



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,
Bildung und Forschung WBF

Agroscope

Ressourcen- und Öko-Effizienz in der Tierproduktion

Thomas Nemecek
Forschungsgruppe Ökobilanzen
Agroscope

Agroscope

13. April 2016

www.agroscope.ch | gutes Essen, gesunde Umwelt

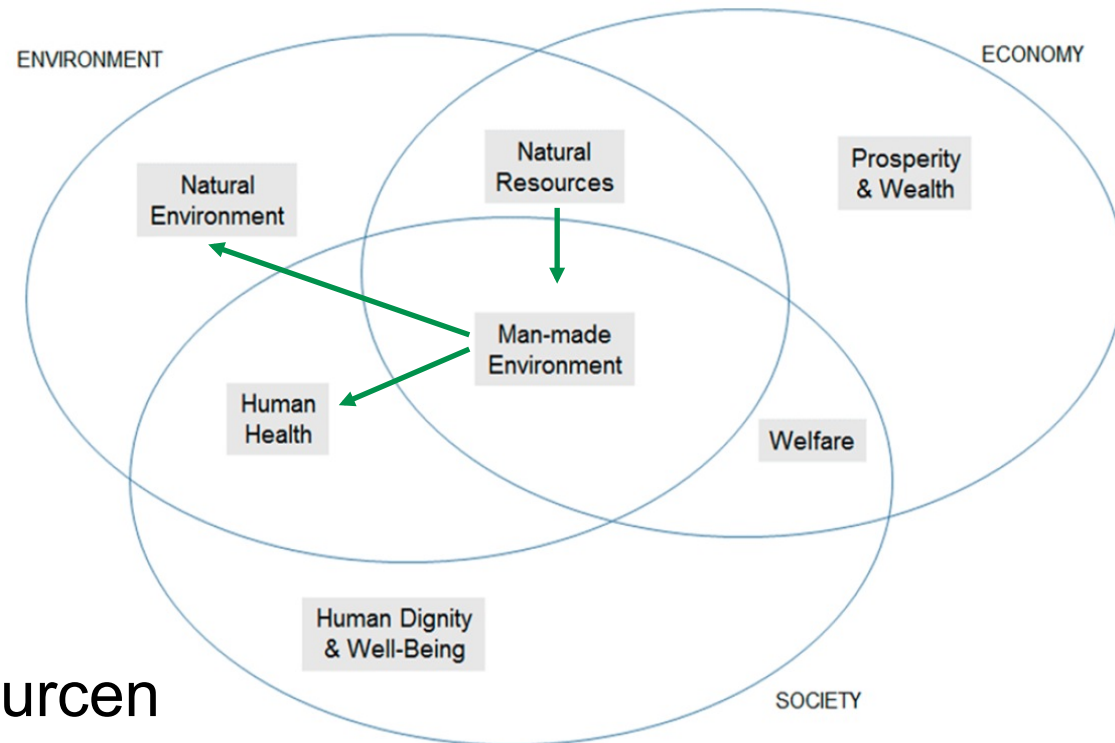


Übersicht

- Grundsätze und Begriffe der Ressourcen-Effizienz
- Betroffene Ressourcen und Bewertungsmethoden
- Ökobilanz tierischer Nahrungsmittel im Kontext der Ernährung
- Ökobilanz unterschiedlicher Fleischproduktions-systeme
- Schlussfolgerungen



Drei Schutzgüter aus Sicht der Umwelt / Ökobilanz



1. Natürliche Ressourcen
2. Ökosystemqualität
3. Menschliche Gesundheit

Quelle: Dewulf *et al.* (2015), ergänzt



Definitionen der Ressourcen-Effizienz in der EU

- EU: Resource efficiency means **using the Earth's limited resources in a sustainable manner while minimising impacts on the environment**. It allows us to **create more with less** and to **deliver greater value with less input**. (http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/)
- Unterschiedliche Definitionen werden in verschiedenen Ländern verwendet (vgl. EEA Report No 5/2011)
- Natural resources = '**raw materials such as minerals, biomass and biological resources; environmental media such as air, water and soil; flow resources such as wind, geothermal, tidal and solar energy; and space (land area)**.' (EU's Thematic strategy on the sustainable use of natural resources)



Ressourcen-Effizienz im engeren und weiteren Sinne

- Ressourcen-Effizienz i.e.S.: Aus Sicht der Lebenszyklusanalyse werden nur die natürlichen (limitierten) Ressourcen berücksichtigt.
(«wissenschaftliche Definition», Schutzgut natürliche Ressourcen)
- Ressourcen-Effizienz i.w.S.: neben den natürlichen Ressourcen werden Aspekte der Ökosystem-Qualität berücksichtigt. (Öko-Effizienz)
(«politische Definition», Schutzgüter natürliche Ressourcen und Ökosystem-Qualität)



Unterschiedliche Aspekte der Ressourcen-/Öko-Effizienz

	Product or production	Environmental improvement
economy divided by environment	environmental <i>productivity</i> <i>production value/unit</i> <i>of env. impact</i>	environmental improvement cost <i>cost/reduction of env. impact</i>
environment divided by economy	environmental intensity <i>unit of env. impact/</i> <i>production value</i>	environmental cost-effectiveness <i>reduction of env. impact/cost</i>

Quelle: Huppel & Ishikawa (2005)



Betroffene Ressourcen aus Sicht der Landwirtschaft

- Abiotische Ressourcen:
 - Energieressourcen
 - Metalle
 - Mineralische Ressourcen
- Biotische Ressourcen (Holz, Fische, Wild)
- Wasser (Süßwasser)
- Landfläche



Energie-Ressourcen

- Fossile Energieträger:

- Kohle (Reserven für 120 Jahre)
- Rohöl (Reserven für 56 Jahre)
- Erdgas (Reserven für 55 Jahre)

Bei der Verbrennung der fossilen Energieträger ist der Klimawandel stärker limitierend als die Verfügbarkeit der Ressourcen)

- Nukleare Energieträger:

- Uran

- Erneuerbare Energie

- Sonne (Wärmenutzung, Photovoltaik)
- Wind
- Wasser (Flüsse, Stauseen, Gezeiten, Wellen)
- Geothermie
- Biomasse



Andere mineralische Ressourcen und Metalle

- Mineralische Ressourcen
 - Phosphor (Reserven für 93 - 291 Jahre)
 - Kalium (Reserven für 235 - 510 Jahre)
 - Weitere Elemente
- Metalle wie Eisen, Aluminium, etc.
- Luft-Stickstoff (N_2): keine limitierende Ressource, weil N_2 in genügender Menge zur Verfügung steht und durch Denitrifikation erneuert wird.
Limitierend sind: fossile Energie für die N-Düngerproduktion, Umweltwirkungen von reaktivem Stickstoff



Landfläche

- Begriff «land use» wird in Ökobilanzen sehr weit gefasst:
 - (1) Aspekt Ressourcennutzung
 - (2) Aspekt Biodiversität
 - (3) Aspekt Bodenqualität
- Fokus auf Ressourcennutzung (1):
 - Fläche:
 - Flächenbedarf («land occupation»)
 - Flächenumwandlung («land transformation»)
 - Biomasse-Produktionspotenzial (basierend auf der „net primary productivity“ (NPP) oder „human appropriation of net primary productivity“ (HANPP))
 - Nahrungsmittel-Produktionspotenzial: z.B. für Protein



