



Vom Anbau bis zum Abfall: Emissionen unserer Ernährung

Vortrag an der HTW Dresden, November 2022

Prof. Dr. Bernhard Schauburger

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

bernhard.schauburger@hswt.de; schauber@pik-potsdam.de

Wer bin ich?



Professor für Agrarsysteme und Klimawandel an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (seit August 2021)



Wissenschaftler am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK; seit Oktober 2013)

Meine Forschungsschwerpunkte sind Risiken in der Landwirtschaft, die Auswirkungen von Extremereignissen auf Erträge, Ertragsvorhersagen und die Attribution von Ertragseinbußen.



Landwirtschaft kann so
prachtvoll sein



Die Klimawirkung unserer
Ernährung

C



Was können wir tun?



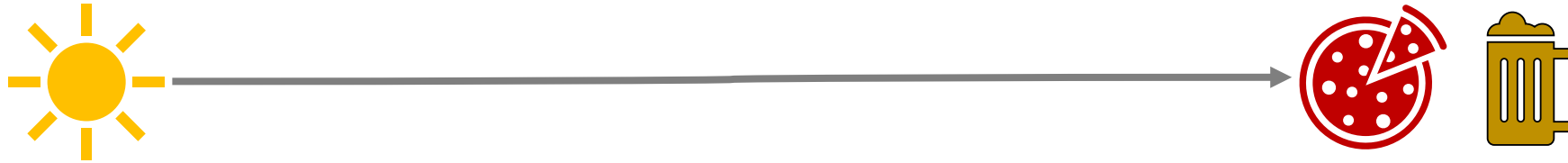
Zusammenfassung



Landwirtschaft kann so
prachtvoll sein



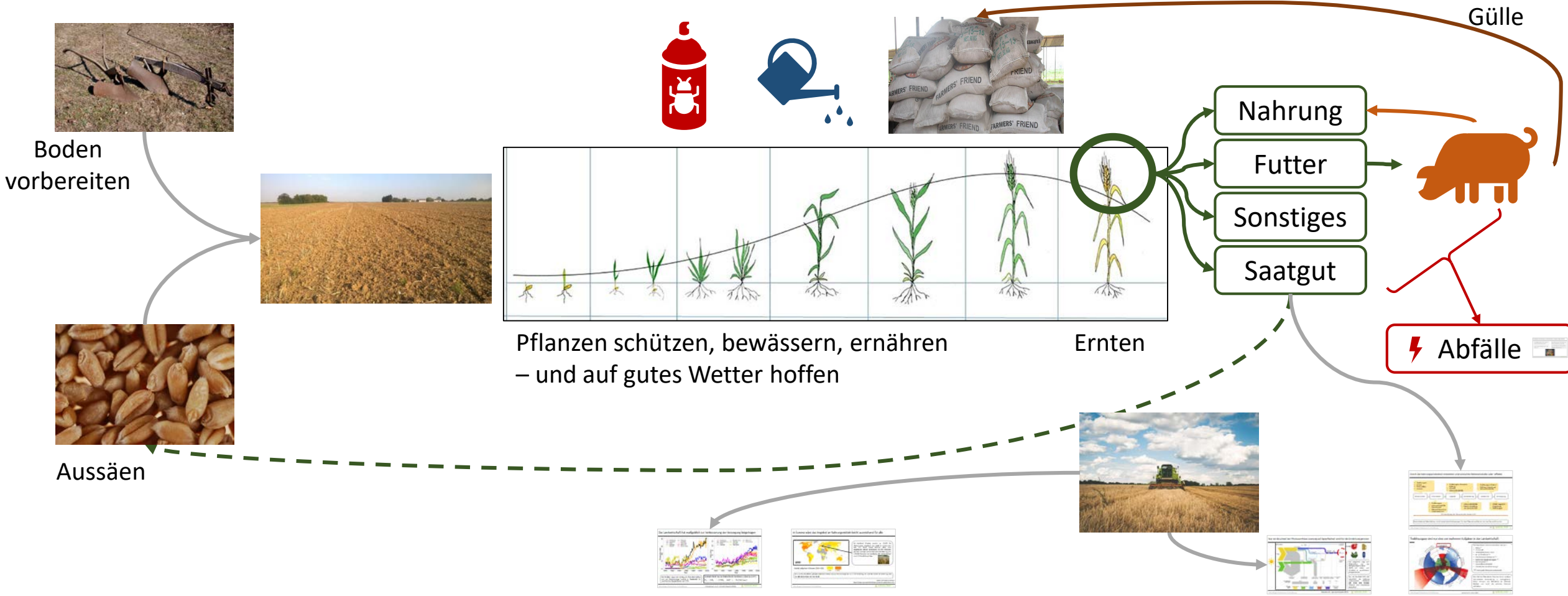
Die Landwirtschaft verwandelt Sonnenenergie in Essen und Trinken



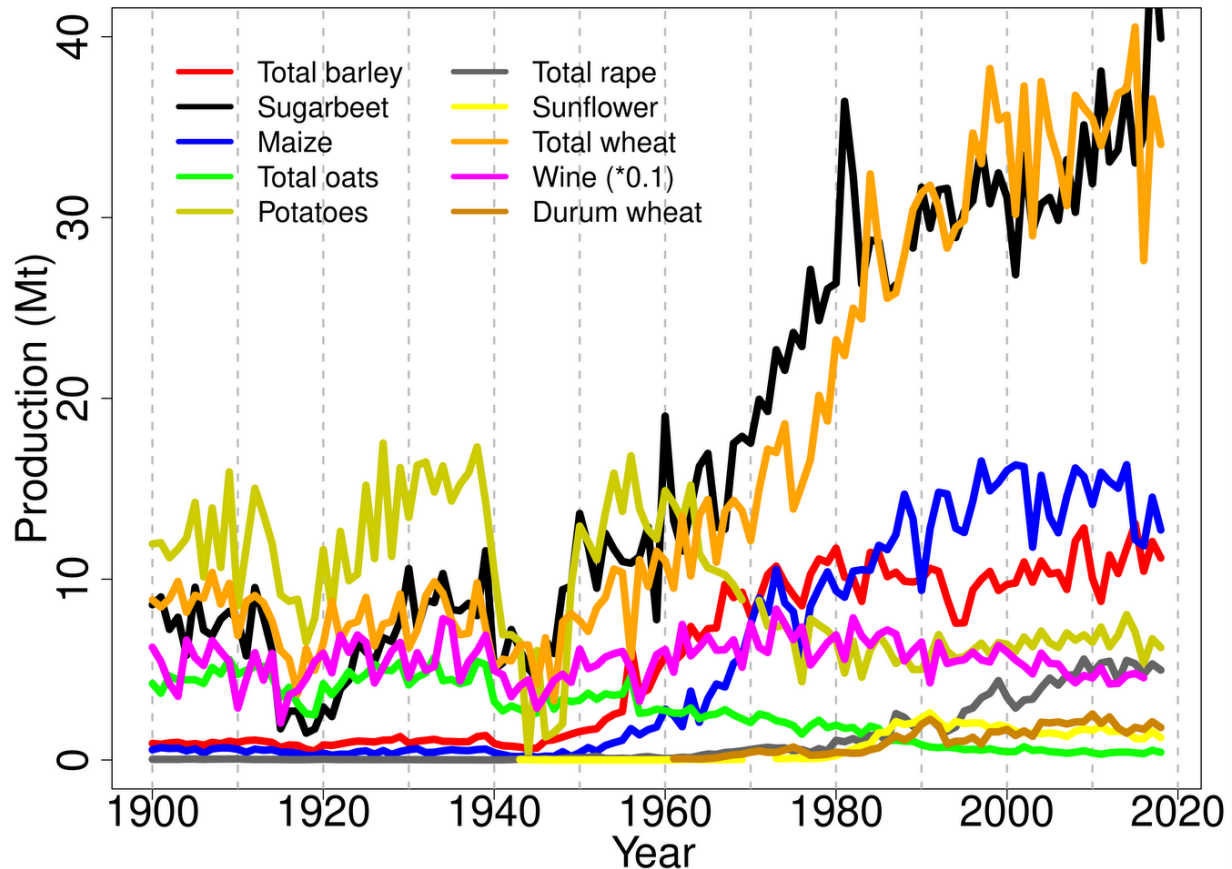
Die Schritte dazwischen sind allerdings etwas aufwändig.

Farming looks mighty easy...

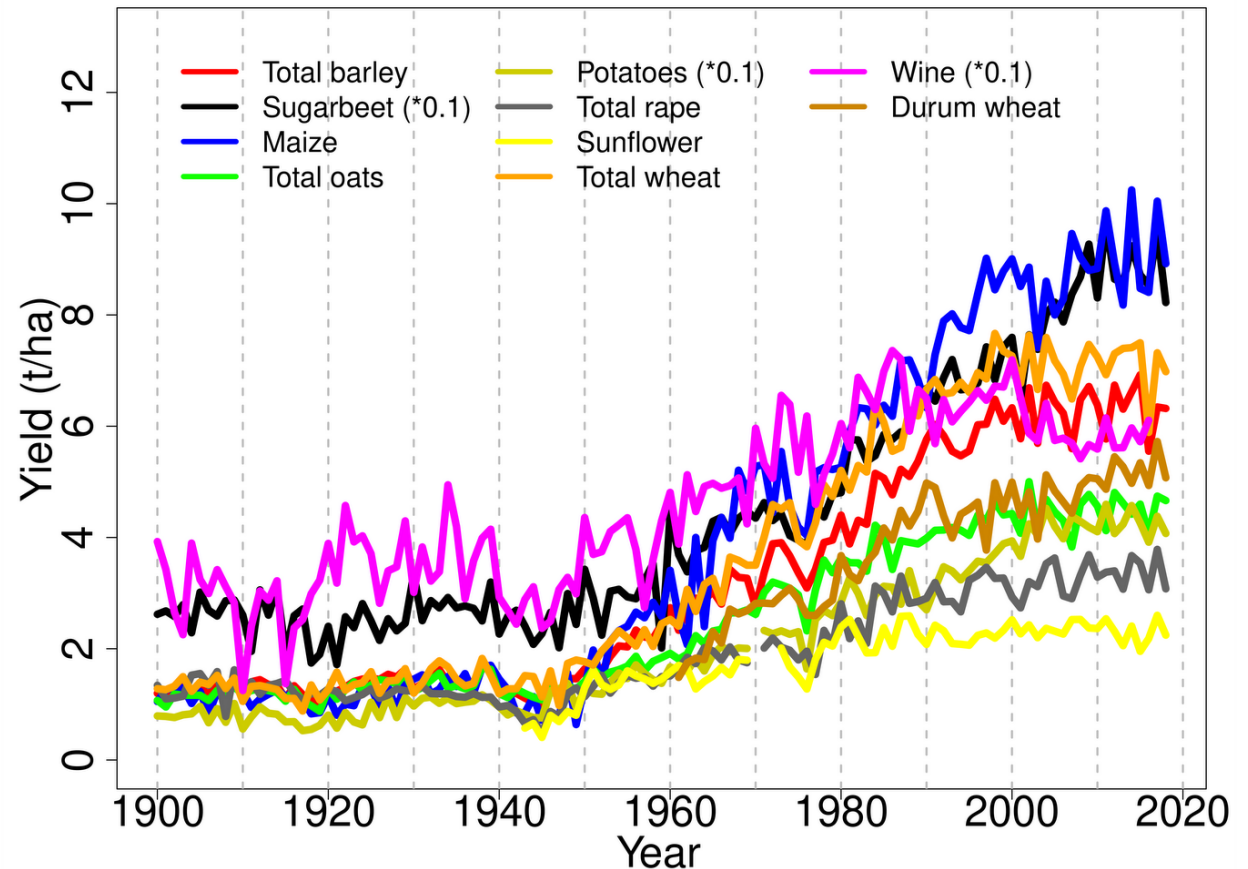
...when your plow is a pencil and you're a thousand miles from the corn field. *(Dwight D. Eisenhower)*



Die Landwirtschaft hat maßgeblich zur Verbesserung der Versorgung beigetragen



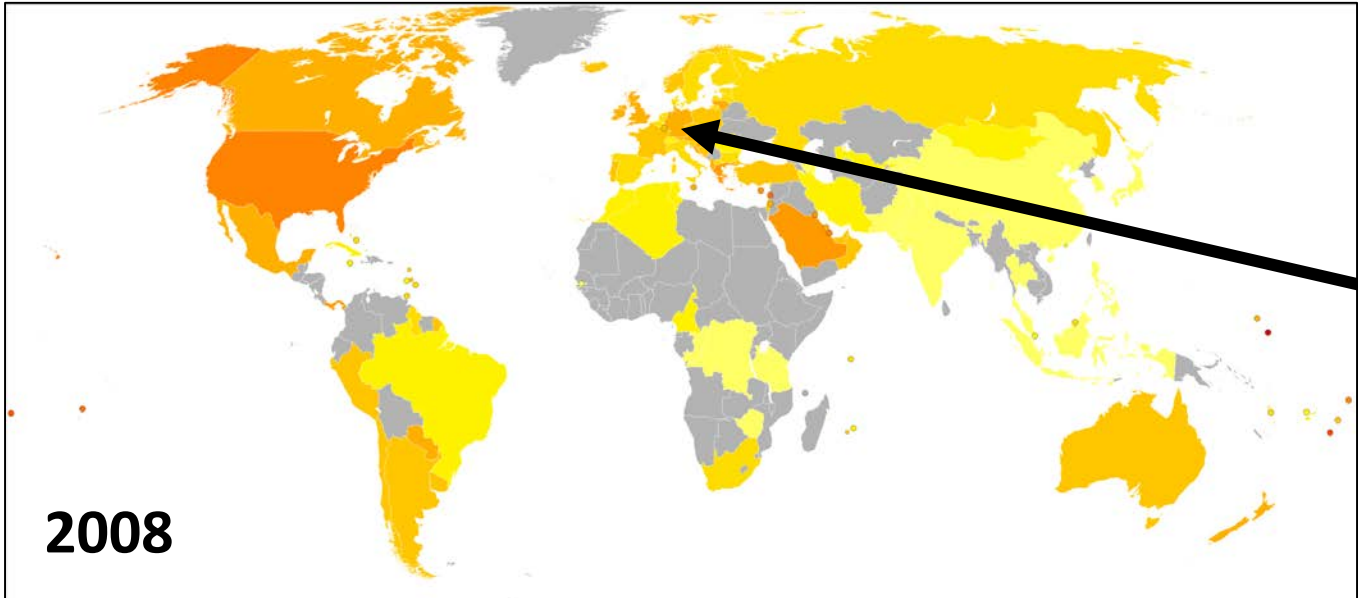
Die Grafiken zeigen den Anstieg der Produktion (links) und des Flächenertrags (rechts) in **Frankreich** für verschiedene Hauptpflanzen seit 1900.



