

Klimawandel & Umweltschutz

– Produktion & Versorgungssicherung

Landwirtschaft und Nutztiere unter Druck?



W. Windisch

TUM School of Life Sciences

Technische Universität München

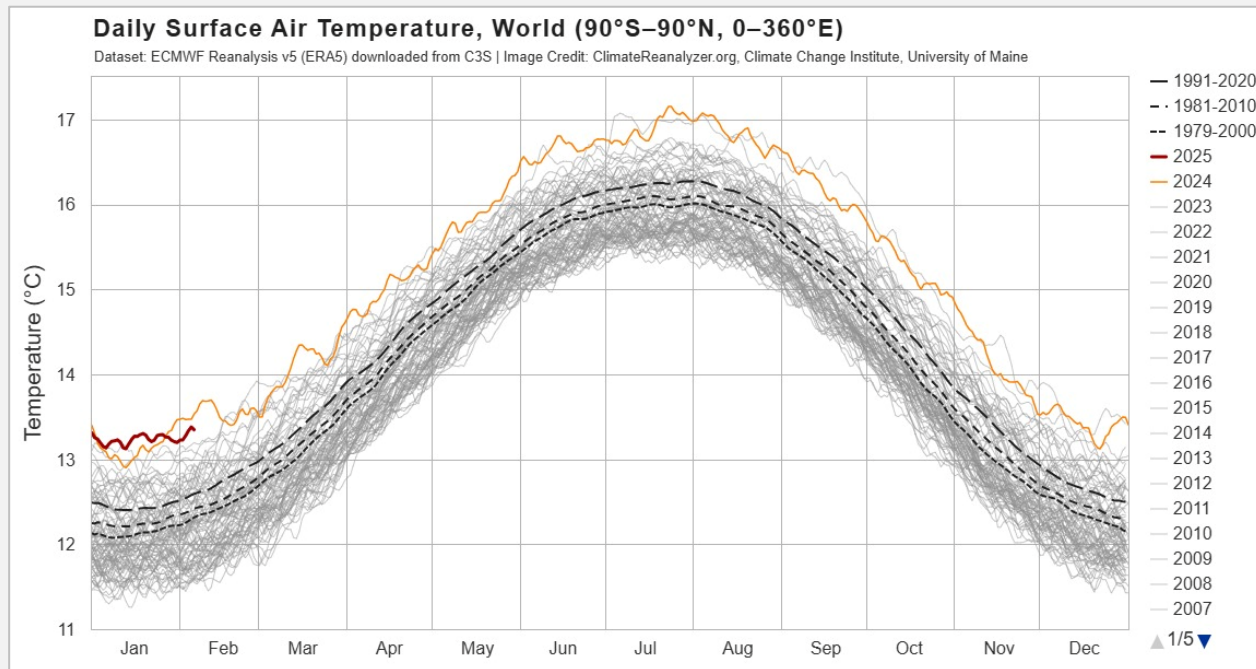
1

Klimakrise, Bevölkerungswachstum und Verknappung von Nutzflächen machen Biomasse zu einer wertvollen Ressource

Landwirtschaft und Nutztiere in der Zwickmühle



https://climatoreanalyzer.org/clim/sst_daily/ Abruf am 12.02.2025



Globale anthropogene CO₂eq:

30 % Ernährungssystem bis zum Konsum

25 % Landwirtschaft A: 11 %

12 % Nutztiere A: 7 %

Reduktionsziele für CO₂eq:

FAO: -50 % bis 2050

EU: -30 % (2030), net zero (2050)

Ernährungssicherung:

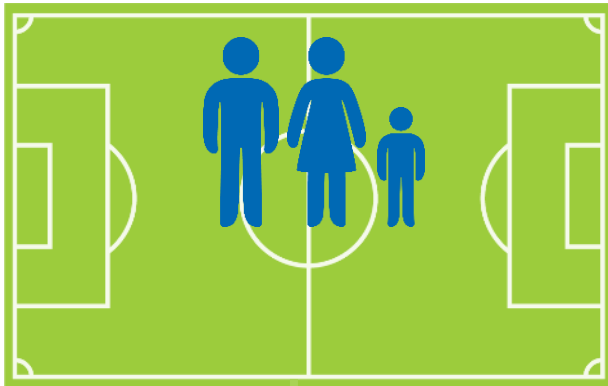
der Bedarf von Protein wächst dramatisch,
wir brauchen noch mehr Tierproduktion,
die „Alternativen“ reichen nicht

(FAO 2023)

Wir nähern uns den planetaren Grenzen der verfügbaren Ackerfläche

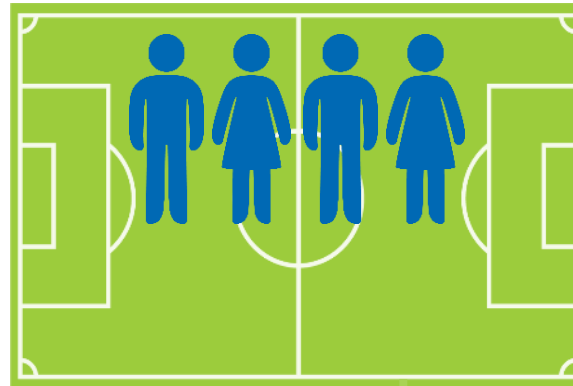
Weltweit verfügbare Ackerfläche je Mensch

4 Mrd. Menschen
3.800 m² pro Person



1970

8 Mrd. Menschen
1.800 m² pro Person



2025

10 Mrd. Menschen
1.400 m² pro Person

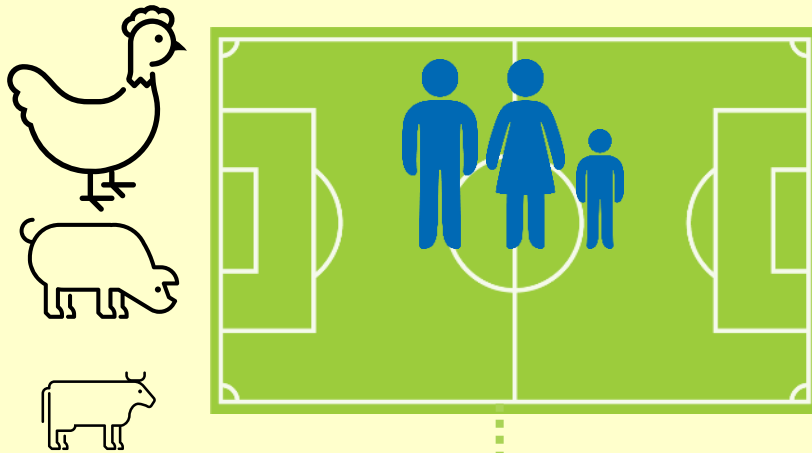


2050

Biomasse: vom Überschuss zum knappen Gut

Große Erfolge im Pflanzenbau bescherten Überschüsse an Getreide, Mais, Soja, etc., hochwertige Futtermittel waren nahezu unbegrenzt verfügbar.

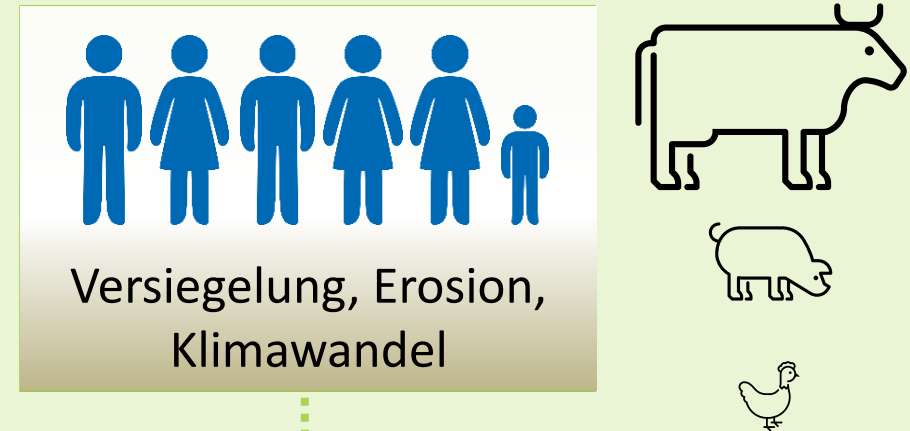
Lineare Veredelungswirtschaft



1970

Das globale Bevölkerungswachstum verzehrt die Überschüsse aus dem Pflanzenbau. Nutzflächen und hochwertige Futtermittel werden knapp.

