Technische Universität München

(Heu)milch - ein Vorbild für ein klimaschonendes Ernährungssystem

W. Windisch
TUM School of Life Sciences
Technische Universität München

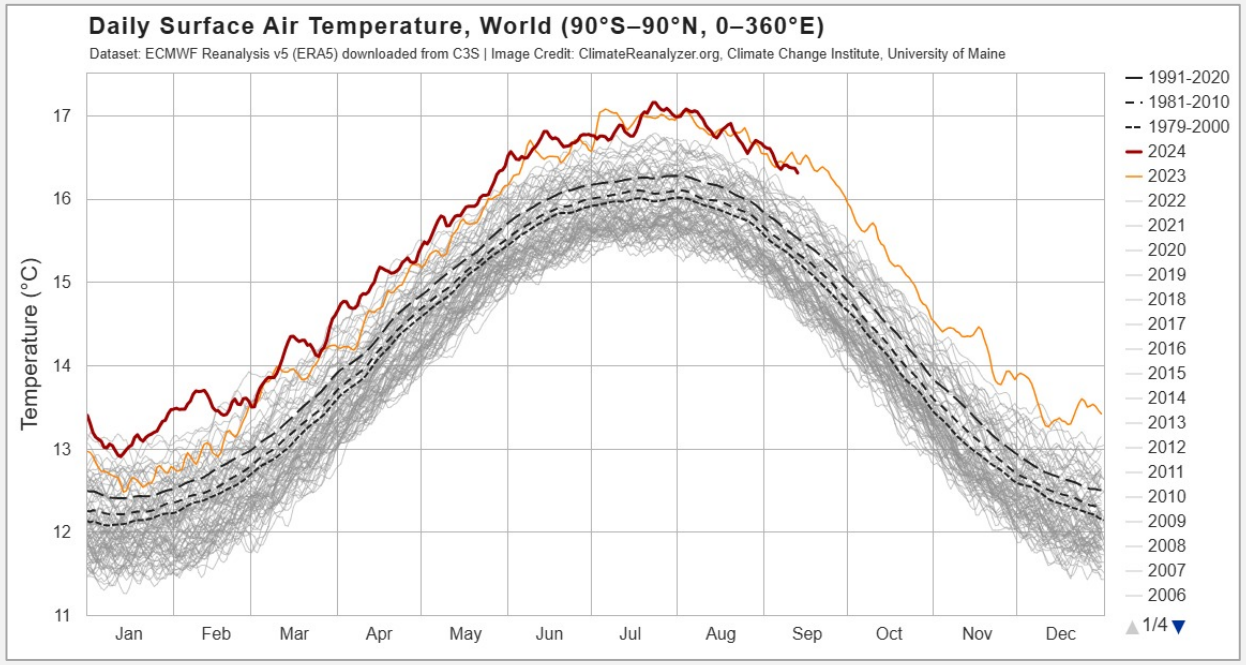
1 Klimawandel und knappe Nutzflächen beenden die Veredelungswirtschaft. In Zukunft gilt *Teller > Trog > Tank*

Nutztiere sind Opfer und Täter der Klimakrise

Technische Universität München

Climate Reanalyzer
Climate Change Institute | University of Maine

https://climatereanalyzer.org/clim/sst_daily/ Abruf am 19.09.2024



Anthropogene CO_2eq: (FAO 2023)

30 % Ernährungssystem bis zum Konsum

12 % Nutztiere

7 % Wiederkäuer (v.a. Methan)

(in Deutschland jeweils ca. die Hälfte)

Reduktionsziele für CO_2eq:

FAO: -50 % bis 2050

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

Ernährungssicherung:

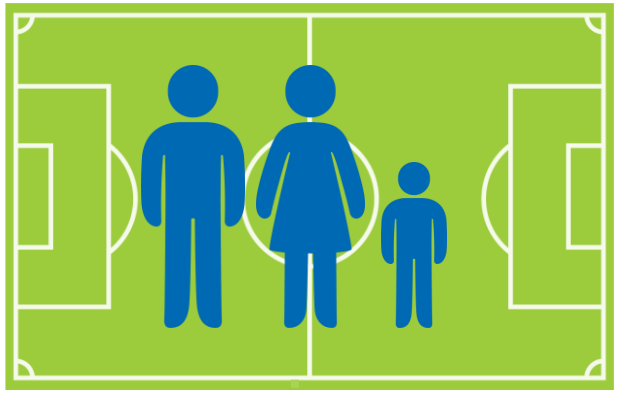
selbst bei vollem Ausbau der „Alternativen“ muss die Tierproduktion bis 2050 mind. 20 % mehr Protein liefern (FAO 2023)

Wir nähern uns den planetaren Grenzen der verfügbaren Ackerfläche

Technische Universität München

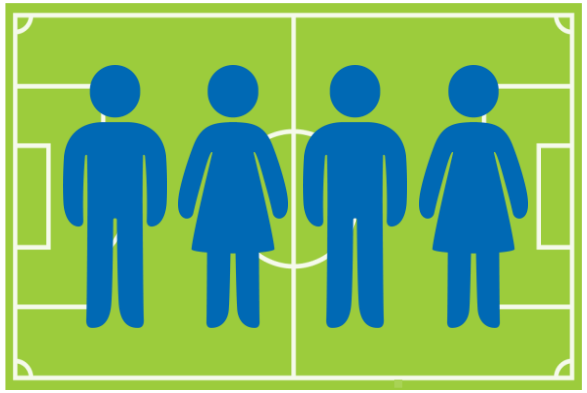
Weltweit verfügbare Ackerfläche je Mensch