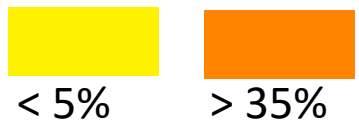
Zentrale Gleichung des Haber-Bosch-Verfahrens („Brot aus Luft“)



In Summe wäre das Angebot an Nahrungsmitteln leicht ausreichend für alle



Anteil adipöser Männer (BMI>30)



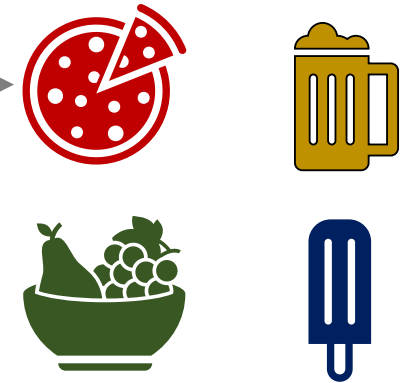
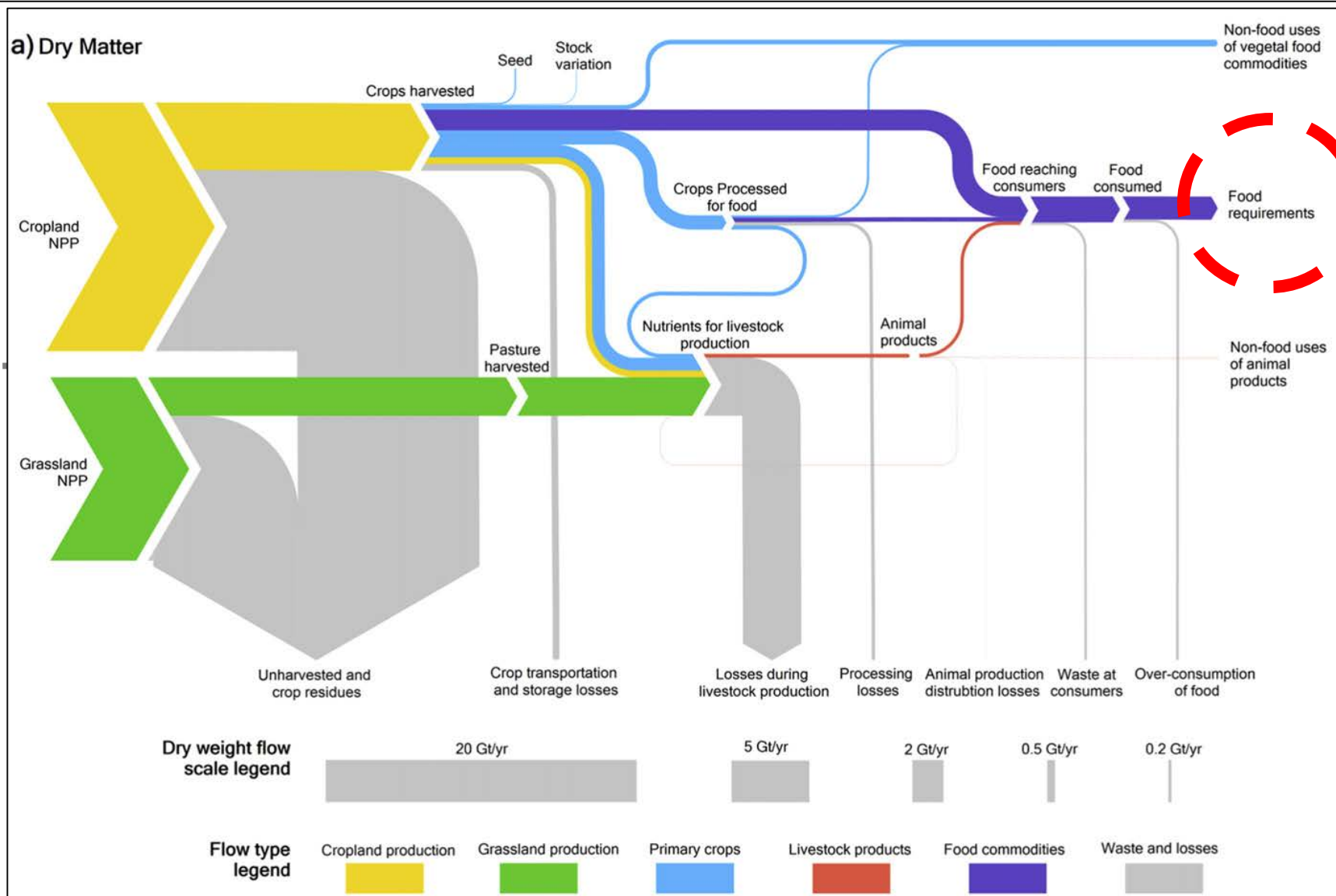
Im Landkreis Freising werden ca. 12,000 ha Winterweizen angebaut; das ergibt in Summe pro Jahr 315 Gkcal. Damit könnten allein vom angebauten Weizen rechnerisch 313.823 Personen pro Jahr versorgt werden (bei einer Bevölkerung von 175.803 Personen im Landkreis), bei einem Bedarf von 2.750 kcal/Person/Tag.



Der durchschnittliche globale Kalorienverbrauch pro Person liegt bei ca. 2.750 kcal/Tag. Im Schnitt reicht die Nahrung also für alle Menschen auf der Welt.

Quelle: Ohio State University
<https://origins.osu.edu/article/feast-and-famine-global-food-crisis>

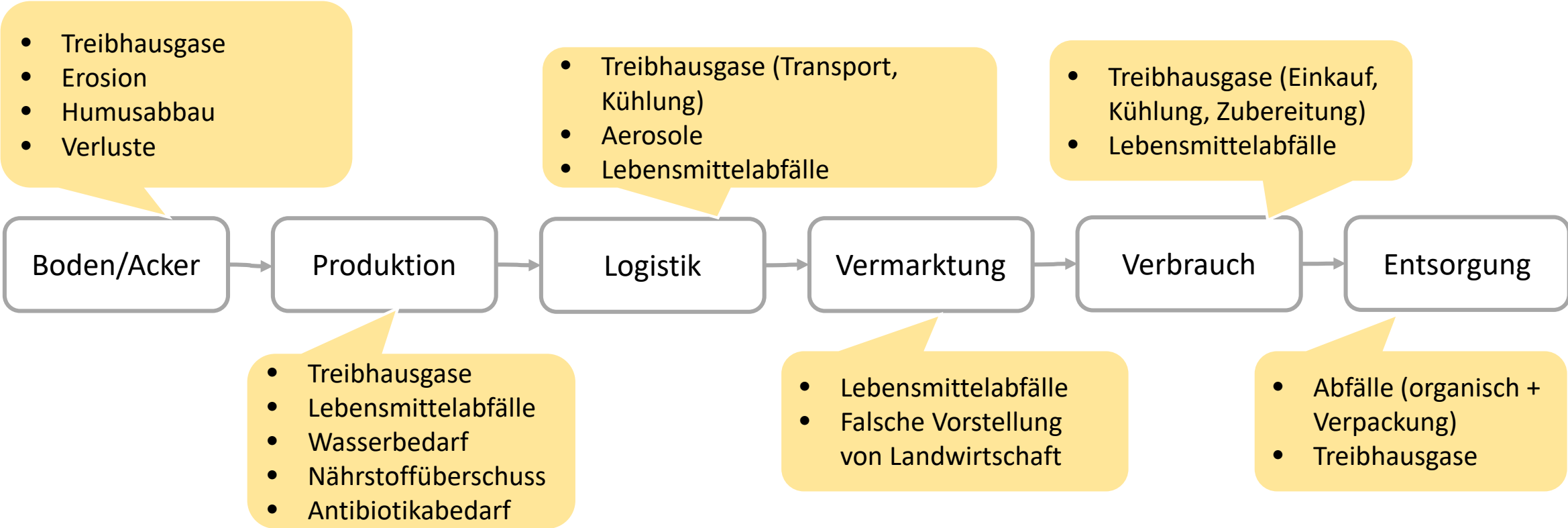
Nur ein Bruchteil der Photosynthese-Leistung auf Agrarflächen wird für die Ernährung genutzt



Das Diagramm zeigt den Materiefluss von der Nettoprimärproduktion (NPP) auf Acker- und Grünland in verschiedene Kompartimente.

Nur ein Bruchteil (6%) wird tatsächlich als Nahrung aufgenommen. Ähnliches gilt, wenn man Energie, Proteine oder Frischmasse betrachtet.

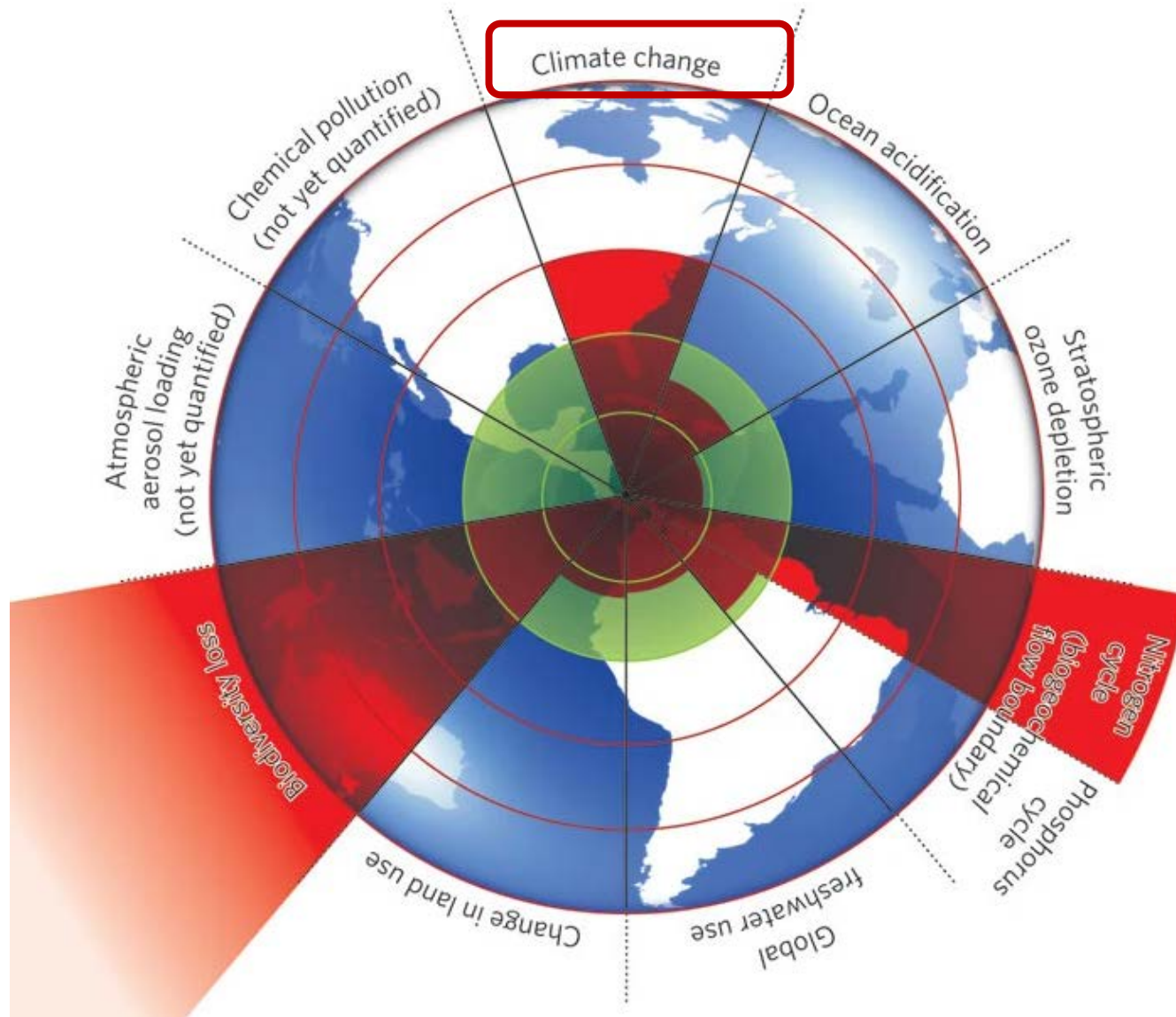
Durch die Nahrungsproduktion entstehen unerwünschte Nebenprodukte oder -effekte



Die Nachfrage der Konsumenten ändert sich

Diese Nebeneffekte kehren durch veränderte Bedingungen für das Pflanzenwachstum und das Tierwohl zurück.

