



Futtereffizienz – einfach kompliziert

Prof. Dr. Fenja Klevenhusen

Übersicht

- Definition und Auswirkungen
- Vergleich von Produktionssystemen
- INTAQT-Projekt (INnovative Tools for Assessment and Authentication of chicken meat, beef and dairy products' QualiTies)
 - Nahrungskonvertierungseffizienz
 - Landnutzungseffizienz
 - Produktqualität
- Ausblick
- Schlussfolgerung

Futtereffizienz

- Die Fähigkeit, physische Inputs (Futter) unter den vorherrschenden Produktionsbedingungen in marktfähige Produkte (tierische Produkte) umzuwandeln (Bell und Greenwood, 2013)
 - Ökonomische Relevanz: Income Over Feed Cost
 - die Milchproduktion stieg von 2005 bis 2015 um 30 Prozent, während der weltweite Milchviehbestand im gleichen Zeitraum nur um 11 Prozent zunahm (FAO und GDP, 2019).
 - die weltweit führenden Länder im Bereich der Sauenbestände sind China, die EU und die USA, wobei 40 Betriebe aus nur 9 Ländern mehr als 25 % des globalen Schweinefleischs produzieren (Knox, 2025).
 - >50 % Effizienz in der Fleischproduktion von Schwein und Geflügel möglich (FCR von $\leq 2,0$; Brameld und Parr, 2016)
- Eine Steigerung der Futtereffizienz in der Tierhaltung wird als ein wesentliches Mittel anerkannt, die Treibhausgasintensität der Produktion von tierischen Lebensmitteln (THG-Emissionen in CO₂-Equivalenten/erzeugtes tierisches Produkt) zu reduzieren (FAO, 2019).



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



Five practical actions towards low-carbon livestock

Food and Agriculture Organization of the United Nations
Rome, 2019

Action 1. Boosting efficiency of livestock production and resource use

Action 2. Intensifying recycling efforts and minimizing losses for a circular bioeconomy

Action 3. Capitalizing on nature-based solutions to ramp up carbon offsets

Action 4. Striving for healthy, sustainable diets and accounting for protein alternatives

Action 5. Developing policy measures to drive change

Action 1

Boosting efficiency of livestock production and resource use

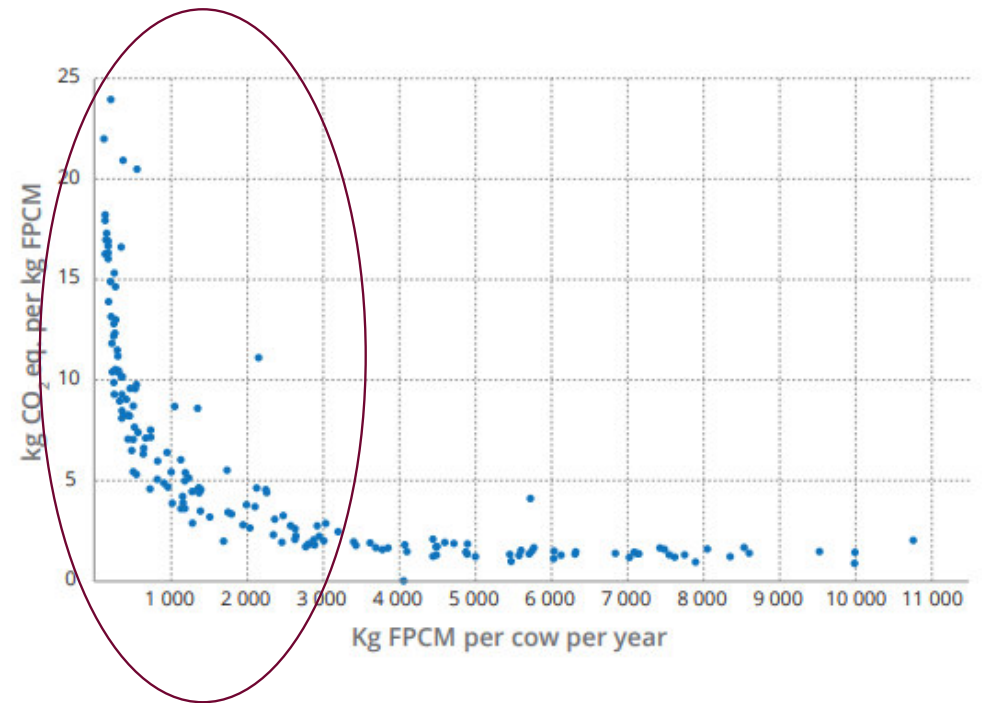
Ziel:

Verringerung der Umweltauswirkungen im Verhältnis zur Menge der tierischen Erzeugnisse

- Steigerung der Produktivität und der Ressourceneffizienz
- Bessere Bewirtschaftungspraktiken und technologische Innovationen (verbesserte Fütterung, Genetik, Tiergesundheit, allgemeine Tierhaltung und Informationstechnologie, Düngung)

Die FAO schätzt, dass allein durch verbesserte Managementmethoden die Nettoemissionen aus der Tierhaltung – insbesondere Methan – um etwa 30 Prozent gesenkt werden könnten (Gerber et al., 2013)

Wenn der relative Produktionsanstieg die Verringerung der Emissionsintensität übersteigt, können die Gesamtemissionen bei jeder Produktionssteigerung ansteigen.



FPCM = Fat and protein corrected milk

Sources: emission intensities, GLEAM 2, productivity, FAOSTAT.

Systemvergleiche

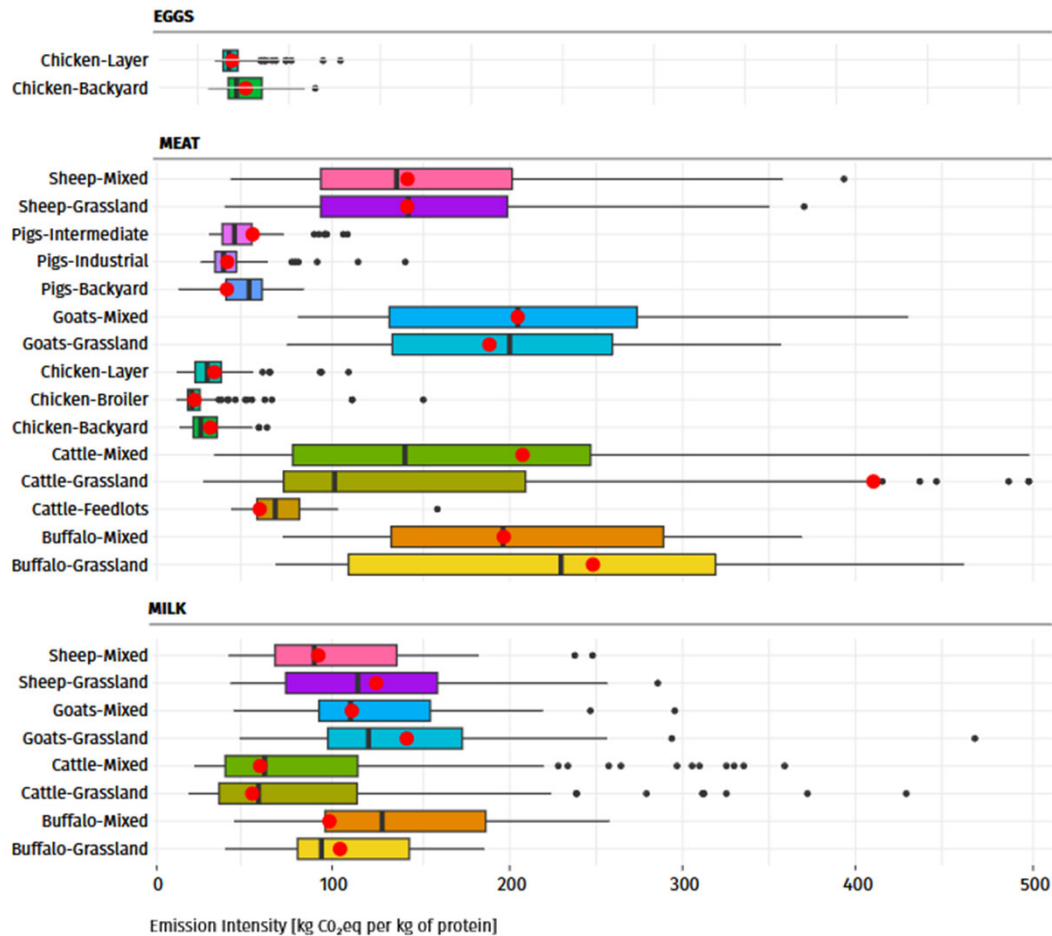


Figure 9.

Box-Whisker plots of the emission intensity for different production systems, species and commodity, aggregated by countries

Note: for countries with production > 1000 tonnes. The red dot indicates the global average value, and the box indicates the lower and upper quantiles, the vertical bar the median value.



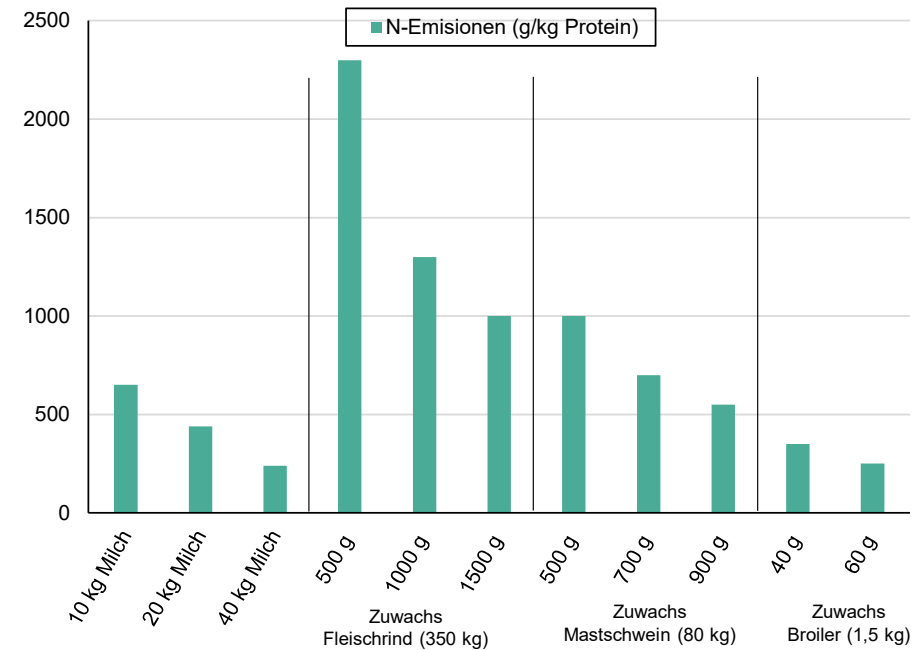
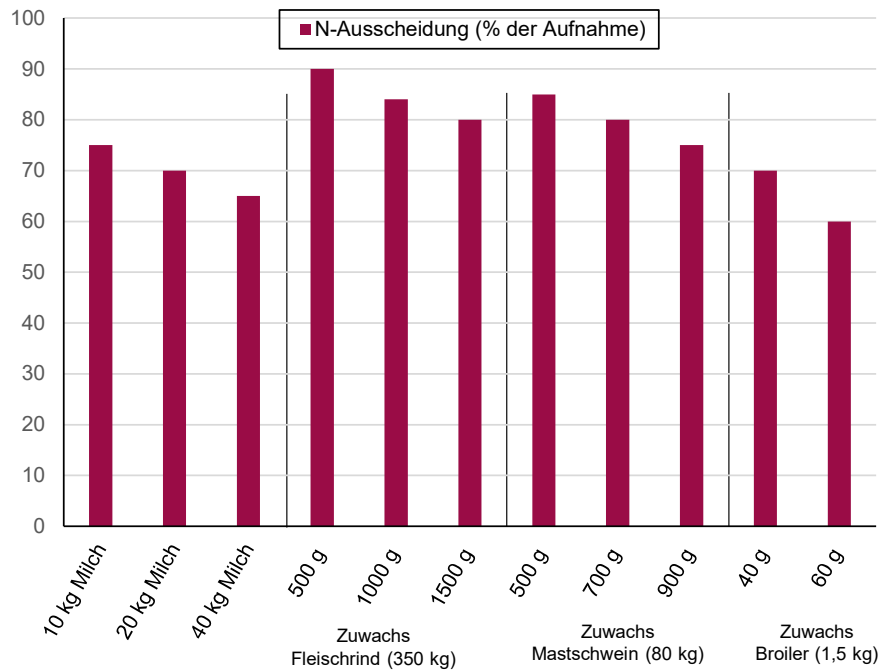
Pathways towards lower emissions

A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems

Food and Agriculture Organization of the United Nations
Rome, 2023

Bevorzugung von Monogastrern, die im Vergleich zu Wiederkäuern in der Regel weniger Futter und Land benötigen, um eine Einheit tierischer Erzeugnisse zu produzieren.