4 Mrd. Menschen
3.800 m² pro Person



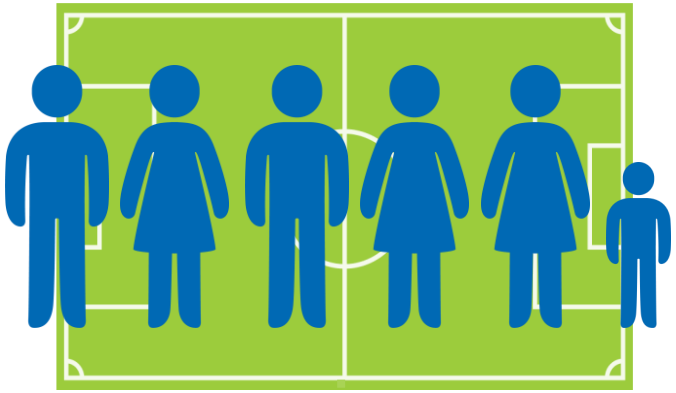
1970

8 Mrd. Menschen
1.800 m² pro Person



2023

10 Mrd. Menschen
1.400 m² pro Person



2050

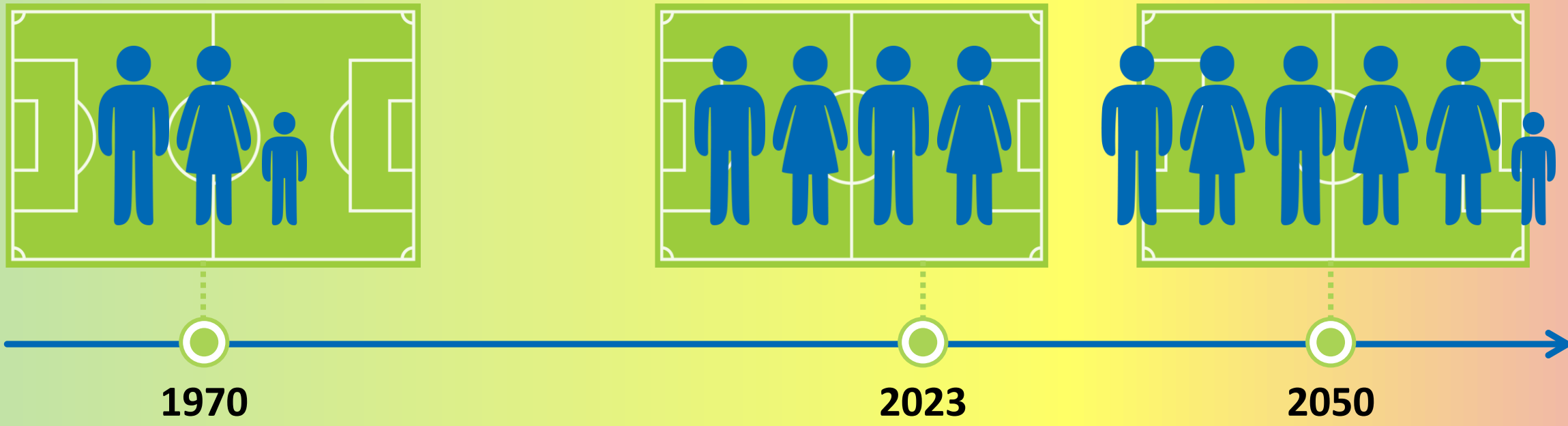
Wir nähern uns den planetaren Grenzen der verfügbaren Ackerfläche

Große Erfolge im Pflanzenbau bescheren Überschüsse an Getreide, Mais, Soja, etc. Hochwertige Futtermittel sind mengenmäßig nicht limitiert.

→ lineare Veredelungswirtschaft

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

Kreislaufwirtschaft ←



Zukünftige Priorität: *Teller > Trog > Tank*

Technische Universität München

40 % der globalen Ackerfläche dient derzeit noch dem Anbau von Futtermitteln (Mottet et al. 2018).

Nahrungskonkurrenz und Landnutzungsänderung belasten die Versorgungssicherheit der Menschen, die Umwelt und das Klima. Das können wir uns in Zukunft nicht mehr leisten.

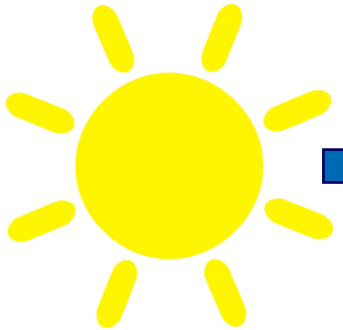
Die Gewinnung von pflanzlicher Nahrung hat Vorrang

Nutztiere dürfen nur noch nicht-essbare Biomasse fressen

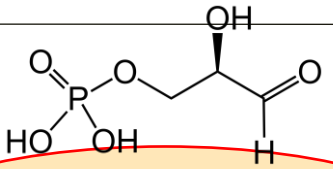
Die Gewinnung von Energie aus Biomasse steht an letzter Stelle

Foto links von CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1063682

Energiegewinnung aus Biomasse ist ineffizient



Photosynthese inklusive Dunkelreaktion



GAP
Glycerinaldehyd-3-P
C3-Körper

Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, sonstige Biomoleküle

Energieverbrauch durch Aufbau und Erhaltung der lebenden Biomasse

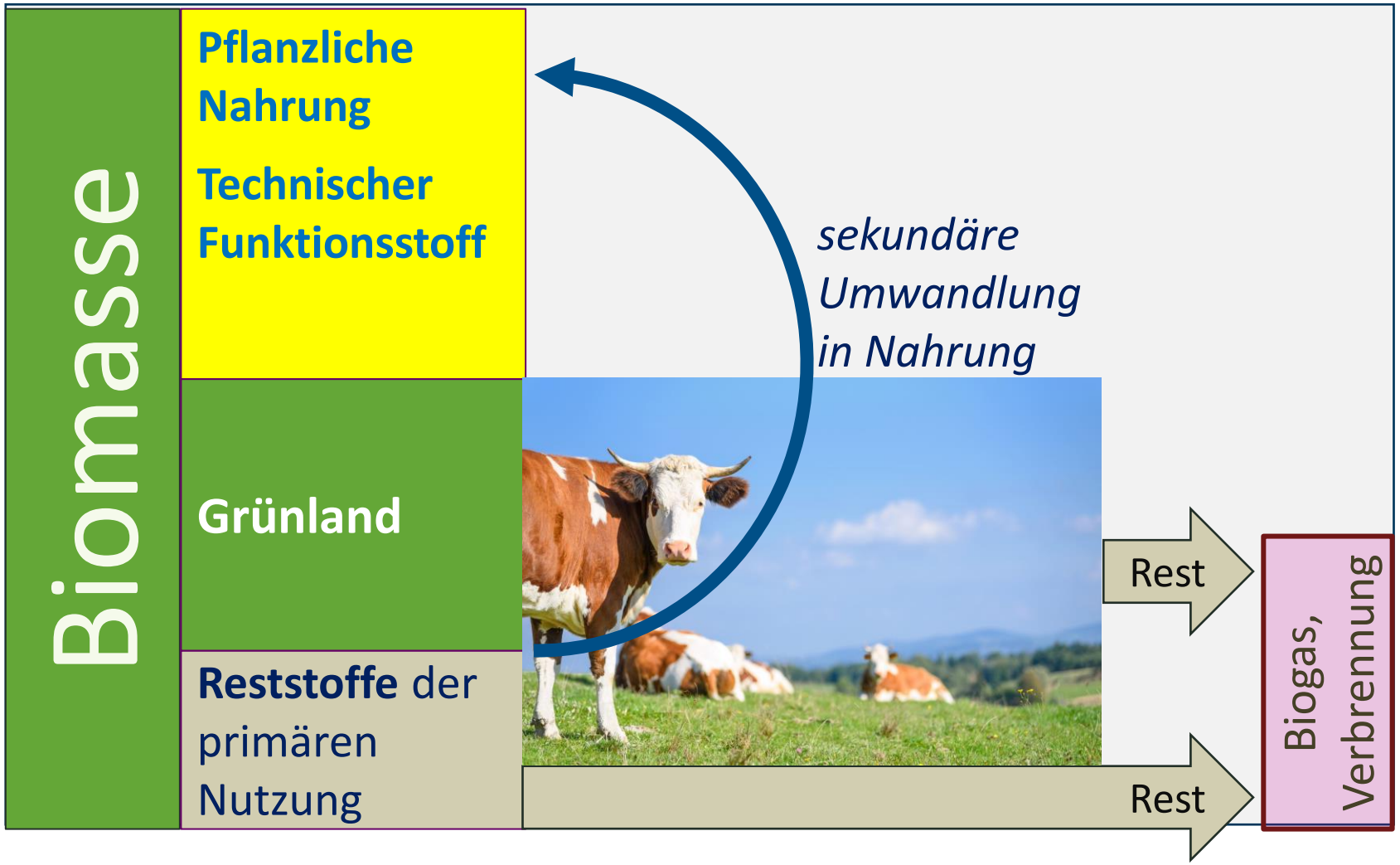
ganze Pflanze

Die Nutzungseffizienz des verwertbaren Sonnenlichts bis zum ersten nutzbaren Stoff (3-Körper) ist ähnlich wie PV

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 die hohe Funktionalität, z.B. als Nahrung



Teller > Trog > Tank

Die primäre Nutzung hat Vorrang.

↓

Die verbleibende Biomasse wird in *nutzbare* Biomasse überführt.

↓

Die Reststoffe werden energetisch genutzt.