Treibhausgase sind nur eine von mehreren Aufgaben in der Landwirtschaft



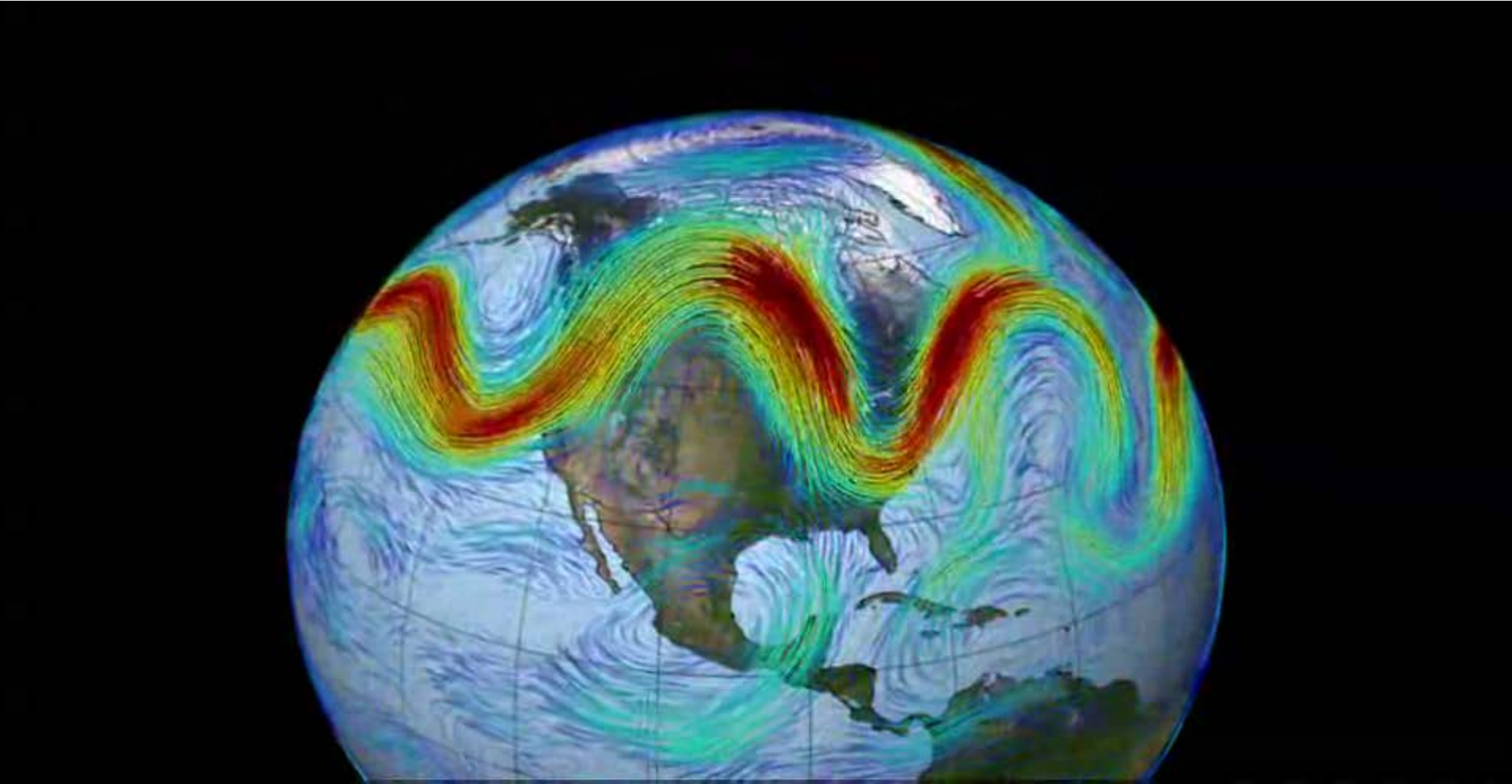
Die Planetaren Grenzen beziehen sich auf:

- Klima *
- Ozean-pH
- Stratosphärisches Ozon
- N- und P-Flüsse **
- Frischwasser-Verbrauch **
- Landnutzungsänderungen **
- Biodiversität **
- Aerosolkonzentration
- Chemische Verschmutzung *

*/**: (sehr) großer Beitrag der Landwirtschaft

Das Ziel der Planetaren Grenzen ist es, weitere menschliche Entwicklung zu ermöglichen. Dafür müssen wir klimatisch im Holozän bleiben und auch die anderen Grenzen einhalten.

Der Jetstream wandelt sich und sorgt für zunehmende Extreme



Das mittlere Klima mag angenehm sein - Wetterextreme sind es nicht

Dürren



Hitzewellen



Insektenplagen



Fluten



Frost

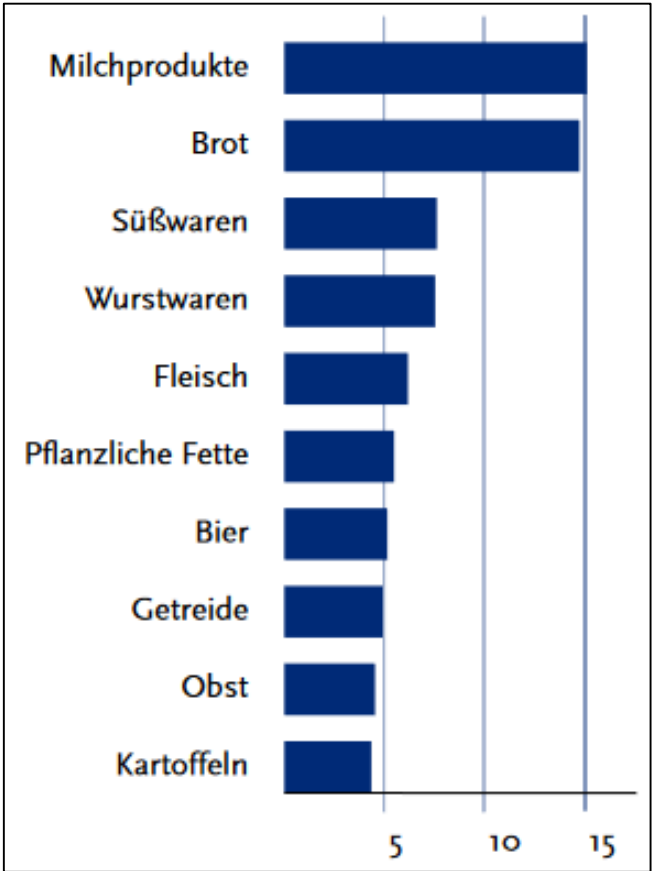


Die Klimawirkung unserer Ernährung

C

Die typische deutsche Ernährung enthält viele tierische Produkte

Prozentuale Anteile der Energiequellen für Männer in Deutschland
(für Frauen ist diese ähnlich)



RKI (2002)

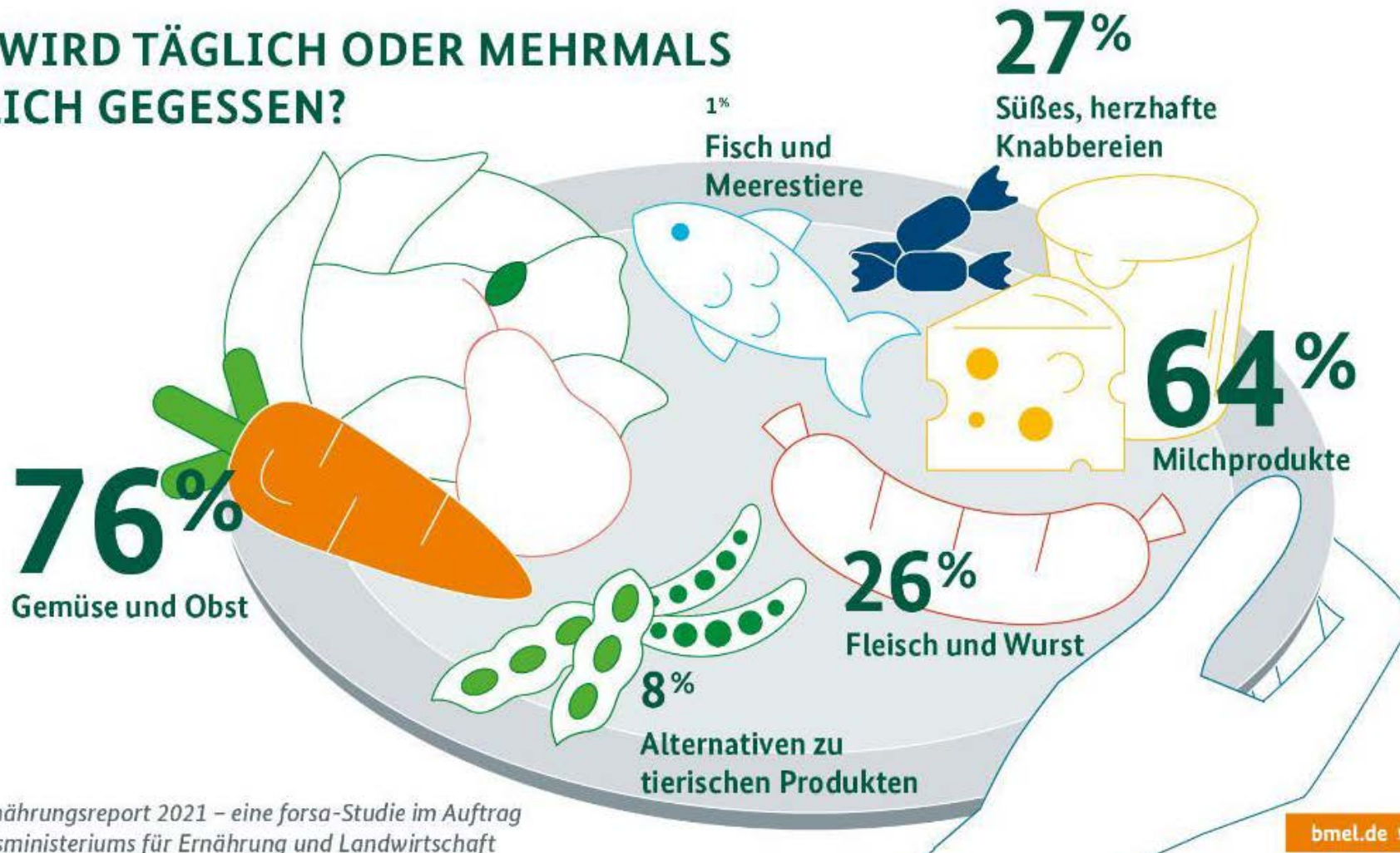
Wochenration einer deutschen vierköpfigen Familie



© Peter Menzel

Der Anteil pflanzlicher Nahrungsmittel stieg jedoch in den letzten Jahren

WAS WIRD TÄGLICH ODER MEHRMALS TÄGLICH GEGESSEN?



(aus der BMEL-Studie)

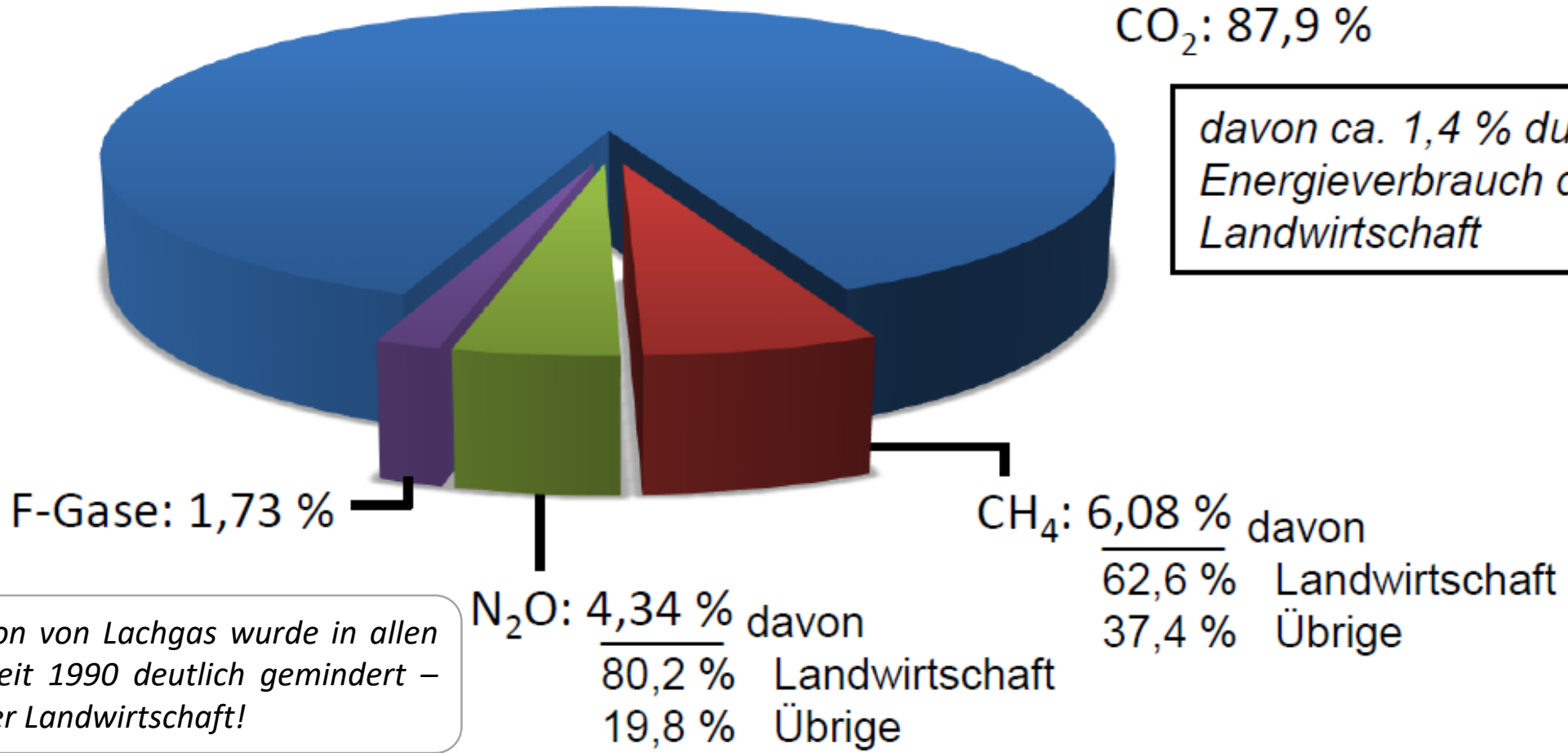
Der Verzehr von Fleisch und Wurst nimmt etwas ab: 26 Prozent der Befragten essen diese täglich oder mehrmals täglich, im Jahr 2015 waren es noch 34 Prozent.