Auswirkungen von Tierarten, Kategorien und Leistungen auf die N-Emissionen



(Niemann et al., 2011)

Steigerung der Futtereffizienz durch u.a.

- Moderne Tierzucht
- Wahl der Futtermittel: Nährstoffdichte, Futtermitteltechnologie, Verdaulichkeit der Nährstoffe, Futtermittelzusatzstoffe (Mineralstoffe, Vitamine, Aminosäuren, Enzyme etc.)

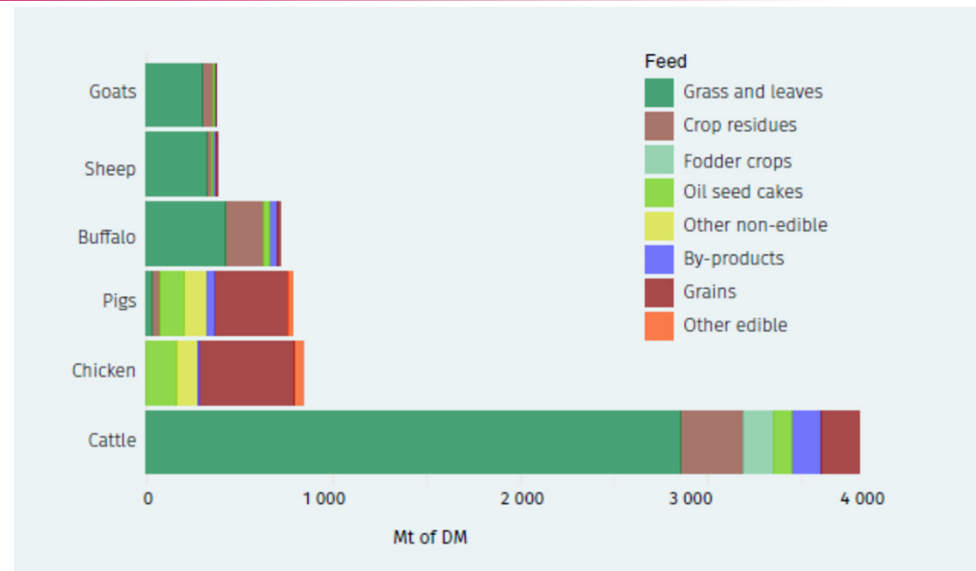


Figure B1.
Dry matter intake
by species and feed
category

Note: Estimated from
GLEAM 3.

Food and Agriculture Organization of the United Nations
Rome, 2023

Die Nutztierhaltung verbraucht nach wie vor 31 % der Getreideproduktion und 76 % der Sojaproduktion, einschließlich ganzer Sojabohnen und Sojakuchen/extraktionsschrot (Fraanje & Garnett, 2020; Mottet et al., 2017; Ritchie, 2021).

Lebensmittelkonkurrenz

Konkurrenz um Ackerflächen

Verringerung der Konkurrenzsituation durch

1. Verringerung der Konkurrenz zwischen Futtermitteln und Lebensmitteln durch Steigerung der Futtereffizienz.
 - Bevorzugung von Monogastriern, die im Vergleich zu Wiederkäuern in der Regel weniger Futter und Land benötigen, um eine Einheit tierischer Erzeugnisse zu produzieren.

Eine hohe Futtereffizienz bedeutet nicht gleich eine hohe Nettolebensmittelproduktion

2. Verringerung der Konkurrenz zwischen Futtermitteln und Lebensmitteln durch vorrangige Fütterung von Tieren mit für den Menschen nicht essbaren Ressourcen (Schader et al., 2015).
 - Grünland-basierte Wiederkäuersysteme
 - zirkuläre Fütterungsstrategien, bei denen die Verwendung von Neben- und Restprodukten im Vordergrund steht

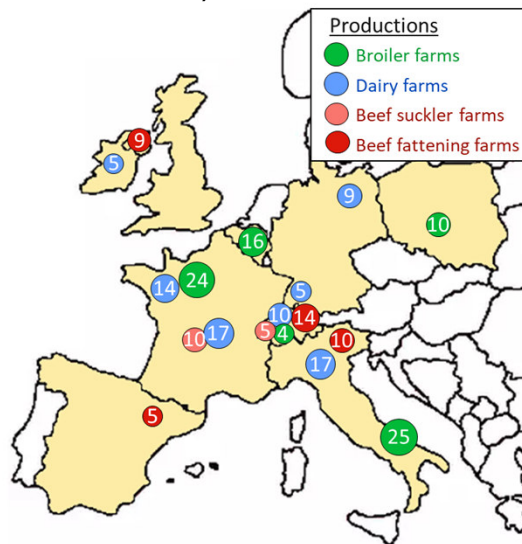
Diese beiden gegensätzlichen Ansätze verdeutlichen die zwiespältige Rolle der Intensivierung im Wettbewerb zwischen Futter- und Nahrungsmitteln, die diesen entweder abmildert oder verschärft (Caumette et al., preprint).

Intensivierung der Tierhaltung: Milderung oder Verschärfung des Wettbewerbs um Futtermittel und Nahrungsmittel?

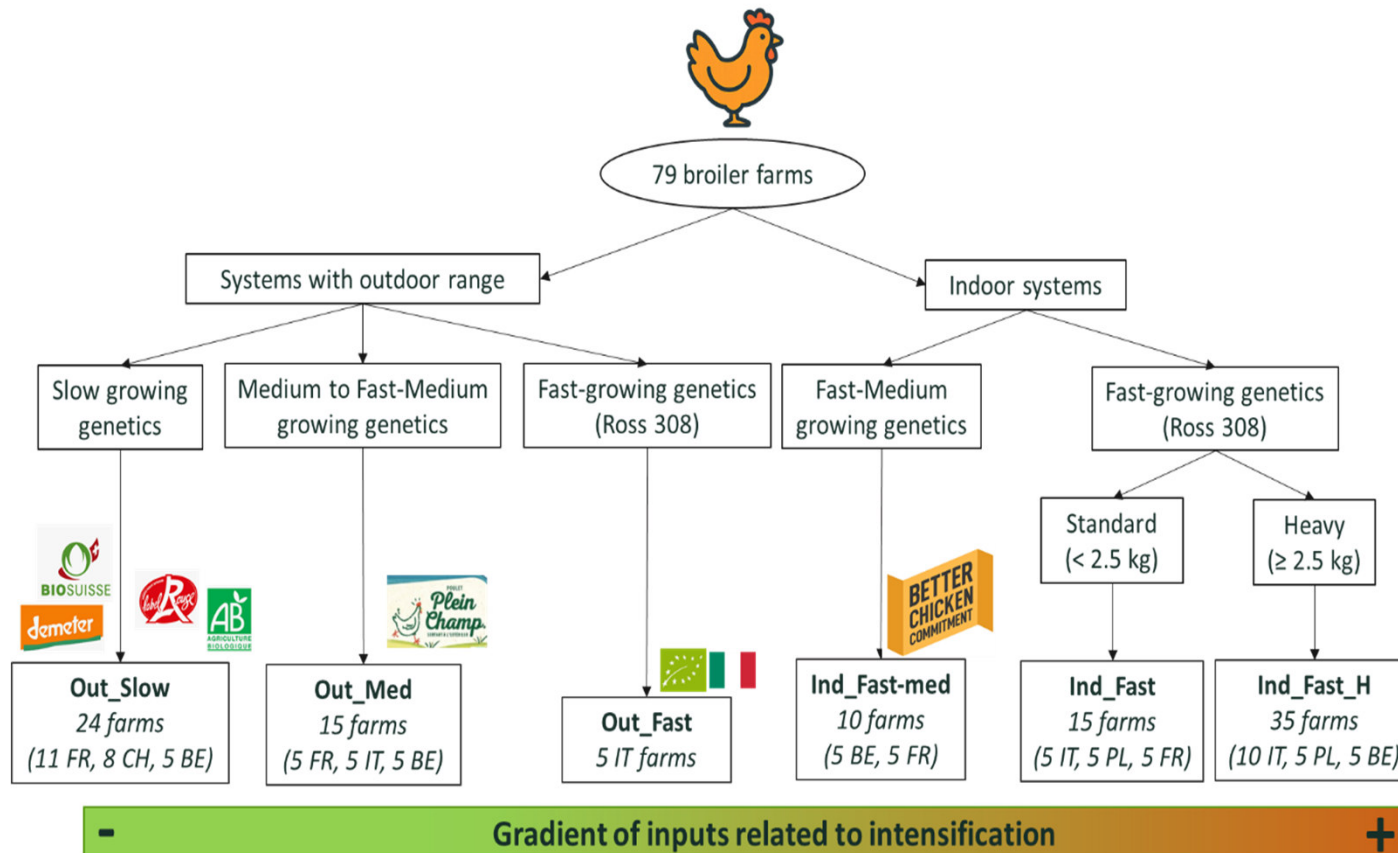
(Caumette et al., preprint)



- „Bruttoeffizienz“ berücksichtigt alle Futter- und Landressourcen (Proteineffizienz und Landnutzungseffizienz) bewertet,
- „Nettoeffizienz“ konzentriert sich auf die Ressourcen, die für die Konkurrenz zwischen Futter- und Nahrungsmitteln relevant sind (Effizienz bei für den menschlichen Verzehr bestimmten Proteinen und Effizienz bei der Nutzung von Ackerland).



