bewirtschaftung genommen werden. Dies wurde im Rahmen der Studie nicht genauer betrachtet.
<b>MOORE</b>	
Annahmen	<p>Im Rahmen der Studie wurde eine Wiedervernässung von 80% der Moorstandorte angenommen. Damit wurde eine Annahme aus den Abschätzungen von Grethe et al. (2020) und Szenariostudien des Greifswald Moorzentrums (Tanneberger et al. 2021) übernommen. In Fachkreisen wird eine Wiedervernässung in dieser Größenordnung für die Erreichung der Treibhausgasneutralität bis ins Jahr 2045 als notwendig angesehen.</p> <p>Es wird davon ausgegangen, dass auf Grund der hohen CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O Emissionen aus den Ackerstandorten, zukünftig Moorböden nicht mehr als Äcker bewirtschaftet werden. Bei den</p>

	<p>verbleibenden 20% Moorstandorten handelt es sich daher um Grünland. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass die 80% wiedervernässten Moorstandorte vollständig aus der Nutzung genommen werden und nicht mehr als produktive Nutzfläche zur Verfügung stehen. Grundsätzlich ist eine Nutzung dieser Fläche in Form von Paludikulturen aber möglich. Dieser Aspekt war für diese Studie jedoch nicht weiter relevant, weil Paludikulturen keinen Beitrag zur Ernährung bilden.</p> <p>Da keine Annahmen zur weiteren Entwicklung der Moorflächen getroffen wurden (Moorwachstum mit zusätzlicher Senke, Paludikulturnutzung mit Restemissionen), werden im Rahmen der Studie die Emissionen aus den wiedervernässten Mooren mit einem Emissionsfaktor von Null berücksichtigt.</p>
Methodik	<p>Für die Moorflächen wurden die Gesamtfläche und Emissionsfaktoren differenziert nach Ackerland und Grünland des THG-Inventars (UBA 2022) verwendet. Neben den N<sub>2</sub>O Emissionen die im Sektor Landwirtschaft (CRF Kategorie 3) berichtet werden, wurden auch die CO<sub>2</sub> Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten berücksichtigt, die zwar im LULUCF Sektor (CRF Kategorie 4) gezählt werden, die aber landwirtschaftlich genutzt sind. Auf Basis der Inventardaten wird die THG-Minderung der Moorstandorte über die Flächenentwicklung und die Emissionsfaktoren berechnet.</p>
Daten	<p>UBA 2022: THG-Inventar 1990-2020</p> <p>Thünen-Institut 2022, Report 91</p> <p>Destatis 2022: Regionalstatistik: 41141-01-01-4: Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Kulturarten</p> <p>Greifswald Moorzentrum Schriftenreihe 01/2020: Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands</p>
Unsicherheiten	<p>Es erfolgte eine pauschale Wiedervernässung von 80% der landwirtschaftlich genutzten Moorfläche. Regional bestehen große Unterschiede und auch Unsicherheiten in Bezug auf das Wiedervernässungspotenzial und die damit verbundenen THG-Einsparungen, die im Rahmen der Studie nicht betrachtet wurden.</p> <p>Anmerkung zur Variante Ernährung-heute_plus: In dieser Variante entspricht die Wiedervernässung der Moorstandorte eher einer theoretischen Betrachtung. In der Realität wird ein Großteil der Moorstandorte für die Haltung von Wiederkäuern genutzt. Schätzungsweise 10-15% des gesamten Rinderbestands (inkl. Milchkühe) werden von diesen Flächen gefüttert. Für eine Wiedervernässung dieser Flächen ohne eine Ernährungsänderung, müsste diese Produktion großflächig verlagert werden.</p>
<b>SONSTIGES GRÜNLAND/PFERDE</b>	
Annahmen	<p>Ein Teil des Dauergrünlands wird heute für die Pferdehaltung genutzt. Da keine Annahmen zur Entwicklung der Pferdebestände getroffen wurden, wurde dieses Grünland im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt.</p>
Methodik	<p>Das für die Pferdehaltung benötigte sonstige Grünland ist Bestandteil einer Restgröße ermittelt. Auf Basis des LiSE Modells wurden die Grünlandflächen ermittelt, die für die Versorgung der Wiederkäuer benötigt werden. Von der Gesamtgrünlandfläche wurde die heutige Biodiversitätsfläche und die für die Wiederkäuerfütterung benötigte Grünlandfläche abgezogen. Daraus ergibt sich eine Restgröße von 0,8 Mio. ha, die heute für die Pferdehaltung benötigt wird oder anderweitig bzw. nicht weiter genutzt wird (wie z.B. oftmals der Aufwuchs von Streuobstwiesen). Diese Fläche wird im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt. Die berücksichtigte Grünlandfläche liegt damit im Ausgangspunkt bei 3,9 Mio. ha.</p>
Daten	<p>Berichte über Landwirtschaft, Band 96: Wieviel Grünland wird in Deutschland für Pferde genutzt?</p>