Alternativen zu tierischen Produkten (wie Soja-Drinks, Tofu-Würstchen oder vegane Käse-Alternativen) sind bei den 14- bis 29-Jährigen **beliebter geworden:** 17 Prozent essen diese (mehrmals) täglich; im vergangenen Jahr waren dies nur 7 Prozent.

Vor allem bei Methan und Lachgas ist die Landwirtschaft der größte Emittent

Darstellung als CO₂-Äquivalente
 - Gewichtung nach Klimawirksamkeit -

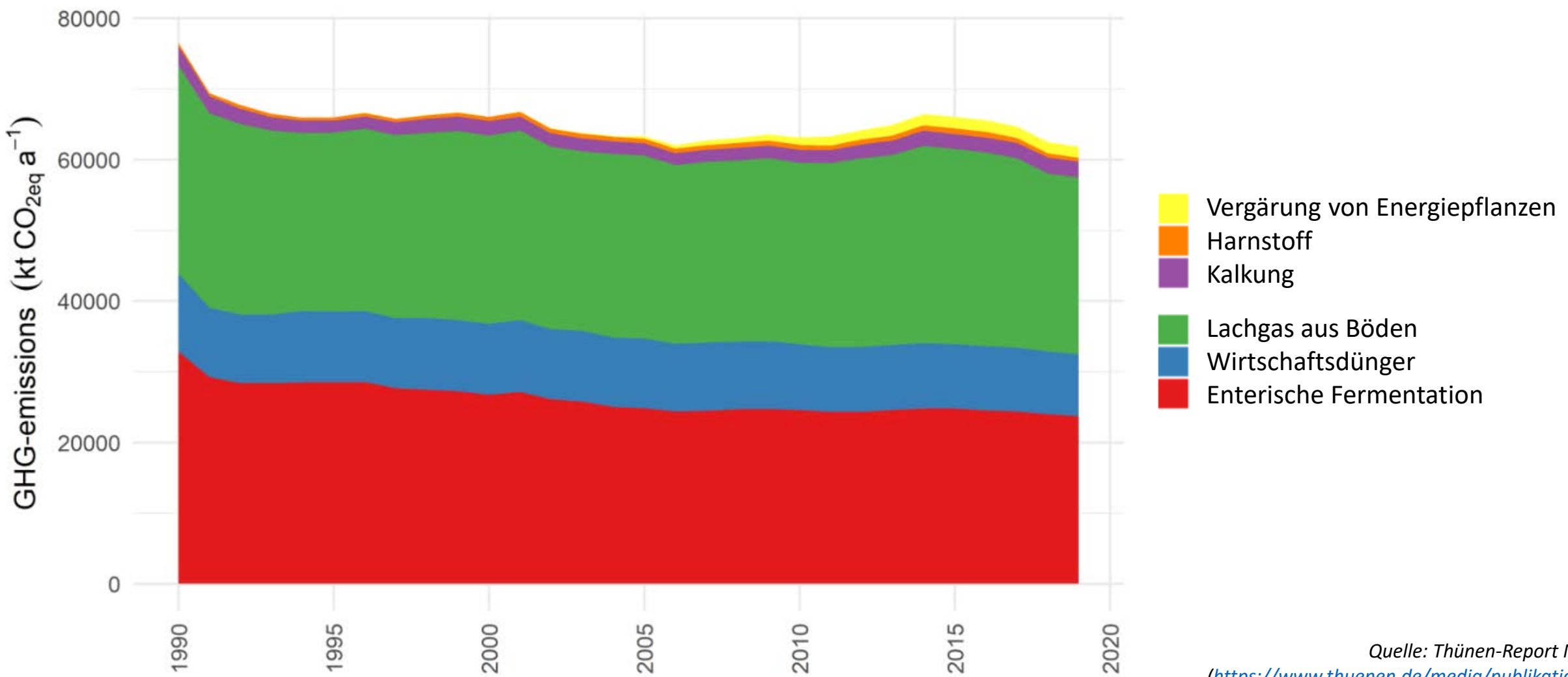
Komponenten der Spurengas-Gesamtemissionen Deutschlands 2019



davon ca. 1,4 % durch Energieverbrauch der Landwirtschaft

Die Emission von Lachgas wurde in allen Sektoren seit 1990 deutlich gemindert – außer in der Landwirtschaft!

In Deutschland stagnieren die landwirtschaftlichen Emissionen

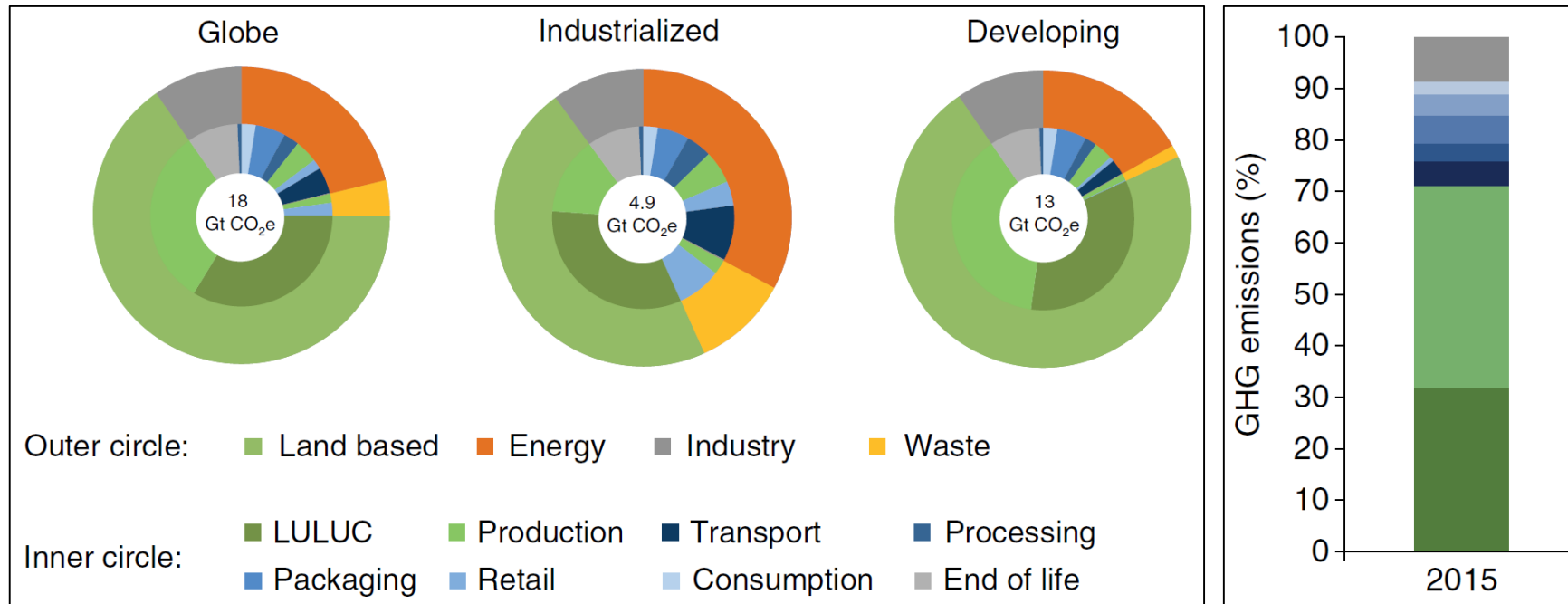


Quelle: Thünen-Report Nr. 84
(https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_84.pdf)

Emissionen entstehen in der gesamten Wertschöpfungskette – sichtbar und unsichtbar

Die Treibhausgase aus der Ernährung lassen sich in zwei Gruppen einteilen: einerseits die direkten, messbaren Emissionen aus Anbau, Flächennutzungsänderungen, Verarbeitung und Verwertung und andererseits die indirekten Emissionen, die als Opportunitätskosten der Landnutzung zugeschlagen werden müssen (*nächste Folie*).

Eine Studie der FAO und der EU-Kommission (Crippa *et al.*) schätzt den globalen Anteil der Ernährung an den Treibhausgasen auf 34%. Der größte Teil davon (71%) entfällt auf den Anbau. Der Gesamtausstoß ist mit ca. 18 Gt CO_{2eq} zwischen 1990 und 2015 nahezu gleich geblieben – trotz einer Steigerung der Produktionsmenge um 40%.



Der Pro-Kopf-Ausstoß durch die Ernährung beträgt in Europa laut dieser Studie 2,4 t CO_{2eq} pro Jahr.

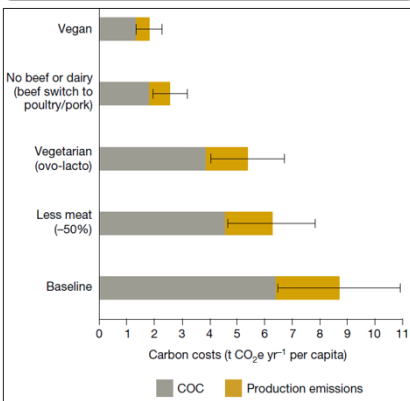
Die Opportunitätskosten von Land erzwingen eine effiziente Nutzung

Es reicht bei weitem nicht aus, nur die direkten Emissionen aus der Produktion von Nahrung zu betrachten. Es wird zwar ehrlicher, aber reicht noch immer nicht, wenn zusätzlich die Konversion von Flächen (*land use change*) mit berücksichtigt wird. Es müssen auch die **Opportunitätskosten** von Land zur C-Speicherung mit einbezogen werden:

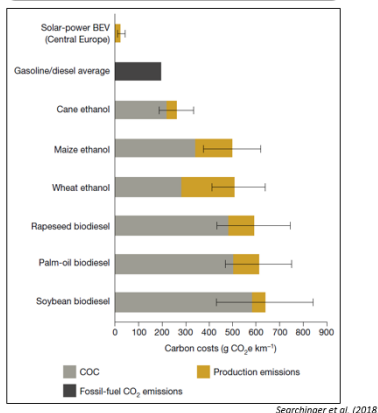
Die Idee der Opportunitätskosten besteht aus zwei Teilen:

1. Land, welches für Nahrungsmittel genutzt wird, speichert weniger Kohlenstoff als die natürliche Vegetation (*carbon costs*)
2. Land, auf dem hocheffizient Nahrungsmittel angebaut werden, ermöglicht theoretisch die Freiwerdung von anderem Land zur C-Speicherung bei gleichbleibendem Konsum (*carbon benefits*)

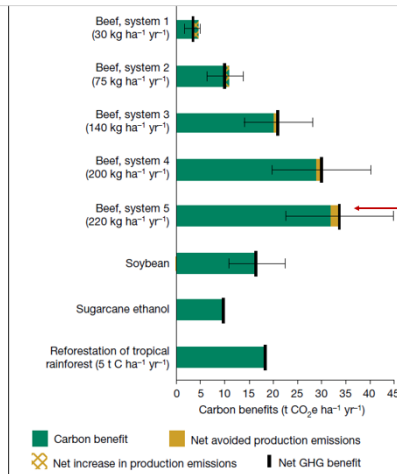
Die linke Grafik zeigt die divergierenden C-Kosten unterschiedlicher Ernährungsweisen in Nordeuropa.



Die rechte Grafik zeigt die hohen C-Kosten unterschiedlicher Formen von Bioenergie.