Exergie-basierte Charakterisierungsfaktoren für die Landnutzung

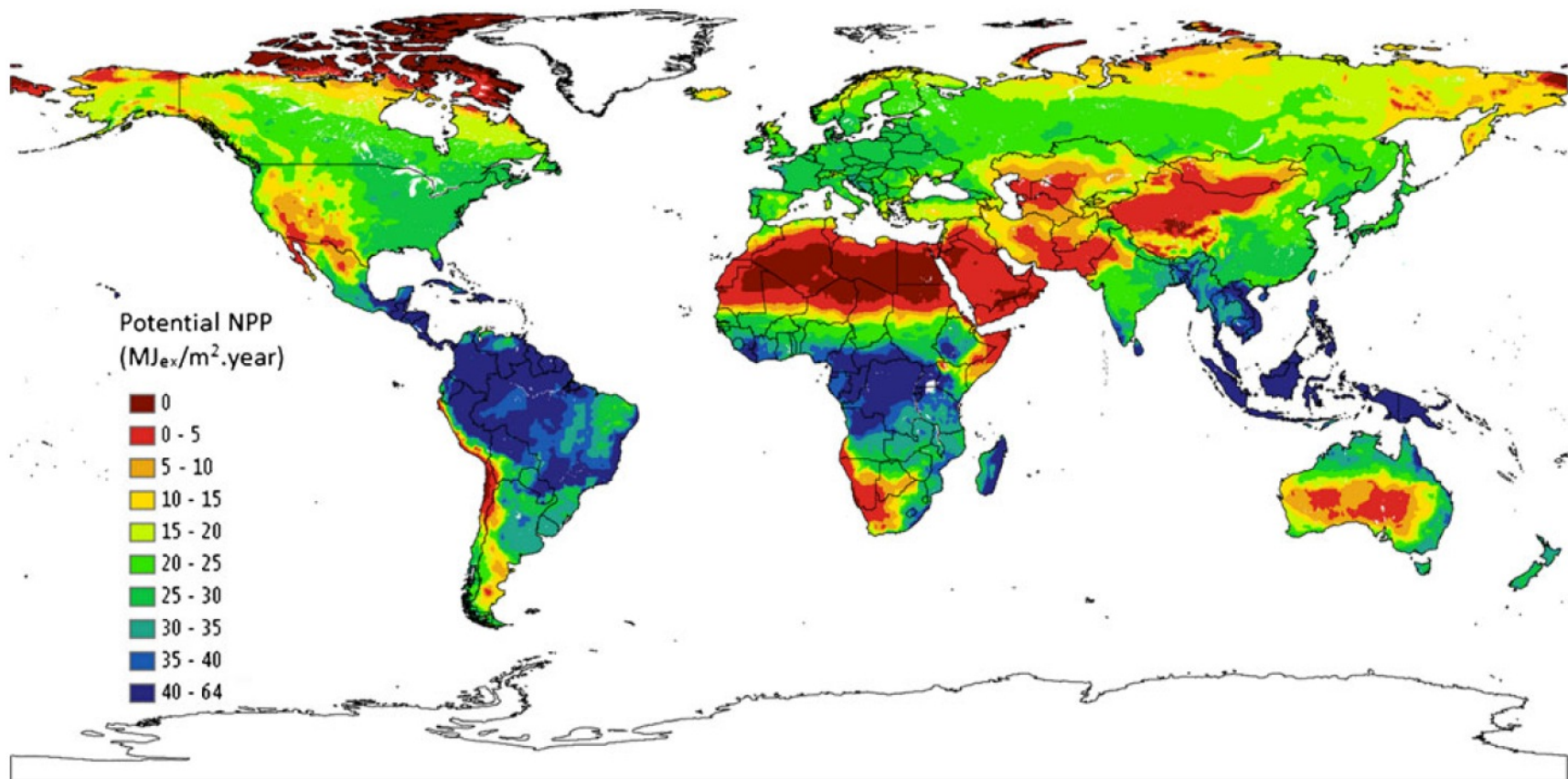


Fig. 2 World map of characterization factors of land resources in human-made systems, based on the potential availability of natural net primary production (in exergy units, MJ_{ex}/m²year)

Quelle: Alvarenga *et al.* (2013)

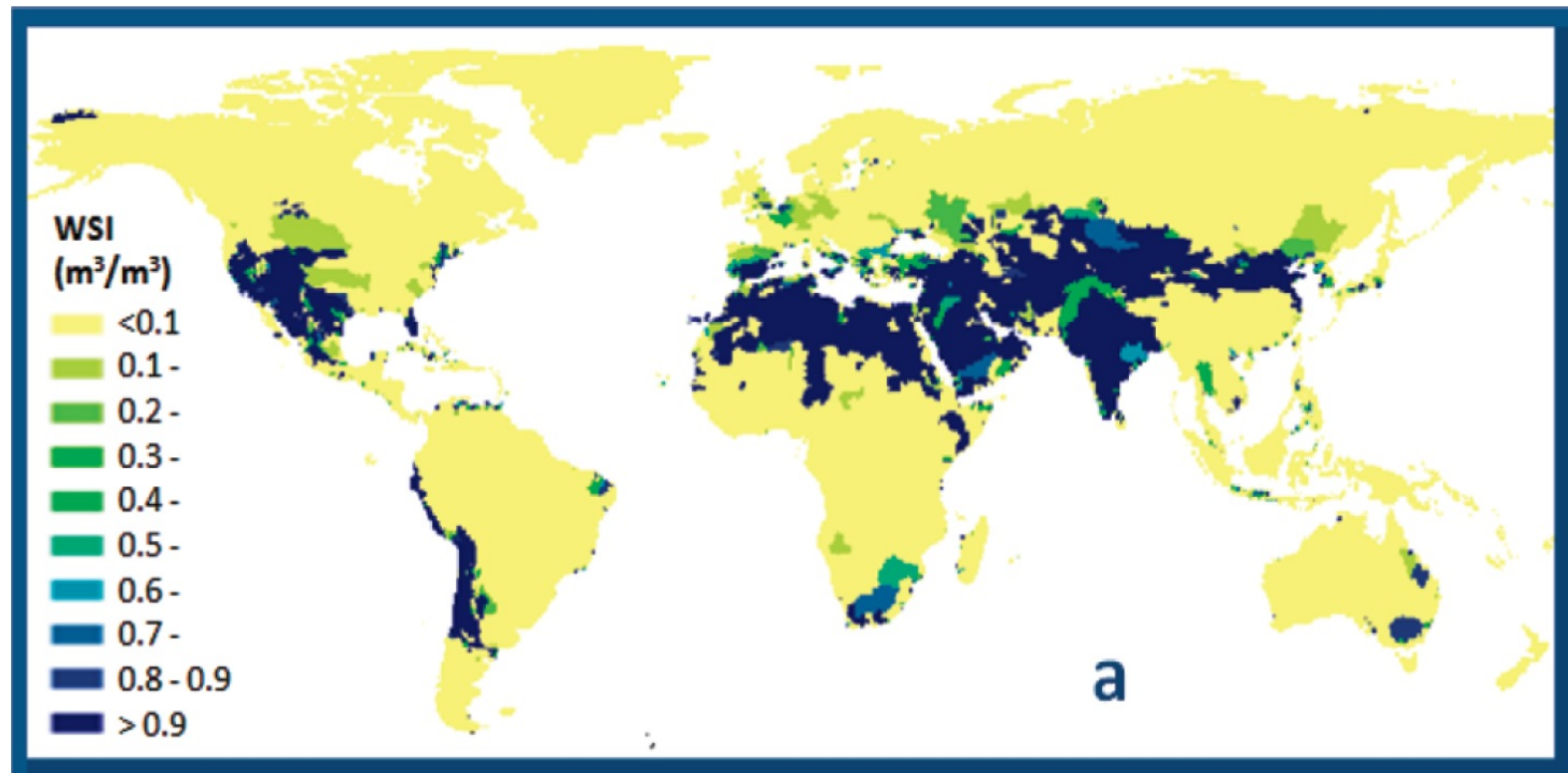


Wasser

- Nur Süsswasser berücksichtigt (Meerwasser ist keine limitierte Ressource)
- Water Footprint Network:
 - «Blue water»: Süsswasser in Oberflächengewässern und Grundwasser
 - «Green water»: Niederschlagswasser über Landflächen, das im Boden gespeichert wird
 - «Grey water»: Verschmutzung des Süsswassers durch Schadstoffe oder Nährstoffe
- Im Ökobilanz-Kontext wird nur «blue water» berücksichtigt, da die übrigen Kategorien bereits anderweitig berücksichtigt sind



Wasserknappheit ist ein regionales Problem: Wasserstress-Index (WSI) global



Quelle: Pfister *et al.* (2009)



Unterschiedliche Ansätze zur Bewertung des Ressourcenbedarfs

1. Methoden, die auf den verfügbaren Reserven und Abbauraten basieren und somit die **Knappheit der Ressource** charakterisieren,
2. Methoden, welche auf der **Exergie** basieren,
3. Methoden, die den Aufwand („**surplus energy**“) für den Abbau einer Ressource bewerten,
4. Methoden, welche die **marginalen Kosten** für den Ressourcenabbau berücksichtigen,
5. Methoden, die die Zahlungsbereitschaft („**willingness to pay**“) für eine bestimmte Ressource quantifizieren,
6. Methoden, welche die Ziellücke („**distance to target**“) bewerten.