	<p>Destatis 2021: Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen)</p> <p>Modellergebnisse für den Futterflächenbedarf anderer Tiere aus dem LiSE Modell</p>
Unsicherheiten	<p>In Bezug auf die Pferdehaltung bestehen große Unsicherheiten. Allein die Anzahl der Pferde schwankt zwischen 0,4 Mio. und über 1 Mio. Tieren, je nach Quelle (siehe dazu Berichte über Landwirtschaft). Damit ist auch die zur Fütterung benötigte Grünlandfläche großen Unsicherheiten unterworfen. Das BMEL ermittelt einen Bedarf von 15 bis 20% der Grünlandfläche. Das entspricht 0,7 bis 0,9 Mio. ha Dauergrünland. Die hier ermittelte Größenordnung liegt damit innerhalb der Spannweite.</p>
<b>LEBENSMITTELABFÄLLE</b>	
Annahmen	<p>Lebensmittelabfälle werden für die Herleitung der notwendigen Gesamtproduktionsmengen verwendet.</p> <p>Die Wirkung einer Reduktion der Lebensmittelabfälle konnte aber im Rahmen der Studie aus Kapazitätsgründen nicht mehr berücksichtigt werden. Daher wurde angenommen, dass der Anteil der Lebensmittelabfälle konstant bleibt. Der Anteil der tierischen Lebensmittelabfälle bleibt auf Ebene der Verarbeitungskette gleich, auf Ebene der Haushalte und im Außer-Haus-Verzehr sinkt er methodenbedingt auf Null (s.u.)</p>
Methodik	<p>Die Empfehlungen die Planetary Health Diet sind in Verzehrsmengen angegeben. Das verwendete Agrarmodell LiSE arbeitet dagegen auf der Basis von Erntemengen und -erträgen. Die statistischen Daten zu den heutigen Ernährungsgewohnheiten liegen wiederum anders vor:</p> <p>Für pflanzliche Produkte sind in der Statistik Mengen aus der ersten Verarbeitungsstufe angegeben. Das heißt sie unterscheiden sich von den Erntemengen um den Anteil der Reinigungs- und ggf. Schälverluste. Für die Ermittlung der notwendigen Produktionsmengen wurden daher die Abfälle und Verluste, die vom Feld bis zur ersten Verarbeitungsstufe entstehen wieder aufgeschlagen.</p> <p>Die Statistik zum Konsum tierischer Produkte (Milch und Fleisch) liegt direkt in Verzehrsmengen vor, die hier direkt verwendet wurden. Allerdings umfassen die Verzehrsmengen auch die Abfälle dieser Produkte in den Haushalten.</p> <p>Um die Verzehrsmengen der Planetary Health Diet in Produktionsmengen umzurechnen, müssen auf die Verzehrsmengen noch sämtliche Verluste und Abfälle aus Haushalten und Verarbeitung aufgeschlagen werden. Für pflanzliche Lebensmitteln wurden dafür Angaben über die Verluste und Abfälle entlang der gesamten Wertschöpfungskette auf Literaturdaten abgeschätzt. Dazu gehören Verluste auf dem Feld, Transport, Verarbeitung, Handel, Außerhauskonsum, Haushalte. Der Aufschlag für tierische Produkte beinhaltet die Verluste und Abfälle, die aus den Angaben in der Statistik zwischen Verbrauch und Verzehr ermittelt wurden. Auf diese Weise werden allerdings die Abfälle (nicht Verarbeitungsverluste) auf Ebene der Haushalte nicht eingezogen, womit sie implizit auf Null gesetzt werden.</p>
Daten	<p>Thünen-Institut 2019: Report 73</p> <p>Thünen-Institut 2021: Workingpaper 168</p> <p>BLE 2021: Bericht zur Markt- und Versorgungslage von Fleisch 2021 für das Jahr 2019. Bericht zur Markt- und Versorgungslage von Milch und Milcherzeugnissen für das Jahr 2019.</p> <p>BMEL-Statistik zum Verbrauch von Nahrungsmitteln je Kopf (SJ 2020 Kapitel D)</p>
Unsicherheiten /Lücken	<p>Die Reduktion der Lebensmittelabfälle ist ebenso Bestandteil der Umsetzung der Planetary Health Diet, konnte aber im Rahmen der Studie nicht näher berücksichtigt werden. Hierfür müsste eine umfangreiche Analyse zu den prozentualen Verlusten auf allen Wertschöpfungs- bzw. Verarbeitungsstufen einbezogen werden, sowie eine Unterscheidung in</p>