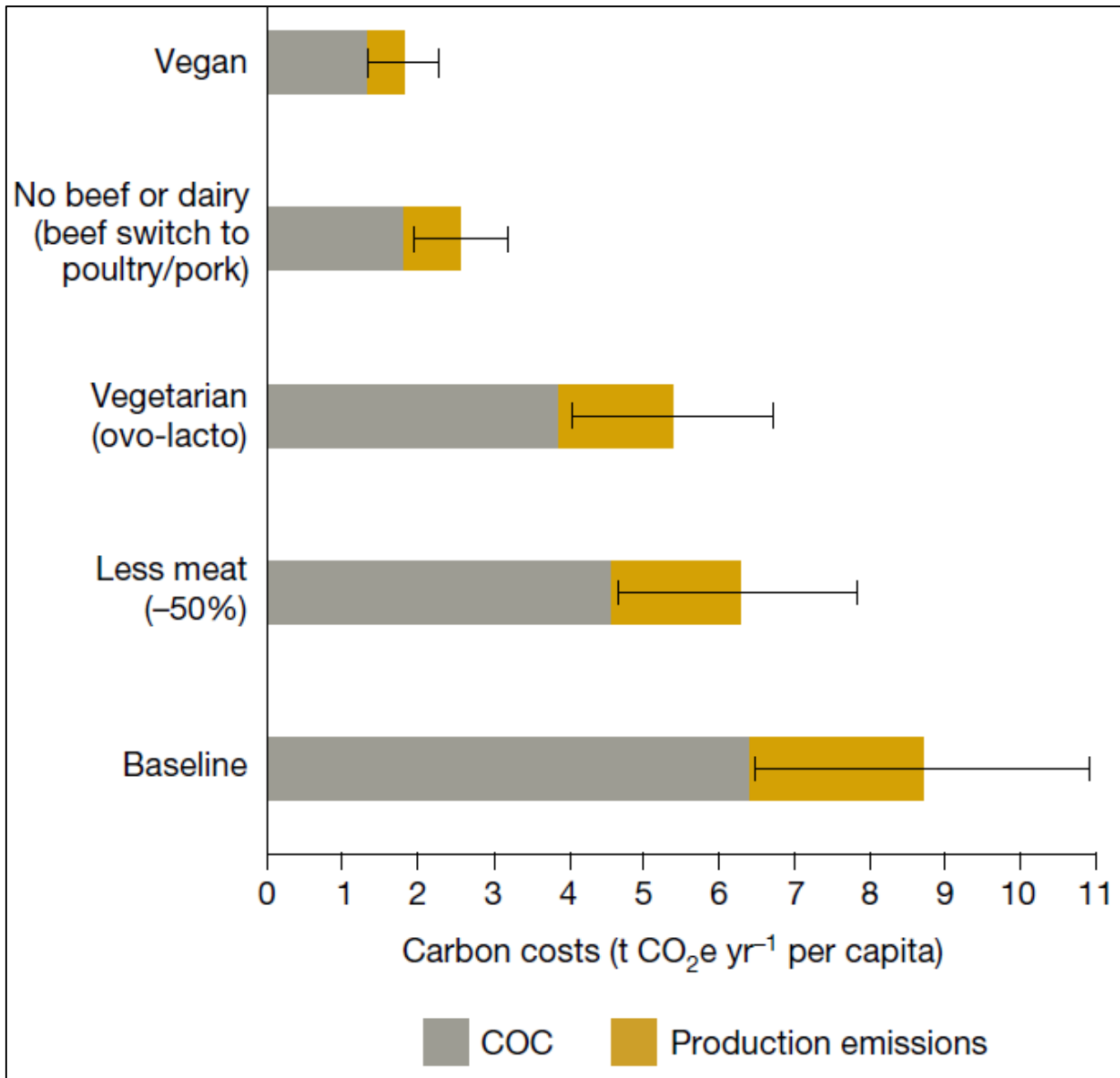


Wenn Opportunitätskosten einbezogen werden, erhöht sich der Fußabdruck der Ernährung drastisch: auf ca. **9 t pro Kopf und Jahr** in Nordeuropa!

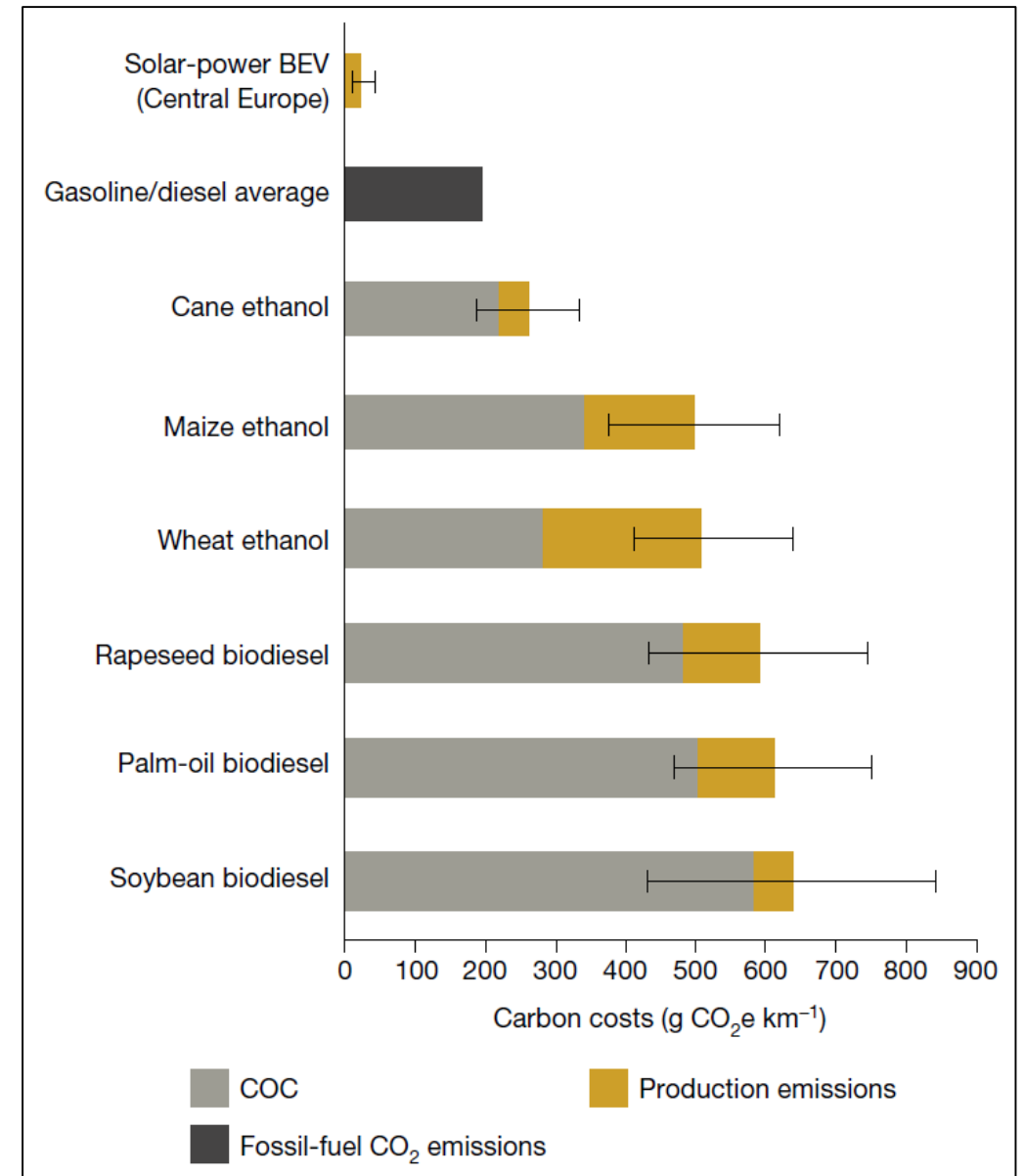


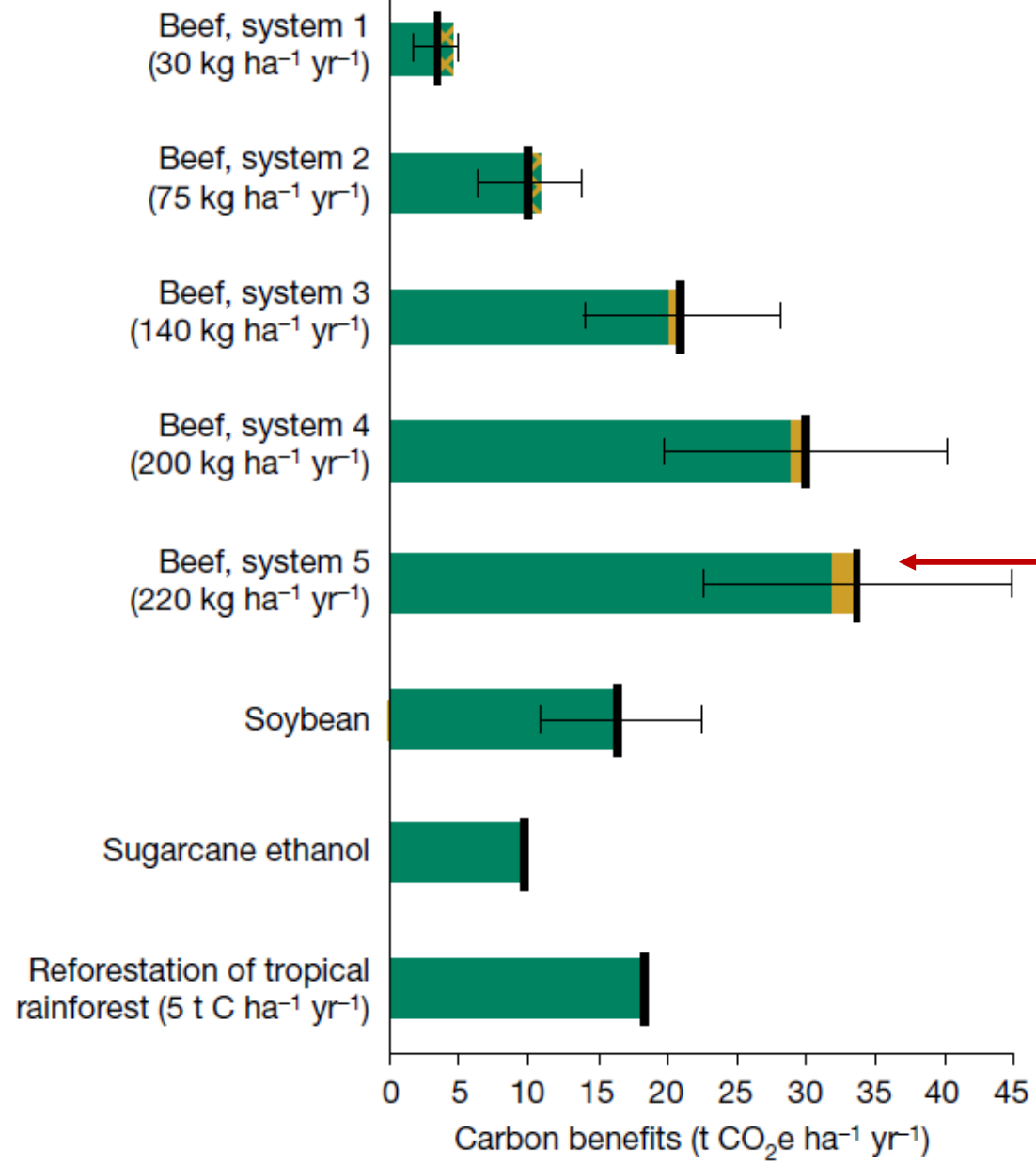
Die Grafik zeigt die Kohlenstoff-Auswirkungen unterschiedlicher Arten und Intensitäten von Landnutzung in Brasilien. Es ist erkennbar, dass eine **Intensivierung** der Rindfleischproduktion zu einem deutlichen Klimavorteil führen könnte – weil bei gleicher Nachfrage weniger Fläche benötigt wird.

Die linke Grafik zeigt die divergierenden C-Kosten unterschiedlicher Ernährungsweisen in Nordeuropa.

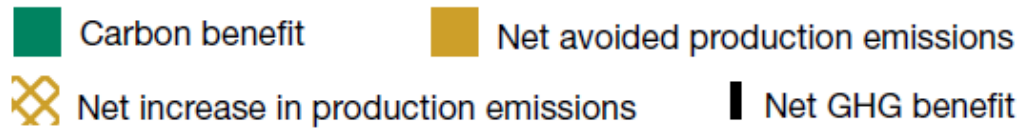


Die rechte Grafik zeigt die hohen C-Kosten unterschiedlicher Formen von Bioenergie.





Die Grafik zeigt die Kohlenstoff-Auswirkungen unterschiedlicher Arten und Intensitäten von Landnutzung in Brasilien. Es ist erkennbar, dass eine **Intensivierung** der Rindfleischproduktion zu einem deutlichen Klimavorteil führen könnte – weil bei gleicher Nachfrage weniger Fläche benötigt wird.

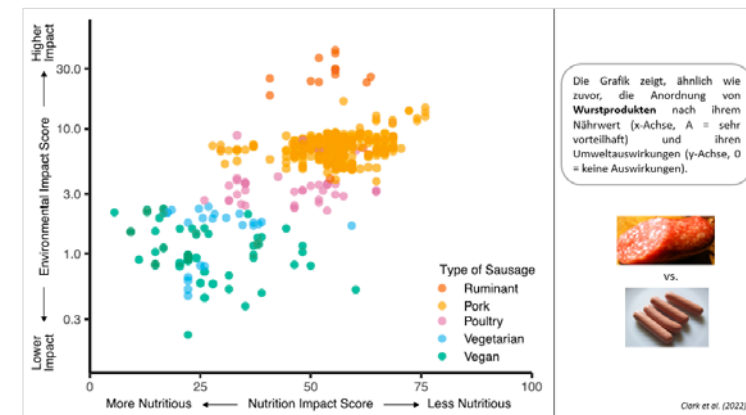
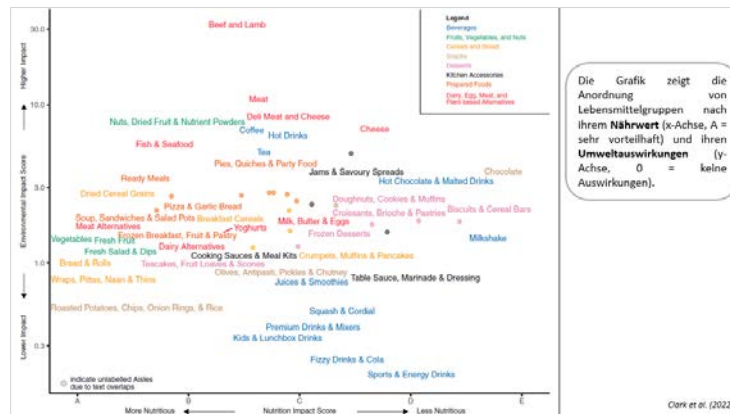


