FiBL

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL info.suisse@fibl.org | www.fibl.org



Agricultural sustainability strategies, global aspects and policy

Adrian Müller adrian.mueller@fibl.org

Agroecology, Food Security and Sustainable Plant Production (BIO295) 08.04.2025, University of Zurich Irchel, Room roomY17-M05

Learning Goals

- You can explain how reducing the size of the food system allows for sustainable production.
- You can explain why sustainable agriculture cannot be addressed independently of consumption patterns.
- You can explain why results-based incentive schemes are particularly challenging in agriculture.
- You feel invited to think about your role as scientists in addressing complex sustainability challenges related to agriculture and food.













Figure SPM 3 A substantial proportion of assessed species are threatened with extinction and overall trends are deteriorating, with extinction rates increasing sharply in the past century.

IPBES 2022

SOC risk index	Method	Mean	Q5	Q95
High hazard (HH)	BL	59.2	54.4	61.7
	PBL	30.0	25.9	33.7
	NBL	69.8	67.0	75.4
No risk (NR)	BL	46.0	42.6	48.0
	PBL	26.2	23.6	29.1
	NBL	49.5	47.0	52.3
High risk (HR)	BL	54.0	51.5	58.9
	PBL	83.2	79.5	87.3
	NBL	43.4	37.8	46.2
No hazard (NH)	BL	28.7	26.7	32.0
	PBL	48.5	45.5	51.0
	NBL	25.1	22.4	27.6

Table 1 | Summary table of the corresponding area (Mha) for each SOC risk index class

For details on the regression methods, see Fig. 4 in the main manuscript. The mean values in Mha correspond to the values discussed in the main text, whose spatial patterns across Europe are provided in Fig. 6b. Q5 and Q95 refer to the 5th and 95th quantiles that were calculated based on an uncertainty propagation analysis (Methods section, Supplementary Figs. 22-23).







6 boundaries crossed

Stockholm Resilience Center 2023



Raworth 2017



FIGURES QUANTIFIED HIDDEN COSTS OF AGRIFOOD SYSTEMS BY SUBCATEGORY FOR SELECTED COUNTRIES BY INCOME LEVEL (SHARE OF HIDDEN COSTS TO GDP [2020 PPP DOLLARS] ON THE RIGHT-HAND SIDE)

NOTES: Countries were selected based on population size and geographical coverage. See Annex 2 for the results of the full set of countries. SOURCE: Adapted from Lord, S. 2023. Hidden costs of agrifood systems and recent trends from 2016 to 2023 – Background paper for The State of Food and Agriculture 2023. FAO Agricultural Development Economics Technical Study. No. 31. Rome, FAO.

FAO/SOFA 2023



Galloway et al. 2021, and own presentation



Griscom et al. 2017



Nothing changes....







Note: Non-CO₂ GHGs are converted to CO₂e using global warming potentials with a 100-year time horizon from the IPCC WGI AR6 (Forster *et al.* 2021).

Sources: Crippa et al. (2024); Friedlingstein et al. (2023).



Wie wird die Düngerbilanz konkret berechnet?

Die Düngerbilanz wird mithilfe der Methode Suisse-Bilanz berechnet. Es handelt sich dabei um die Referenzmethode, die als Planungs- und Kontrollinstrument dient. Sie stellt die auf dem Betrieb anfallenden Nährstoffe aus der Tierhaltung und den zugekauften Dünger dem Nährstoffbedarf der Kulturen gegenüber. Der gesamte Nährstoffanfall inklusive der zugekauften Dünger darf den Pflanzenbedarf nicht übersteigen.



Startseite | Wirtschaft | Weltweite Ernährungskrise droht: Syngenta-Chef fordert wegen Nahrungskrise Abkehr von Bio

Weltweite Ernährungskrise droht

Syngenta-Chef fordert wegen Nahrungskrise Abkehr von Bio

Menschen in Afrika würden hungern, «weil wir immer mehr Bioprodukte essen», sagt der Chef des Agrarkonzerns Syngenta in einem Interview. Man sollte künftig auf regenerative Landwirtschaft setzen, um Erträge zu steigern.