Quelle: Klinglmair *et al.* (2014)

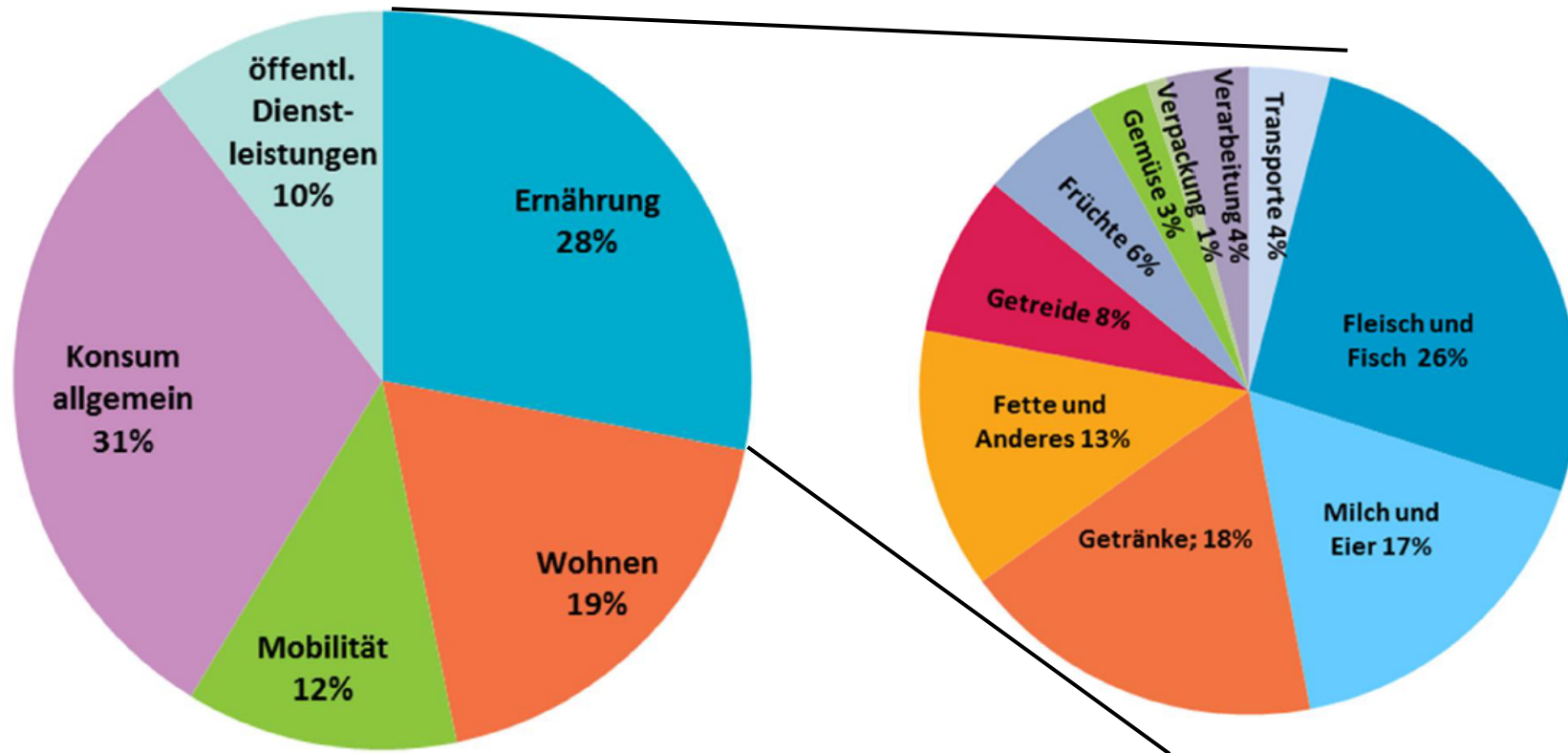


Wichtige Umweltwirkungen auf die Ökosystem-Qualität

- Klimawandel
- Ozonbildung
- Ozon-Abbau
- Versauerung von empfindlichen Ökosystemen (aquatisch, terrestrisch)
- Eutrophierung (Anreicherung von N und P) in empfindlichen Ökosystemen (aquatisch, terrestrisch)
- Ökotoxizität: aquatisch, terrestrisch
- Biodiversität
- Bodenqualität



Beitrag der Ernährung zur gesamten Umweltbelastung in der Schweiz



Quelle: Jungbluth, ESU-Services / WWF Footprinttrechner
2012 Jungbluth et al. (2011)

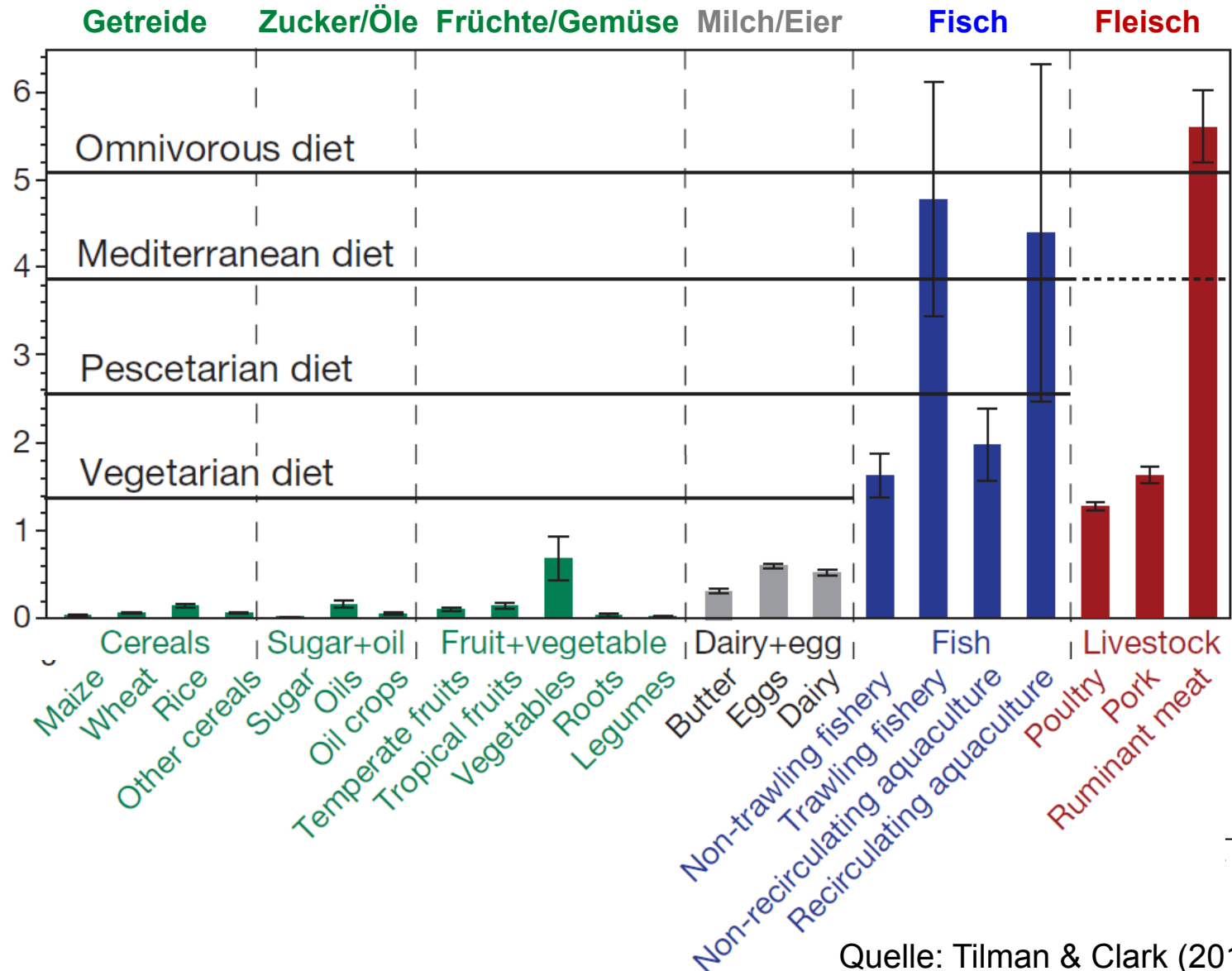
Ressourcen- und Öko-Effizienz in der Tierproduktion
Thomas Nemecek | Agroscope

Ernährung und insbesondere
tierische Produkte haben einen
hohen Anteil



Klimawirkung verschiedener Nahrungsmittel

Treibhausgase kg CO₂-Äq. pro kcal
GHG (g CO₂-C_{eq} per kcal)



Res:
Thon

Quelle: Tilman & Clark (2014)



Unterschiedlicher Ressourcenbedarf tierischer Produkte

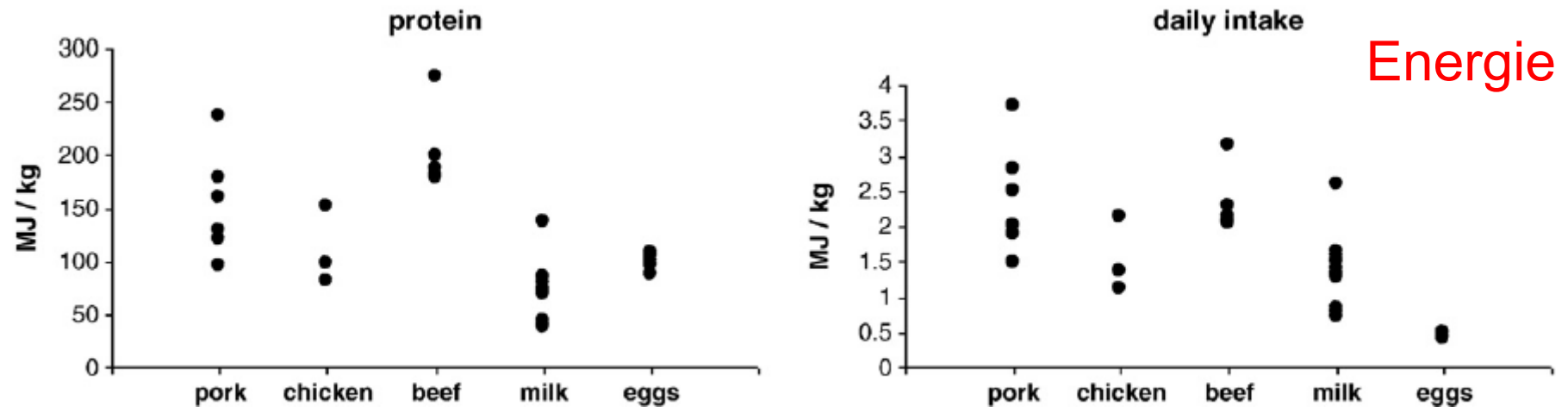


Fig. 4. Energy use for livestock products, in MJ per kg of protein or per average daily intake of each product.