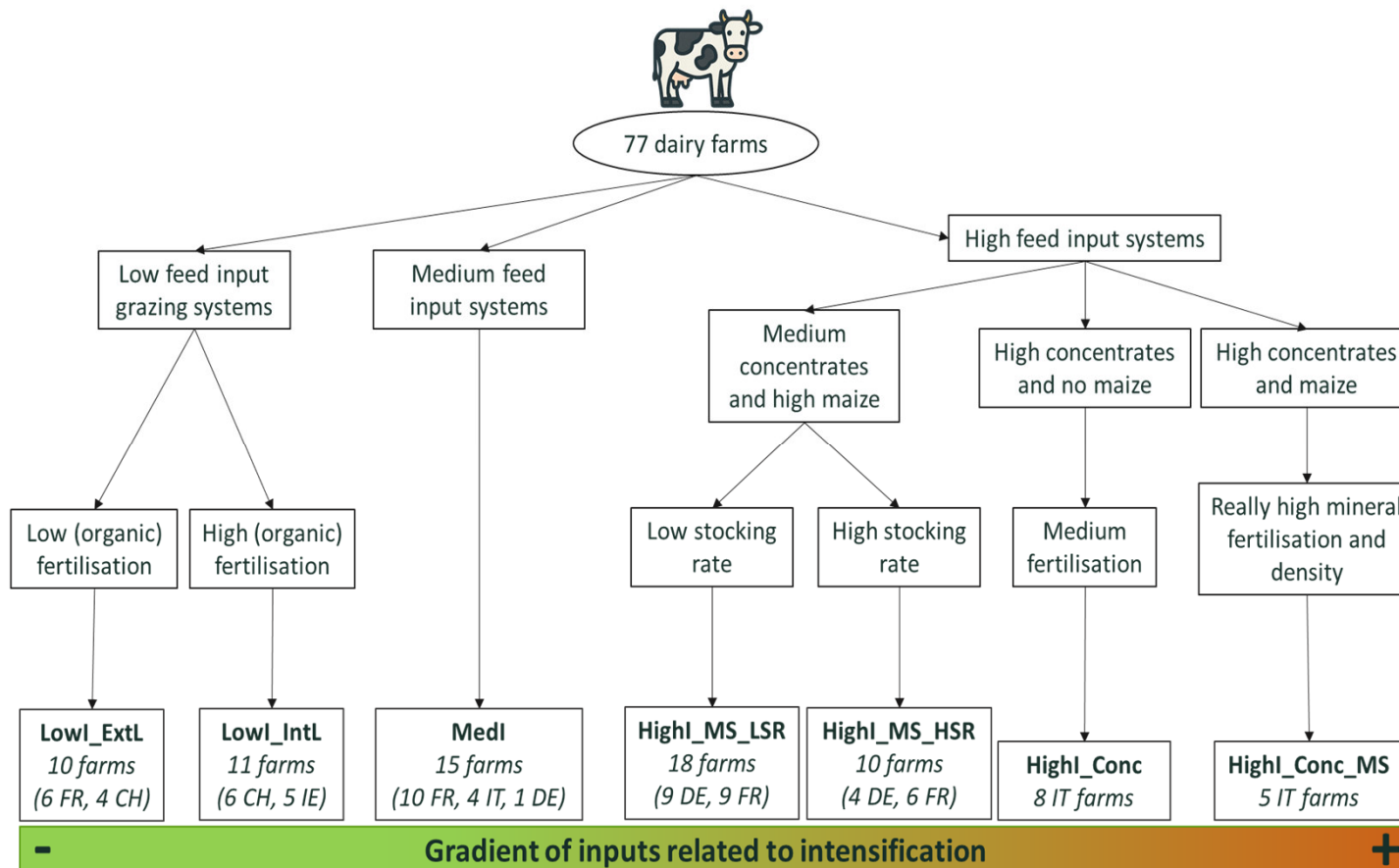
- **209 Betriebe aus neun europäischen Ländern, die Hühnerfleisch (79 Betriebe), Kuhmilch (77 Betriebe) oder Rindfleisch (53 Betriebe) produzieren.**
- breites Spektrum an Futter- und Landnutzungseffizienz,
- breites Spektrum landwirtschaftlicher Systeme, darunter konventionelle, ökologische oder zertifizierte (z.B. geschützte Ursprungsbezeichnung, European Chicken Commitment, Label Rouge) Systeme.
- Datenerhebungen 2022 bis 2024 (Fragenbögen und Analysen der tierischen Produkte).
- **Ziel dieser Studie:** zu untersuchen, wie sich die Intensivierung auf die Konkurrenz zwischen Futter- und Nahrungsmitteln auswirkt, die anhand eines Gradienten von mit der Intensivierung verbundenen Inputs klassifiziert wurden.



Broiler

Out_Slow: Outdoor slow growing broiler systems;
Out_Med: Outdoor medium growing broiler systems;
Out_Fast: Outdoor fast growing broiler systems;
Ind_Fast-med: Indoor fast-medium growing broiler systems;
Ind_Fast: Indoor fast growing broiler systems;
Ind_Fast_H: Indoor fast growing and heavy broiler systems;

(Caumette et al., preprint)



(Caumette et al., preprint)

Milchkühe

LowI_ExtL: Low feed input and extensive land management dairy systems;

LowI_IntL: Low feed input and intensive land management dairy systems;

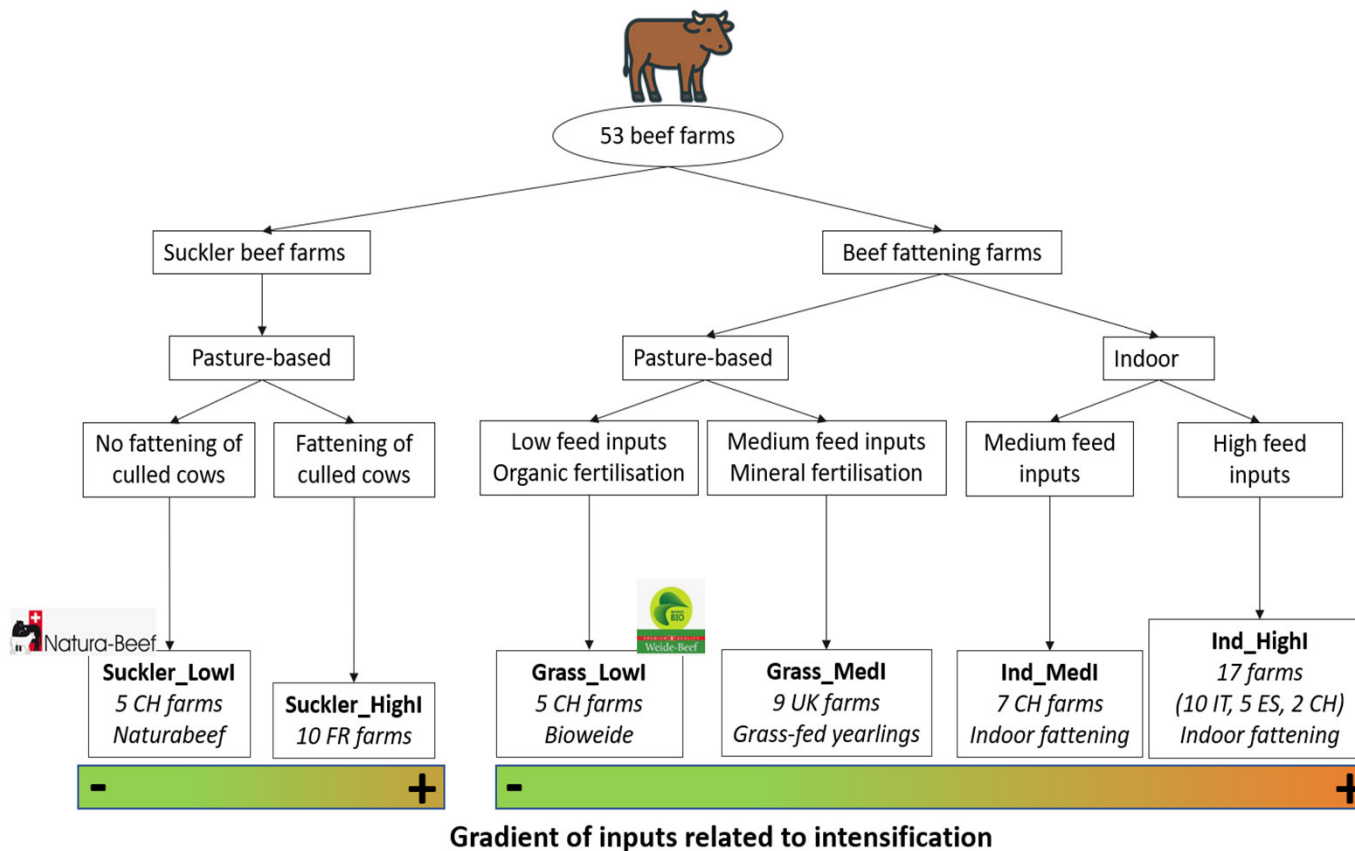
MedI: Medium feed input dairy systems;

High_MS_LSR: High feed input dairy systems relying on maize silage and lower stocking rate on pasture;

High_MS_HSR: High feed input dairy systems relying on maize silage and higher stocking rate on pasture;

HighI_Conc: High feed input dairy systems relying on concentrates;

HighI_Conc_MS: High input dairy systems relying on concentrates, maize silage and mineral fertilisation;



Rindfleisch

Suckler_LowI: Suckler farms with suckler calves sold for slaughter;

Suckler_HighI: Suckler farms with fattening of cull suckler cows;

Fatt_Grass_LowI: Grass-based low input fattening systems of dairy calves;

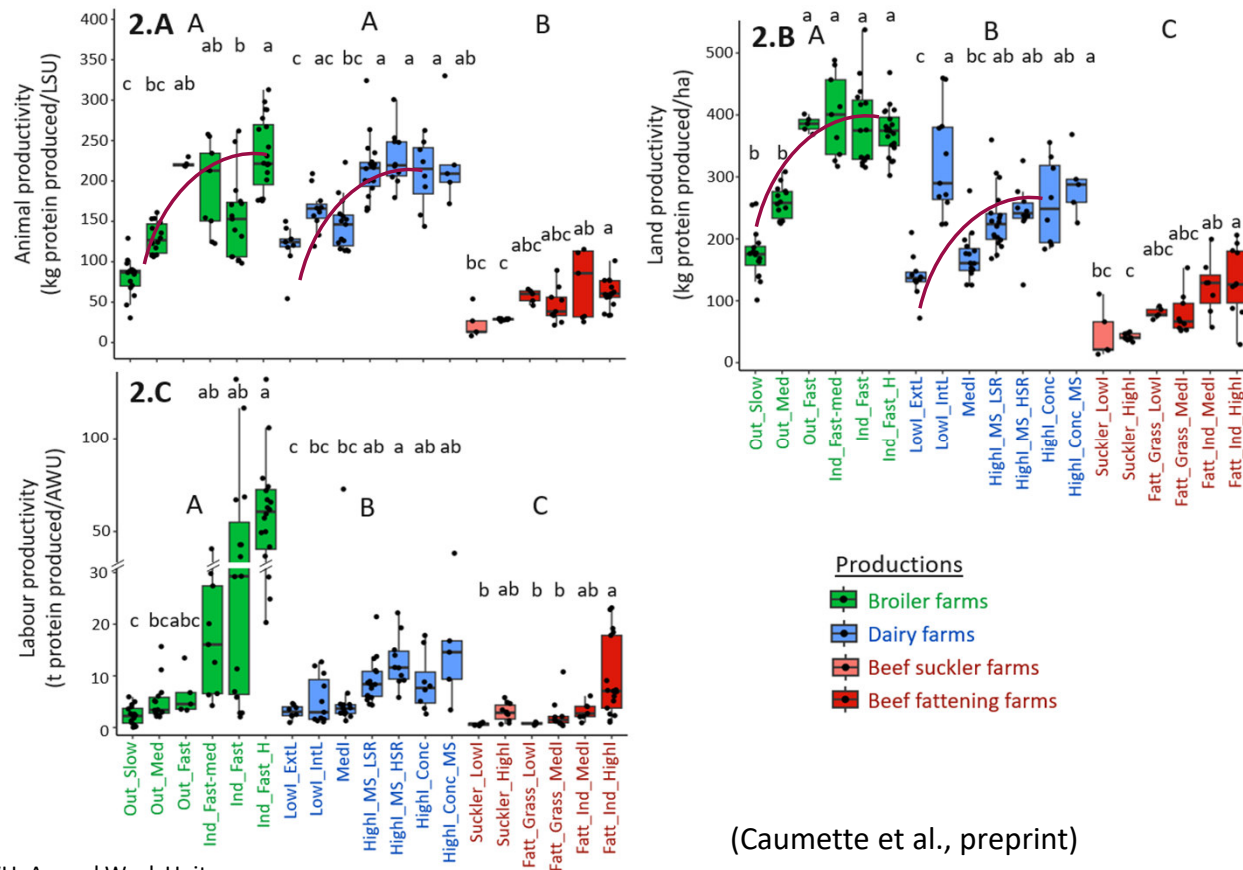
Fatt_Grass_MedI: Grass-based fattening beef systems relying on medium level of concentrates;

Fatt_Ind_MedI: Indoor fattening beef systems relying on medium level of concentrates;

Fatt_Ind_HighI: Indoor fattening beef systems relying on higher level of concentrates

(Caumette et al., preprint)

Productivity per animal (Panel 2.A), per ha (Panel 2.B) and per worker (Panel 2.C) for broiler, dairy and beef farms classified according to their level of inputs related to intensification