Publiziert: 08.05.2022, 03:42

🖵 175 | 🏟 | 🛛





State of Food and Agriculture SOFA 2023 – The FSEC Report



obesity epidemic, loss of biodiversity, environmental damage and climate change. The economic value of this human suffering and planetary harm is well above 10 trillion USD¹ a year, more than food systems contribute to global GDP. In short, our food systems are destroying more value than they create.²

How to rather not communicate....

erschutz-autweichen-Id,18/60/8

7

NZZ

Giftige Kehrtwende: Der Bundesrat will den Gewässerschutz wieder aufweichen

Eine informelle Gruppe bäuerlicher Parlamentarier greift den Gewässerschutz an. Bei Bundesrat Rösti stossen sie auf offene Ohren, unter seiner Federführung will der Bundesrat die Vorschriften lockern. Wissenschafter und Fachleute warnen.

Georg Humbel 22.03.2025, 21.45 Uhr ③ 5 min

🕞 Hören 🗍 Merken 🖶 Drucken 🖒 Teiler



Gemäss dem letztjährigen Monitoringbericht der eidgenössischen Wasserforschungsanstalt (Eawag) wurden die Grenzwerte in über der Hälfte der Messstellen überschritten. Die gesetzlichen Vorgaben werden trotz gewissen Fortschritten in «fast allen kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern» nicht eingehalten.

Nun will der Bundesrat die Vorschriften lockern, statt sie durchzusetzen. Er befürwortet eine weitreichende Änderung der Gewässerschutzverordnung. Bisher galt folgender Mechanismus: Wird ein Pestizid an 10 Prozent der Messstellen über dem Grenzwert gemessen, muss seine Zulassung überprüft werden. Jetzt beabsichtigt er diesen Wert auf das Doppelte zu erhöhen: Erst wenn ein Giftstoff in 20 Prozent der gemessenen Gewässer über der Grenze liegt, soll er genauer unter die Lupe genommen werden. Dies geht aus der Beantwortung eines Vorstosses des Mitte-Nationalrats Leo Müller hervor.



Das sorgt unter Experten für Empörung. «Das ist der falsche Weg. Wir müssen die Einträge senken und nicht die Grenzwerte erhöhen», sagt Georg



andere kantonale oder Bundesstellen lehnt der VSGP ab.

Gemüseproduktion nicht vorhanden. Einen direkten Zugriff auf die Daten durch

Weitere Informationen sind dem Positionspapier des VSGP zu entnehmen.

Positionspapier VSGP

digiFLUX: So nicht umsetzbar

IOBS

Medienmitteilung des Schweizer Bauernverbands vom 12. März 2024

Die parlamentarische Initiative 19.475 beinhaltet eine Mitteilungspflicht für Pflanzenschutzmittel und Nährstoffe. Sie schafft Transparenz zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auch in anderen Branchen. Die praktische Umsetzung – wie sie aktuell mit digiFLUX angedacht ist – ist aber unnötig, aufwändig und kompliziert. Es sind grundlegende Anpassungen nötig.



Zu beraten hatte der Ständerat am Montag über eine Motion des Freiburger SVP-Nationalrats Nicolas Kolly. Dieser wollte Bauern ganz von der Pflicht ausnehmen, die Plattform Digiflux einzusetzen.

«In ganz Europa, auch in der Schweiz, protestieren die Landwirtinnen und Landwirte gegen die administrative Belastung, die Bürokratie und die Kontrollen, denen sie ausgesetzt sind. Die Belastung nimmt exponentiell zu. Sie können nicht mehr», schrieb Kolly in seinem Vorstoss.