Kreislaufwirtschaft



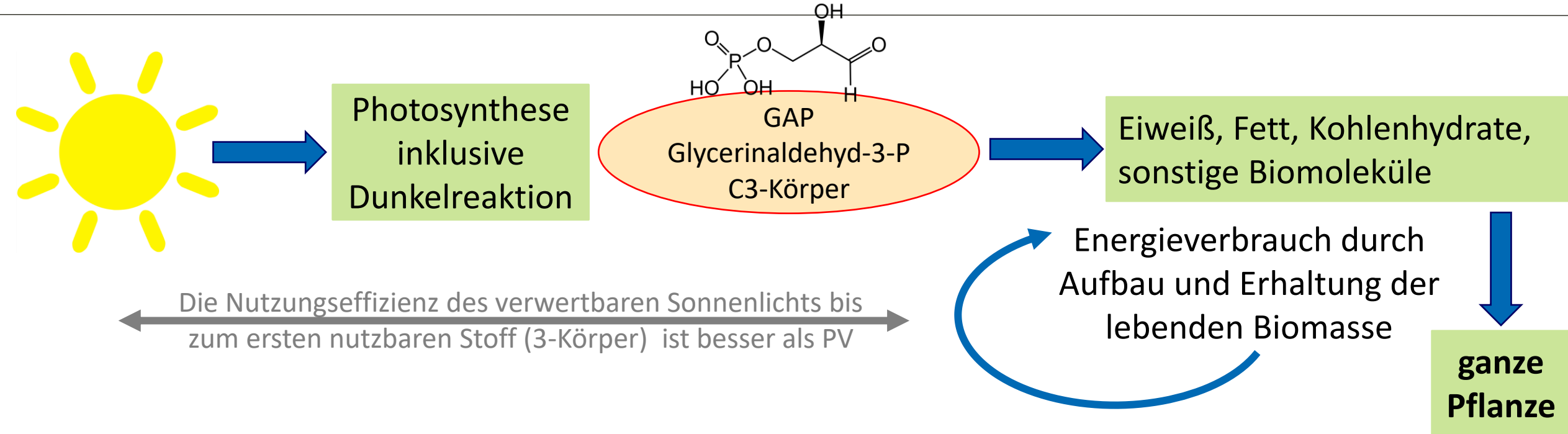
2050

1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen

2

Das Alleinstellungsmerkmal von Biomasse ist ihre hohe Funktionalität. Ihre Nutzung erfolgt entlang der Kaskade *Teller > Trog > Tank*

Die Energiegewinnung aus Biomasse ist ineffizient

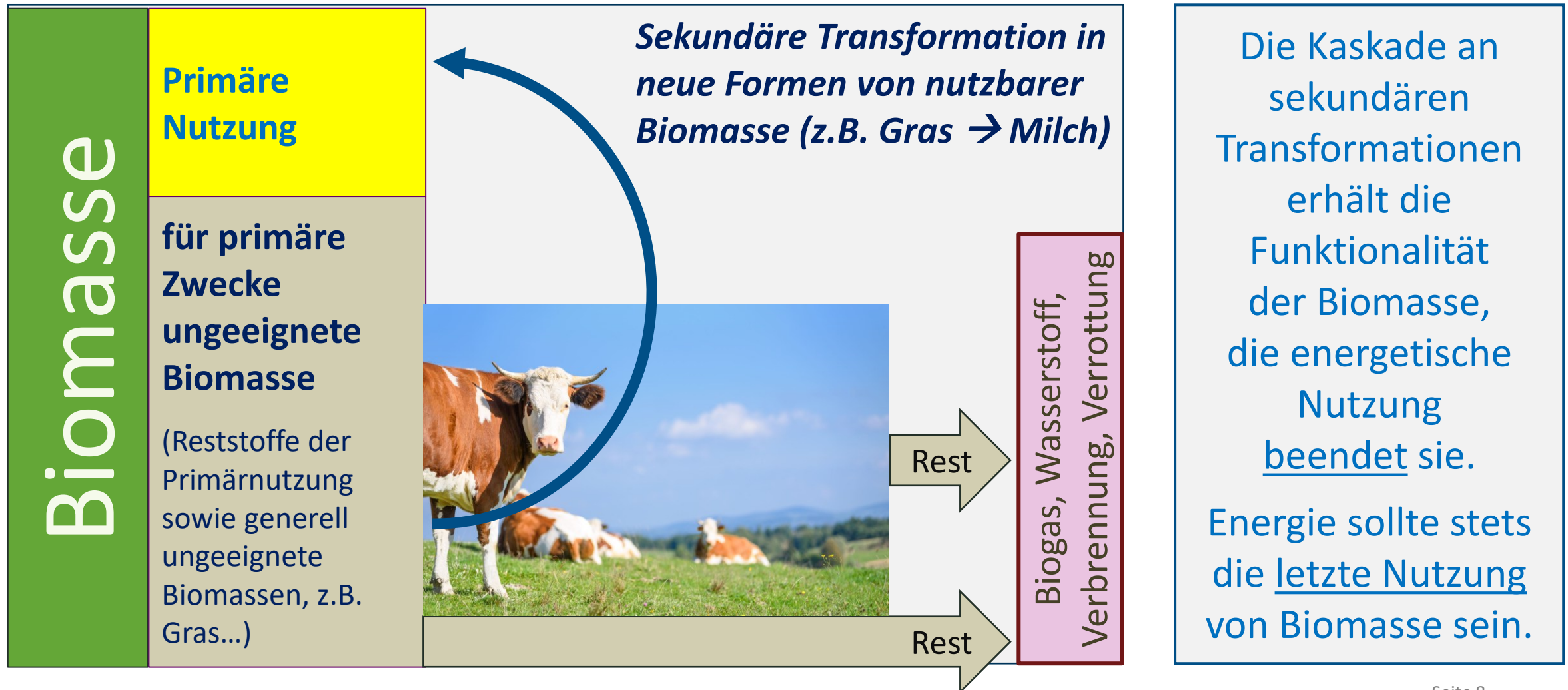


Der Brennwert der geernteten Biomasse speichert im Mittel nur 1 - 3 % der eingestrahlten Sonnenenergie.

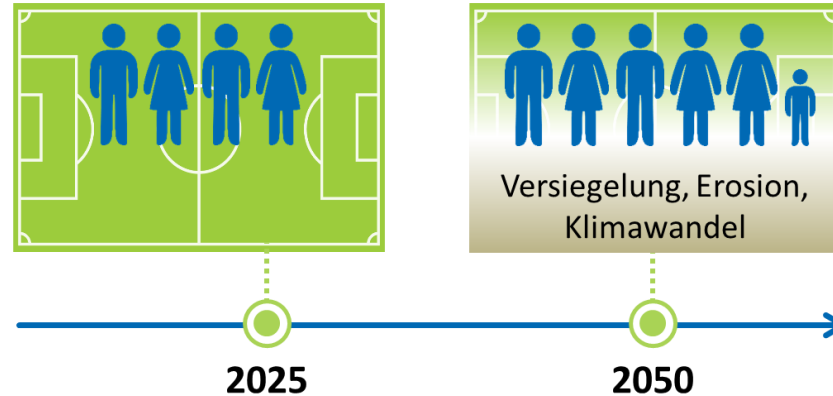


Par Arnaldo Zitti (user Homer) — Photographie personnelle, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1223670>

Das Alleinstellungsmerkmal der Biomasse ist ihre hohe Funktionalität (Nahrung, techn. Funktionsstoffe)



Biomasse wird knapp, in Zukunft müssen wir priorisieren!



Teller:

Die Gewinnung von pflanzlicher Nahrung hat Vorrang.

Trog:

Nutztiere bekommen nur noch nicht-essbare Biomasse.

Tank:

Am Ende der Biomasse-Nutzung steht die Energiegewinnung.

1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller > Trog > Tank*

3

**Pflanzliche Nahrung (*Teller*)
hinterlässt ein Vielfaches an
nicht-essbarer Biomasse (*Trog*)**

Ackerland liefert überwiegend nicht-essbare Biomasse

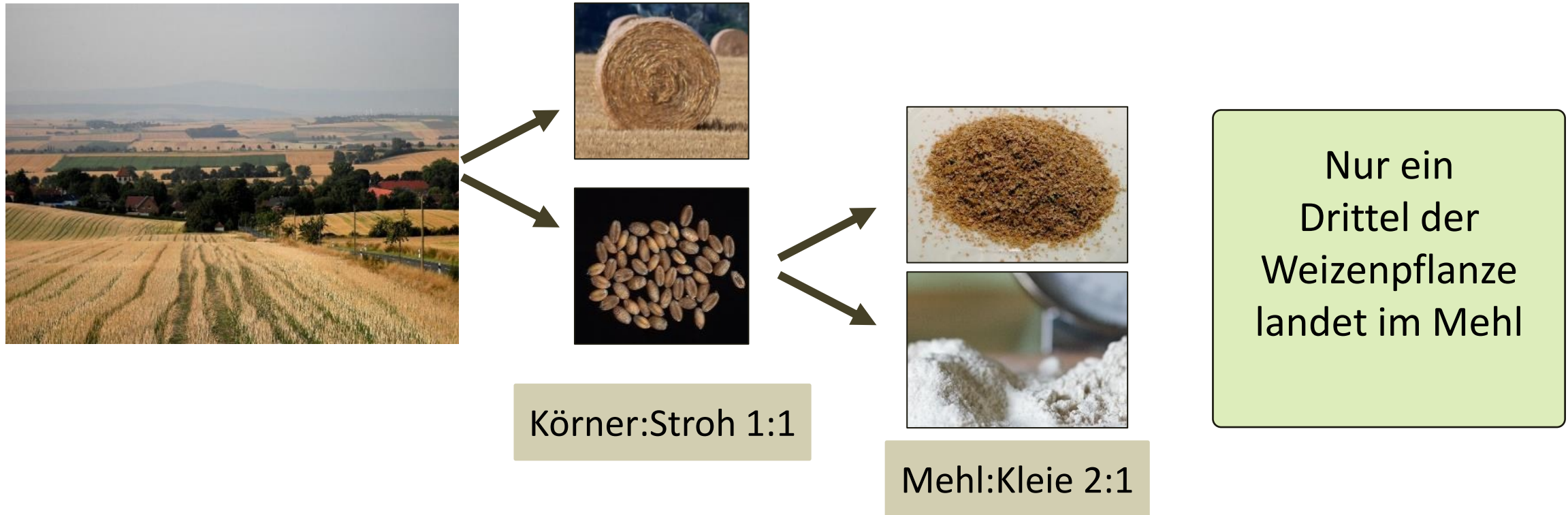


Foto oben links von Elmschrat bearbeitet von VH-Halle - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11032439>