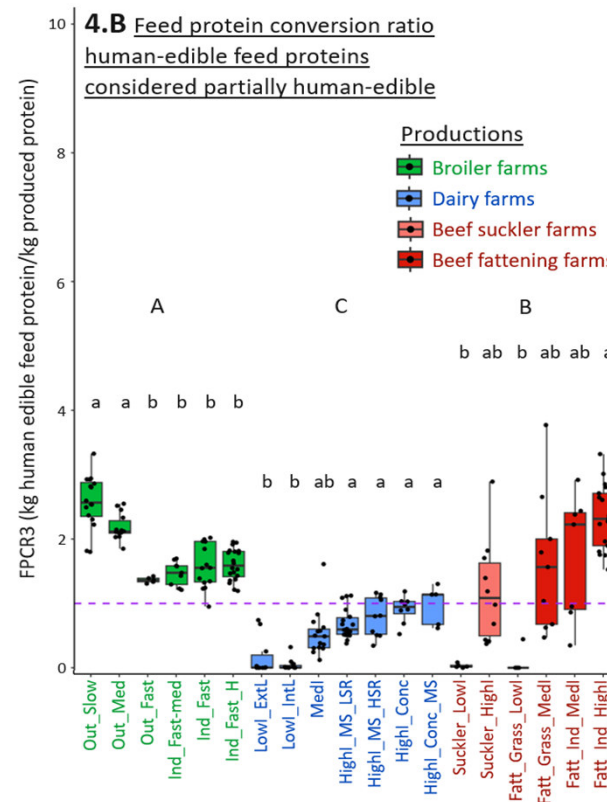
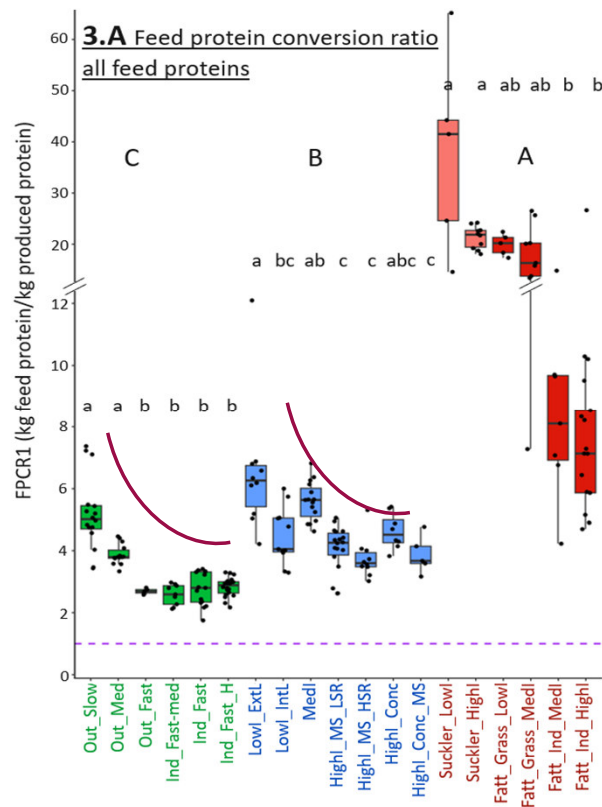


Out_Slow: Outdoor slow growing broiler systems; **Out_Med:** Outdoor medium growing broiler systems; **Out_Fast:** Outdoor fast growing broiler systems; **Ind_Fast-med:** Indoor fast-medium growing broiler systems; **Ind_Fast:** Indoor fast growing broiler systems; **Ind_Fast_H:** Indoor fast growing and heavy broiler systems; **Lowl_ExtL:** Low feed input and extensive land management dairy systems; **Lowl_IntL:** Low feed input and intensive land management dairy systems; **Medl:** Medium feed input dairy systems; **Highl_MS_LSR:** High feed input dairy systems relying on maize silage and lower stocking rate on pasture; **Highl_MS_HSR:** High feed input dairy systems relying on maize silage and higher stocking rate on pasture; **Highl_Conc:** High feed input dairy systems relying on concentrates; **Highl_Conc_MS:** High input dairy systems relying on concentrates, maize silage and mineral fertilisation; **Suckler_Lowl:** Suckler farms with suckler calves sold for slaughter; **Suckler_Highl:** Suckler farms with fattening of cull suckler cows; **Fatt_Grass_Lowl:** Grass-based low input fattening systems of dairy calves; **Fatt_Grass_Medl:** Grass-based fattening beef systems relying on medium level of concentrates; **Fatt_Ind_Medl:** Indoor fattening beef systems relying on medium level of concentrates; **Fatt_Ind_Highl:** Indoor fattening beef systems relying on higher level of concentrates

(Caumette et al., preprint)

AWU: Annual Work Unit

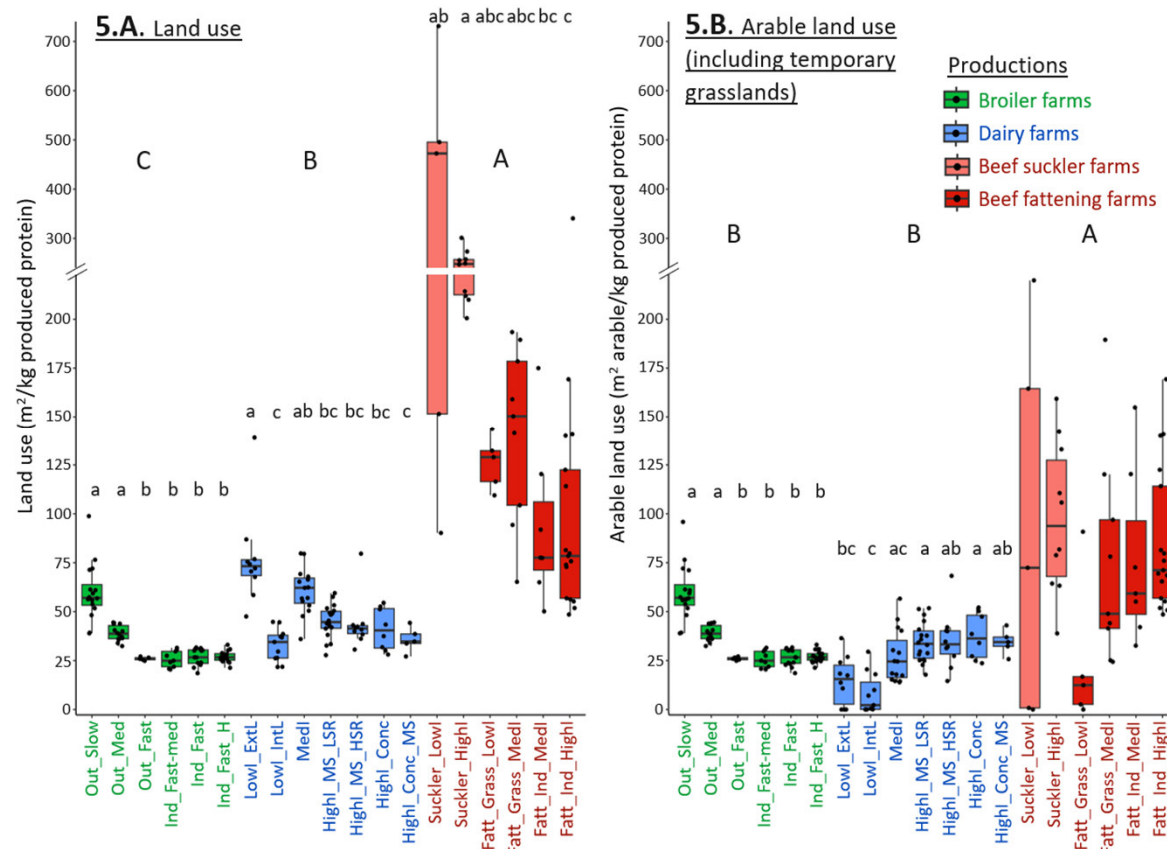
Feed protein conversion ratio based on all feed protein (FPCR1, Panel A) or human-edible protein (FPCR2 (according to Mottet et al., 2017), Panel B) for broiler, dairy and beef farms according to the level of inputs. Dotted purple line corresponds to 1: below 1, farms produce more human-edible protein than they consume.



Out_Slow: Outdoor slow growing broiler systems; **Out_Med:** Outdoor medium growing broiler systems; **Out_Fast:** Outdoor fast growing broiler systems; **Ind_Fast-med:** Indoor fast-medium growing broiler systems; **Ind_Fast_H:** Indoor fast growing broiler systems; **Lowl_ExtL:** Low feed input and extensive land management dairy systems; **Lowl_IntL:** Low feed input and intensive land management dairy systems; **Medi:** Medium feed input dairy systems; **Highl_MS_LSR:** High feed input dairy systems relying on maize silage and lower stocking rate on pasture; **Highl_MS_HSR:** High feed input dairy systems relying on maize silage and higher stocking rate on pasture; **Highl_Conc:** High feed input dairy systems relying on concentrates; **Highl_Conc_MS:** High input dairy systems relying on concentrates, maize silage and mineral fertilisation; **Suckler_Lowl:** Suckler farms with suckler calves sold for slaughter; **Suckler_Highl:** Suckler farms with fattening of cull suckler cows; **Fatt_Grass_Lowl:** Grass-based low input fattening systems of dairy calves; **Fatt_Grass_Medi:** Grass-based fattening beef systems relying on medium level of concentrates; **Fatt_Ind_Medi:** Indoor fattening beef systems relying on medium level of concentrates; **Fatt_Ind_Highl:** Indoor fattening beef systems relying on higher level of concentrates

(according to Ertl et al., 2016)

Land use and arable land use for broiler, dairy and beef farms according to the level of inputs. Land use (5.A) is the inverse of land productivity (2.B)

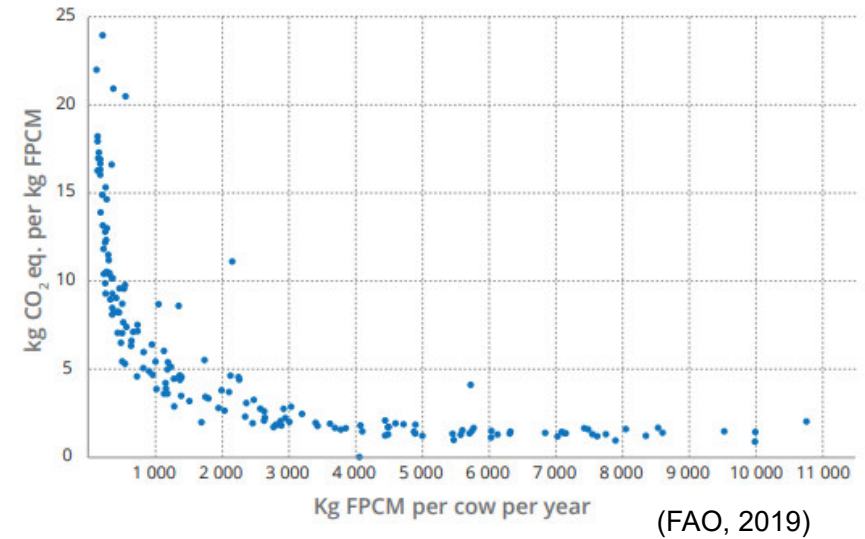
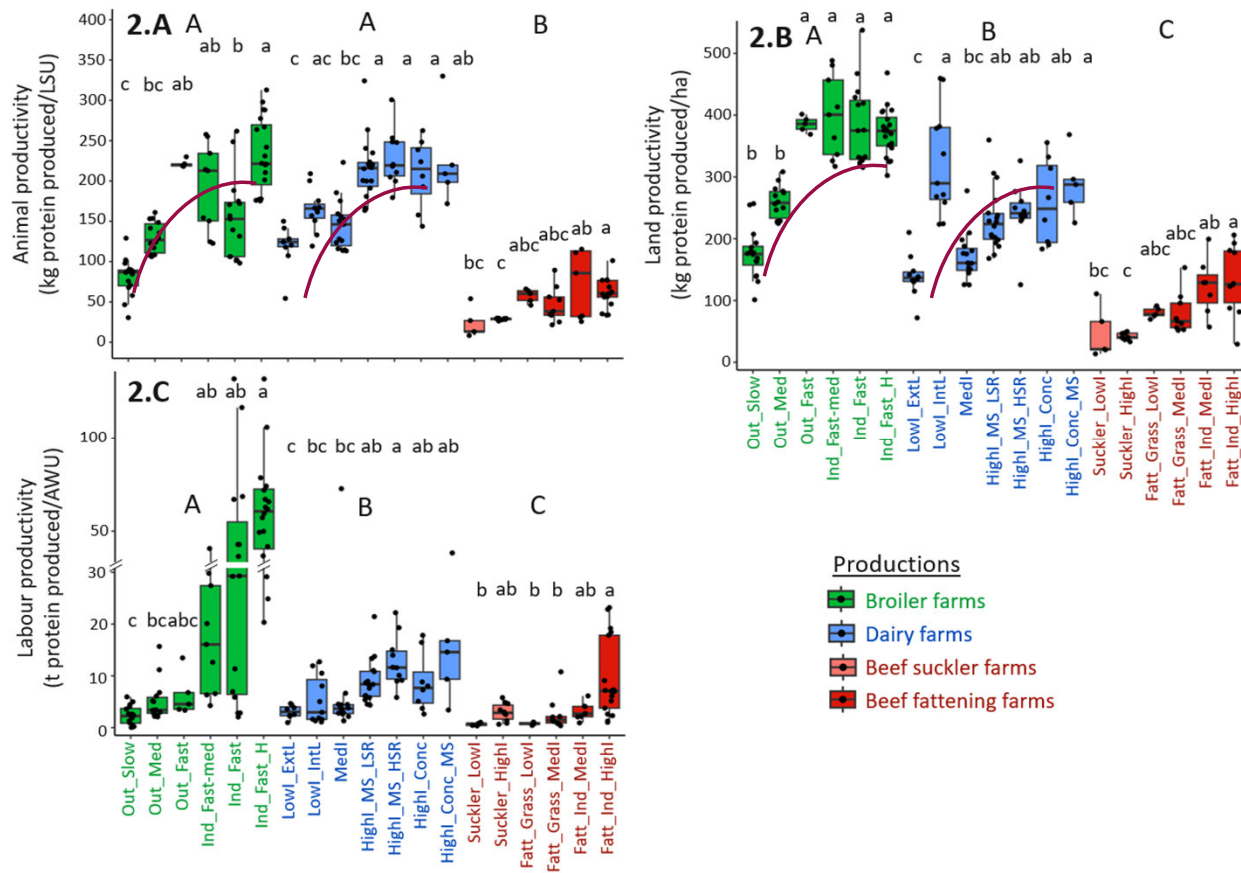