2 Grünland ist Kulturlandschaft … … Kulturlandschaft ist Biodiversität

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 %

Wilde Natur oder Kulturlandschaft?

Die Nutzung von Grünland schützt die Biodiversität

In der Natur drängen große Pflanzenfresser den Wald zurück (Megafauna): Büffel, Antilopen, Elefanten, … Wildrinder, Wildpferde,
(… schon in der Steinzeit ausgerottet…)

Offene Graslandschaft in der Wildnis Afrikas

Von Schafen gestaltete, offene Graslandschaft mit sehr hoher Biodiversität auf verwilderten, ehem. lw. Nutzflächen (Rhön, Deutschland)

Foto links : Source of image: Pablo Manzano, own work
Foto rechts: Von Ortrun Humpert (Schäferei Humpert) – eigenes Werk; mit freundlicher Genehmigung.

Wilde Natur oder Kulturlandschaft?

Die Nutzung von Grünland schützt die Biodiversität

Mosaikartige Nutzung von Heumilch-Grasland in Österreich.
Es werde nie alle Flächen gleichzeitig gemäht.

Weidetiere fördern massiv die Biodiversität der Insekten

Foto links: ARGE Heumilch, eigenes Werk, mit freundlicher Genehmigung
Foto rechts Quelle: privat Martin Hüppauf, mit freundlicher Genehmigung

3 Die nicht-essbare Biomasse ist eine reichhaltige Futterquelle

Auch Ackerland liefert überwiegend nicht-essbare Biomasse

Körner:Stroh 1:1

Mehl:Kleie 2:1

Nur ein Drittel der Weizenpflanze landet im Mehl

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

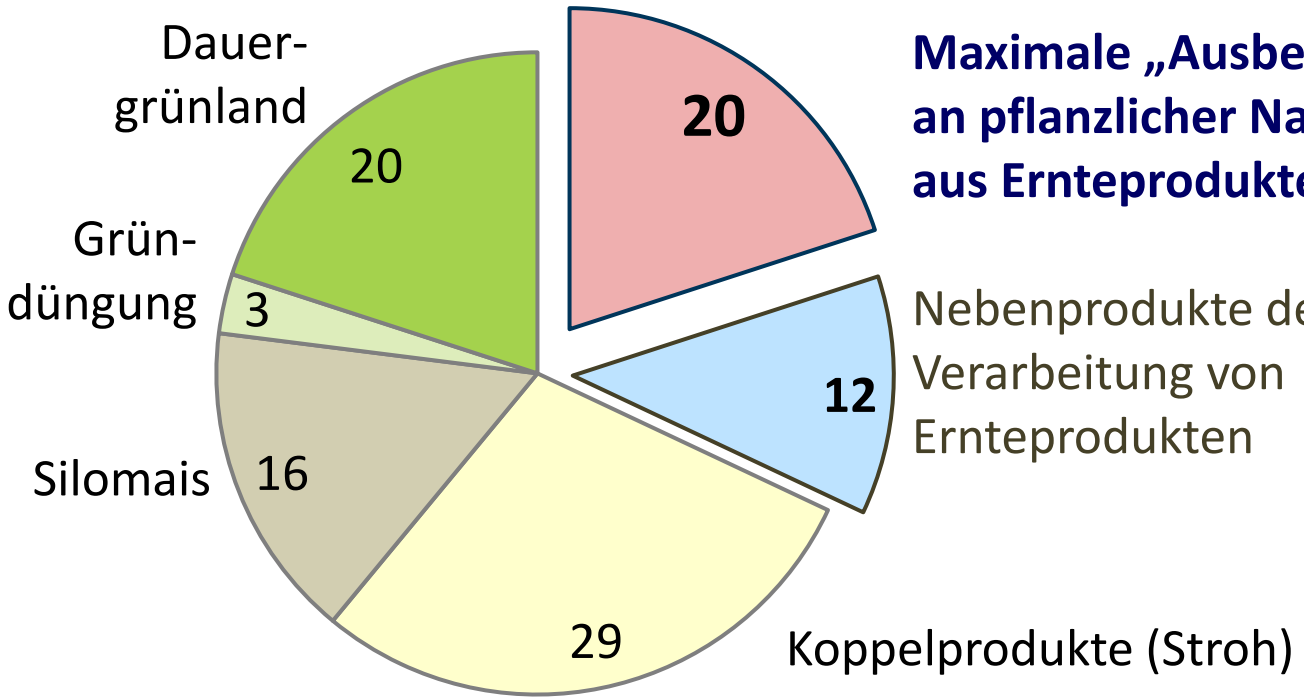
Bild Mehl: Von Mudd1 - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19147085

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

Die Landwirtschaft erzeugt unvermeidlich große Mengen an nicht-essbarer Biomasse

Technische Universität München

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



Daten aus Vorndran et al. (2024)

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

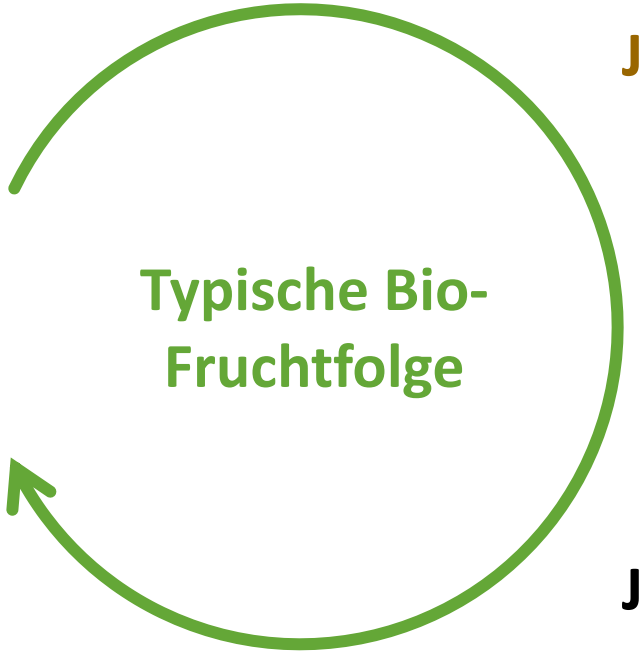
Noch mehr nicht-essbare Biomasse unter praktischen Verhältnissen:

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

Fruchtfolge auf dem Acker:
Bis zu 1/3 der Ackerfläche wird „geopfert“

Technische Universität München

Bio-Landwirtschaft: 1 kg pflanzliche Nahrung → 5 bis 6 kg nicht-essbare Biomasse.