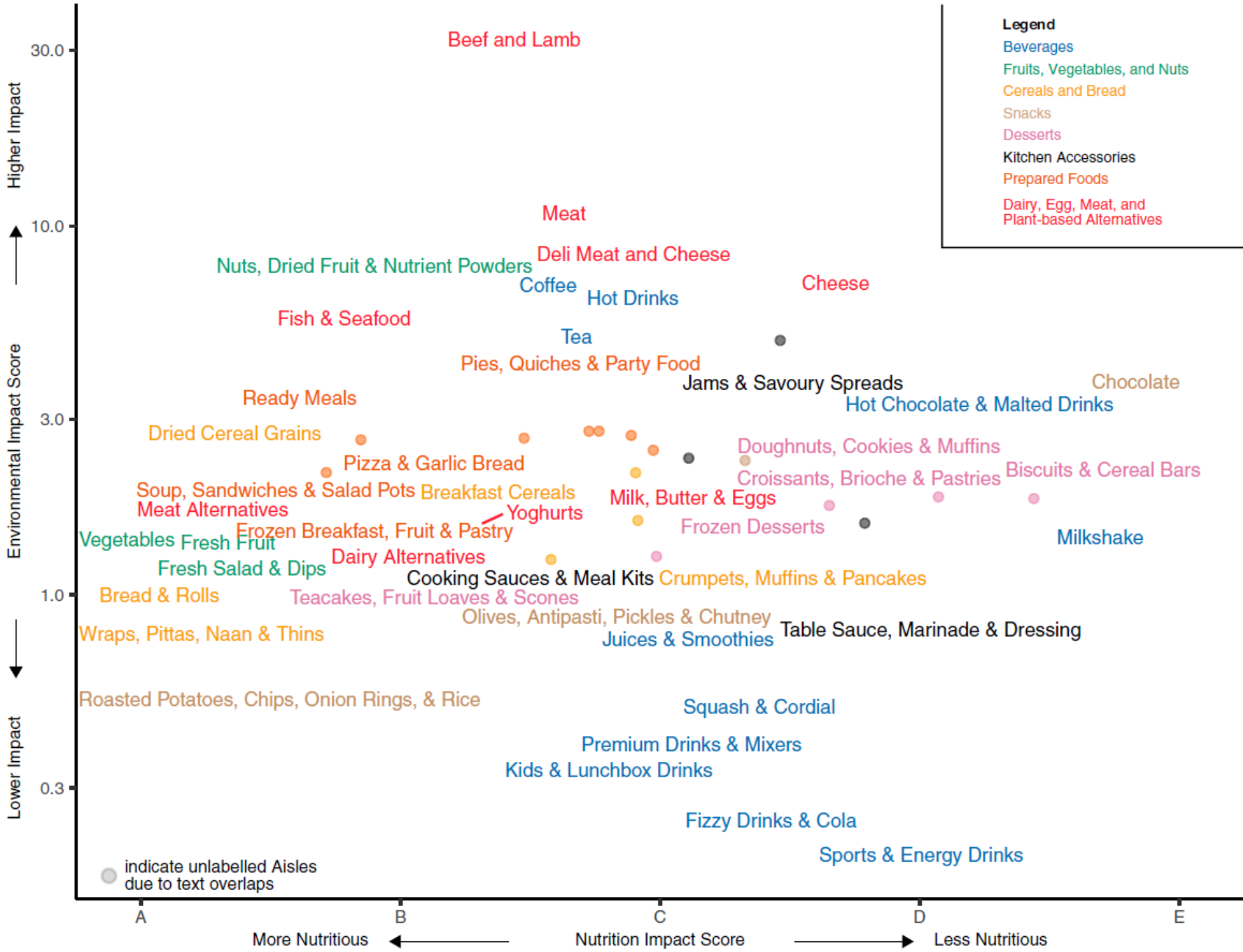
Der Klimaabdruck unterscheidet sich stark zwischen Lebensmittel(gruppe)n

Lebensmittel unterscheiden sich in ihren Umweltauswirkungen enorm – nicht nur bei Treibhausgasen, sondern auch bei der Landnutzung, dem Wasserbedarf und ihrem Eutrophierungspotenzial. Eine kürzlich erschienene Studie hat diese vier Indikatoren für 57.000 verschiedene Lebensmittel in Großbritannien untersucht.

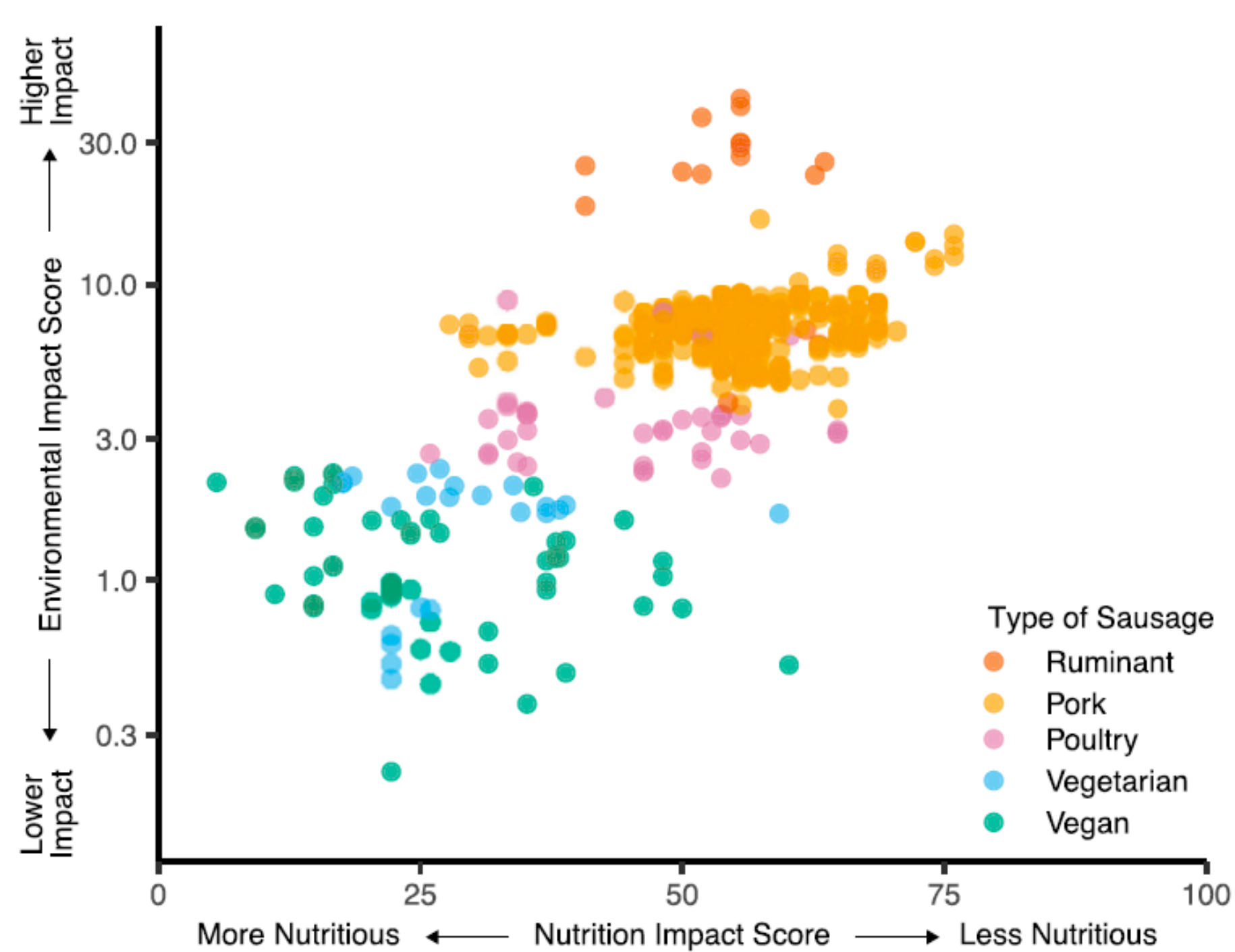
Es gibt deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen von Lebensmitteln. Diese sind teilweise mit ihrem Nährwert invers korreliert: je gesünder das Produkt, desto geringer die Umweltauswirkung. Das gilt allerdings nicht pauschal für alle.

Auch innerhalb einer Produktgruppe gibt es oft deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Varianten. Häufig sind pflanzliche Produkte eine win-win Kombination (gut für die Gesundheit und die Umwelt).

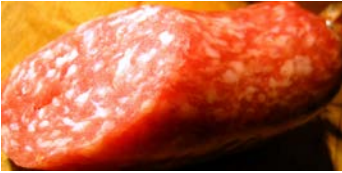




Die Grafik zeigt die Anordnung von Lebensmittelgruppen nach ihrem **Nährwert** (x-Achse, A = sehr vorteilhaft) und ihren **Umweltauswirkungen** (y-Achse, 0 = keine Auswirkungen).



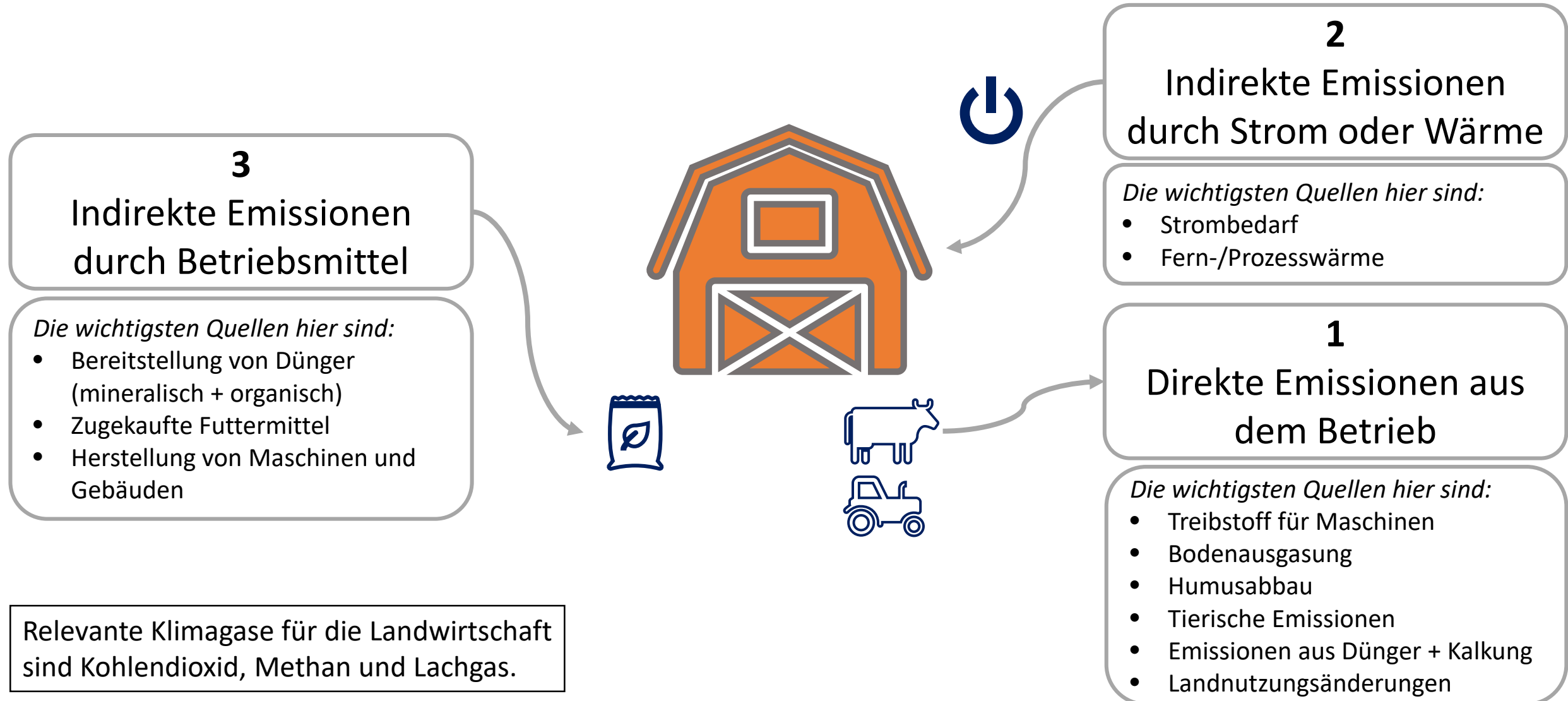
Die Grafik zeigt, ähnlich wie zuvor, die Anordnung von **Wurstprodukten** nach ihrem Nährwert (x-Achse, A = sehr vorteilhaft) und ihren Umweltauswirkungen (y-Achse, 0 = keine Auswirkungen).



vs.



Auf dem Bauernhof entstehen Emissionen in drei Sektoren (*scopes nach GHG-Protokoll*)



An aerial photograph of a rural landscape. In the foreground, there is a lush green field of tall grass or young crops. A line of young trees, supported by stakes, runs across the middle ground. Beyond this, the terrain rises into rolling hills covered in golden-brown fields, likely mature crops. The background shows more distant hills under a clear sky.

Was können wir tun?



Was kann die Landwirtschaft tun, um Teil der Lösung zu sein?

Im Ernährungssystem gibt es vier Sektoren oder Gruppen mit Handlungsmöglichkeiten, um die Umweltauswirkungen zu verbessern: die Landwirtschaft, die verarbeitenden Unternehmen, die Politik und die Konsumenten. Im Vortrag gehe ich auf Möglichkeiten in der Landwirtschaft ein.