Out_Slow: Outdoor slow growing broiler systems; **Out_Med:** Outdoor medium growing broiler systems; **Out_Fast:** Outdoor fast growing broiler systems; **Ind_Fast-med:** Indoor fast-medium growing broiler systems; **Ind_Fast:** Indoor fast growing broiler systems; **Ind_Fast_H:** Indoor fast growing and heavy broiler systems; **Lowl_ExtL:** Low feed input and extensive land management dairy systems; **Lowl_IntL:** Low feed input and intensive land management dairy systems; **Medi:** Medium feed input dairy systems; **Highl_MS_LSR:** High feed input dairy systems relying on maize silage and lower stocking rate on pasture; **Highl_MS_HSR:** High feed input dairy systems relying on maize silage and higher stocking rate on pasture; **Highl_Conc:** High feed input dairy systems relying on concentrates; **Highl_Conc_MS:** High input dairy systems relying on concentrates, maize silage and mineral fertilisation; **Suckler_Lowl:** Suckler farms with suckler calves sold for slaughter; **Suckler_Highl:** Suckler farms with fattening of cull suckler cows; **Fatt_Grass_Lowl:** Grass-based low input fattening systems of dairy calves; **Fatt_Grass_Medi:** Grass-based fattening beef systems relying on medium level of concentrates; **Fatt_Ind_Medi:** Indoor fattening beef systems relying on medium level of concentrates; **Fatt_Ind_Highl:** Indoor fattening beef systems relying on higher level of concentrates

Schlussfolgerung dieser INTAQT-Studie

- Rinderhaltung kann als Netto-Proteinproduktion für Milch und Rindfleisch fungieren und gleichzeitig den Einsatz von Ackerland minimieren, wenn die Systeme auf eine stärkere Nutzung von Weideland und Nebenprodukten ausgerichtet sind
 - Rein Grünland basierende Wiederkäuerhaltungssysteme sind immer Netto-Produzenten.
- Die Broilerproduktion ist im Wesentlichen auf für den menschlichen Verzehr bestimmte Futtermittel und Ackerland angewiesen.
 - Daher verbessert die Intensivierung in der Masthähnchenhaltung sowohl die Futter- als auch die Landnutzungseffizienz, unabhängig davon, ob nur für den menschlichen Verzehr geeignetes Futter und Ackerland berücksichtigt werden.
- Die zur Erzeugung von 1 kg Eiweiß erforderliche Fläche, einschließlich der Flächen für importiertes Futter, verringerte sich mit steigendem Input im Zuge der Intensivierung, aber erreicht ein Plateau innerhalb der „Produktkategorie“.

Effizienzmaximum durch Intensivierung erreicht?



Was können wir noch verbessern?

Produktqualität (erste Ergebnisse)

- Milch und Fleisch: höhere Gehalte an Omega-3 Fettsäuren und Vitamin E durch Grünfütter
- Milch und Fleisch: höherer Gehalt an Omega-6 Fettsäuren durch Mais-basierte Fütterung
- Broiler: Der niedrigste Proteingehalt und die geringste Verdaulichkeit wurden bei Fleisch aus dem „Indoor_Fast_Heavy“-System festgestellt, das sich durch die höchste tägliche Gewichtszunahme (>60 g/Tag) und Schlachtgewichte von 2,6–2,8 kg auszeichnet.
- Broiler: Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren war im Fleisch von Masthühnern, die im System „Outdoor_Medium“ (56 Tage) und bis zu 80 Tage lang aufgezogen wurden, höher als bei denen, die im System „Indoor_Fast“ (35 Tage) aufgezogen wurden.
- Broiler: Die Leucinwerte, die für die Muskelproteinsynthese entscheidend sind, waren in allen Versuchsgruppen im Vergleich zu „Indoor_Fast_Heavy“ signifikant höher.

Die Qualität tierischer Produkte beschränkt sich nicht nur auf intrinsische Qualitätsmerkmale, sondern umfasst auch extrinsische Qualitätsmerkmale wie Umweltverträglichkeit und Tierwohl.



<https://doi.org/10.1038/s44264-026-00150-z>

Stop messing with rumen microbes and focus on reducing ruminant populations for environmental and human health

Check for updates

Clifton P. Bueno de Mesquita^{1,2}✉, Ylenia Vimercati Molano³, Lara Vimercati⁴, Andrew McGregor⁵ & P. Jacob Bueno de Mesquita⁴

The most direct way to reduce methane emissions from ruminants is to decrease the population size of ruminants.

Business as usual is not an option

Ernährung:

weniger tierische Produkte, aber wenn dann hohe Qualität!

- Hoher Gehalt an essentiellen Nährstoffen
- Hohes Level an Tierwohl/Tiergesundheit
- Hohes Level an Natur-/Klimaschutz

Biodiversität:

Die biologische Vielfalt fördert Ökosystemleistungen, die für das menschliche Wohlergehen unerlässlich sind, darunter Nahrungsmittelproduktion, Bestäubung, Schädlingsbekämpfung, Wärmeregulierung, Kohlenstoffsinken und Feuchtigkeitsrückkopplung für Niederschläge (the EAT–Lancet Commission (Willet et al., 2019)).

Förderung der biologischen Vielfalt in landwirtschaftlichen Systemen

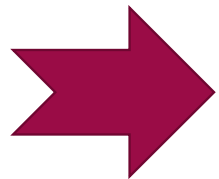
Nutzung von Grünfütter für Monogastrier

Schweine:

- Mastschweine können bis 25 % ihres Energiebedarfs durch das Weiden auf Gras-Klee-Weiden decken (Kongsted et al., 2015; Juul et al., 2021).
- CP-ATTD von Grünfüttermitteln liegt bei 56-71% (Messinger et al., 2021; Jørgensen et al., 2012)

Geflügel:

- Broiler scheinen einen kleinen Teil ihres Energie- und Aminosäurenbedarfs aus Grünfütter decken zu können (Buchanan et al., 2007);
- Legehennen können auf junger, hochwertiger Weide etwa 20 % ihres Futterbedarfs decken (Leiber et al., 2024).
 - Wie ist das Potenzial von Nebenprodukten und Biomasse aus Grünland (inkl. Ackergrünfütter) für die Broilerernährung? (z.B. Luzerneblattmasse, Presssaft...)



Tiergesundheit / Tierwohl



Verbindung der Futtereffizienz mit

- ✓ Produktivität der Tiere (einschließlich der Fortpflanzungsleistung, Lebensleistung),
- ✓ Treibhausgasemissionen (THG),
- Landnutzung/ Ackerflächen, Fruchtfolgen – Bodenschutz
- die Tiergesundheit, Tierwohl
- die Lebensmittelsicherheit und -qualität (Nicht nur Vermeidung von toxischen Substanzen, sondern Transfer von gesundheitsfördernden Stoffen)
- Biodiversität (extensiveres Grünland, Agroforst, Silvopastorale Systeme, diverse Fruchtfolgen)
- Noch mehr...



© Foto: imago

Schlussfolgerung

- Bereits bei mittleren Leistungen bzw. mittel-intensivierten Systemen haben wir ein sehr hohes Effizienzlevel auf Ebene der Emissionsintensitäten und der Landnutzungseffizienz.
- Rein auf Dauergrünland basierende Wiederkäuerhaltungssysteme sind immer Netto-Lebensmittel/Protein-Produzenten.
- Eine Steigerung der Effizienz auf anderen Ebenen wird bedeutender:
 - Förderung der Biodiversität,
 - Nutzung von nicht essbarer Biomasse als Tierfutter,
 - Qualität von tierischen Lebensmitteln,
 - Steigerung von Tierwohl und Tiergesundheit durch tiergerechte Fütterung.
- Forschungsbedarf zu unzureichend genutzter Potenziale der Grünfuttermittelverwertung durch Monogastrier.

Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!



Eléa Caumette

intaqt
one quality

Referenzen

- Bell A.W., Greenwood P.L. (2013). Optimizing maternal cow, grower and finisher performance in beef production systems. Proceedings of the FAO Symposium, 27 November 2012, Bangkok, Thailand. FAO Animal Production and Health Proceedings, No. 16. Rome, FAO and Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.
- Brameld, J. M., & Parr, T. (2016). Improving efficiency in meat production. Proceedings of the Nutrition Society, 75(3), 242-246. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000161>
- Buchanan, N. P., Hott, J. M., Kimbler, L. B., & Moritz, J. S. (2007). Nutrient Composition and Digestibility of Organic Broiler Diets and Pasture Forages. Journal of Applied Poultry Research, 16(1), 13-21. <https://doi.org/10.1093/japr/16.1.13>
- Caumette, E., Berton, M., Coppa, M., Eppenstein, R., Rey-Cadilhac, L. De Smet, S., Cartoni Mancinelli, A., Deroche, B., Gelé, M., Estevez, M., Sturaro, E., Berri, C., Veissier, I., Martin, B., Leiber, F. Livestock farming intensification: mitigating or exacerbating feed-food competition? Contrasting results in broiler, dairy and beef productions. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5806866> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5806866>
- Ertl, P., Steinwider, A., Schönauer, M., Krimberger, K., Knaus, W., & Zollitsch, W. (2016). Net food production of different livestock : A national analysis for Austria including relative occupation of different land categories / Netto-Lebensmittelproduktion der Nutztierhaltung: Eine nationale Analyse für Österreich inklusive relativer Flächenbeanspruchung. Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment, 67(2), 91-103. <https://doi.org/10.1515/boku-2016-0009>
- FAO. 2019. Five practical actions towards low-carbon livestock. Rome
- FAO & GDP. 2019. Climate change and the global dairy cattle sector – The role of the dairy sector in a low-carbon future. Rome. 36 pp. Licence: CC BY-NC-SA- 3.0 IGO. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=CA2929EN>
- Fraanje, W., & Garnett, T. (2020). Soy : Food, feed, and land use change. Food Climate Research Network. <https://doi.org/10.56661/47e58c32>
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Jørgensen, H., Carlson, D., & Lærke, H. N. (2012). Influence of forage inclusion in the diet on ileal and total tract digestibility. *Journal of animal science*, 90(suppl_4), 176-178. <https://doi.org/10.2527/jas.53886>
- Juul, L., Kristensen, T., Theil, P.K., Therkildsen, M., Kongsted, A.G., 2021. Effect of two different feeding strategies on energy intake from pasture, feed efficiency and growth performance of growing-finishing pigs in a mobile pasture system. *Livest. Sci.* 252, 104690. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104690>
- Knox, R. V. (2025). Worldwide perspective for swine production and reproduction for the next 20 years. *Theriogenology*, 234, 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.11.020>