Bild Weizenkörner: Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2226027>

Bild Mehl: Von Mudd1 - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19147085>

Bild Kleie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=545348>

Grünland ist keine Konkurrenz zum Acker



Foto: ARGE Heumilch, eigenes Werk, mit freundlicher Genehmigung)

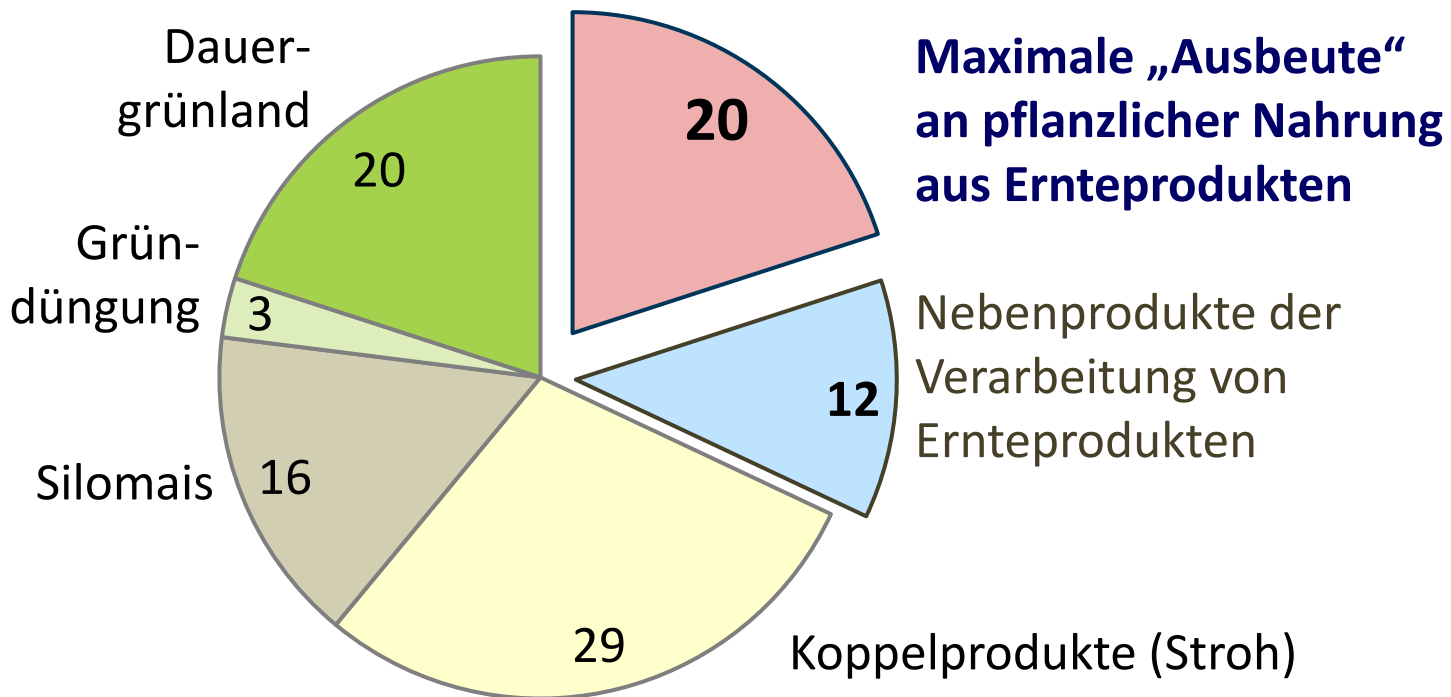
Absolutes Grünland ist nicht ackerfähig:
(steil, uneben, steinig, nass, trocken, kalt, abgelegen, Überschwemmung...)

Anteil an der gesamten lw. Nutzfläche:

weltweit	etwa 70 %
Alpenraum	> 50 %
Deutschland	30 %

Die Landwirtschaft erzeugt unvermeidlich große Mengen an nicht-essbarer Biomasse

Beispiel Deutschland: Verteilung der insgesamt geernteten Biomasse (120 Mio. Tonnen TM/Jahr) (%)



1 kg pflanzliche Nahrung verursacht mindestens 4 kg nicht-essbare Biomasse.

Noch mehr nicht-essbare Biomasse unter praktischen Verhältnissen:

- **Unvermeidbares Futtergetreide**
- **Fruchtfolge und Gründüngung**

Daten aus Vorndran et al. (2024)

1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller* > *Trog* > *Tank*
3. Der *Trog* ist mindestens viermal so groß wie der *Teller*

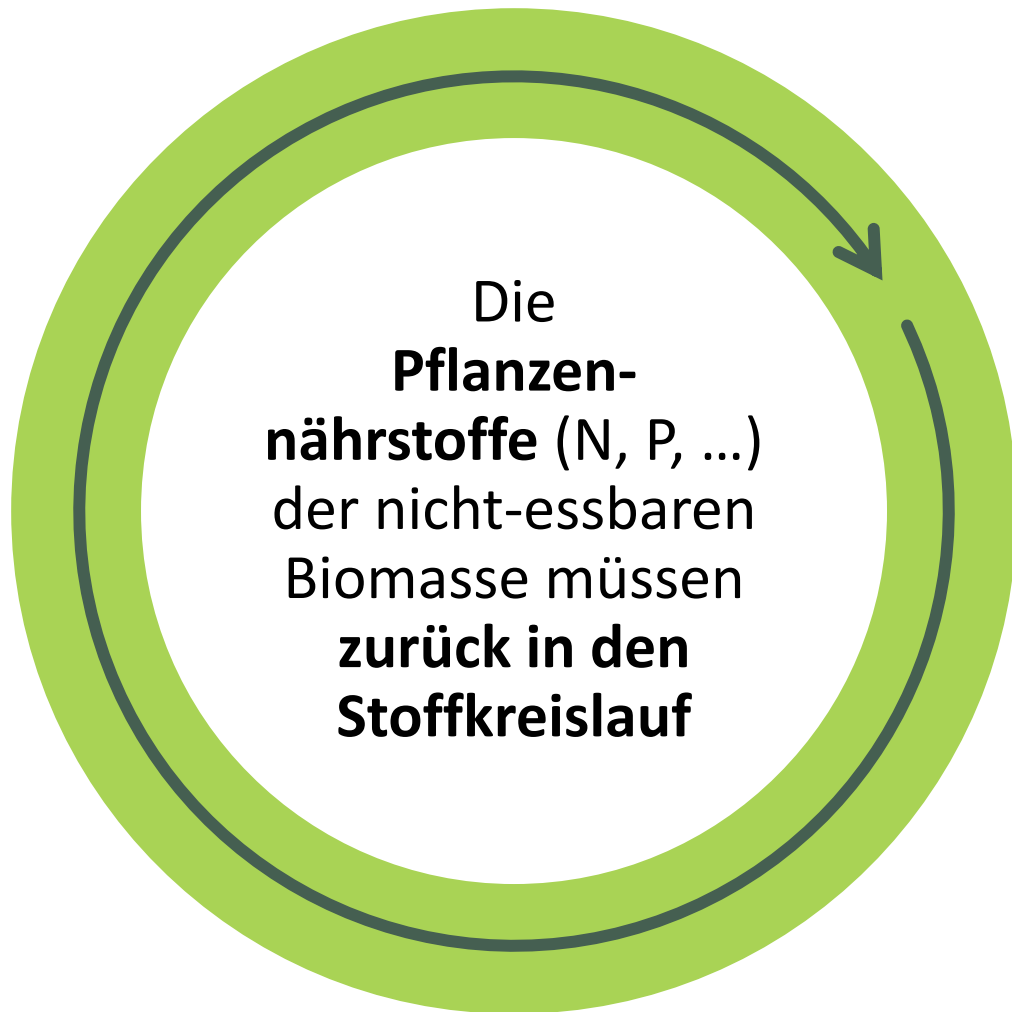
4

Die Verfütterung der nicht-essbaren Biomasse an Nutztiere erzeugt einen doppelten Gewinn:

→ mehr Dünger für die pflanzliche Nahrung

→ zusätzliche Lebensmittel ohne Nahrungskonkurrenz

Biogasanlagen und Nutztiere sichern gleichermaßen eine hohe Ernte...