Jahr 1: Kleegras ····• **Nicht essbar (Tierfutter)**

Jahr 2: Winterweizen

Jahr 3: Winterroggen

Jahr 4: Ackerbohnen ····• **Nicht essbar (Tierfutter)**

Jahr 5: Winterweizen

Jahr 6: Hafer + Kleegras

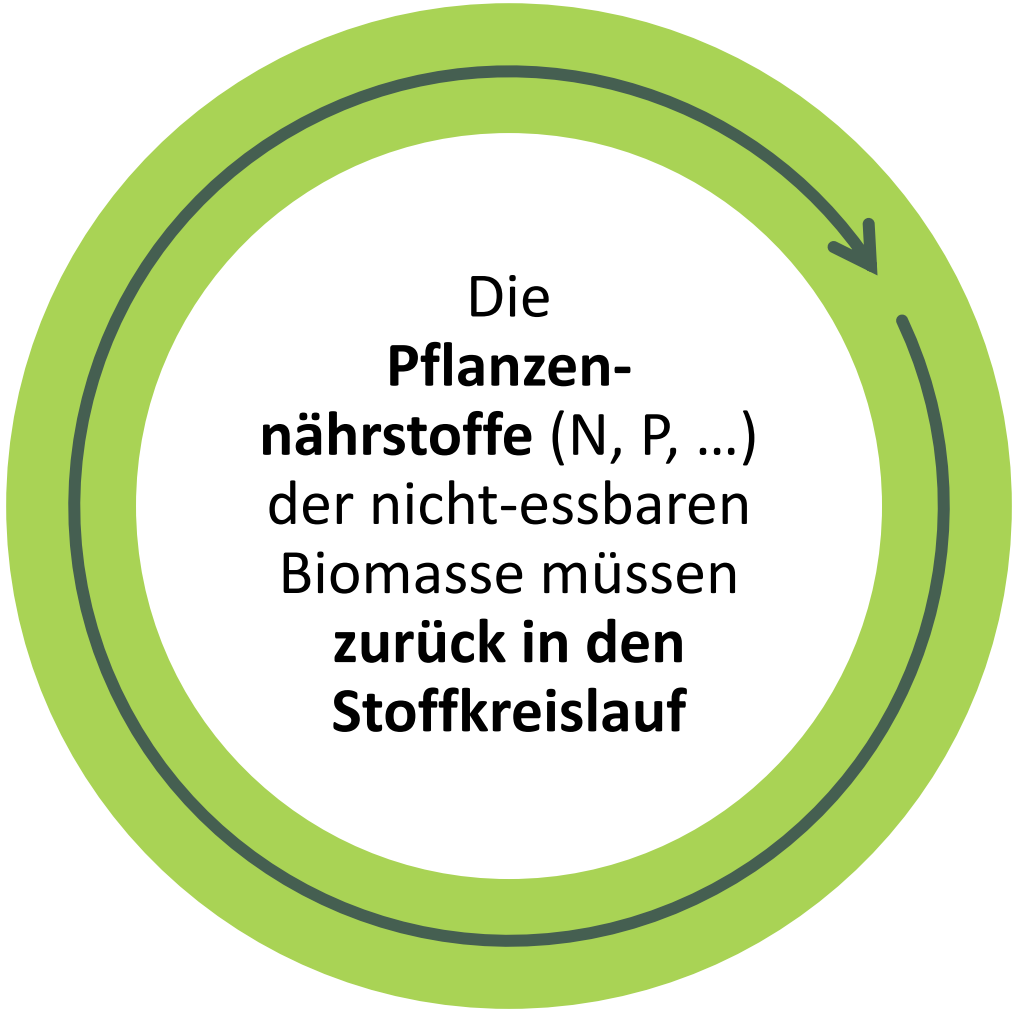
4

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

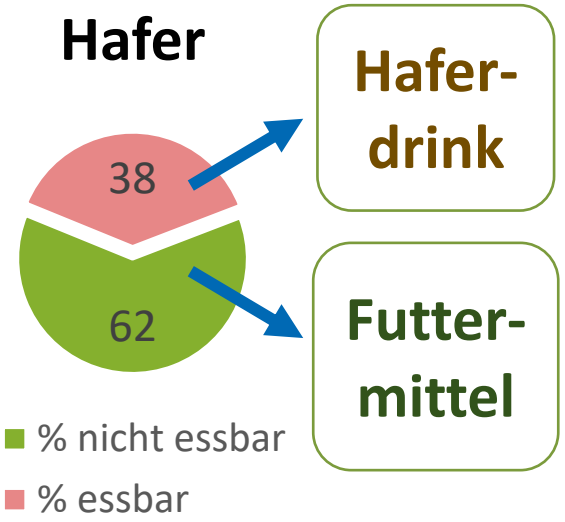
z.B. Brot
100 g Eiweiß
3000 kcal

Verhältnis mind. 1:4

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

mind. 50% mehr Nahrung aus derselben Nutzfläche ohne Nahrungskonkurrenz

Teller > Trog > Tank
vegane Produkte erzeugen Futtermittel



1 Glas Haferdrink erzeugt ein ein weiteres Glas Kuhmilch

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

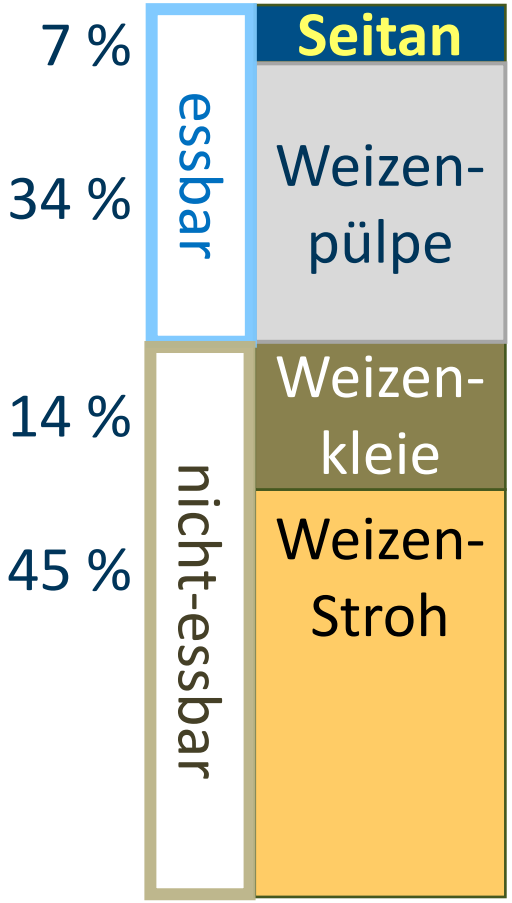
Vegane Produkte und Nutztiere können sich in einem gemeinsamen Ernährungssystem durchaus synergistisch ergänzen

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?

Technische Universität München

Im Vergleich zu Mehl oder Brot:



Hauptprodukt, Basis z.B. für vegane Wurst, Fleisch → ***Aufwertung***

essbar, aber flüssig, kaum transportwürdig, schwierig zu konservieren, an Eiweiß abgereichert → ***Abwertung (Futtermittel, Biogas?)***