Referenzen

- Kongsted, A.G., Nørgaard, J.V., Jensen, S.K., Lauridsen, C., Juul-Madsen, H.R., Norup, L. R., Engberg, R.M., Horsted, K., Hermansen, J.E., 2015. Influence of genotype and feeding strategy on pig performance, plasma concentrations of micro nutrients, immune responses and faecal microbiota composition of growing-finishing pigs in a forage-based system. *Livest. Sci.* 178, 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.010>.
- Leiber, F., Helbing, M., Steiner, A. K., Teslia, V., Amsler, Z., Quander-Stoll, N., & Vitra, A. (2024). Raufutteranteile in der Legehennenfütterung – sinnvoll bei Zweinutzungshühnern? *Agrarforschung Schweiz*. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2024/05/raufutteranteile-in-der-legehennenfuetterung-sinnvoll-bei-zweinutzungshuehnern/>
- Makkar H.P.S. (2013). Towards sustainable animal diets. Proceedings of the FAO Symposium, 27 November 2012, Bangkok, Thailand. FAO Animal Production and Health Proceedings, No. 16. Rome, FAO and Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.
- Messinger, D., Weindl, P. A., Aulrich, K., Pleger, L., Weindl, P. N., & Bellof, G. (2021). Determination of apparent total tract digestibility of nutrients of lucerne (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) products in growing pigs. *Züchtungskunde*, 93(5).
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock : On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security, Food Security Governance in Latin America*, 14, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Ritchie, H. (2021). Drivers of Deforestation. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/drivers-of-deforestation>
- Schader, C., Muller, A., Scialabba, N. E.-H., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Makkar, H. P. S., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., & Niggli, U. (2015). Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *Journal of The Royal Society Interface*, 12(113), 20150891. <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The lancet*, 393(10170), 447-492. <http://dx.doi.org/10.1016/>

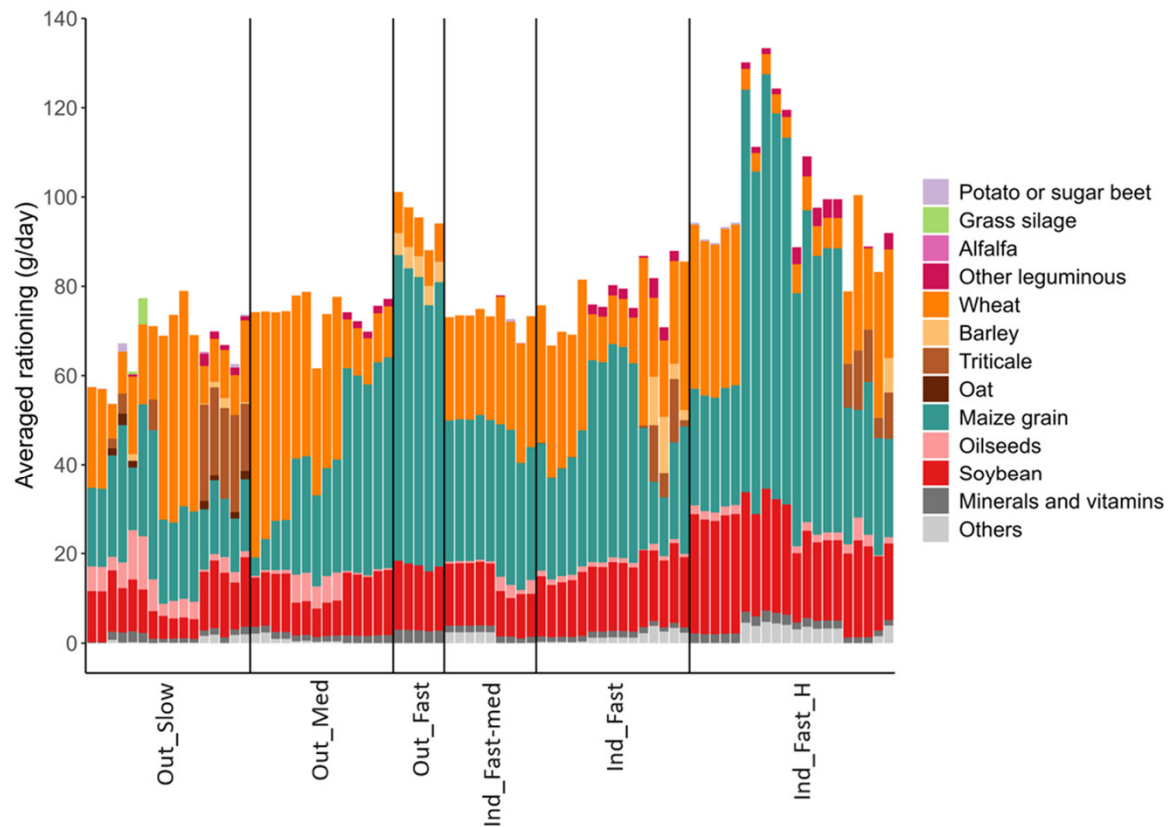


Figure S1. Diet composition and average daily rationing (in g/day per broiler) including all feeding phases of broilers for each farm ordered by intensification class.

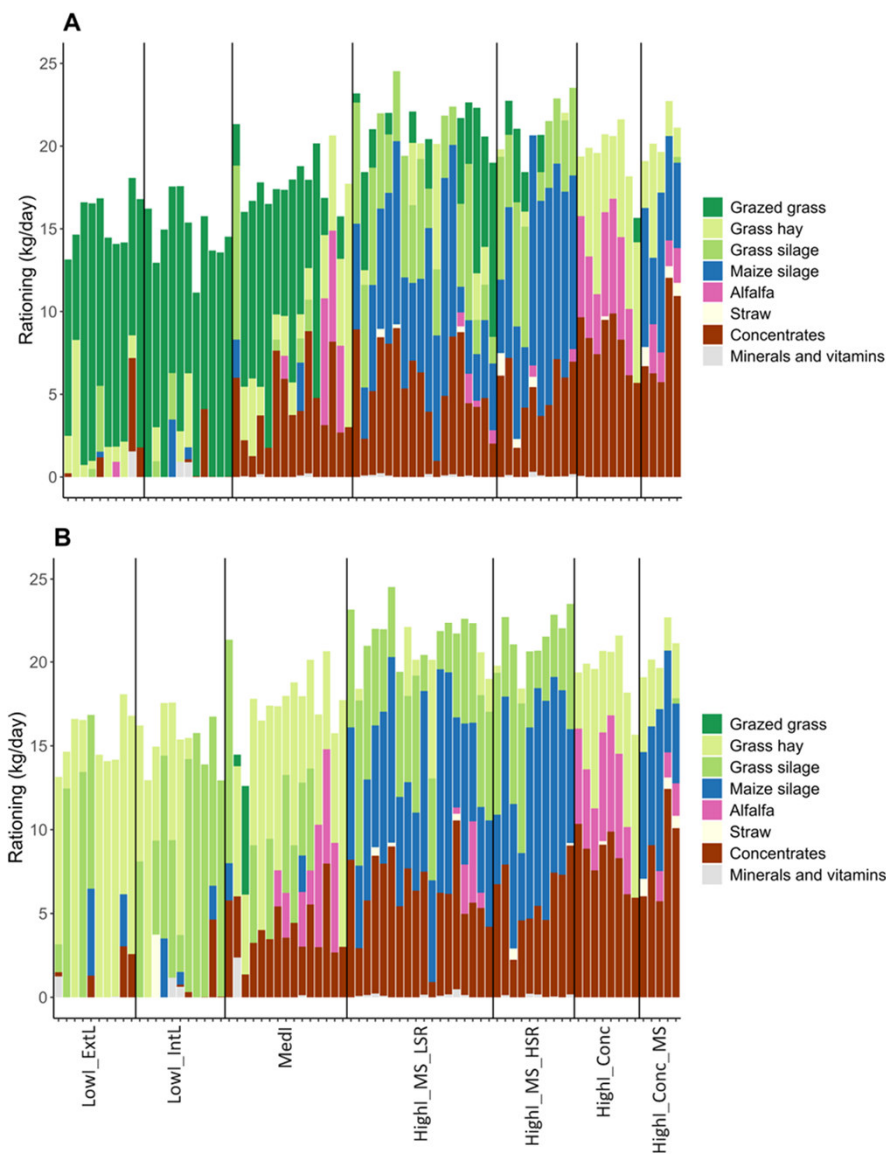


Figure S2. Grazing (A) and indoor (B) diets of dairy cows per farm classified by intensification class.

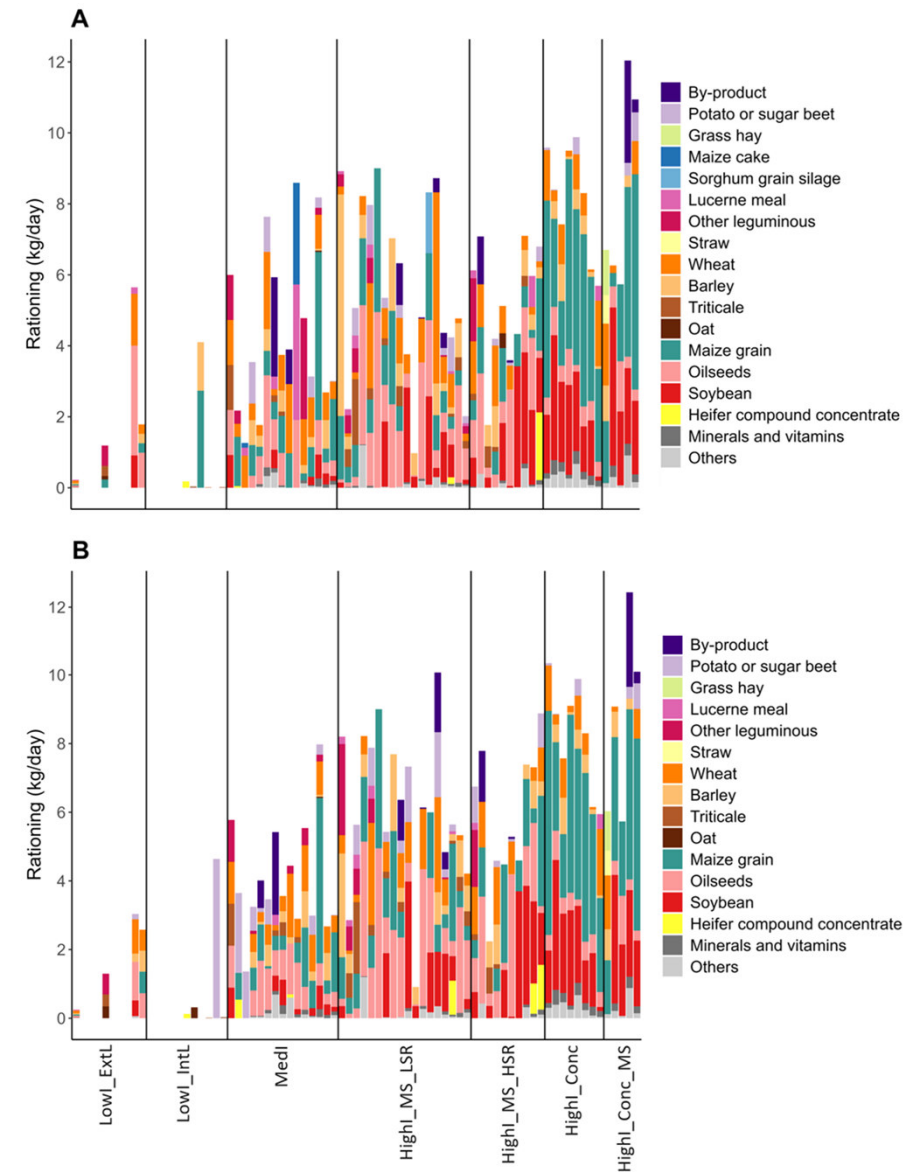


Figure S3. Concentrates rationing and composition during the grazing diet (A) and the indoor diet (B) of dairy cows per farm classified by intensification class.