- **Verrotten lassen, vegane Landwirtschaft?**
Ineffizient, unkontrollierter Stoffabbau, geringe Düngerwirkung, geringe Ernte an veganer Nahrung
- **Biogas, Gärreste als Dünger?**
Effizient, gezielt ausbringbar, hohe Düngerwirkung, hohe Ernte an veganer Nahrung
- **Tierfutter, Mist als Dünger?**
Effizient, gezielt ausbringbar, hohe Düngerwirkung, hohe Ernte an veganer Nahrung

Relation der Erntemenge:

1

2

2

(Bryzinski 2020)

... aber nur die Nutztiere liefern zusätzliche Nahrung aus nicht-essbarer Biomasse



essbar

z.B. Brot
100 g Eiweiß
3000 kcal

Verhältnis mind. 1:4



Nicht essbar



mind. 50% mehr Nahrung
aus derselben Nutzfläche
ohne Nahrungskonkurrenz

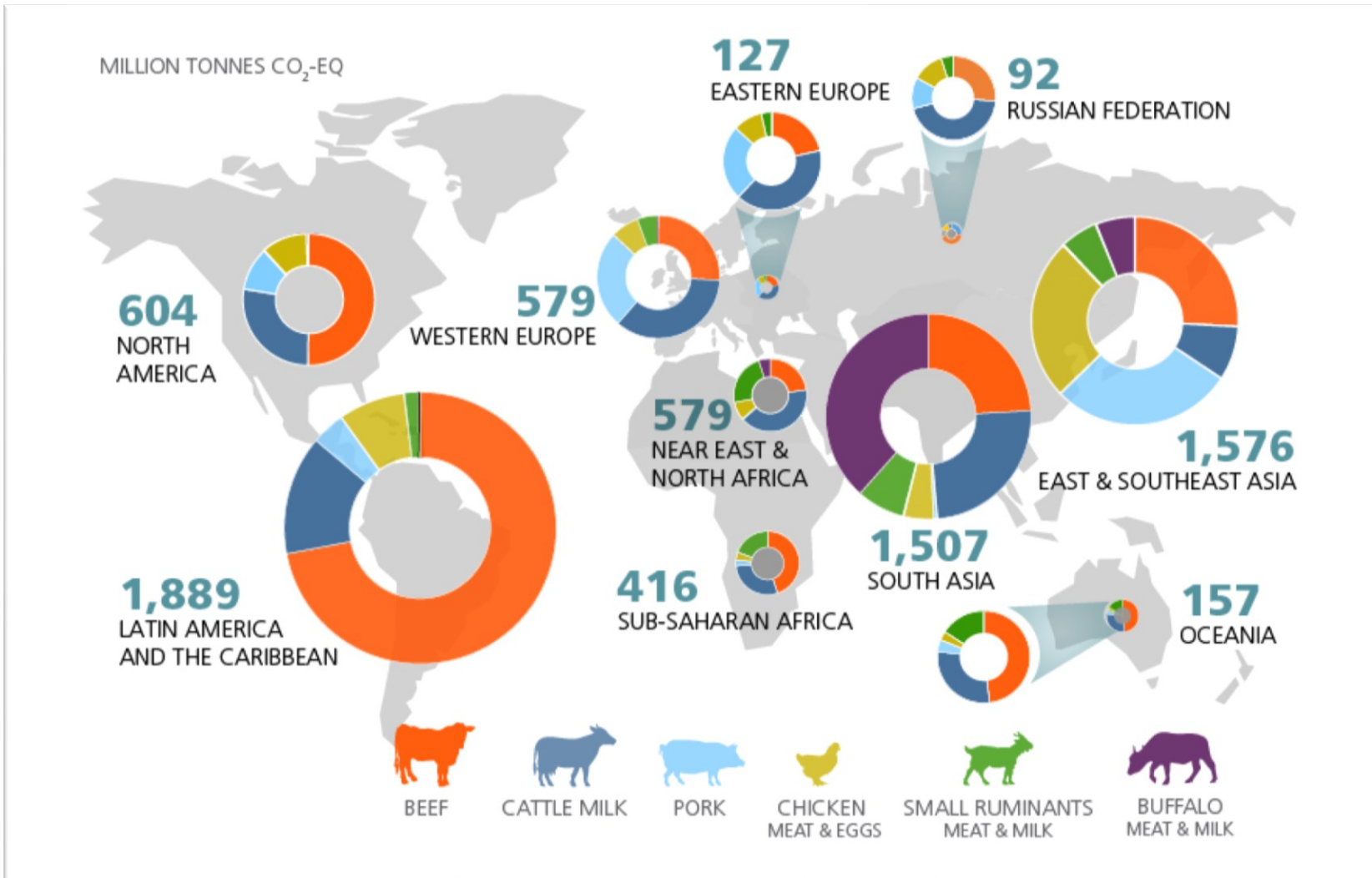
z.B. 3 kg Kuhmilch
oder 0,5 kg Fleisch
100 g Eiweiß
1500 kcal



1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller > Trog > Tank*
3. Der *Trog* ist mindestens viermal so groß wie der *Teller*
4. Win-Win-Situation: Nutztiere liefern Dünger und zusätzliche Lebensmittel

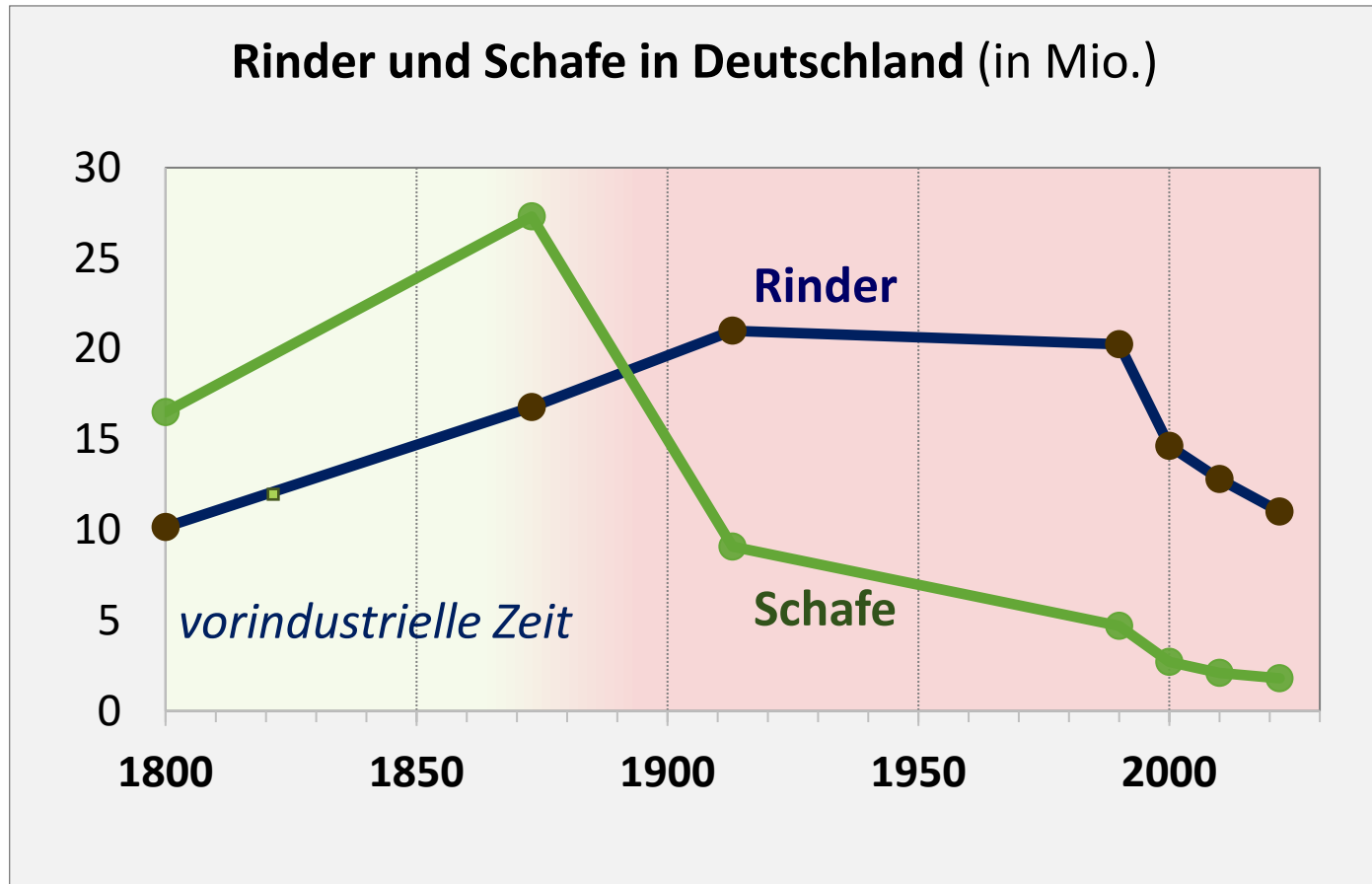
5 *Teller > Trog > Tank* macht das **CH₄ der Wiederkäuer klimaneutral**

Globale Emissionen von CO₂-Äquivalenten aus der Haltung von Nutztieren (FAO GLEAM 2022)



Die Problemzonen der CH₄-Emissionen durch Wiederkäuer liegen in Südasien und Südamerika.

Die Nutztierhaltung in Mitteleuropa hat schon viel zur Erreichung der Klimaziele beigetragen



Quelle: Daten aus Schulze, 2014; bmel-statistik.de; Kuhla and Viereck, 2022

- Weniger Wiederkäuer als im Jahre 1800.
- Wiederkäuer emittieren weniger CH_4 als zu Beginn der Industrialisierung (Kuhla and Viereck, 2022).
- Künftige Reduktion von CH_4 von welchem Bezugspunkt aus? Die Hausaufgaben sind ja schon zum großen Teil gemacht.

CO₂-Äquivalente nach GWP100 liefern ein zu stark vereinfachtes Bild über Methan (CH₄)

CO₂-Fußabdruck nach GWP100 aus den Emissionen: $CO_2eq = 1 \times CO_2 + 28 \times CH_4 + 265 \times N_2O$

CO₂ langlebig ($t_{1/2} > 1000$ Jahre),
akkumuliert in der Atmosphäre.