Futtermittel

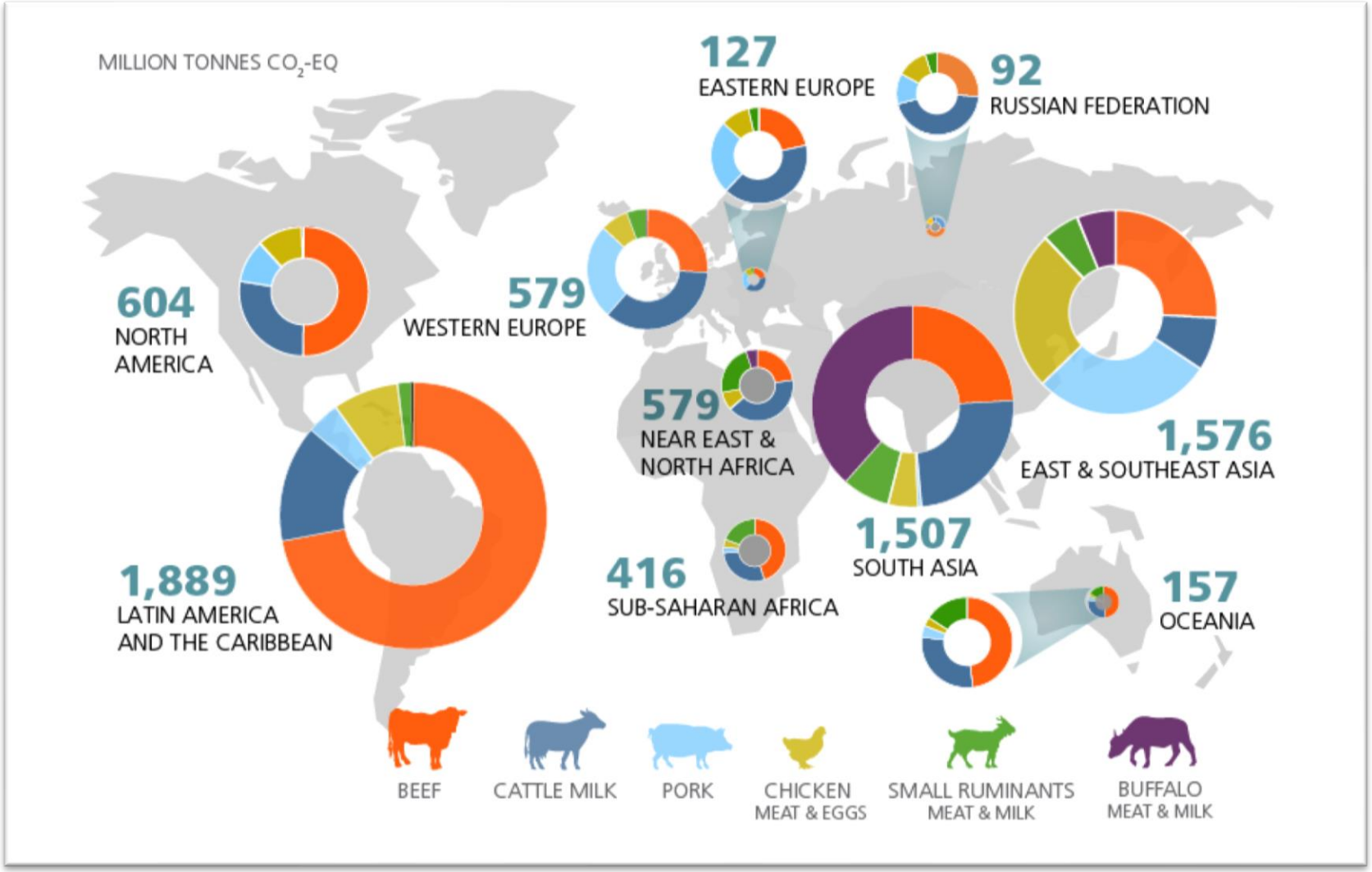
Futtermittel

Gretchenfrage: ernährt eine weitere Separierung der Biomasse noch mehr Menschen als herkömmliche Nutzungspfade?

5

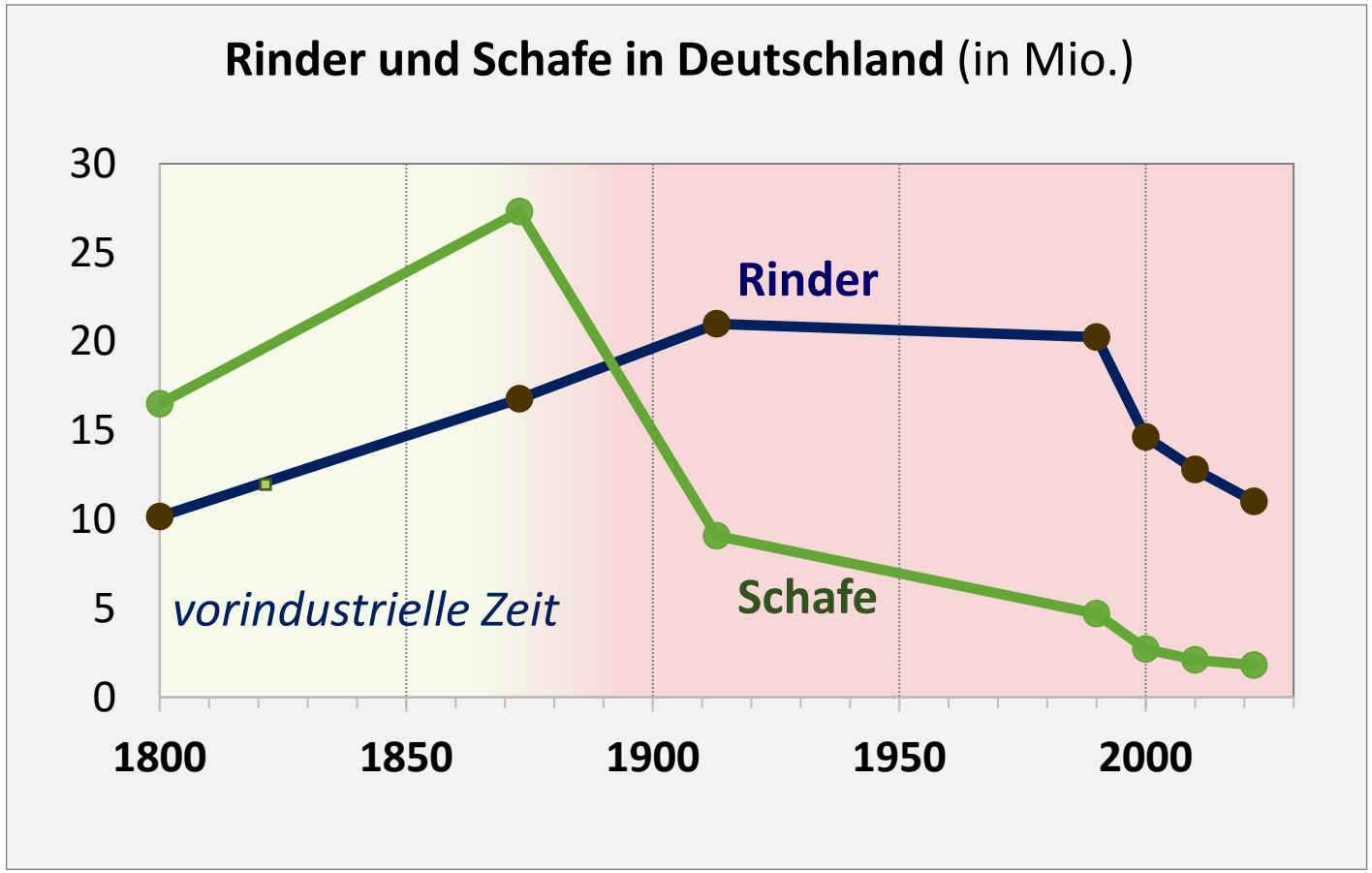
Teller > Trog > Tank macht das CH_4 der Wiederkäuer klimaneutral

Globale Emissionen von CO_2-Äquivalenten aus der Haltung von Nutztieren (FAO GLEAM 2022)



Die Problemzonen der CH_4-Emissionen durch Wiederkäuer liegen in Südasien und Südamerika.

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



- Weniger Wiederkäuer als im Jahre 1800.
- Wiederkäuer emittieren weniger CH_4 als zu Beginn der Industrialisierung (Kuhla and Viereck, 2022).

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

CO_2-Äquivalente nach GWP100 liefern ein zu stark vereinfachtes Bild über Methan (CH_4)

Technische Universität München

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

CO_2 langlebig ($t_{½}$ > 1000 Jahre), akkumuliert in der Atmosphäre.

Jede zusätzliche Emission ergibt eine dauerhafte Erwärmung der Atmosphäre.