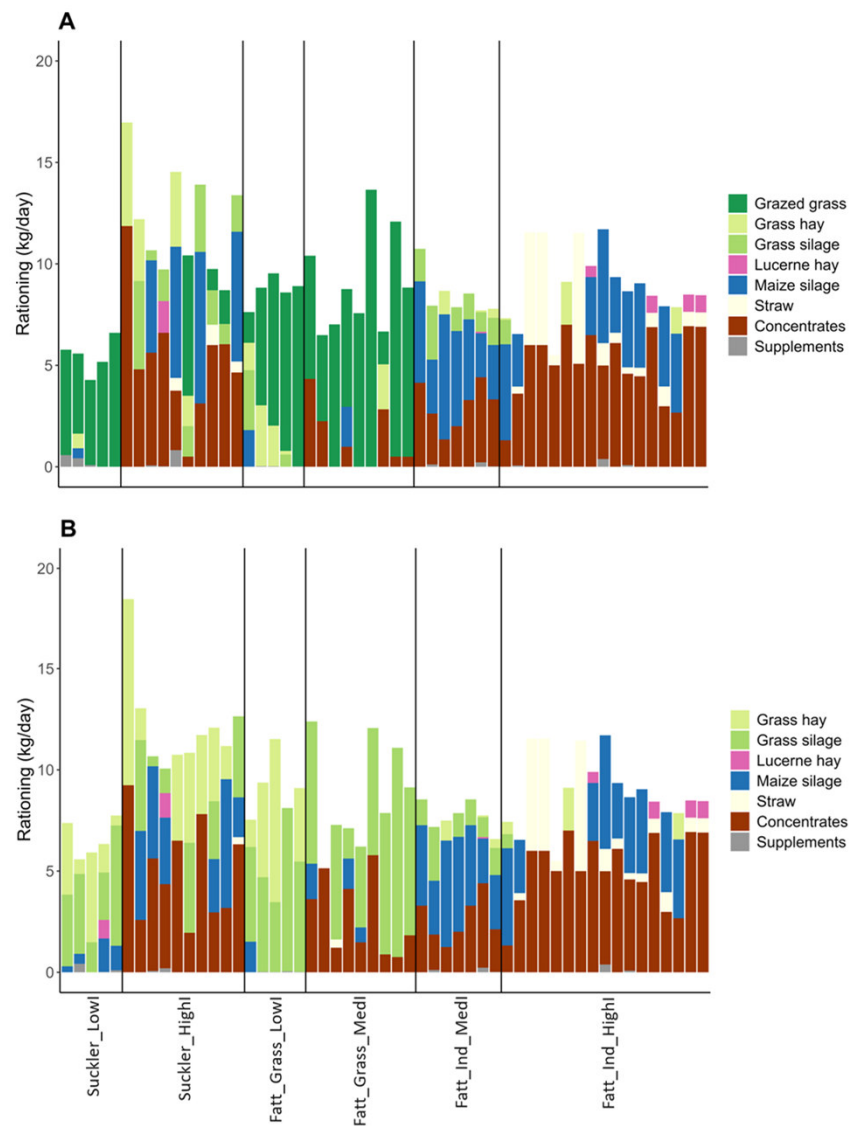


Figure S4. Grazing (A) and indoor (B) diets of fattening cattle per farm classified by intensification class. When there were a fattening phase and a finishing phase, the averaged rationing was calculated weighted by the duration of each phase. For *Suckler_HighI*, the finishing diet of culled suckler cows is provided.

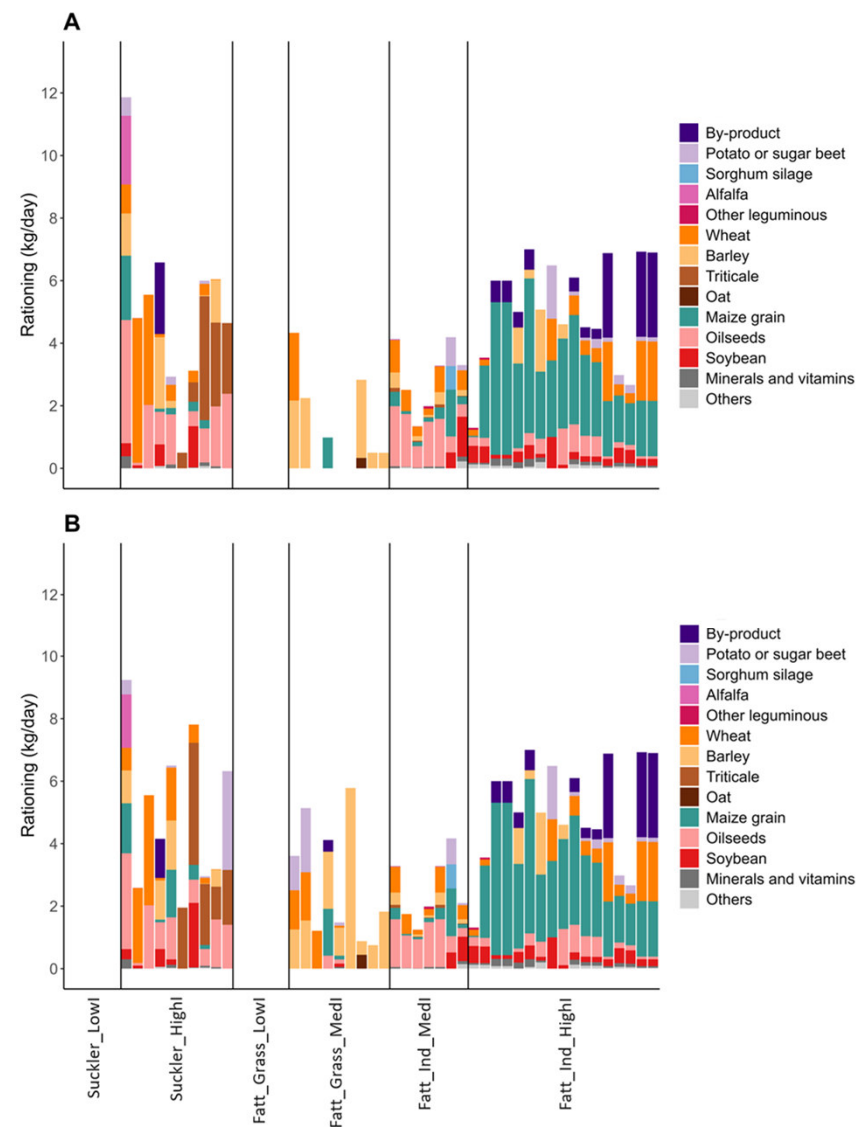


Figure S5. Concentrates rationing and composition during the grazing diet (A) and the indoor diet (B) of fattening cattle per farm classified by intensification class. When there were a fattening phase and a finishing phase, the averaged rationing was calculated weighted by the duration of each phase. For *Suckler_HighI*, the finishing diet of culled suckler cows is provided.

Table 6. Descriptive statistics (median [Q1; Q3]) and statistical differences between the three productions (broiler, dairy and beef) regarding productivity, protein conversion ratio and land use variables.

LSU: Livestock Unit; AWU: Annual Working Unit; FPCR: Feed Protein Conversion Ratio; Different subscripts indicate statistical significance ($p < 0.05$). Statistical tests: non-parametric test Kruskal and Wallis and post-hoc pairwise Dunn test on the medians

Variables	Broiler	Dairy	Beef	Statistic	p
Productivity					
Animal productivity (kg produced protein/LSU)	154 ^a [106; 220]	179 ^a [146; 218]	47 ^b [29; 64]	H = 94.6	< 0.001
Land productivity (kg produced protein/ha)	330 ^a [252; 385]	224 ^b [174; 268]	76 ^c [50; 127]	H = 119.5	< 0.001
Labour productivity (t produced protein/AWU)	6.9 ^a [3.3; 42.3]	5.8 ^b [3.5; 10.8]	2.5 ^c [1.0; 5.8]	H = 31.4	< 0.001
Feed protein conversion ratio					
FPCR1 (kg feed protein/kg produced protein)	3.06 ^c [2.70; 3.80]	4.62 ^b [3.98; 5.41]	14.83 ^a [7.29; 21.72]	H = 128.8	< 0.001
FPCR2 (kg human edible feed protein/kg produced protein)	3.06 ^a [2.56; 3.80]	1.34 ^b [0.61; 1.97]	3.20 ^a [1.56; 5.41]	H = 78.1	< 0.001
FPCR3 (kg human edible feed protein/kg produced protein) with % edibility from Ertl et al., 2015	1.82 ^a [1.43; 2.13]	0.55 ^c [0.25; 0.81]	1.70 ^b [0.44; 2.36]	H = 97.4	< 0.001
Land use					
Land use (m ² /kg produced protein)	30 ^c [26; 40]	45 ^b [37; 58]	132 ^a [78; 201]	H = 119.5	< 0.001
Arable land use (m ² arable/kg produced protein)	30 ^b [26; 40]	27 ^b [17; 38]	71 ^a [49; 114]	H = 55.7	< 0.001

(Caumette et al., preprint)

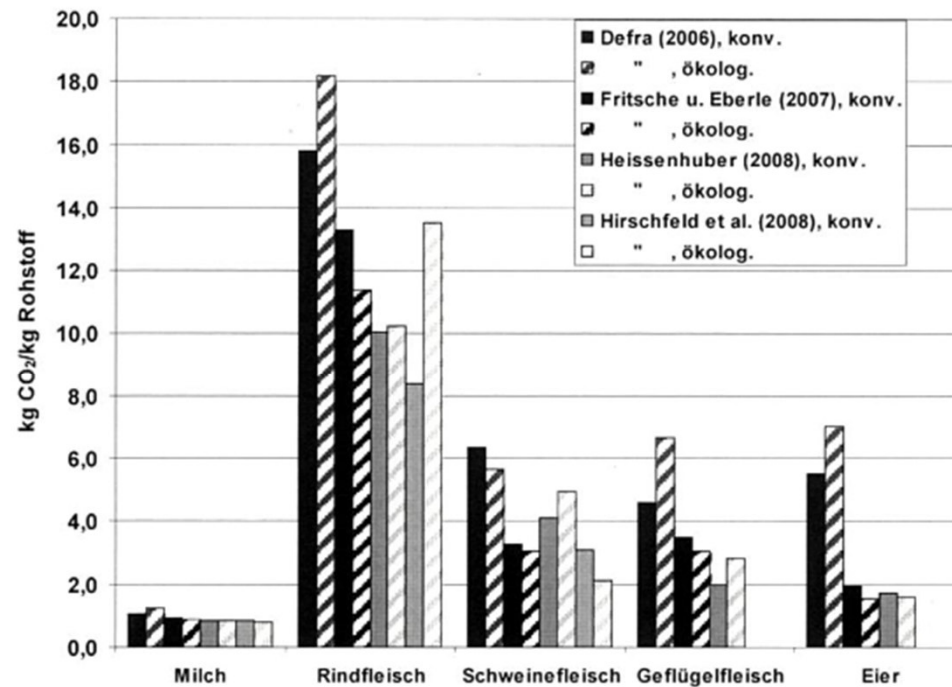


Abbildung 1: CO₂-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft aus herkömmlicher oder ökologischer Erzeugung nach verschiedenen Autoren



<https://doi.org/10.1038/s44264-026-00150-z>

Stop messing with rumen microbes and focus on reducing ruminant populations for environmental and human health

Check for updates

Clifton P. Bueno de Mesquita^{1,2}✉, Ylenia Vimercati Molano³, Lara Vimercati⁴, Andrew McGregor⁵ & P. Jacob Bueno de Mesquita⁶

Issues with manipulating the rumen microbiome

The main concerns we have with this proposed solution are:

- (1) the manipulations are effective in some cases but yield highly variable results across time and space, making it difficult to achieve a consistently meaningful impact,
- (2) there are unintended consequences of the manipulation on ruminant health, including currently unknown and unpredictable effects on ruminant immune systems and overall health with implications for pathogen emergence and transfer to humans and wildlife, and
- (3) most importantly, that this leads to a continuation of business-as-usual increases in beef and dairy production by promising an uncertain solution in very certain terms—risking a form of “greenwashing,” and resulting in even more CH₄ emissions overall as well as maintaining all of the other serious problems associated with ruminant agriculture.