**Jede zusätzliche Emission ergibt eine
dauerhafte Erwärmung der Atmosphäre.**

CH₄ kurzlebig ($t_{1/2} = 12$ Jahre), Emission und Abbau münden
rasch in ein atmosphärisches Gleichgewicht.

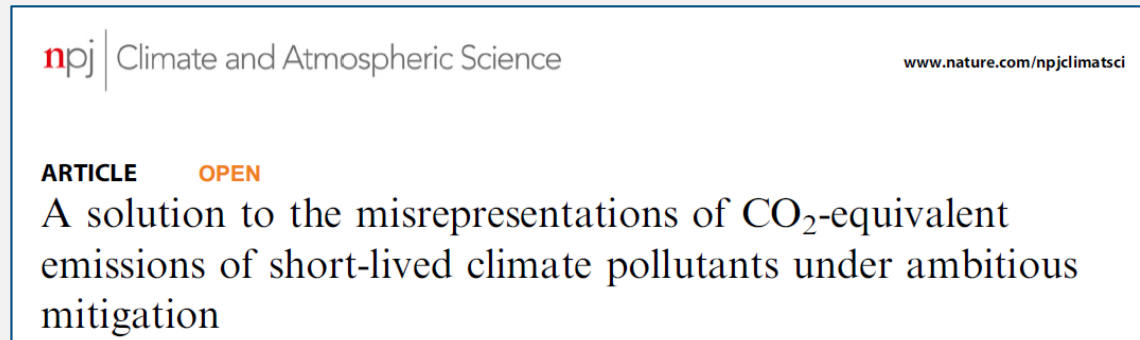
konstante Emissionsrate: Gleichgewicht, keine Erwärmung
sinkende Emissionsrate: Abkühlung
steigende Emissionsrate: kurzfristig starke Erwärmung

Beispiel Österreich: GWP100 überschätzt den CO₂-Fußabdruck von Milch
und Rindfleisch um Faktor 2 (Hörtenhuber et al. 2022)

(Neu et al. 2022)



(Allen et al. 2018)



(Guggenberger et al. 2022)

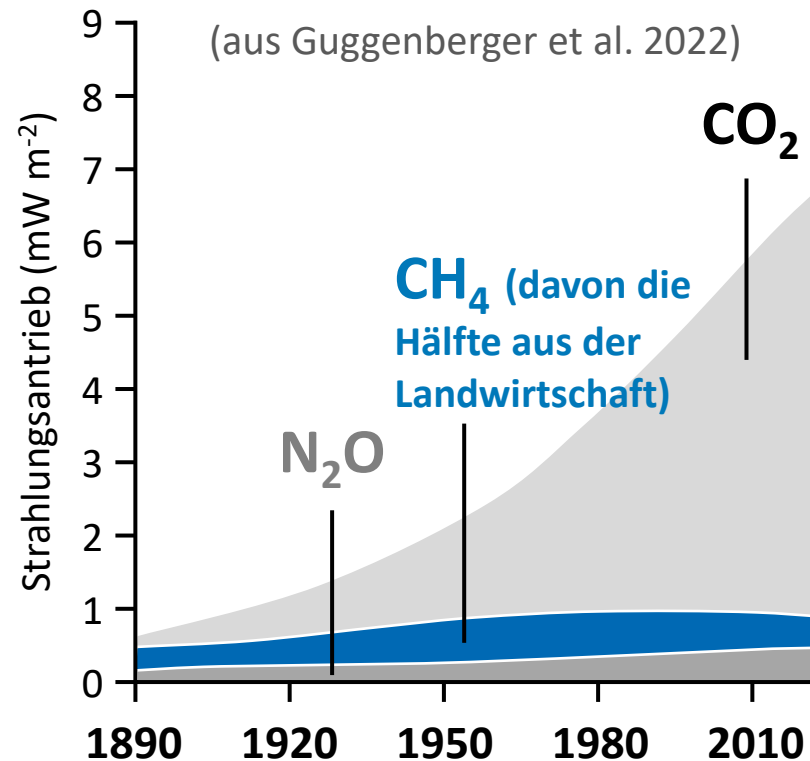


Teller > Trog > Tank

macht das CH₄ der Wiederkäuer klimaneutral

Österreich: kumulative Klimawirkung nationaler Emissionen

(aus Guggenberger et al. 2022)



Maßnahmen zum Stopp der globalen Erwärmung:

- CO₂-Emissionen maximal drosseln.
- CO₂-Senken fördern: Grünland > Wald >> Ackerland.
- Wiederkäuer auf das Maß der Kreislaufwirtschaft reduzieren und auf diesem Niveau die Produktion konstant halten.

→ CO₂ akkumuliert und verursacht den Hauptteil der Erwärmung.

→ CH₄ akkumuliert nicht. Die Abschaffung der Wiederkäuer hätte nur eine geringe Abkühlung zur Folge.

Der CO₂-Fußabdruck ist nicht alles. Vor allem die Wiederkäuer können viel mehr!

Bereich	Beitrag
CO₂-Senken	Förderung von Grünland und Gründüngung auf Ackerstandorten
Kulturlandschaft	Offenhaltung der Landschaft durch Grünlandwirtschaft
Biodiversität	Moderate Weidewirtschaft, Exkrememente (Insekten, Bodenleben)
Ernährungssicherung	Verwertung von nicht-essbarer Biomasse
Kreislaufwirtschaft	Erzeugung hochwertiger Wirtschaftsdünger
Resilienz gegen Folgen des Klimawandels	Von der Ebene der Landschaft über landw. Betrieb (Ökonomie, Bodenfruchtbarkeit) bis zur Mikroskala (Biodiversität).

1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller > Trog > Tank*
3. Der *Trog* ist mindestens viermal so groß wie der *Teller*
4. Win-Win-Situation: Nutztiere liefern Dünger und zusätzliche Lebensmittel
5. Kreislaufwirtschaft macht das Methan klimaneutral

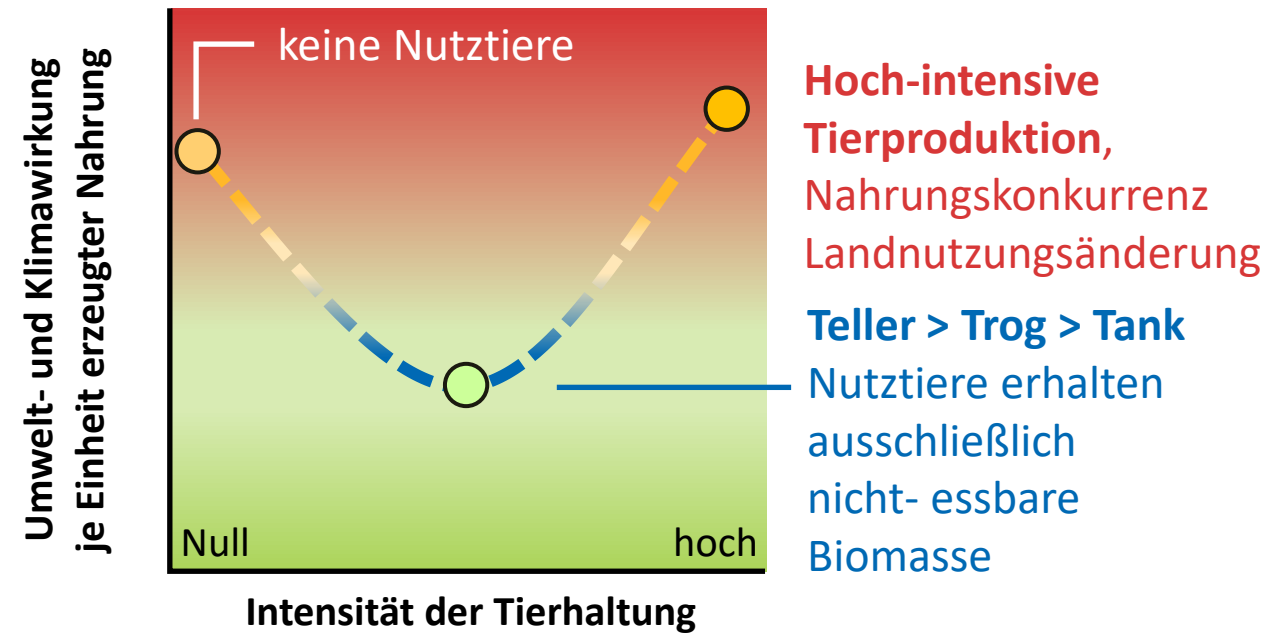
6 **Zu viele als auch zu wenige Nutztiere sind ein Schaden für Umwelt und Klima**

Das Minimum der Umwelt- und Klimawirkung der Nahrungsproduktion benötigt Nutztiere

Die nicht-essbare Biomasse zerfällt und gibt dabei weitgehend dieselben Emissionen ab, egal ob durch Verrottung, Biogas, oder über Nutztiere. (CH₄ hat keine quantitative Bedeutung)

Der Verzicht auf die Verfütterung an Nutztiere vernichtet die dabei erzeugten Lebensmittel, ohne die Umwelt und das Klima nennenswert zu entlasten.

Ohne Nutztiere verbraucht die Ernährung von einem Menschen mehr Land, Wasser, Energie, Dünger, Pflanzenschutz, ...
→ höhere Emissionen.