vermeidbare und unvermeidbare Lebensmittelabfälle erfolgen. Diese konnte im Rahmen des Projekts nicht erstellt werden.

In Bezug auf die ermittelten Aufschläge für Lebensmittelabfälle bestehen große Unsicherheiten. Es existieren keine einheitlichen Datenquellen, die pro Lebensmittelgruppe einen Faktor für Verluste bzw. Abfälle und eine Unterscheidung zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Abfällen ausweisen.

Die Verwendung von den statischen Verzehrdaten für tierische Produkte beinhaltet ebenso Unsicherheiten, da hierdurch weitere Verluste in den Haushalten und im Außer-Haus Konsum unberücksichtigt bleiben.

**TECHNISCHES MINDERUNGSPOTENZIAL/FRUCHTFOLGEN**

Annahmen	Technische Verbesserungen werden nur für die bereits bestehenden gesetzlichen Vorgaben wie z.B. die Düngeverordnung unterstellt. Weitere technische Maßnahmen wie z.B. eine Ausweitung der Wirtschaftsdüngervergärung ggü. dem heutigen Niveau wurden nicht berücksichtigt, da das Kernziel dieser Analyse auf den Auswirkungen einer Ernährungsänderung auf den Landwirtschaftssektor liegt.
Methodik	Die Umsetzung der aktuellen Düngeverordnung ist Bestandteil des LiSE Modells. Damit fließen sowohl die zulässigen Düngehöhen, als auch die vorgeschriebenen Anrechnungsraten der Mindestwirksamkeit von Wirtschaftsdünger und die Vorgaben zu Ausbringungstechnologien in die Berechnungen ein.  Bestehende Fruchtfolgeregelungen wurden nicht berücksichtigt, da der Anbau die Nachfrage widerspiegelt. Es wird nur produziert was nach der Planetary Health Diet nachgefragt wird. Inwieweit die unterstellten Veränderungen mit den Fruchtfolgeanforderungen der Praxis zu realisieren sind, wurde nicht überprüft.
Daten	DüV 2017 mit Änderungen 2021
Unsicherheiten	Die Umsetzung in roten Gebieten wird nicht berücksichtigt, da immer noch keine Klarheit in Bezug auf den abschließenden Umfang der Flächenkulisse besteht.