Pathways towards lower emissions

A global assessment of the greenhouse
gas emissions and mitigation options
from livestock agrifood systems

Food and Agriculture Organization of the United Nations
Rome, 2023

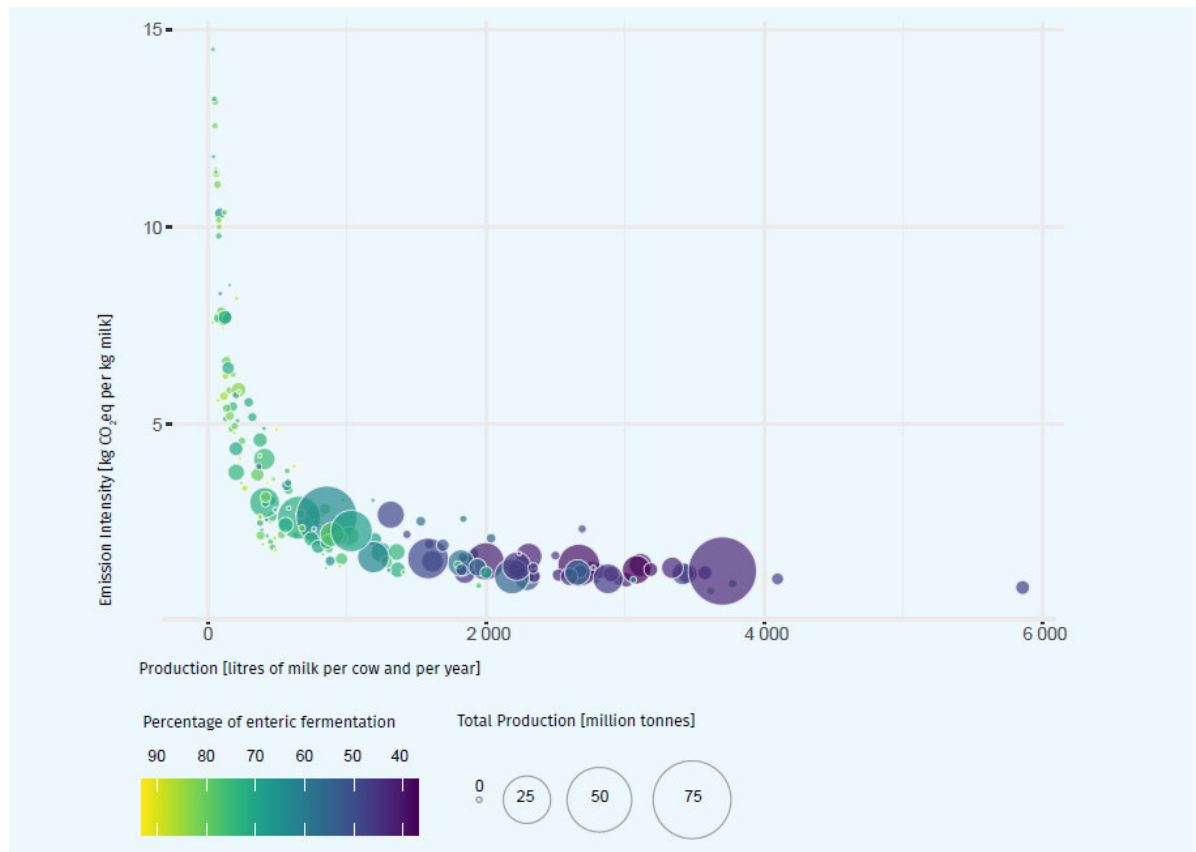


Figure 15.

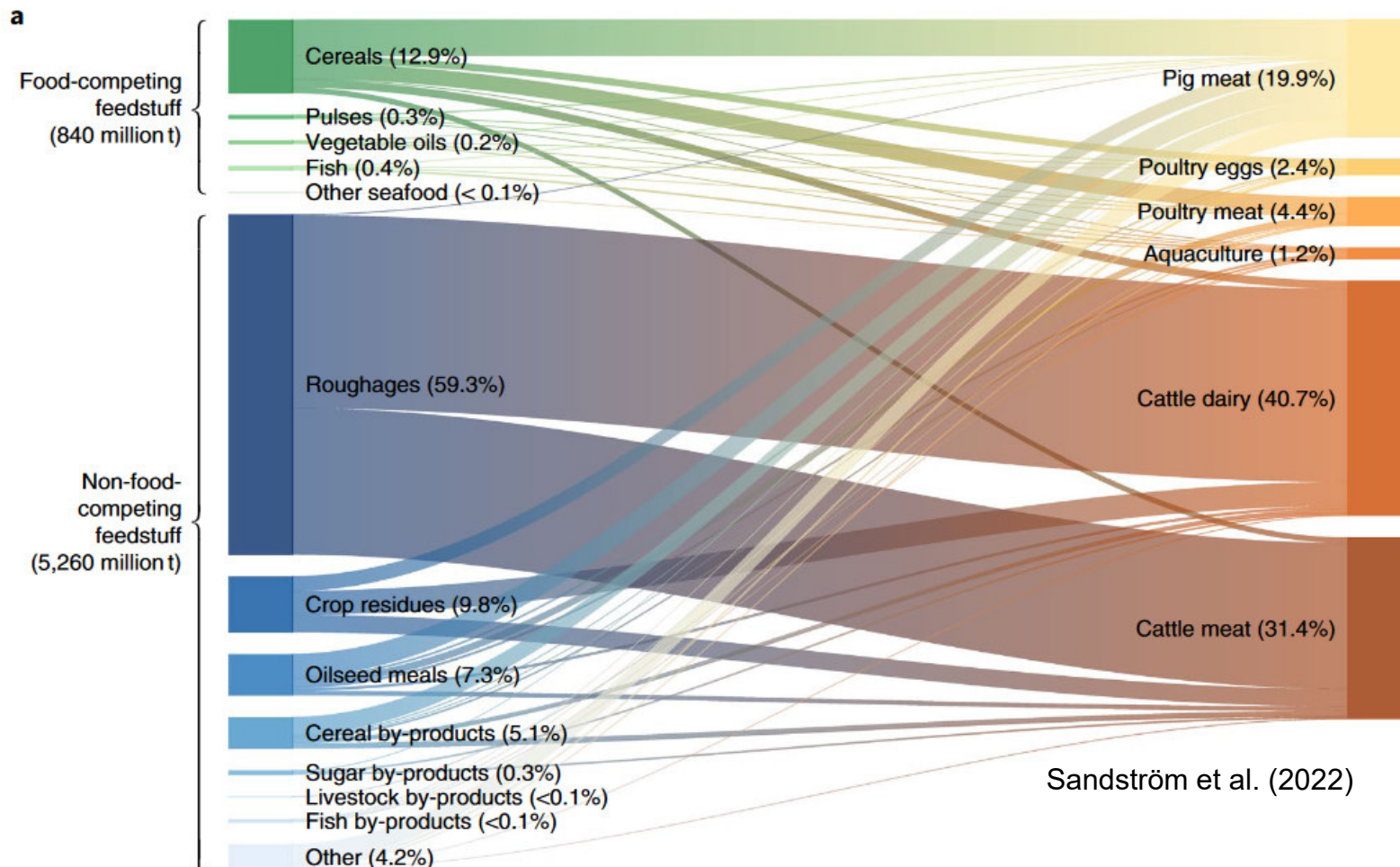
Relationship between
average emission
intensities of greenhouse
gases from the national
dairy systems (cattle
and buffalo) and average
productivity of those
dairy systems

Note: Each point represents
a country the size of which
is proportional to the
total dairy emissions for
that country. The colour
of the spot indicates the
percentage of emissions
coming from enteric
fermentation.

Source: GLEAM 3

Diese Grafik trägt nicht der Besonderheit der unterschiedlichen Produktionssysteme in den verschiedenen Ländern Rechnung. Die Emissionsintensität variiert stark sowohl zwischen den einzelnen Systemen als auch innerhalb derselben.

Stoffströme bei der Verwendung von Futtermitteln im globalen Ernährungssystem (Trockenmasse)



Schweine



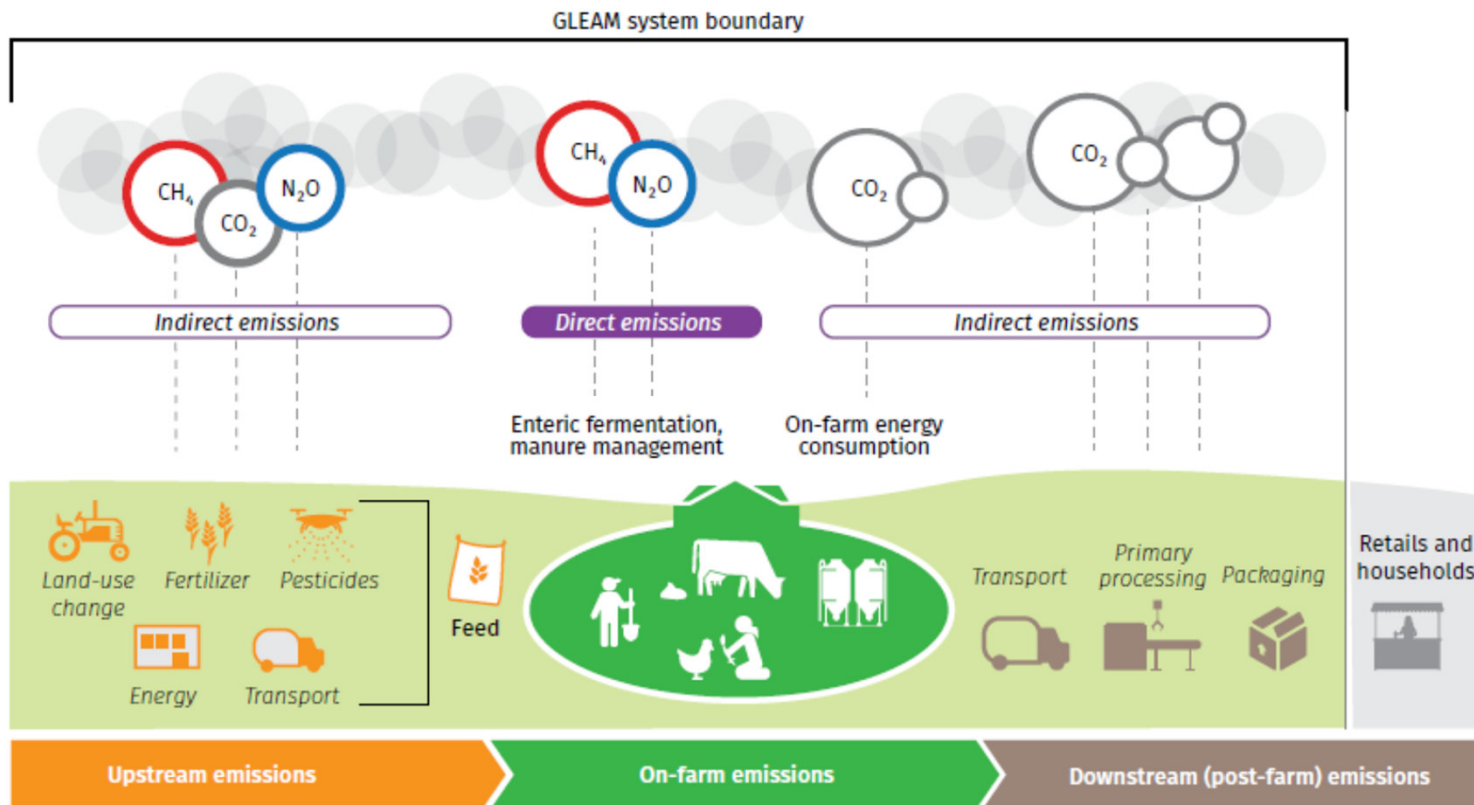


Figure 2.

Overview of livestock production chain and different sources of emissions and gases, and the system boundary in GLEAM 3

Note: In the context of this assessment, emissions from the livestock sector are defined as direct when originating from the animals, either through enteric fermentation or during manure management, while indirect emissions are those associated with other processes within the supply chain, such as energy consumption, feed production and the manufacturing of inputs and equipment. This distinction facilitates the analysis and discussion of emissions and mitigation options under a life cycle approach. However, this use of terminology differs from the definitions in IPCC (2019a), where the terms refer to the physical pathways of N_2O emissions from nitrogen all of which are included in the estimates generated by GLEAM.