↓

Teller > Trog > Tank
Kreislaufwirtschaft der nicht-essbaren Biomasse

Das Minimum der Umwelt- und Klimawirkung der Nahrungsproduktion benötigt Nutztiere

(Van Zanten et al. 2018)


Received: 18 December 2018 | Revised: 2 April 2018 | Accepted: 30 April 2018

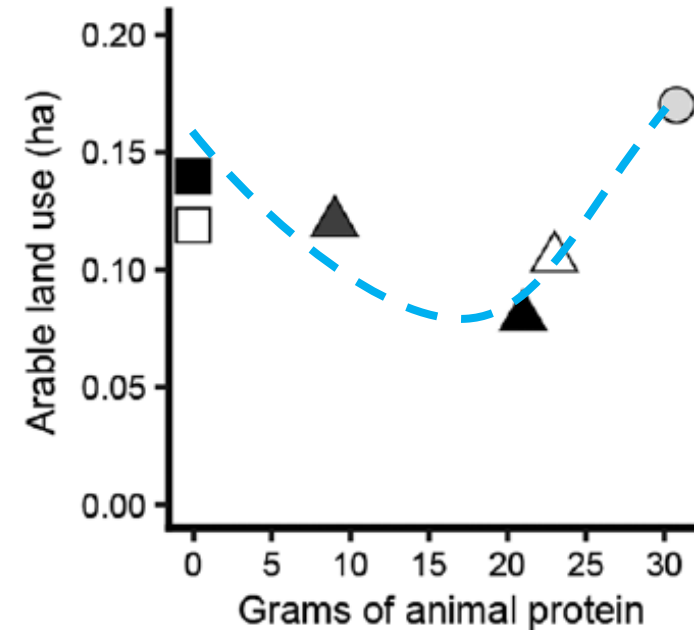
DOI: 10.1111/gcb.14321

RESEARCH REVIEW

WILEY Global

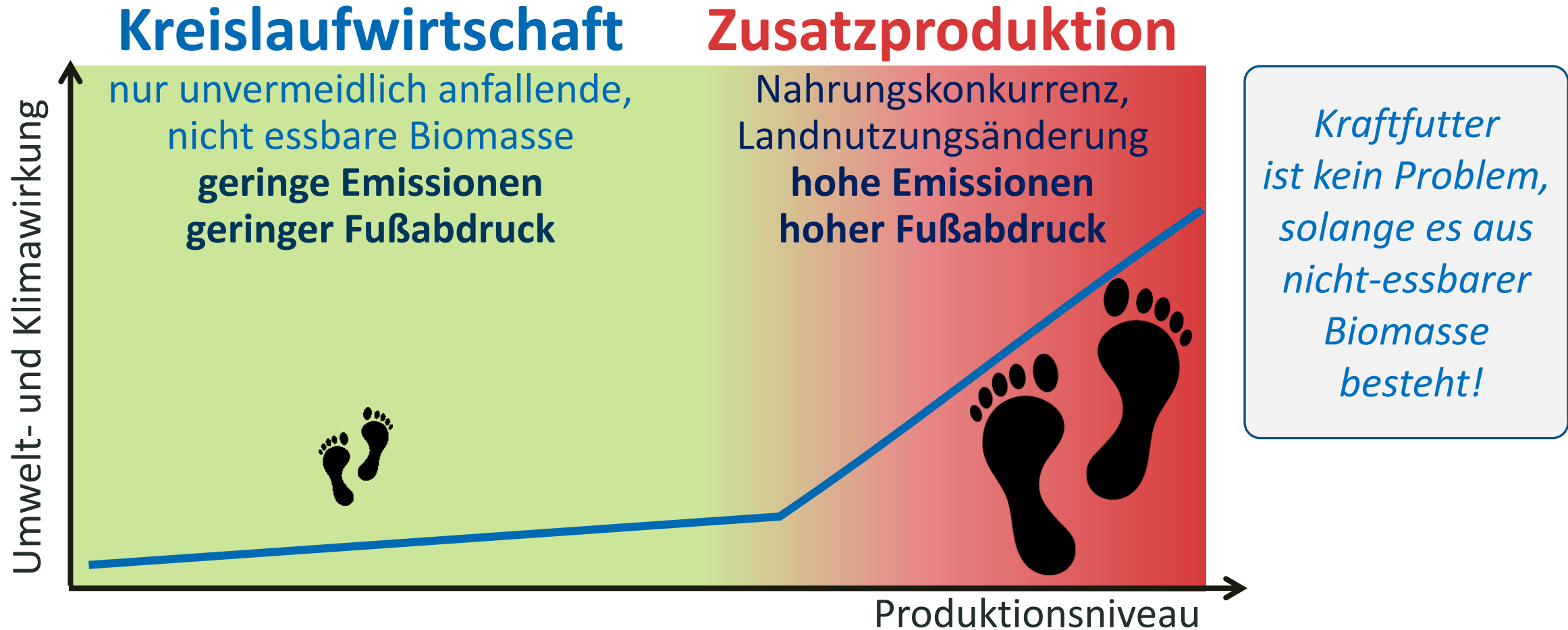
Defining a land boundary for sustainable livestock consumption

Hannah H. E. Van Zanten¹  | Mario Herrero² | Ollie Van Hal¹ | Elin Rööös³
Adrian Muller^{4,5} | Tara Garnett⁶ | Pierre J. Gerber^{1,7} | Christian Schader⁴ |
Imke J. M. De Boer¹

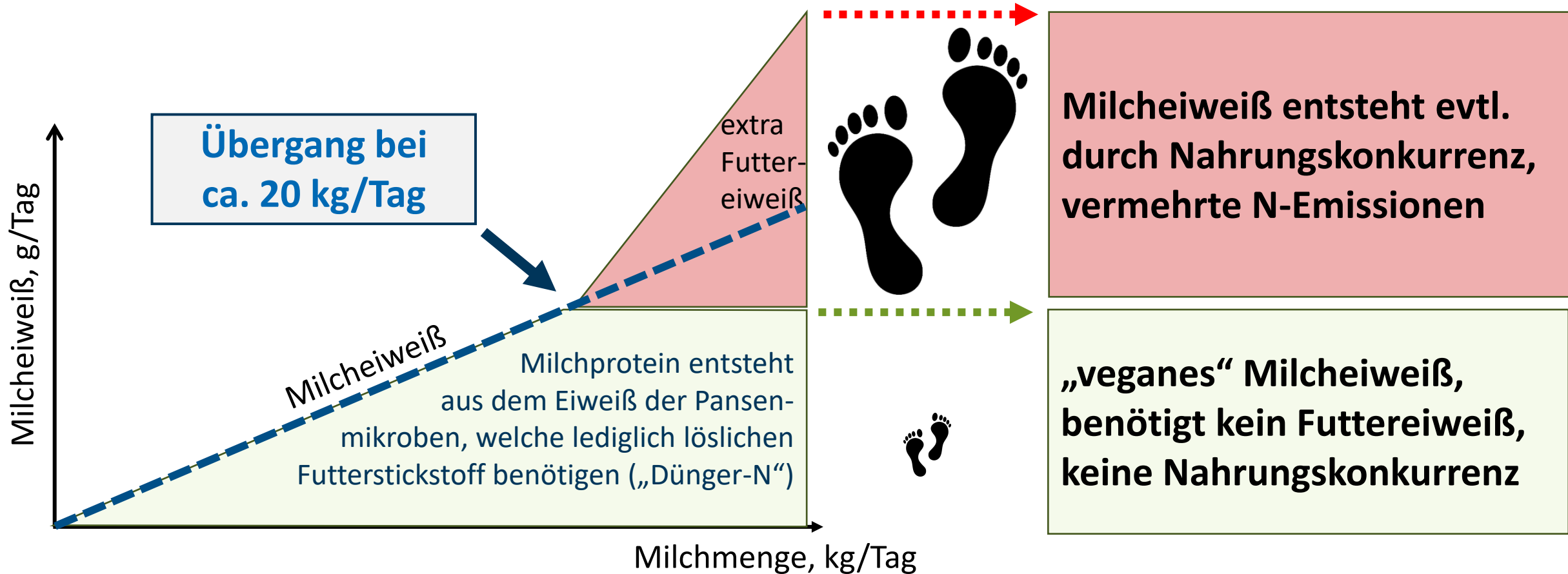


Teller > Trog > Tank

Die Fußabdrücke tierischer Lebensmittel sind hoch variabel



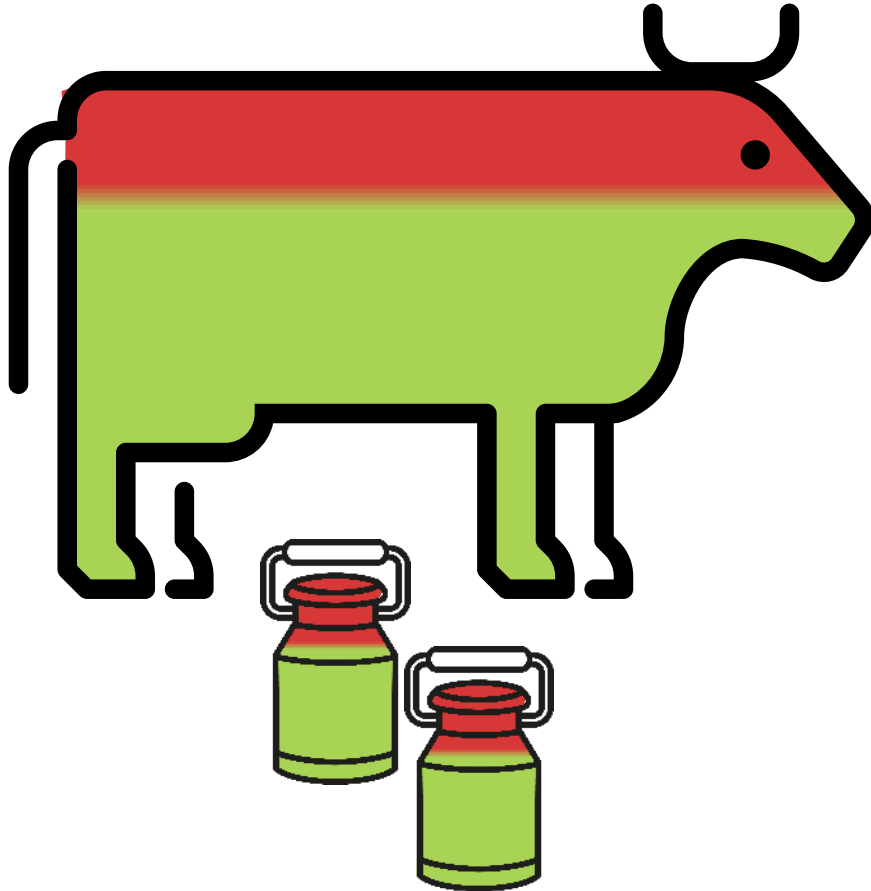
Die Fußabdrücke tierischer Lebensmittel sind hoch variabel: z.B. für Milcheiweiß