Fleisch: Schwein Poulet Rind Milch Eier

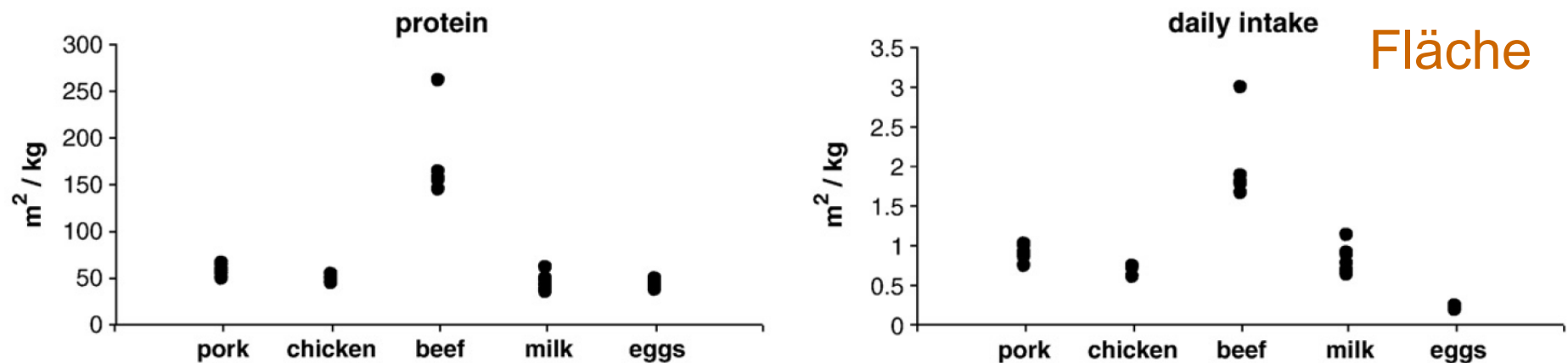
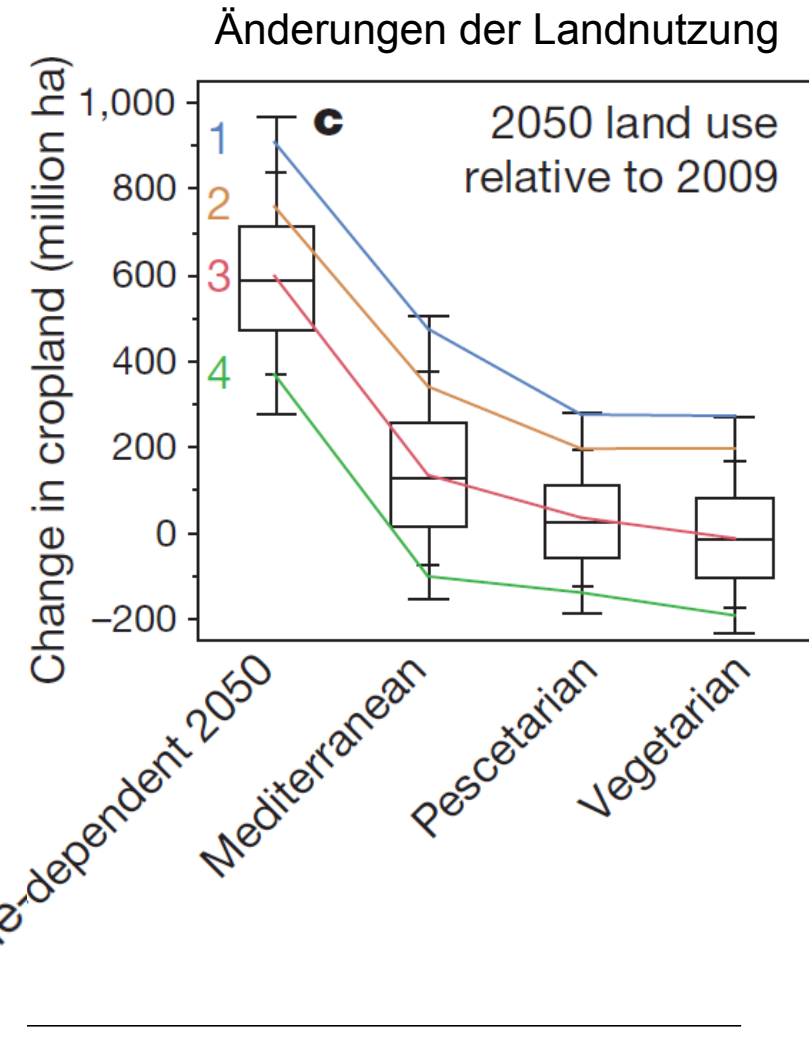
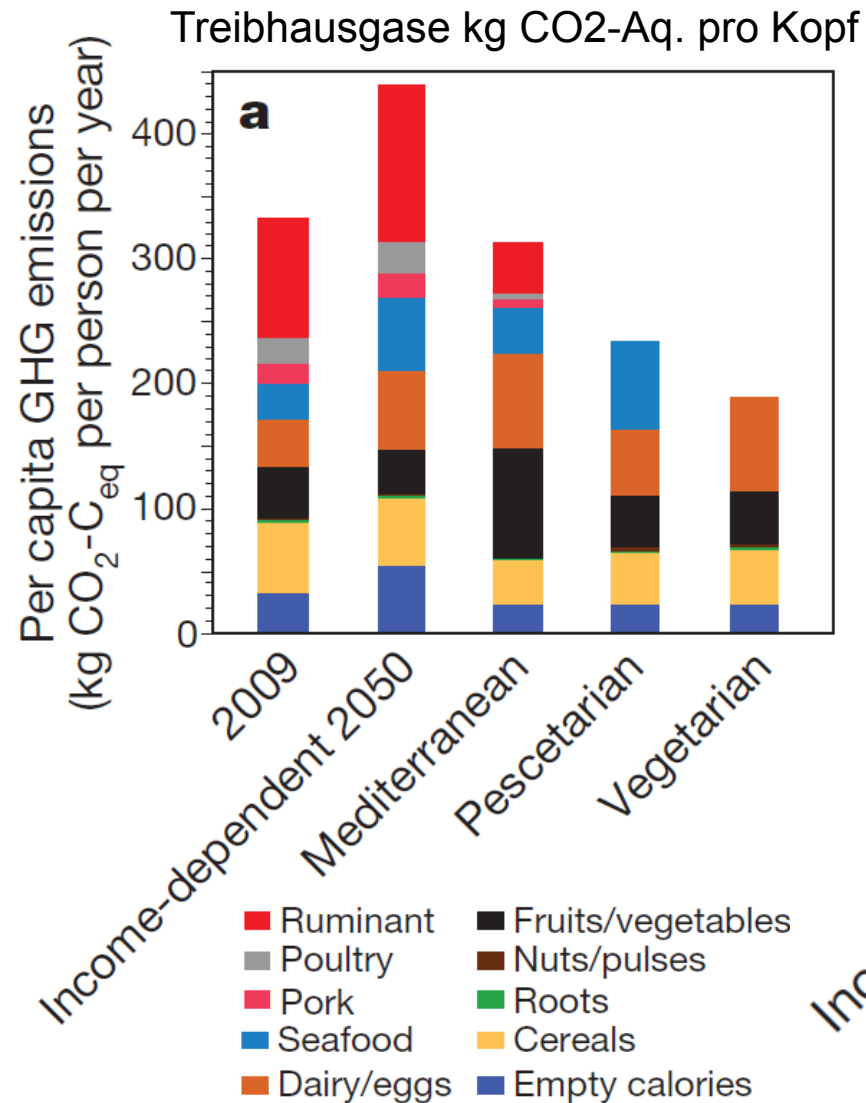


Fig. 2. Land use for livestock products, in m² per kg of protein or per average daily intake of each product.