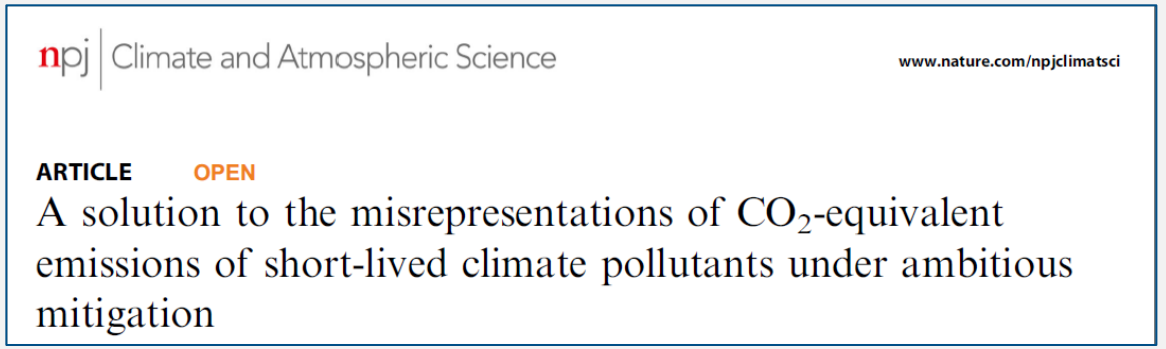
CH_4 kurzlebig ($t_{½}$ =12 Jahre), Emission und Abbau münden rasch in ein atmosphärisches Gleichgewicht.

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

Beispiel Österreich: GWP100 überschätzt den CO_2-Fußabdruck von Milch und Rindfleisch um Faktor 2 (Hörtenhuber et al. 2022)

(Neu et al. 2022)

(Allen et al. 2018)



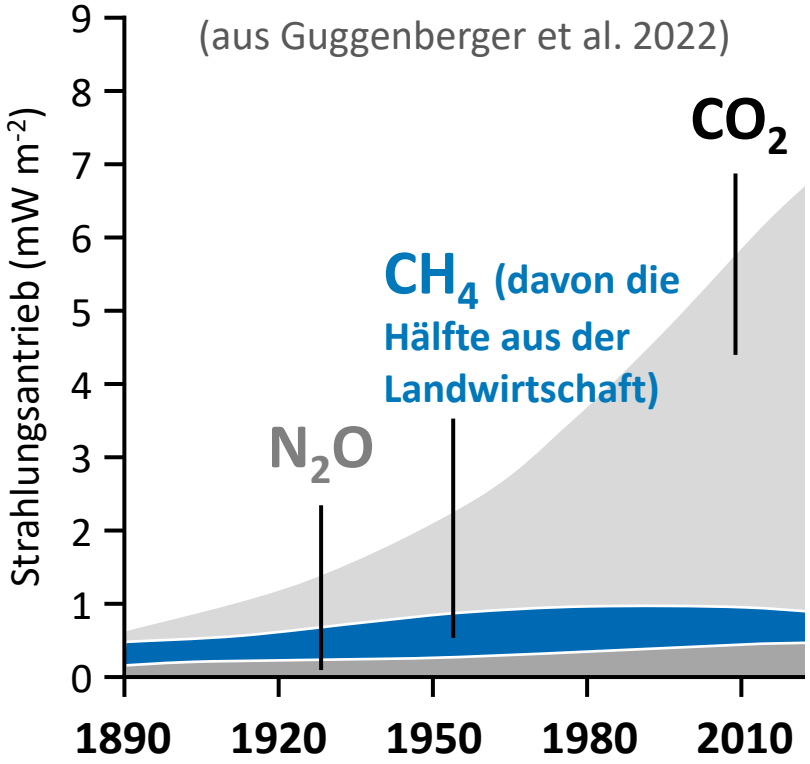
(Guggenberger et al. 2022)

Teller > Trog > Tank
macht das CH_4 der Wiederkäuer klimaneutral

Technische Universität München

Österreich: kumulative Klimawirkung nationaler Emissionen

(aus Guggenberger et al. 2022)



Maßnahmen zum Stopp der globalen Erwärmung:

- CO_2-Emissionen maximal drosseln.
- CO_2-Senken fördern: Grünland > Wald >> Ackerland.
- Wiederkäuer auf das Maß der Kreislaufwirtschaft reduzieren und auf diesem Niveau die Produktion konstant halten.

→ CO_2 akkumuliert und verursacht den Hauptteil der Erwärmung.

→ CH_4 akkumuliert nicht. Die Abschaffung der Wiederkäuer hätte nur eine geringe Abkühlung zur Folge.

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

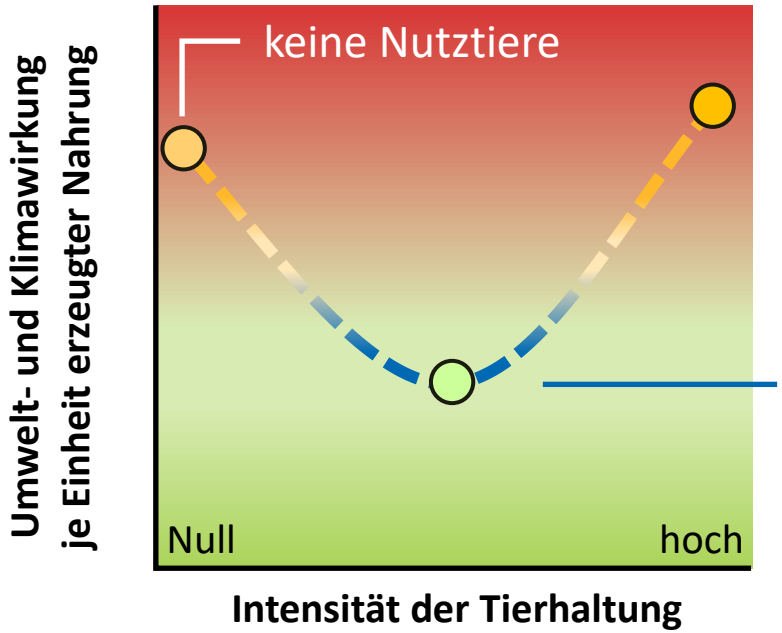
Das Minimum der Umwelt- und Klimawirkung der Nahrungsproduktion benötigt Nutztiere

Technische Universität München

Die nicht-essbare Biomasse zerfällt und gibt dabei weitgehend dieselben Emissionen ab, egal ob durch Verrottung, Biogas, oder über Nutztiere. (CH_4 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.