1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller > Trog > Tank*
3. Der *Trog* ist mindestens viermal so groß wie der *Teller*
4. Win-Win-Situation: Nutztiere liefern Dünger und zusätzliche Lebensmittel
5. Kreislaufwirtschaft macht das Methan klimaneutral
6. In der Balance der Kreislaufwirtschaft: weder zu viel noch zu wenig Nutztiere

7 Künftiger Wohlstand beruht auf nicht mehr auf bloßem Wachstum sondern auf Effizienz

Teller > Trog > Tank entlastet die Umwelt, limitiert aber die Produktivität



Verzicht auf Nahrungskonkurrenz und Landnutzungsänderung (*Teller > Trog > Tank*)

- Deutlich geringere Emissionen
- Limitierung der Produktion durch geringere Futtermengen und niedrigere Qualitäten

Wieviel von der aktuellen Produktion liefert derzeit die nicht-essbare Biomasse?

ca. 2/3 von Milch und Rindfleisch

ca. 1/2 von Schweinefleisch

ca. 1/10 von Geflügelprodukten

(Baur und Flückiger 2018, De Luca & Müller 2024)

Die nicht-essbare Biomasse muss effizient verwertet werden

- 1. Futterwirtschaft optimieren, (Grob)Futterqualität erhöhen**
(Technologie & Pflanzenzüchtung)
- 2. Precision feeding, Futtermittelzusatzstoffe**
- 3. Minimierung von unproduktivem Futterverzehr im System**
 - Tiergesundheit, Tierwohl
 - robuste Jungtieraufzucht, hohe Lebensleistung
- 4. Begrenzung des Leistungsniveaus am Potenzial des Futters**
(aber innerhalb des Angebots an nicht-essbarer Biomasse möglichst hohe Leistung)



Fotos: ARGE Heumilch, eigenes Werk, mit freundlicher Genehmigung

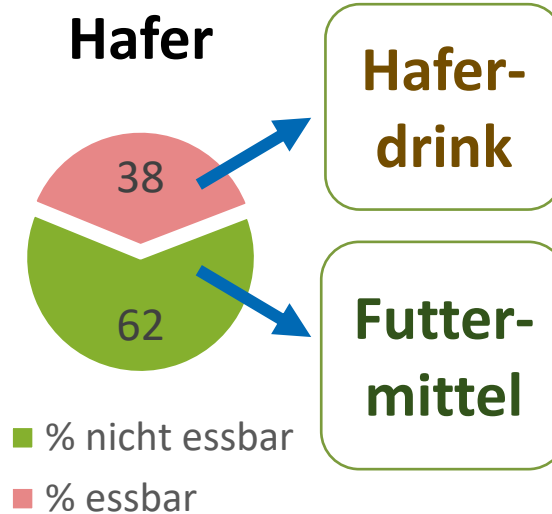
1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller > Trog > Tank*
3. Der *Trog* ist mindestens viermal so groß wie der *Teller*
4. Win-Win-Situation: Nutztiere liefern Dünger und zusätzliche Lebensmittel
5. Kreislaufwirtschaft macht das Methan klimaneutral
6. In der Balance der Kreislaufwirtschaft: weder zu viel noch zu wenig Nutztiere
7. Künftiger Wohlstand beruht auf Effizienz und standortangepasster Diversifizierung

8

**Alle Alternativen zu Nutztieren unterliegen
dem Prinzip *Teller > Trog > Tank***

Teller > Trog > Tank

alle veganen Produkte erzeugen Futtermittel



1 Glas Haferdrink erzeugt ein weiteres Glas Kuhmilch

Vegane Produkte und Nutztiere können sich in einem gemeinsamen Ernährungssystem durchaus synergistisch ergänzen

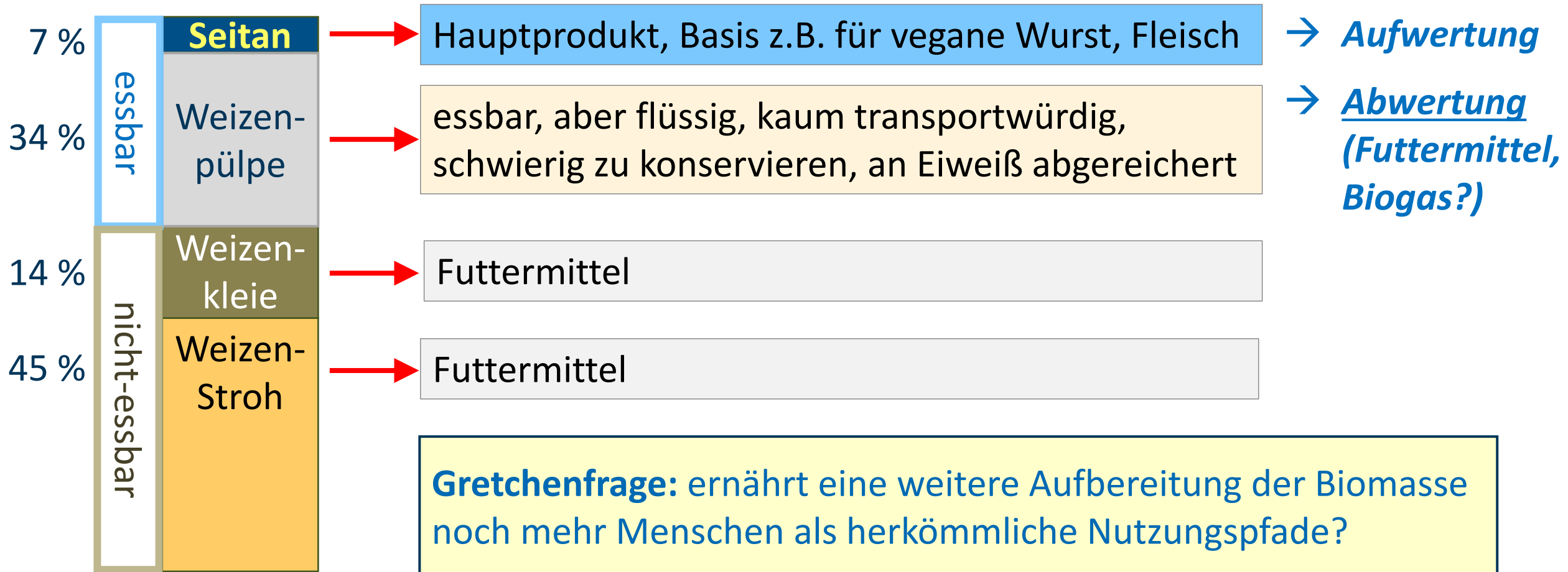
Lupine:	30% essbar,	70% Futtermittel
Soja:	70% essbar,	30 % Futtermittel
Weizen:	10% Seitan	90% Reststoffe

Foto oben Mitte von Mx. Granger - Eigenes Werk, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=92508393>