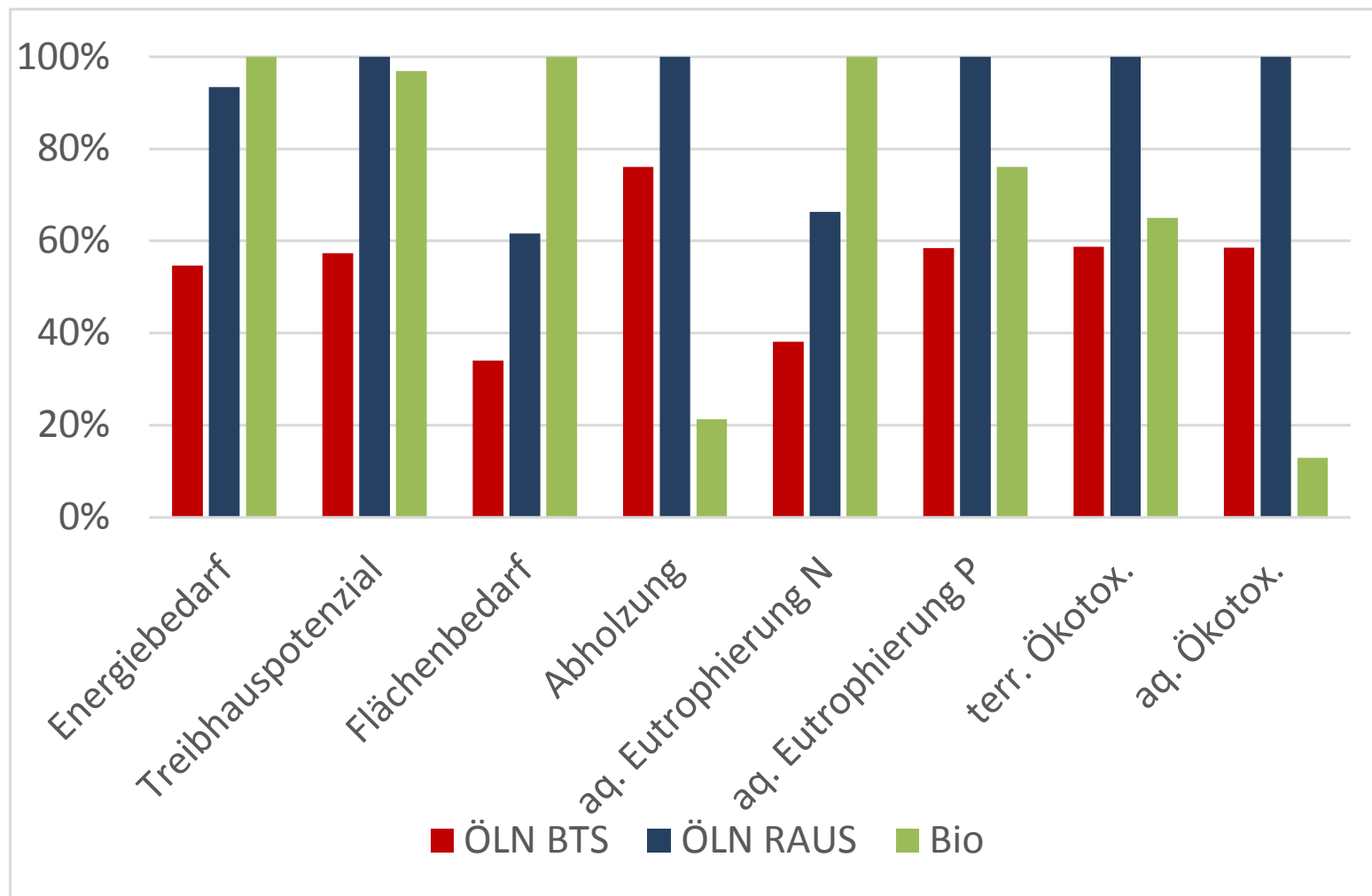
Umweltwirkungen verschiedener Ernährungsweisen





Pouletfleisch CH

pro kg verkaufsfertigem Fleisch



Agroscope

Futtermittelverwertung kg Futter/kg LG: 1.65 2.17 2.42

BTS: Besonders tierfreundliche Stallhaltung
RAUS: Regelmässiger Auslauf im Freien

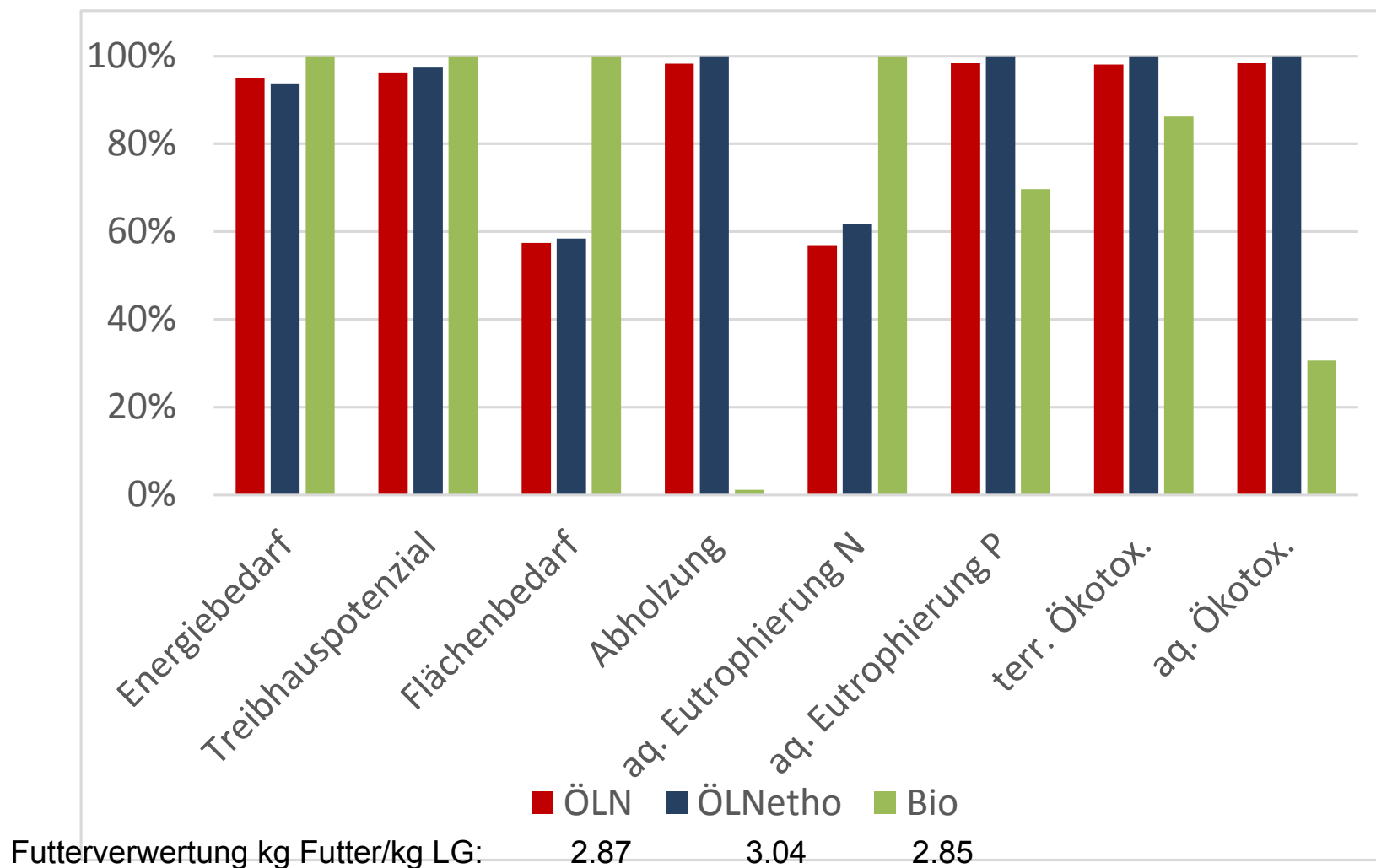
→ CH Standard
→ Freilandhaltung

Quelle: Alig *et al.* (2012)