Hoch-intensive Tierproduktion, Nahrungskonkurrenz Landnutzungsänderung

Teller > Trog > Tank
Nutztiere erhalten ausschließlich nicht- essbare Biomasse

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

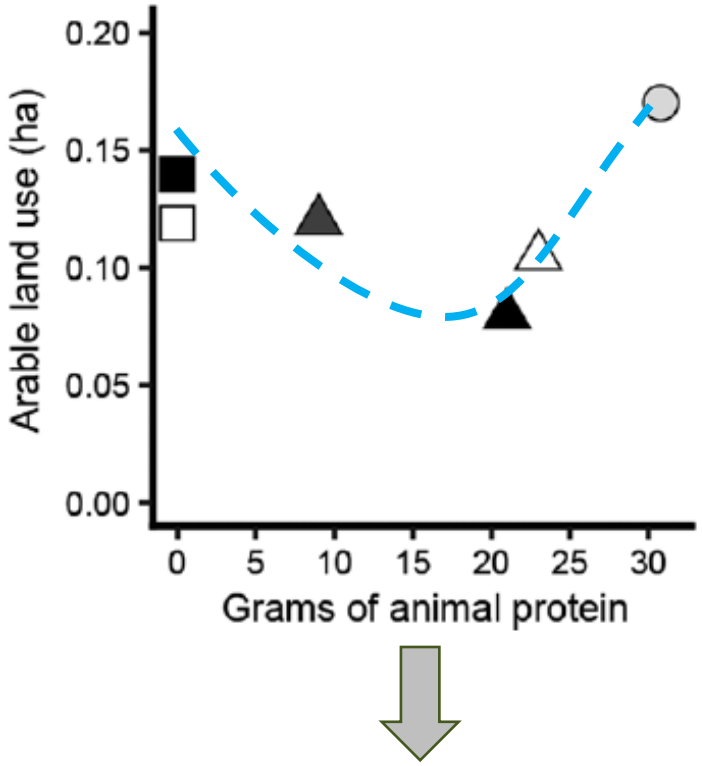
DOI: 10.1111/gcb.14321

RESEARCH REVIEW

WILEY Globa

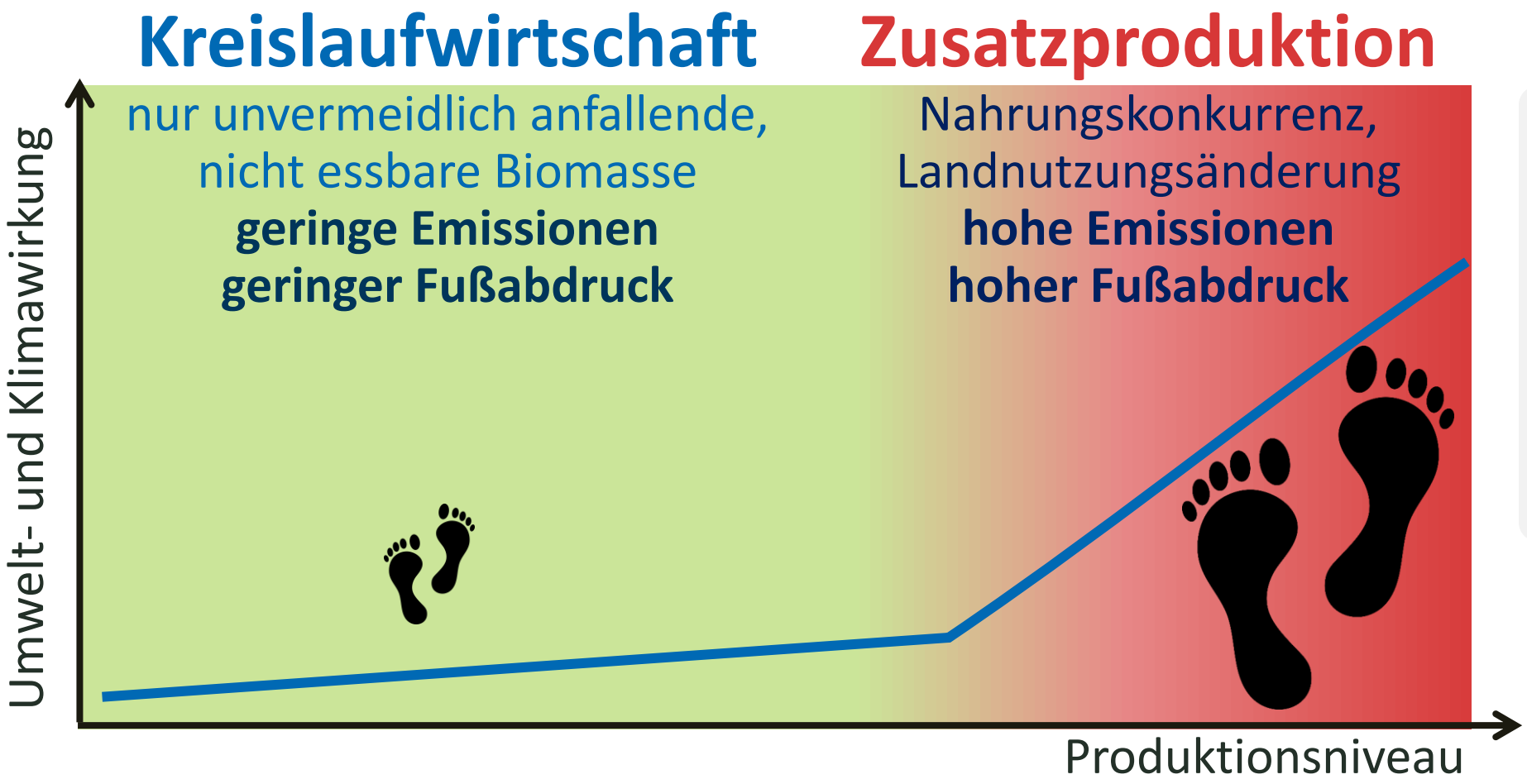
Defining a land boundary for sustainable livestock consumption

Hannah H. E. Van Zanten[1] | Mario Herrero[2] | Ollie Van Hal[1] | Elin Röös[3] | Adrian Muller[4,5] | Tara Garnett[6] | Pierre J. Gerber[1,7] | Christian Schader[4] | Imke J. M. De Boer[1]



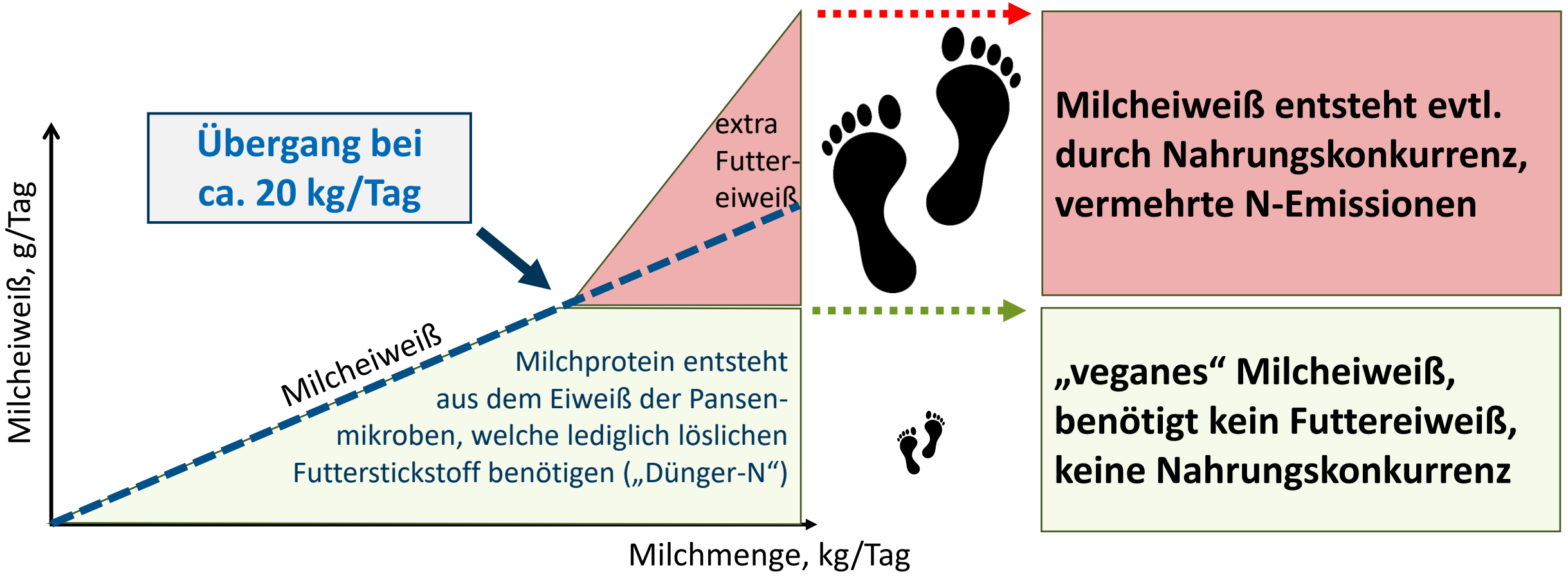
Teller > Trog > Tank

Die Fußabdrücke tierischer Lebensmittel sind hoch variabel



Kraftfutter ist kein Problem, solange es aus nicht-essbarer Biomasse besteht!