C → **c**

**Weniger Emissionen entstehen lassen
(CO₂, CH₄ und N₂O)**

C ↓

Mehr CO₂ in die Böden und Pflanzen aufnehmen (*sequestrieren*)

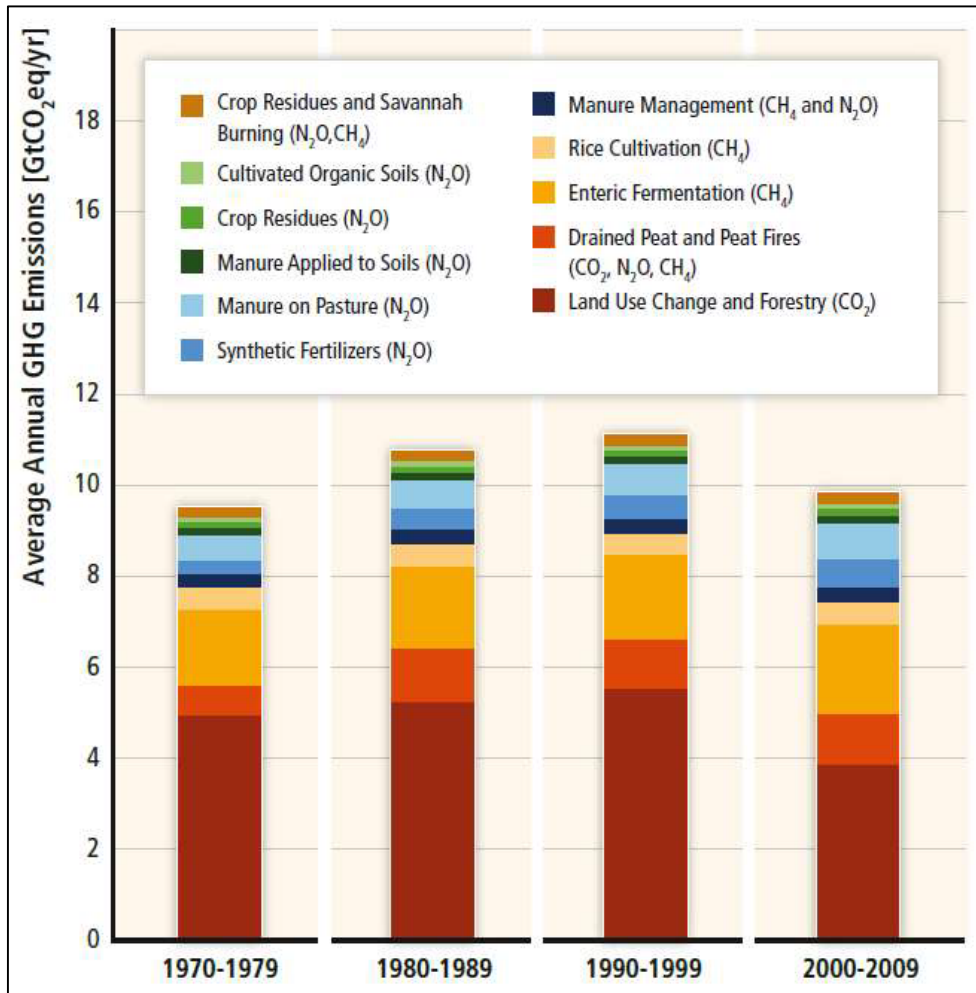


Maßnahmen zur Emissionsminderung

A large dairy farm scene at dusk or dawn. In the foreground, several black and white cows are standing in a fenced area. In the background, a long, covered feeding trough extends across the field, with many more cows visible. The sky is a clear, deep blue.

Emissionsminderung sollte an den größten Quellen ansetzen

Die Emission aus der Landwirtschaft stammen von den folgenden Aktivitäten:



Land Use Change (LUC)

- **Entwaldung**
- **Grünland zu Ackerland**
- **Moortrockenlegung und Torfnutzung**

Im Betrieb

- Bedarf an Maschinen und Gebäuden (Herstellung)
- Treibstoffe
- Strom

Pflanzenbau

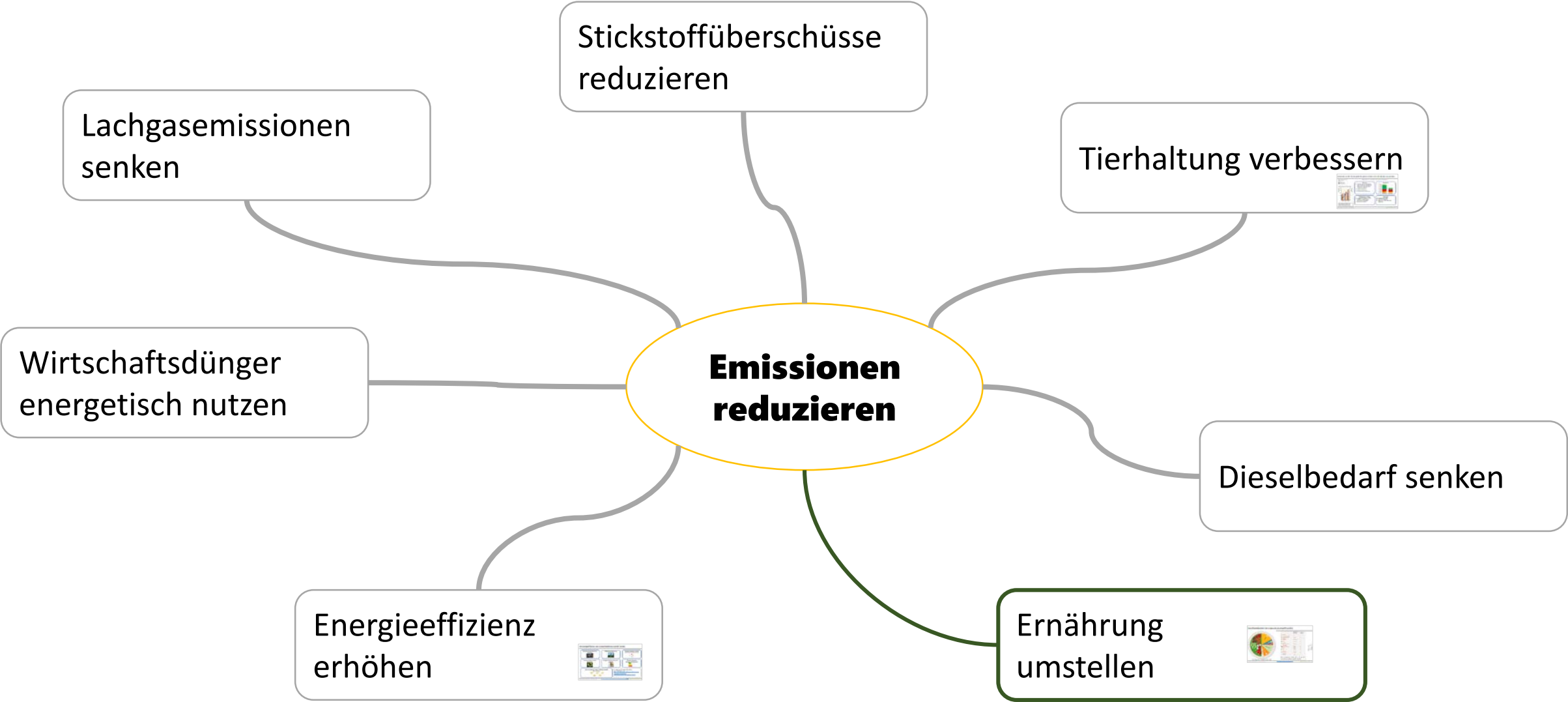
- **Mineraldünger** (Herstellung, Lagerung, Ausbringung, Feldverluste)
- Kalkdünger
- **Reisanbau**
- Humusabbau
- Pflanzenschutzmittel
- Erntereste verbrennen

Tierhaltung

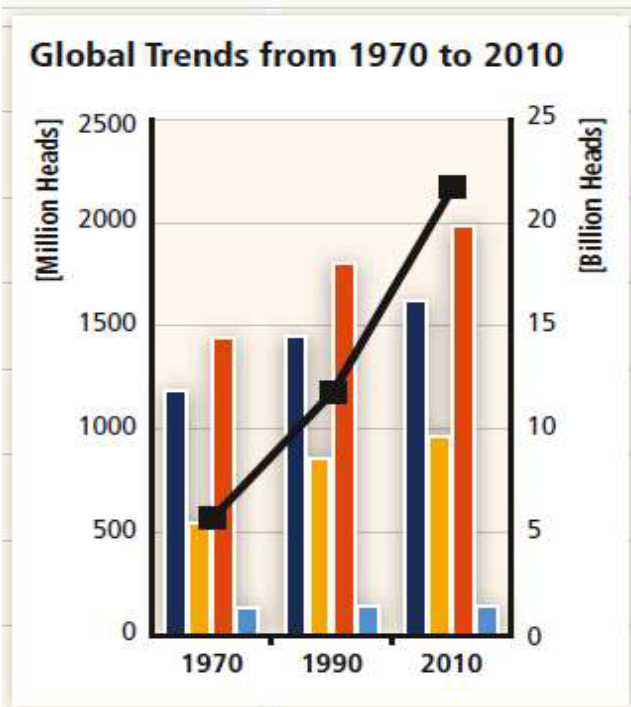
- **Wirtschaftsdünger** (Lagerung, Ausbringung, Feldverluste)
- **Tierische Emissionen aus enterischer Fermentation**
- Futtermittel -> Pflanzenbau

Wir – global und lokal – sollten daher vor allem diese Quellen angehen und Emissionen daraus senken.

Mit den folgenden Maßnahmen lassen sich Emissionen aus der Landwirtschaft reduzieren



Emissionen aus der Tierhaltung können gesenkt werden (ohne die Tiere ganz abzuschaffen)



Die Anzahl der Nutztiere hat weltweit stark zugenommen.

Maßnahmen zur Emissionsminderung nach Kategorien

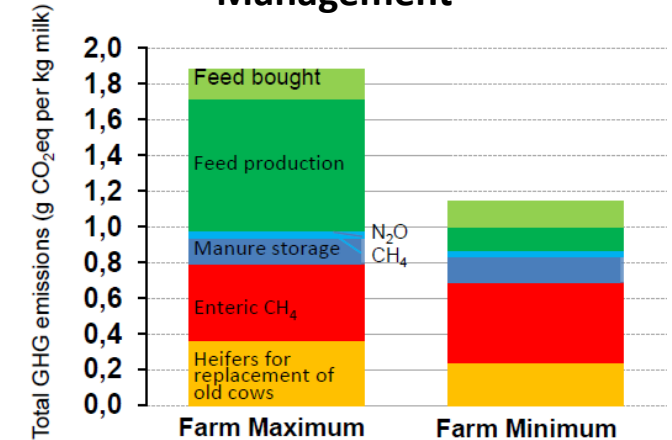
Fütterung

- Weit überwiegende Weidehaltung (spart Energie zur Bewirtschaftung, Lagerung und Gülleausbringung; weniger NH_3 , CH_4 , N_2O)
- Nur lokales Kraftfutter
- Additive zur Verdauung
- Düngung für Futter minimieren

Tierbestand und -züchtung

- Auf geringere Emissionen züchten
- Reduktion der Tierbestände, insbesondere Monogastrier
- Fleisch aus dem Labor?

Management



Infrastruktur

- Energieeffiziente Ställe
- Emissionsmanagement
- Lagerung von Gülle (Abdeckung, Vergärung!)

Eine pflanzenbasierte Diät ist gesund und umweltfreundlich



Vorschlag einer „Planetary Health Diet“

	Macronutrient intake grams per day (possible range)	Caloric intake kcal per day
Whole grains Rice, wheat, corn and other	232	811
Tubers or starchy vegetables Potatoes and cassava	50 (0-100)	39
Vegetables All vegetables	300 (200-600)	78
Fruits All fruits	200 (100-300)	126
Dairy foods Whole milk or equivalents	250 (0-500)	153
Protein sources		
Beef, lamb and pork	14 (0-28)	30
Chicken and other poultry	29 (0-58)	62
Eggs	13 (0-25)	19
Fish	28 (0-100)	40
Legumes	75 (0-100)	284
Nuts	50 (0-75)	291
Added fats		
Unsaturated oils	40 (20-80)	354
Saturated oils	11.8 (0-11.8)	96
Added sugars		
All sugars	31 (0-31)	120



Die „Planetary Health Diet“ ist gut für unsere Gesundheit und die Umwelt.

Die Energieeffizienz in der Landwirtschaft kann erhöht werden

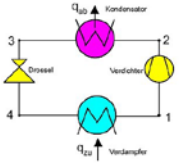
Alternative Antriebssysteme für Maschinen



Effiziente Verarbeitung und Vermarktung



Nutzung erneuerbarer Energien (Solarthermie, PV, Geothermie, etc.)



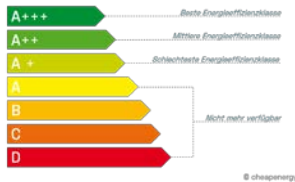
Nutzung von Abwärme oder Fernwärme



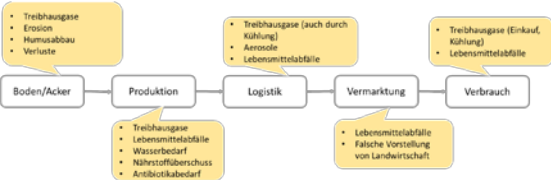
Energetische Modernisierung von Gebäuden




Effiziente Kleingeräte (Ventilator, Kühlschrank etc.)