Schweinefleisch CH

pro kg verkaufsfertigem Fleisch



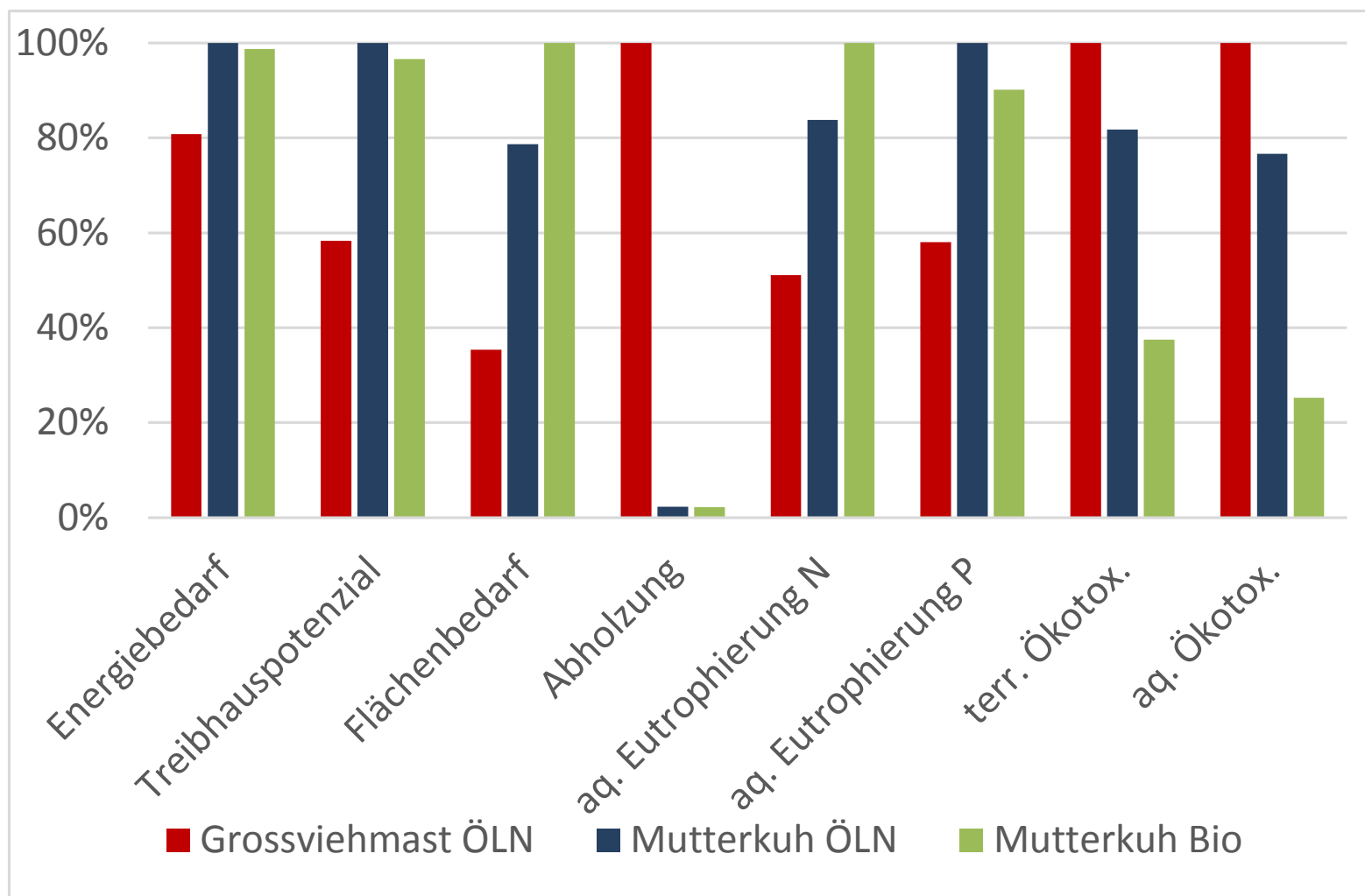
ÖLN: ökologischer Leistungsnachweis; Etho: Etho-Programme (BTS und RAUS)

Quelle: Alig *et al.* (2012)



Rindfleisch CH

pro kg verkaufsfertigem Fleisch

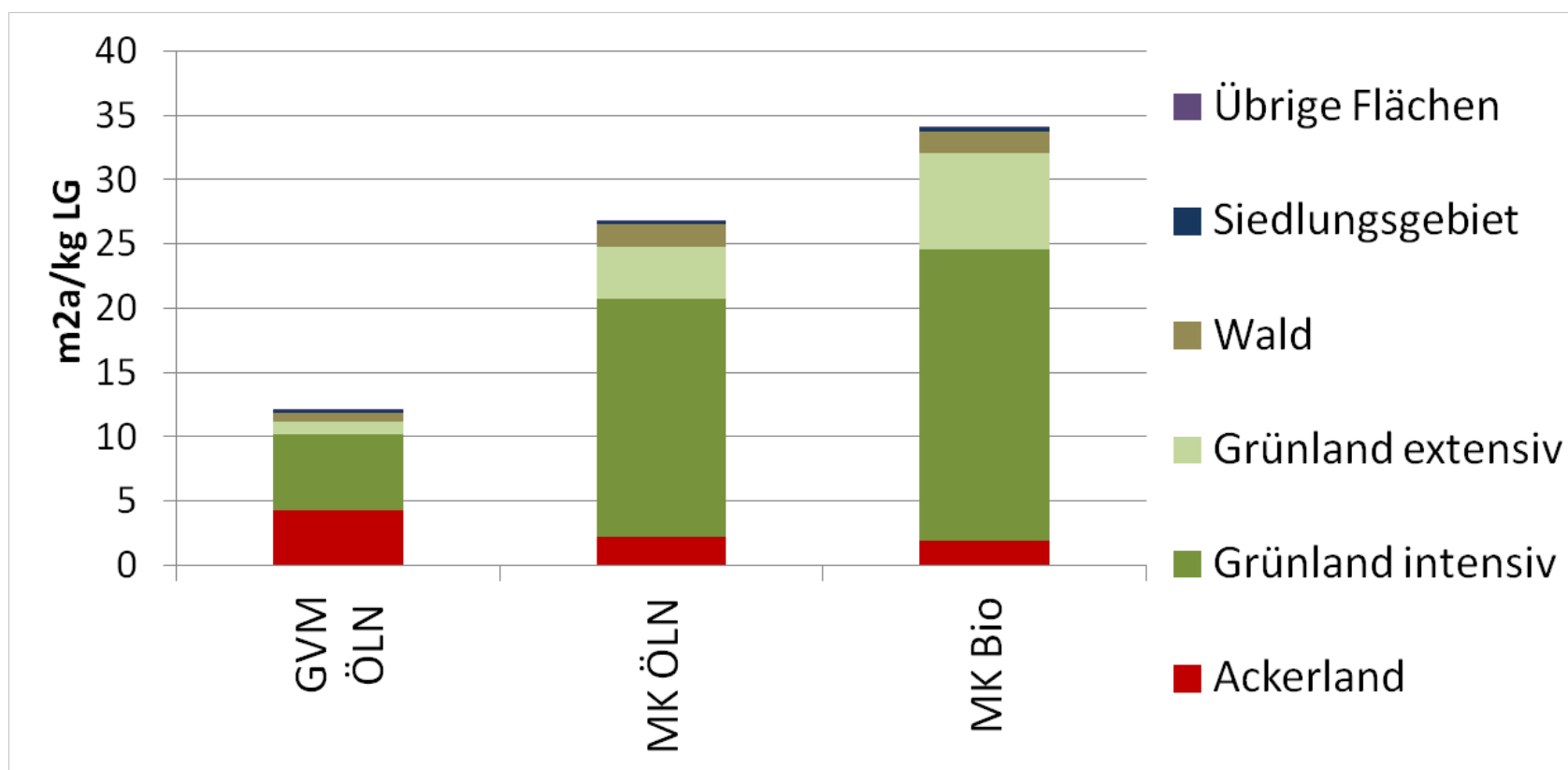


GVM: Grossviehmast; MK: Mutterkuhhaltung; ÖLN: ökologischer Leistungsnachweis

Quelle: Alig *et al.* (2012)