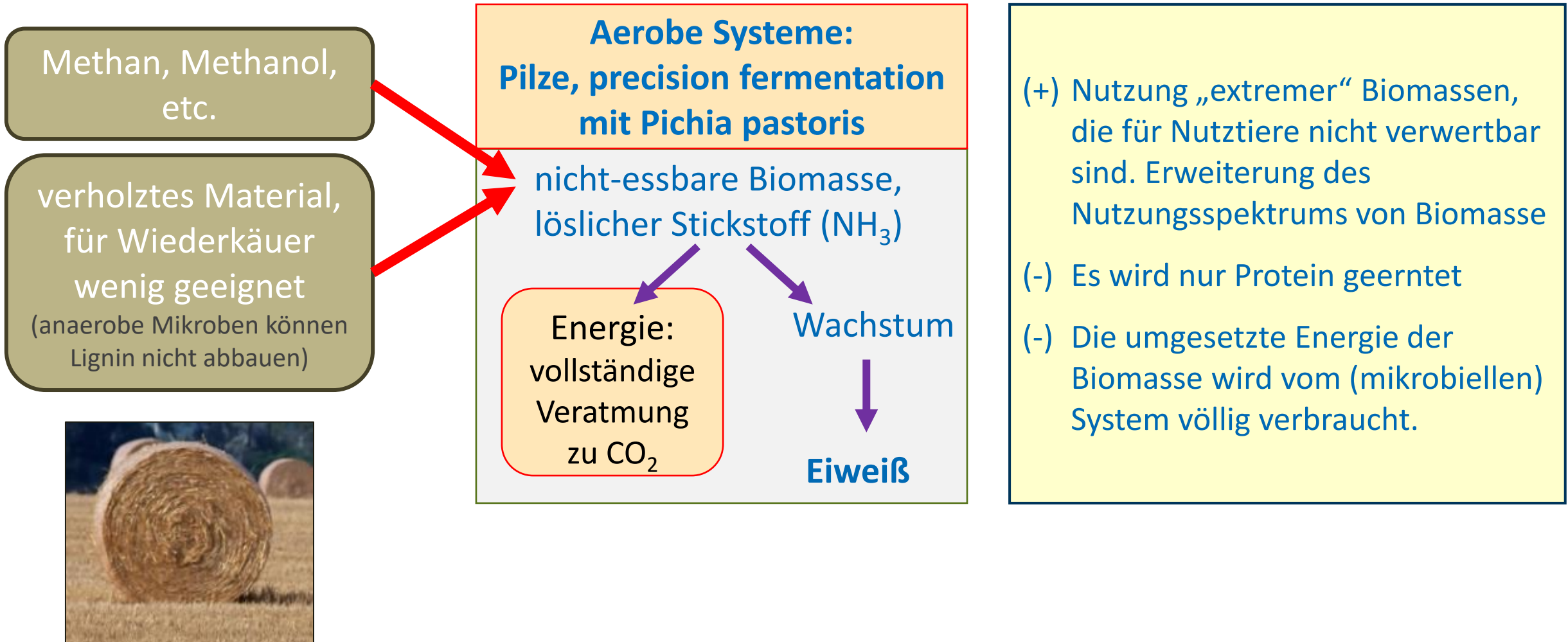
Foto links, Ausschnitt, von Florian Schäffer - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39503973>

Beispiel Seitan: Was tun mit den unvermeidlichen Koppel- und Nebenprodukten?

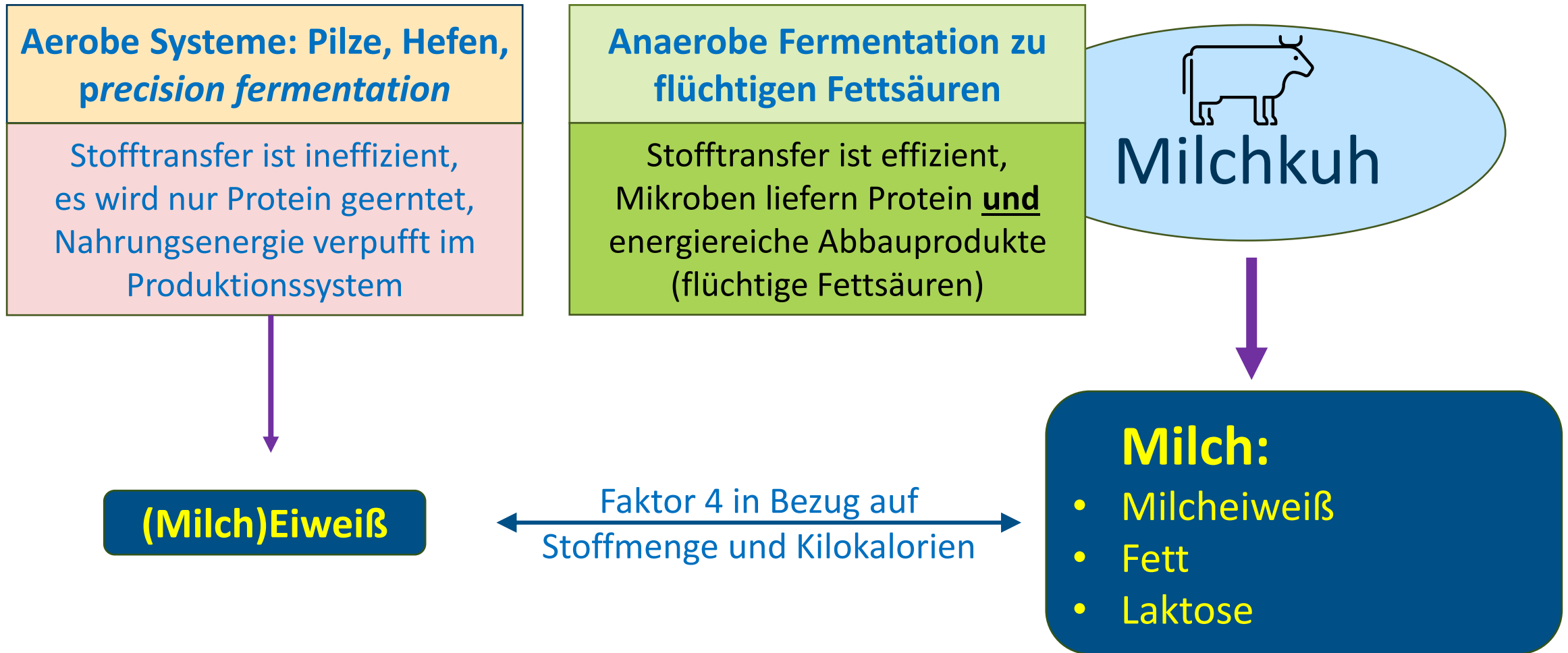
Im Vergleich zu Mehl oder Brot:



Aerobe (mikrobielle) Systeme können das Spektrum der Nutzung von nicht-essbare Biomasse erweitern



Anaerobe Systeme in Kopplung mit Wiederkäuern zeigen die größte Effizienz im Stofftransfer



Insekten sind auch nur Nutztiere

- Zugelassene Insekten sind überwiegend Vorratsschädlinge.
- Eine hohe Futtermittelverwertung beruht auf Nahrungskonkurrenz.
- Insekten können Faser kaum verwerten (≠ Wiederkäuer).

Die Nische der Insekten:
hochwertige Biomasse,
die rasch verbraucht werden
muss (verderblich, nass,
nicht transportwürdig, ...)

<p><i>Mehlwürmer können Nahrungsfasernicht verdauen. Sie kompensieren eine geringere Futterqualität mit einem höheren Futterverzehr (wie Hühner). Sie benötigen eine hohe Futterqualität und sind somit Nahrungskonkurrenten.</i></p>	Mehlwürmer – Mast <small>(Eisen et al. 2013)</small>	Schweine- futter	Schweine- futter plus 20% Weizenkleie
	Futterverwertung (Basis TM) (Futter je Zuwachs, g/g)	1,10	1,20
	Proteinproduktivität (XP- Zuwachs/XP-Futter, g/g)	0,59	0,42

in-vitro-Fleisch ist ein einzelliges Nutztier mit extrem hohen Ansprüchen



- *In-vitro*-Fleisch besteht nur aus Muskelzellen. Die Ähnlichkeit zum Fleisch entsteht erst durch Prozessierung mit Fett und Kohlenhydraten.
- Die Zellkultur benötigt ein höchstwertiges „Futter“ (Nährlösung an reiner Glucose, Aminosäuren, ..., wie parenterale Ernährung).
- Die Nährlösung wird unter hohem Aufwand an Energie (Emissionen) aus hochwertigen Lebensmitteln hergestellt.
- Das upscaling zur industriellen Produktion funktioniert (noch) nicht. Das gesamte Verfahren benötigt viel Sterilisationsenergie.
- *In-vitro*-Fleisch impliziert Nahrungskonkurrenz zum Menschen und ist Ausdruck der linearen Veredelungswirtschaft. Es widerspricht dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft (*Teller > Trog > Tank*).

Foto: By World Economic Forum - File:The Meat Revolution Mark Post.webm (7:48), CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65595200>

Klimawandel & Umweltschutz – Produktion & Versorgungssicherung

Landwirtschaft und Nutztiere unter Druck?

1. Drei neue Treiber: Klimakrise, Bevölkerungswachstum, Verknappung von Nutzflächen
2. Biomasse wird knapp, Funktionalität hat Vorrang vor Energie: *Teller > Trog > Tank*
3. Der *Trog* ist mindestens viermal so groß wie der *Teller*
4. Win-Win-Situation: Nutztiere liefern Dünger und zusätzliche Lebensmittel
5. Kreislaufwirtschaft macht das Methan klimaneutral
6. In der Balance der Kreislaufwirtschaft: weder zu viel noch zu wenig Nutztiere
7. Künftiger Wohlstand beruht auf Effizienz und standortangepasster Diversifizierung
8. Nutztiere und ihre Alternativen arrangieren sich gemäß *Teller > Trog > Tank*

Eine moderne, umwelt- und klimafreundliche Landwirtschaft braucht Nutztiere in der Balance der Kreislaufwirtschaft

Abkehr von

Hin zu

Limitierung

Effekt für den Konsumenten

Reaktion

Energiewende

fossiler Energie

Regenerierbare Energie:
Sonne, Wind,...

Menge, Speicherung

geringeres Angebot,
höherer Preis

Quellen erschließen,
Wirkungsgrade
maximieren

Nutztierwende

Nahrungskonkurrenz,
Landnutzungsänderung

Regenerierbares Futter:
nicht-essbare Biomasse

Menge, Futterwert

weniger Milch, Fleisch,
Eier, ..., höherer Preis

Futterwirtschaft und
Futtereffizienz
maximieren