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

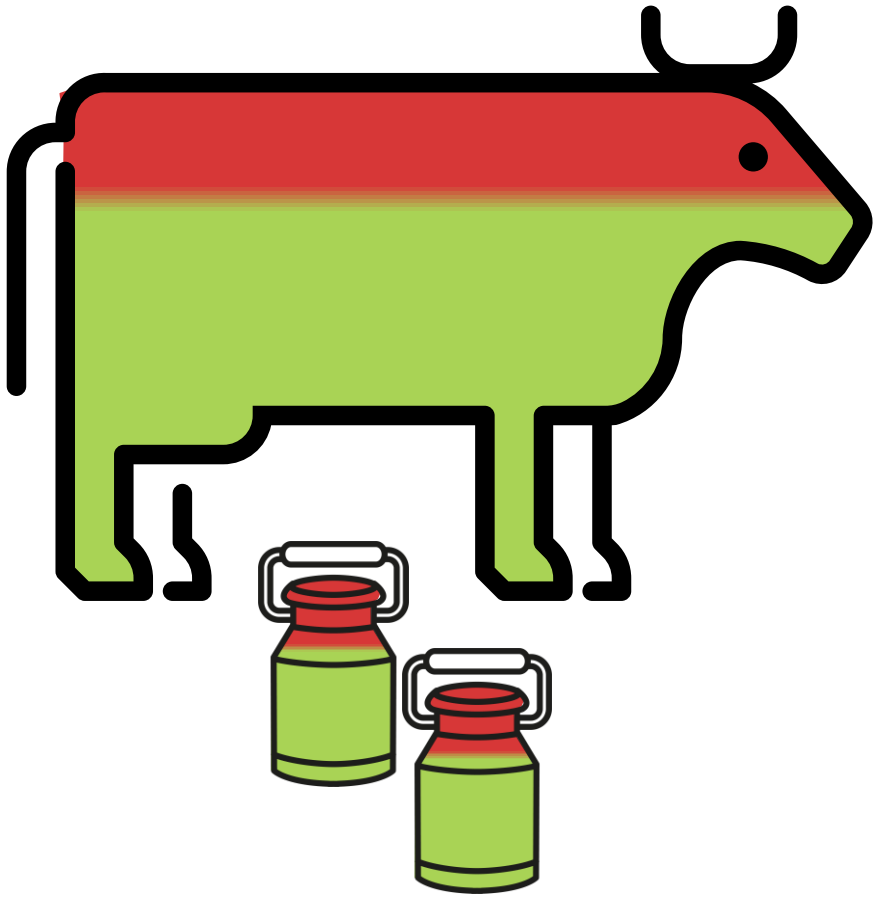


Milcheiweiß entsteht evtl. durch Nahrungskonkurrenz, vermehrte N-Emissionen

„veganes“ Milcheiweiß, benötigt kein Futtereiweiß, keine Nahrungskonkurrenz

7 Die Futtereffizienz ist für die Erhaltung der Produktivität entscheidend

Die nicht-essbare Biomasse ist eine limitierte Ressource



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

→ Geringere Emissionen

→ Geringeres Angebot an Futtermitteln (Menge und Futterqualität)

→ Limitierung der Produktivität

Die nicht-essbare Biomasse limitiert die Produktivität

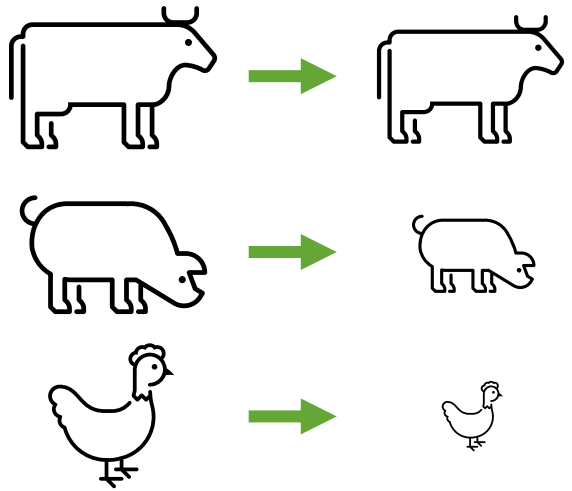
Szenarien für *Teller > Trog > Tank*:

Baur und Flückiger (2018) (Schweiz):

- ↓ 1/3 Milch und Rindfleisch
- ↓ 50 % Schweinefleisch
- ↓ 90 % Geflügelfleisch, Eier

De Luca & Müller (2024) (Deutschland):

- ↓ 50 % Milch und Rindfleisch bei ausschließlicher Grünlandnutzung.
- ↓ 1/3 Milch und Rindfleisch bei zusätzlicher Verwendung von Nebenprodukten.



Pflanzenzüchtung, neue Verfahrenstechniken, etc. werden die Ausbeute an pflanzlichen Lebensmitteln erhöhen. Die Menge und Qualität der nicht-essbaren Biomasse wird weiter sinken.

→ *Wiederkäuer werden die wichtigsten Verwerter der nicht-essbaren Biomasse*

Die nicht-essbare Biomasse muss effizient verwertet werden

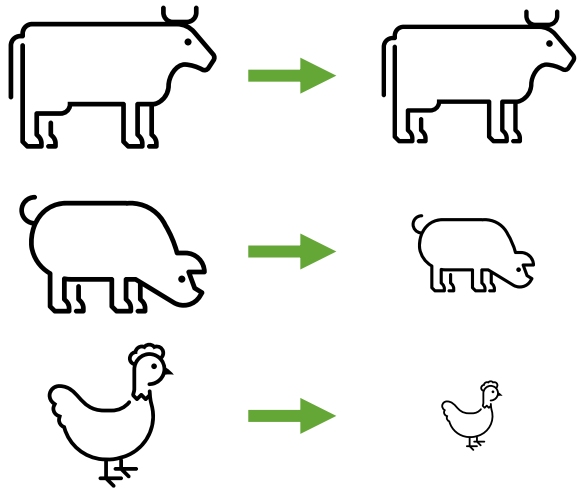
Technische Universität München

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**

Fotos: ARGE Heumilch, eigenes Werk, mit freundlicher Genehmigung

8 Ausblick

Milchkühe sind unverzichtbare Teile einer modernen, umwelt- und klimafreundlichen Landwirtschaft

Technische Universität München

	Energiewende	**Nutztierwende**
Abkehr von	fossiler Energie	Nahrungskonkurrenz, Landnutzungsänderung
Hin zu	Regenerierbare Energie: Sonne, Wind,…	Regenerierbares Futter: nicht-essbare Biomasse
Limitierung	Menge, Speicherung	Menge, Futterwert
Effekt für den Konsumenten	geringeres Angebot, höherer Preis	weniger Milch, Fleisch, Eier, …, höherer Preis
Reaktion	Quellen erschließen, Wirkungsgrade maximieren	Futterwirtschaft und Futtereffizienz maximieren