...nicht nur im Betrieb, sondern entlang der gesamten Wertschöpfung

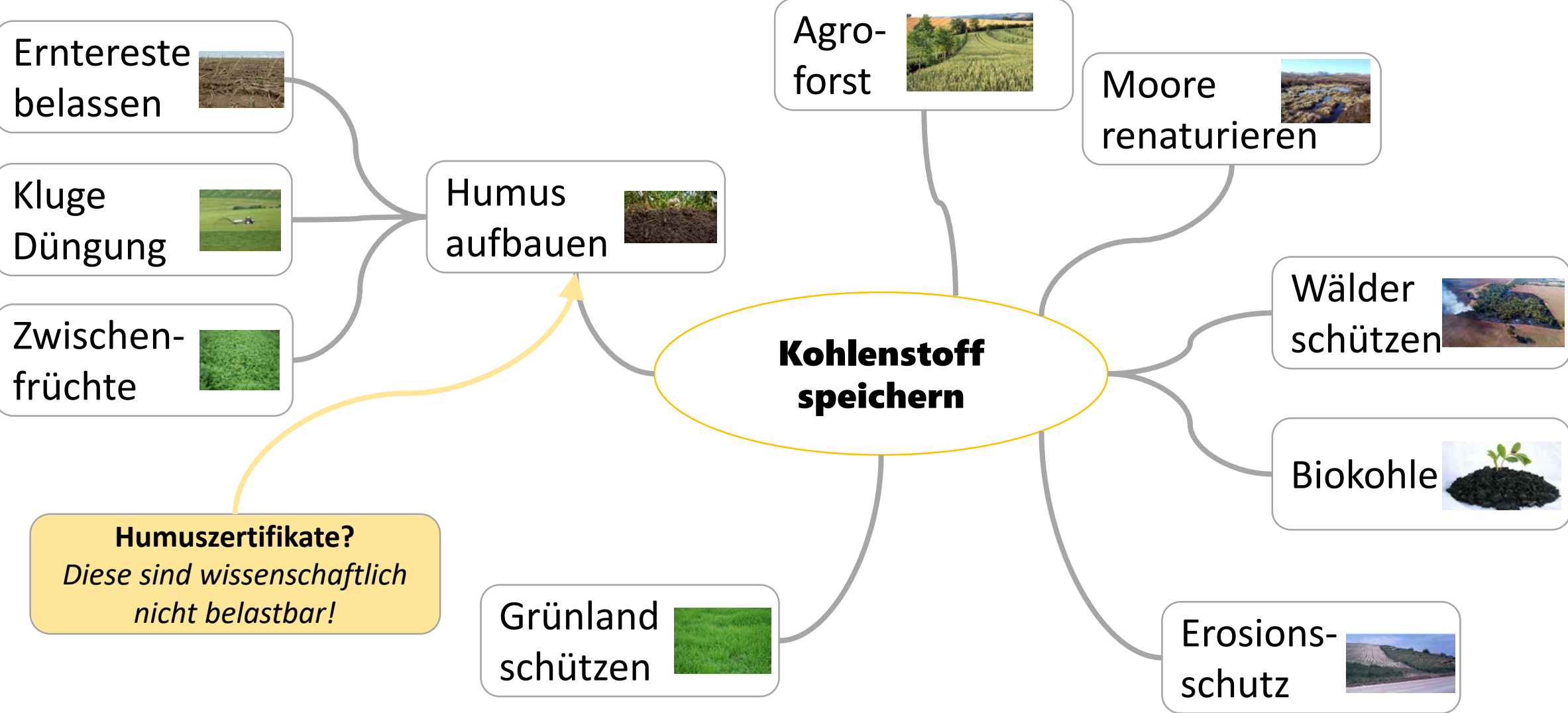


Zur Steigerung der Energieeffizienz gibt es Fördermöglichkeiten, z.B.: https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungenauftraege/Bundesprogramm-Energieeffizienz/Foerderungen/aktuell_node.html



Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung

Mit den folgenden Maßnahmen lässt sich Kohlenstoff im Boden speichern bzw. festhalten





Was ist grundsätzlich
empfehlenswert?

Einige Maßnahmen können der Anpassung und Vermeidung dienen (*no regret-Optionen*)

Agroforst-Systeme



Ernährung umstellen



Weniger mineralischer Dünger



Verbessertes Bodenmanagement



Humusaufbau



Ausgewählter Ökolandbau



Grünland erhalten



Tierhaltung reduzieren



Wie könnte die Tierhaltung der Zukunft in einer klimaneutralen Welt aussehen?

Es gilt die Maxime: Nahrung vor stofflicher Nutzung vor Tierfutter. Der Wettbewerb zwischen Tier und Mensch um Ressourcen auf dem Acker muss minimiert werden.



Maßnahmen für Monogastrier (v.a. Schweine, Hühner)

- Robuste, gesunde Arten, die auf Nahrungsabfälle als Futter angepasst sind
- Zweinutzungsrasen sind klar zu bevorzugen
- Hauptsächlich Gras als Nahrung
- Haltung in Verbindung mit Agroforst
- Insgesamt deutlich weniger Tiere

Maßnahmen für Wiederkäuer (v.a. Rinder):

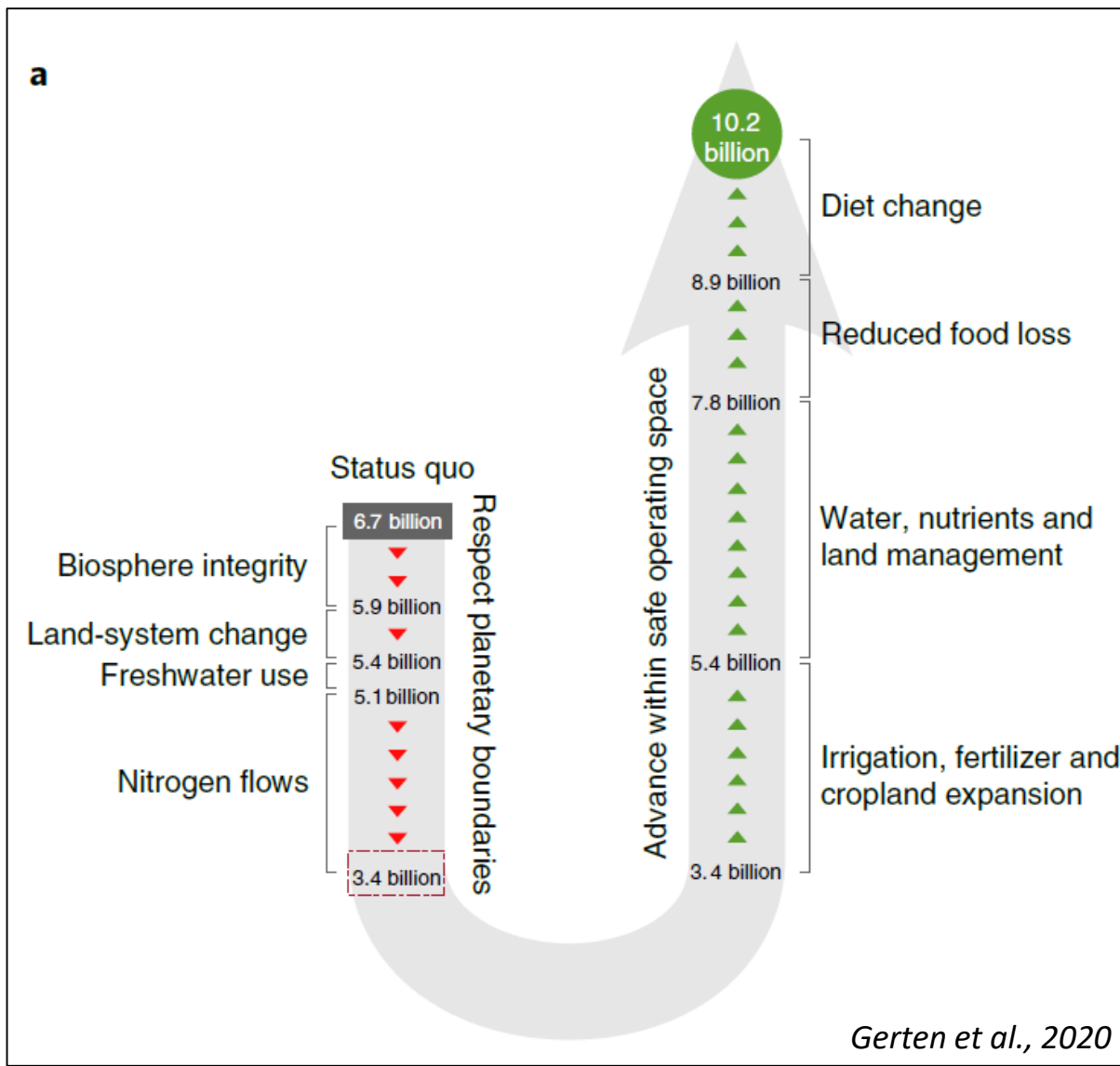
- Maximale Weidehaltung
- Nur absolut notwendige Zufütterung
- Regionale Futtermittelversorgung

Alte neue Tiere



Auch in der *Planetary Health Diet* sind (gesunde) tierische Produkte enthalten – jedoch nur in geringem Umfang.

Ausreichend und nahrhaftes Essen für alle ist innerhalb der Planetaren Grenzen möglich



Willett et al., 2020

Eine geringere Verschwendung von Lebensmitteln führt zu weniger unnötiger Produktion

In Deutschland werden derzeit ca. 35% der Lebensmittel weggeschmissen. Das entspricht ca. 22 Mio t CO_{2eq} unnützer Emissionen pro Jahr.

Auch die dafür notwendigen Ressourcen an Land, Wasser, Energie und Arbeit wurden umsonst aufgewendet.

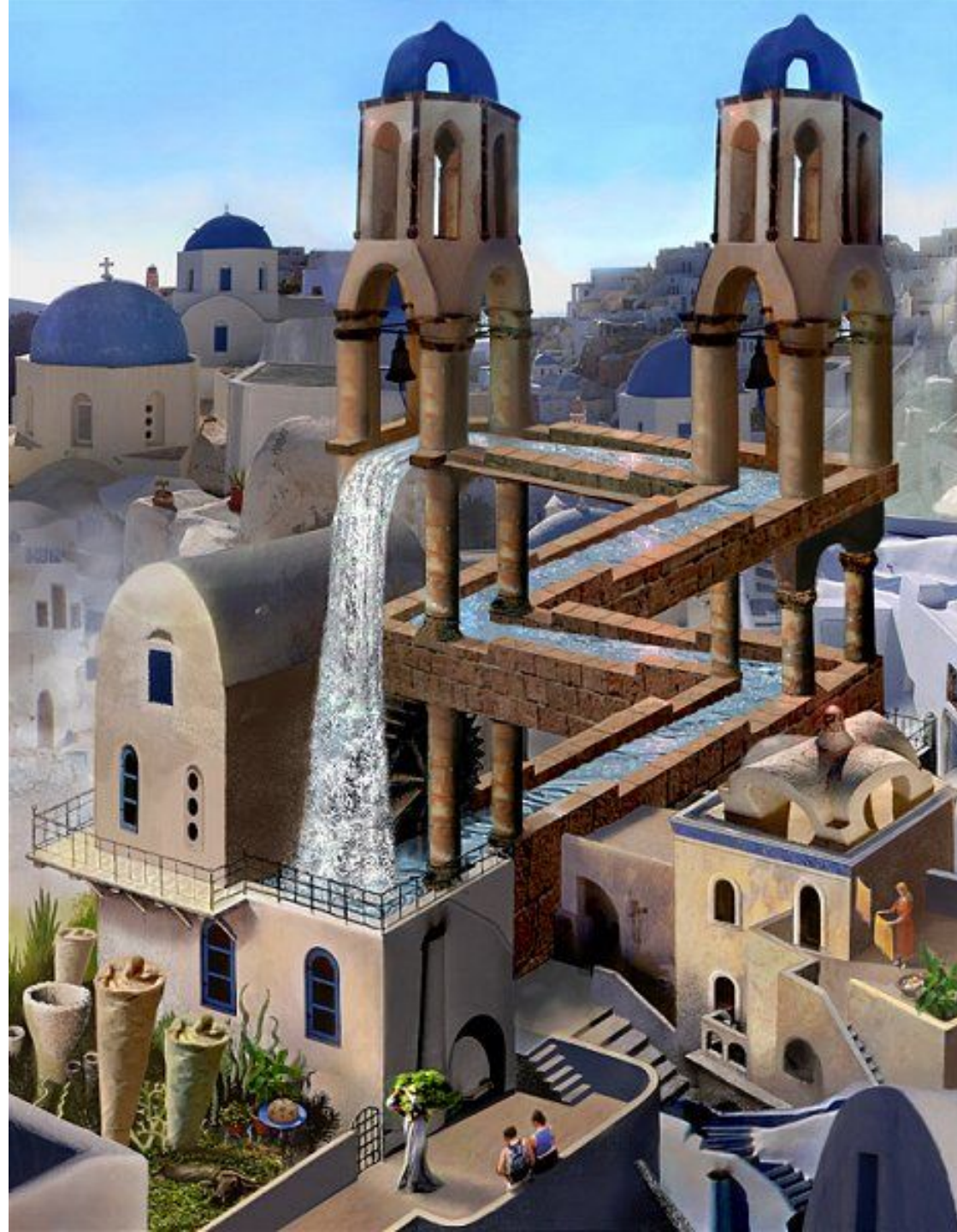
Eine weitere Form von Verschwendung ist eine geringe Konversionseffizienz von Eiweiß. Dies ist insbesondere bei tierischen Produkten der Fall.

Auch die Emissionen pro g Protein unterscheiden sich zwischen pflanzlichen und tierischen Produkten (Rindfleisch zu Leguminosen 250:1, Schweine- und Geflügelfleisch zu Leguminosen 42:1).



Zusammenfassung





Wasserfall, M. C. Escher
(nachkoloriert)

Literaturhinweise

- Peter Breunig, Marcus Mergenthaler: Besonderheiten des Klimaschutzes im Agrar- und Ernährungssystem – was müssen wir neu denken? Berichte über Landwirtschaft, Band 100, Ausgabe 2 (2022)
 - <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/425/>
- T. Searchinger et al.: Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. Nature (2018)
 - <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0757-z>
- M. Clark et al.: Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. PNAS (2022)
 - <https://doi.org/10.1073/pnas.2120584119>
- M. Crippa et al.: Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nature Food (2021)
 - <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
- Gerten & Kummu: Feeding the world in a narrowing safe operating space. One Earth (2021)
- Willett et al.: Planetary Health Diet. The Lancet (2019)
 - https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf

Bildquellen

- <https://i.guim.co.uk/img/static/sys-images/Guardian/Pix/pictures/2013/5/6/1367850823197/melander-Family---Germany-005.jpg?width=880&quality=85&auto=format&fit=max&s=ceae7529701923d2610dccc672540435>
- <https://i.pinimg.com/originals/64/88/8f/64888ffa55e96c2f76e5d6de096acaf5.jpg>
- By Monstourz - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17367514>
- By Sargoth - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4900952>