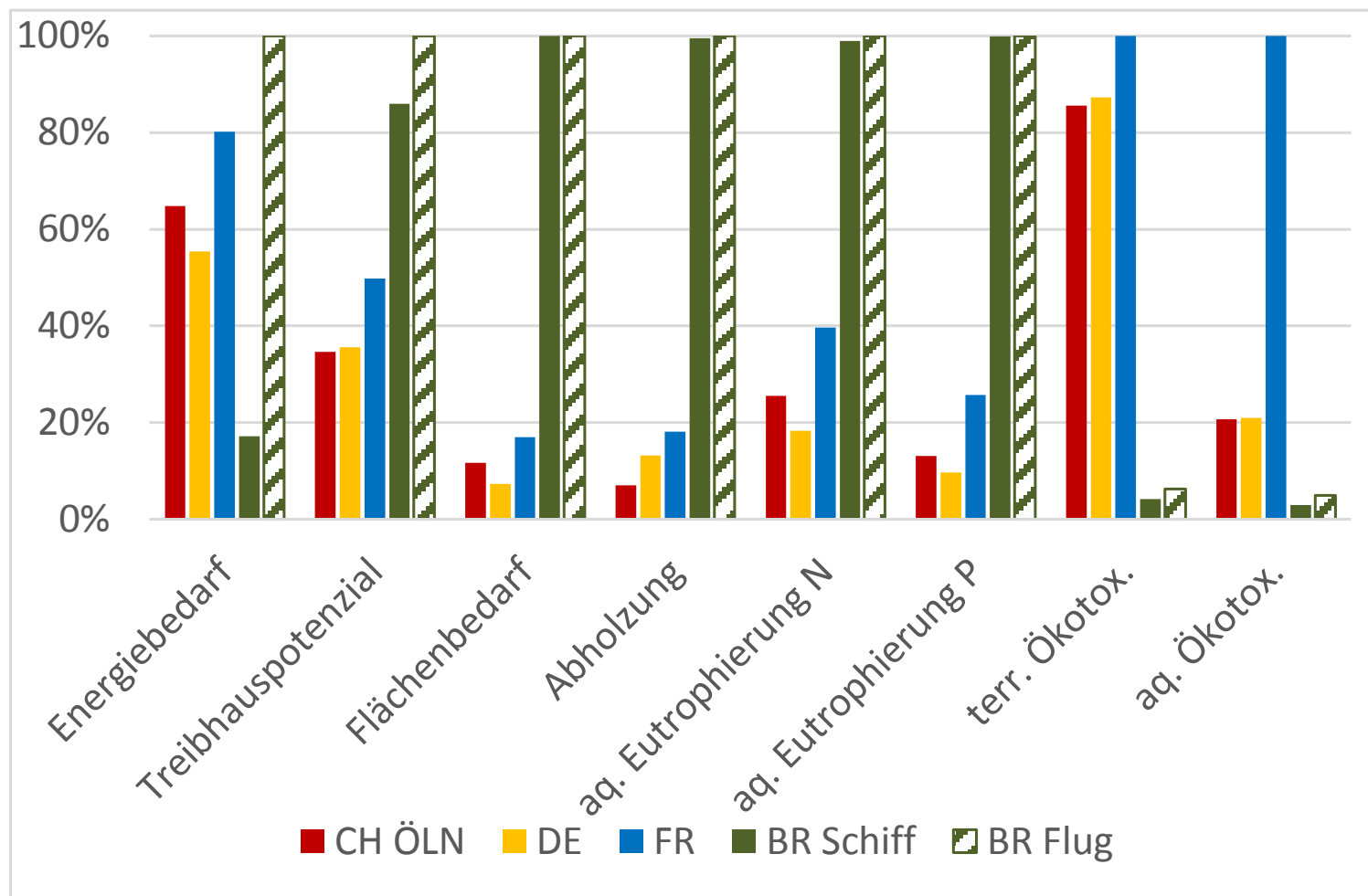
Rindviehmast CH: Flächenbedarf pro kg LG (Stufe Hoftor)