**DAUERKULTUREN/OBSTANBAU**

Annahmen	Dauerkulturen sind unberücksichtigt geblieben, da deren Flächeninanspruchnahme insgesamt kaum ins Gewicht fällt. Auf ca. 0,2 Mio. ha werden heute Dauerkulturen angebaut. Mit 50% ist der Großteil als Rebfläche ausgewiesen. Nur ca. 0,06 Mio. ha werden für den Obstbau genutzt, der Rest sind Baumschulen bzw. Weihnachtsbaumplantagen. Im Rahmen der Planetary Health Diet wären lediglich die Obstflächen relevant. Bei Umsetzung der Planetary Health Diet erhöht sich zwar der Bedarf für Obst, allerdings wurde dies im Rahmen der Studie nicht betrachtet, da lediglich Ackerflächen und Grünlandflächen berücksichtigt wurden.  Baumfrüchte wie Nüsse oder Kernobst können eventuell in Agroforstsysteme integriert werden, die möglicherweise Schnittmengen zu den ökologischen Flächenforderungen (Strukturflächen) haben. Für eine detailliertere Betrachtung wären zusätzlich wirtschaftliche Einschätzungen nötig, die das Ertragspotenzial und Erntekräfte bzw. Erntesysteme einbeziehen müssten. Die Betrachtung dieser ganzen Einzelaspekte konnte im Rahmen dieser Studie nicht erfolgen.
Methodik	Als landwirtschaftliche Nutzfläche wird im Rahmen der Studie nur die Acker- und die Grünlandfläche berücksichtigt. Dauerkulturen in Höhe von 0,2 Mio. ha werden von der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche abgezogen. Die Fläche aus Ackerland und Dauergrünland beträgt damit 16,5 Mio. ha.
Daten	Destatis, Fachserie 3 Reihe 3.1.2: Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen)

Unsicherheiten	Durch die Ausklammerung des Obstanbaus bleibt ein Teil der Planetary Health Diet unberücksichtigt.
<b>IMPORTFLÄCHEN</b>	
Annahmen	Keine, bzw. siehe Selbstversorgungsgrade.
Methodik	Die Ermittlung der Importflächen erfolgt auf Basis der sich aus der Nachfrage ergebenden Produktionsmengen und den aktuellen Selbstversorgungsgraden für pflanzliche Lebensmittel und Tierfutter aus dem Modell. Für die Ertragsannahmen wurden die Daten der relevanten Importländer verwendet.  Es werden nur Kulturen und Tierfutter berücksichtigt, die auf Acker- und Grünlandflächen produziert wird. Obstanbau aber auch die Flächen, die für den Anbau von Genussmitteln wie Kaffee, Kakao, Gewürze etc. verwendet werden, sind nicht enthalten.
Daten	Destatis 2019: Umweltökonomische Gesamtrechnungen (Flächenbelegung von Ernährungsgütern)  Ertragsdaten FAOSTAT, EUROSTAT
Unsicherheiten	Es liegen Abweichungen zur Statistik vor, die evtl. methodisch zu begründen sind. Die Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnung basieren auf Top-Down-Analysen, während die hier vorliegenden Berechnungen einen Bottom-Up-Ansatz verfolgen. Die im Modell ermittelte inländische Flächenbelegung und Erntemengen stimmen mit den statistischen Angaben zur Flächennutzung, Erntemengen und Futtermittelverfügbarkeiten überein. Für die Flächenimporte bleiben dagegen die genannten Unsicherheiten bestehen.
<b>SELBSTVERSORUNGSGRADE</b>	
Annahmen	Um die Auswirkungen einer Ernährungsänderung auf die inländisch verfügbaren Agrarflächen besser abbilden zu können, erfolgte eine Erhöhung bzw. Anpassung des Selbstversorgungsgrades für tierische Produkte und inländisch anbaubare Kulturarten auf 100% (siehe dazu auch Ausführungen in Kapitel 4). Dazu zählen Raps, Körnermais und Leguminosen/Hülsenfrüchten. Auch für Soja wurde der Selbstversorgungsgrad auf 100% gesteigert. Nach den Angaben des Soja Förderrings liegt das inländische Potenzial für den Sojaanbau bei ca. 800.000 ha. Bei Umsetzung der Planetary Health Diet reicht diese Fläche zur Deckung des Bedarfs aus.  Auch für Gemüse wird von einer Steigerung der Selbstversorgungsgrade ausgegangen. Es wird angenommen, dass der Gemüsekonsum in der PHD_plus je zu 1/3 durch grünes Blattgemüse wie Spinat und Salat ( <i>leavy green</i> ), durch Möhren, rote Beete, Rotkohl, Radieschen aber auch Tomaten, Paprika ( <i>red, orange</i> ) und anderes wie z.B. Kohlsorten, Sellerie, Brokkoli, Fenchel oder Lauch ( <i>other</i> ) gedeckt wird. Hierfür wurde angenommen, dass für die Kategorien „Leavy Green“ und „Other“ die Selbstversorgungsgrade auf 100% gesteigert werden können, während das Gemüse der Kategorie „Red and Orange“ zu 50% im Inland produziert wird. Damit liegt der Selbstversorgungsgrad für Gemüse insgesamt bei 67%.  Der Selbstversorgungsgrad für Nüsse bleibt weiterhin bei 0%. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da Nussanbau in Deutschland bisher nicht etabliert ist und eine Potenzialanalyse im Rahmen der Studie nicht möglich war.
Methodik	In einem ersten Schritt wurde die Produktionsmenge zur Deckung des Bedarfs der inländischen Bevölkerung ermittelt. Zur Berechnung der inländischen Produktion und der Flächenbelegung im Inland wurden die Selbstversorgungsgrade aus der Statistik verwendet. In einem zweiten Schritt wurden die Selbstversorgungsgrade nach den oben dargestellten Annahmen erhöht und die Flächenbelegung, THg-Emissionen etc. neu berechnet.
Daten	Soja Förderring 2022: Anbaueignung der Regionen in Deutschland  BMEL 2021b): Selbstversorgungsgrad bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen

Unsicherheiten	<p>Je nach Erntemenge schwanken die SVG jährlich. Diese Schwankungen wurden nicht berücksichtigt.</p> <p>Nüsse haben in der Planetary Health Diet eine hohe physiologische Bedeutung gegenüber unserer heutigen Ernährung. Auf Grund der klimatischen Bedingungen ist der Nussanbau in Deutschland heute allerdings nicht für die Vermarktung verbreitet. Außerhalb von Gärten werden nur ca. 900 ha für den Nussanbau genutzt. Zukünftig ist allerdings eine Integration in Agroforstsysteme denkbar. Außerdem könnte ein Teil der Nüsse wahrscheinlich auch über Saaten abgedeckt werden, deren Anbau wenigstens teilweise wiederum in Deutschland möglich sein (z.B. Sonnenblumenkerne, Kürbiskerne, Mohn, Hanfsaat etc.). Für diesen wichtigen Aspekt wären tiefergehende Studien wünschenswert.</p>
----------------	--

**THG-EMISSIONEN**

Annahmen	Keine, da eines der Ergebnisse der Analyse
Methodik	Für die Berechnung der THG-Emissionen erfolgte die Umstellung des LiSE Modells auf das aktuelle Treibhausgas-Inventar 2022. Die Studie umfasst die Emissionen des Landwirtschaftssektors (CRF-Kategorie 3) und die CO <sub>2</sub> Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorstandorten (CRF-Kategorie 4).
Daten	<p>UBA 2022: THG-Inventar 1990-2020</p> <p>Thünen-Institut 2022, Report 91</p>
Unsicherheiten /Lücken	<p>Nicht berücksichtigt werden die Emissionen aus der Vorkette der landwirtschaftlichen Produktion, ebenso wie die Emissionen der restlichen Wertschöpfungskette (Transport, Verarbeitung, Handel). Auch die energiebedingten Emissionen des Sektors sind nicht Teil dieser Analyse. Diese sind zwar auch Gegenstand der Klimaschutzziele des Sektors, aber es wird davon ausgegangen, dass für diese wie für alle anderen energiebedingten Emissionen das Ziel erreicht wird, CO<sub>2</sub> Emissionen langfristig komplett durch den Einsatz erneuerbarer Energien zu vermeiden. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben die restlichen Emissionen aus der Landnutzung wie z.B. der Grünlandumbruch.</p> <p>Die verwendeten Emissionsfaktoren sind generell mit Unsicherheiten und Schwankungen verbunden. Die Unsicherheiten werden im THG-Inventar ausgewiesen.</p>