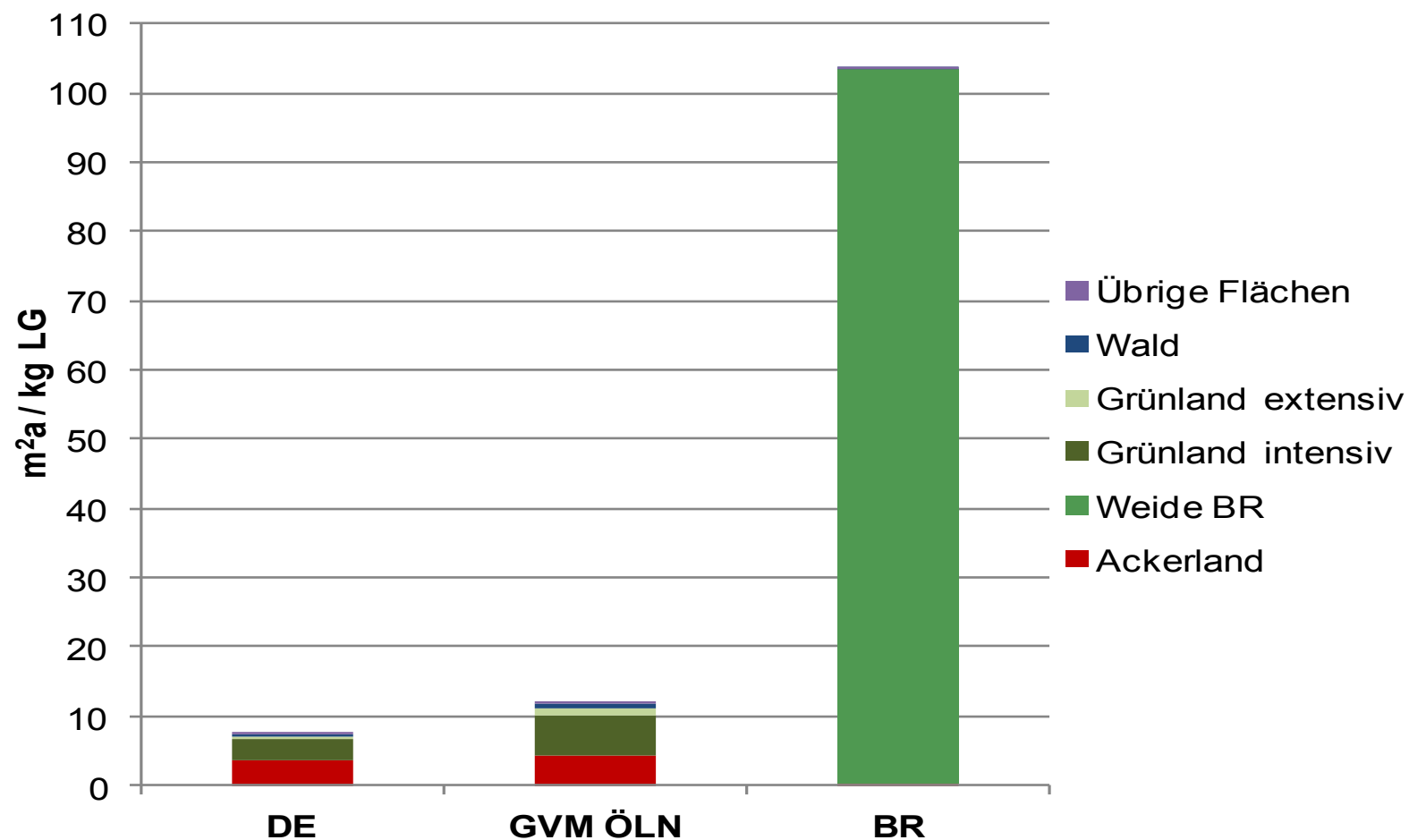
Rindfleisch CH – Import

pro kg verkaufsfertigem Fleisch



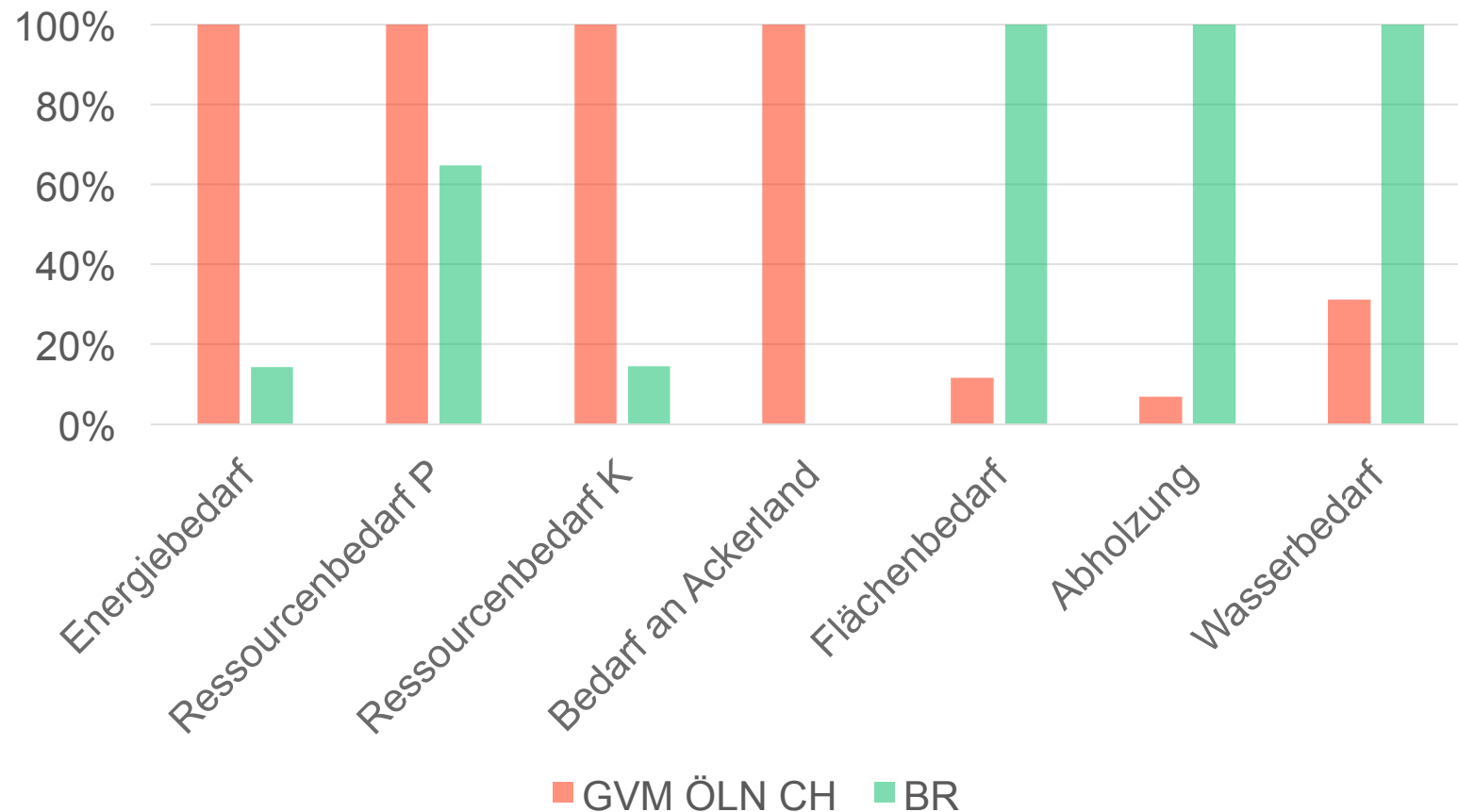


Flächenbedarf Stufe Hoftor Rindfleisch CH – Ausland



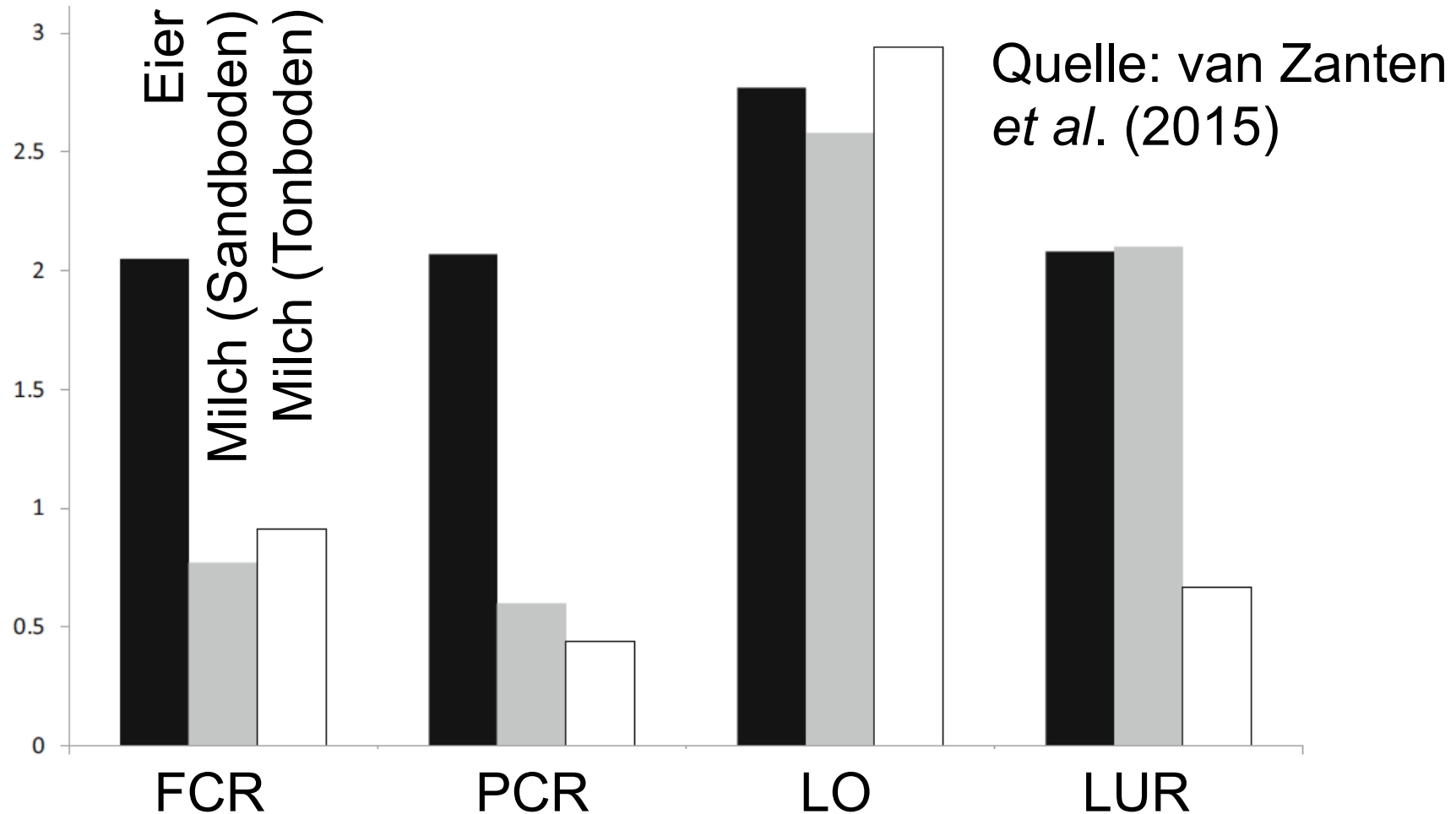


Substitution von Ressourcen und Produktionsfaktoren: Beispiel Rindfleisch CH und BR





Landwirtschaftliche Nutzung unterschiedlicher Flächen



FCR = feed conversion ratio

LO = land occupation

PCR = protein conversion ratio

LUR = land use ratio



Schlussfolgerungen

- Die Fütterung und Futterproduktion dominiert die meisten Umweltwirkungen der Tierproduktion
- Futter-Konvertierungseffizienz ist ein Schlüsselfaktor
- Wichtigste Parameter für die Umweltwirkungen der Tierproduktion:
 - Systemgestaltung
 - Effizienz des Systems
 - Zusammensetzung und Produktion der Futtermittel
- 3 Tierarten – 3 unterschiedliche Ergebnisse:
 - Geflügel: intensives System im Vorteil (Effizienz)
 - Schweine: rel. geringe Unterschiede
 - Rinder: eine Frage der Systemgestaltung



Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt



Referenzen (1/2)

- Alig M., Grandl F., Mieleitner J., Nemecek T., Gaillard G., 2012. Ökobilanz von Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, 151 p.
- Alvarenga R. A. F., Erb K. H., Haberl H., Soares S. R., van Zelm R. & Dewulf J., 2015. Global land use impacts on biomass production - a spatial-differentiated resource-related life cycle impact assessment method. International Journal of Life Cycle Assessment 20 (4), 440-450.
- Bystricky M., Alig M., Nemecek T., Gaillard G., 2014. Ökobilanz ausgewählter Schweizer Landwirtschaftsprodukte im Vergleich zum Import. Agroscope, Zürich. Agroscope Science, 2, 176 p.
- de Vries M., de Boer I.J.M., 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livestock Science 128:1-11 doi: 10.1016/j.livsci.2009.11.007
- Dewulf J., Bösch M. E., Meester B. D., Vorst G. V. d., Langenhove H. V., Hellweg S. & Huijbregts M. A. J., 2007. Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment (CEENE): a comprehensive Life Cycle Impact Assessment method for resource accounting. Environmental Science & Technology 41 (24), 8477-8483.

Referenzen (2/2)

- EEA, 2011. Resource efficiency in Europe - Policies and approaches in 31 EEA member and cooperating countries. EEA Report No 5/2011, 84 p.
http://www.eea.europa.eu/publications/resource-efficiency-in-europe/at_download/fileISSN 1725-9177.
- Huppes G. & Ishikawa M., 2005. A framework for quantified eco-efficiency analysis. Journal of Industrial Ecology, 9: 25-41.
- Jungbluth N., Stucki M., Leuenberger M., Nathani C., 2011. Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production - A combination of input-output analysis with life cycle assessment. Federal Office for the Environment FOEN, Bern. Environmental Studies, 171 p.
- Klinglmair M., Sala S. & Brandão M., 2014. Assessing resource depletion in LCA: A review of methods and methodological issues. International Journal of Life Cycle Assessment 19 (3), 580-592.
- Pfister S., Koehler A. & Hellweg S., 2009. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. Environ. Sci. Technol. 43 (11), 4098-4104.
- Tilman D., Clark M., 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. Nature 515:518-522 doi:10.1038/nature13959
- van Zanten H.H.E., Mollenhorst H., Klotwijk C.W., van Middelaar C.E., de Boer I.J.M., 2015. Global food supply: land use efficiency of livestock systems. Int J Life Cycle Assess. doi:10.1007/s11367-015-0944-1.