**UMSETZUNG DER PLANETARY HEALTH DIET**

Annahmen	Die Planetary Health Diet gibt eine Orientierung für eine globale Ernährungsempfehlung. Traditionelle und regionale Ernährungsgewohnheiten werden nicht berücksichtigt. Im Rahmen der Studie erfolgte auch keine explizite Anpassung an die traditionellen Ernährungsgewohnheiten. Allerdings wurde der Fleischkonsum der einzelnen Tierarten an traditionelle Ernährungsmuster angepasst. Die Planetary Health Diet geht von einem Rückgang des Schweinefleischkonsums von -92% ggü. heute und einer deutlichen höheren Nachfrage nach Geflügelfleisch aus. Da historisch in DE der Schweinefleischkonsum hoch ist, wird der Geflügel- und Schweinefleischkonsum aus der Planetary Health Diet auf beide Monogastrier zu jeweils 50% aufgeteilt. Damit werden pro Person 18 g Schweinefleisch und 18 g Geflügelfleisch verzehrt. In Bezug auf die THG-Emissionen und die Futterflächen sind die beiden Tierarten ähnlich, da es sich um Monogastrier handelt, die auf der Basis von Ackerfutter ernährt werden.
Methodik	Für die Umsetzung der Planetary Health Diet wurde für die verschiedenen Lebensmittelgruppen der Mittelwert berücksichtigt. Es wurden keine Spannweiten berechnet. Die Produktionsmengen, die für die Ernährung der Bevölkerung nach dem Vorbild der Planetary Health Diet erforderlich sind, wurden auf Basis der Verzehrangaben nach Willet et al. 2019 und den ermittelten Aufschlägen für Abfälle und Verluste berechnet. Die Produktionsmengen wurden als Inputgröße in das LiSE Modell eingespeist und alle weiteren Indikatoren im Modell ermittelt.

	Bis auf Fisch und Obst wurden alle Lebensmittelgruppen berücksichtigt, die auch in der Planetary Health Diet ausgewiesen werden. Die Planetary Health Diet macht keine Angaben zu Kaffee, Kakao, Gewürzen, sowie weiteren Genussmitteln und Getränken.
Daten	Willet et al. 2019: Planetary Health Diet  LiSE Modell
Unsicherheiten	Siehe Lebensmittelabfälle.
<b> EINZELNE NUTZUNGEN VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN ERZEUGNISSEN </b>	
Annahmen	Keine.
Methodik	<p>Die Ermittlung des Flächenbedarfs und der THG-Emissionen erfolgt getrennt nach der Nutzung der verschiedenen landwirtschaftlichen Erzeugnisse. Hierfür bestehen Untermodule des LiSE Modells. Die Module entsprechen den Kategorien tierische Produktion inklusive Futterbau, pflanzliche Lebensmittel und Biomasse für die stoffliche und energetische Nutzung. Auf Basis dieser Module können die Aufwendungen, Emissionen und die Flächenbelegung getrennt ausgewiesen werden.</p> <p>Die Ermittlung der Exportmengen erfolgt als Restgröße. Nach der Berechnung der Flächen und der THG-Emissionen, die bei aktuellen Selbstversorgungsgraden für die inländische Ernährung und die Biomasseproduktion benötigt werden, verbleibt eine Restgröße, die dem Export zugeschrieben wird.</p> <p>Da im Modell keine regionale Differenzierung für den Verwendungszweck in Energiepflanzen, Futterpflanzen und pflanzlichen Lebensmitteln vorliegt, wurden die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus den Moorstandorten nach dem prozentualen Anteil der Ackernutzung auf die verschiedenen Produktionsrichtungen verteilt. Da der Anteil energetisch genutzten Grünlandaufwuchs verschwindend ist, wurden die Emissionen aus dem Moorgrünland komplett der Tierhaltung zugeschlagen.</p>
Daten	<p>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2021): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2021.</p> <p>BMEL 2021c): Verbrauch von Lebensmitteln je Kopf</p> <p>BLE 2021: Bericht zur Markt- und Versorgungslage von Fleisch 2021 für das Jahr 2019. Bericht zur Markt- und Versorgungslage von Milch und Milcherzeugnissen für das Jahr 2019.</p> <p>BMEL-Statistik zum Verbrauch von Nahrungsmitteln je Kopf (SJ 2020 Kapitel D)</p>
Unsicherheiten	<p>CO<sub>2</sub> Emissionen aus Moorstandorten für unsere Ernährung sind ggf. überschätzt, da unklar ist, welche Moorflächen wirklich für welche Nutzungen verwendet werden (Energiepflanzen, Pferdehaltung, Tierfutter für unsere Ernährung).</p> <p>Emissionen und Flächen für den Export: Durch die Ermittlung des Exports als Restgröße bestehen Unsicherheiten beispielsweise durch die Methode, die für die Allokation der Fläche für den Anbau von Ölfrüchten genutzt wird.</p>