 Tab. 1
 Variablen, die zur Abbildung des administrativen Aufwands, der Arbeitskosten, der psychologischen Kosten und des Ausbildungsund Wissensstands als Grundlage zur Schätzung des Bürger-Staat-Interaktionsmodells verwendet wurden

Variablen	Beschreibung	Skala	Mittel- wert	Standard- abweichung	Anzahl Beobachtungen
Administrativer Aufwa	nd				
Administrativer Aufwand	Wie belastend stufen Sie den administrativen Aufwand ein?	Von 1 = «überhaupt nicht belastend» bis 7 = «sehr belastend»	4,9	1,6	800
Administrativer Aufwand	Wie ist der administrative Aufwand heute im Vergleich zu der Zeit vor 5 Jahren?	Von 1 = «sehr viel geringer» bis 7 = «sehr viel höher»	5,2	1,3	778
Arbeitskosten					
Arbeitskosten	Beantragung von Direktzahlungen: Wie stark hat sich der administrative Arbeits- aufwand durch den Wechsel auf elektronische Formulare verändert?	Von 1 = «sehr viel geringer geworden» bis 7 = «sehr viel höher geworden»	4,2	1,5	786
Arbeitskosten	Wie hoch ist normalerweise Ihr Zeitaufwand, um alle Unterlagen für die Direktzahlungs- kontrolle bereitzustellen?	1 = «unter 2 Stunden je Kontrolle»; 2 = «2 bis unter 4 Stunden je Kontrolle»; 3 = «4 bis unter 6 Stunden je Kontrolle»; 4 = «6 Stunden oder mehr je Kontrolle»	2,0	0,9	794
Arbeitskosten	Wie lange sind Sie normalerweise bei einer Direktzahlungskontrolle in Ihrem Betrieb anwesend?	Von 1 = «unter 0,5 Stunden» bis 6 = «über 2,5 Stunden»	4,1	1,2	795
Psychologische Kosten					
Psychologische Kosten	Ich identifiziere mich nicht mit dem Direkt- zahlungssystem des Bundes.	Von 1 = «stimmt überhaupt nicht» bis 7 = «stimmt vollkommen»	4,4	1,6	792
Psychologische Kosten	Ich halte die gegenwärtigen Kontrollmass- nahmen für die Direktzahlungen für wichtig.	Von 1 = «stimmt überhaupt nicht» bis 7 = «stimmt vollkommen»	3,8	1,6	793
Psychologische Kosten	Ich halte die gegenwärtigen Pflichten zur Auf- zeichnung von Betriebsdaten für nicht richtig.	Von 1 = «stimmt überhaupt nicht» bis 7 = «stimmt vollkommen»	4,3	1,7	652
Psychologische Kosten	Ich fühle mich durch die Direktzahlungs- kontrollen in meinem unternehmerischen Freiraum eingeschränkt.	Von 1 = «stimmt überhaupt nicht» bis 7 = «stimmt vollkommen»	4,5	1,9	797

Fazit

 Der administrative Aufwand ist weniger eine Frage des Zeitbedarfs, z. B. f
ür das Ausf
üllen von Formularen, sondern eine psychologische Frage: Je negativer die Einstellung zum Direktzahlungssystem, desto h
öher der wahrgenommene Aufwand.

6 hours...

El Benni et al. 2022









Vergleich der PUFA-Zahl-Messungen zwischen 100 Prozent Biofütterung und 95 Prozent Biofütterung auf acht Versuchsbetrieben mit unterschiedlichen Futterrationen. *Grafik:* FiBL

Godfrey et al. 2010; Früh 2016

Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra

Der Bundesrat Das Portal der Schweizer Regierung

Bundesrat	Bundespräsidium	Departemente	Bundeskanzlei	Bundesrecht	Dokumentation	
		÷			-	

Startseite > Dokumentation > Medienmitteilungen > Rekordumsatz mit Lebensmitteln im Schweizer Detailhandel

Columentation

< Zurück zur Übersicht

Medienmitteilungen

Medienmitteilungen des Bundesrats

Medienmitteilungen abonnieren

Medienmitteilungen als RSS beziehen

Rekordumsatz mit Lebensmitteln im Schweizer Detailhandel

Bern, 11.02.2021 - Der Detailhandel hat im Jahr 2020 mit Lebensmitteln einen Rekordumsatz von knapp 30 Milliarden Franken erwirtschaftet. Das entspricht einem Plus von über elf Prozent gegenüber dem Vorjahr. Im Durchschnitt gab ein Schweizer Privathaushalt 7'680 Franken für Nahrungsmittel und Getränke aus. Jeder zehnte Franken wurde für ein Bio-Produkt aufgewendet.

Der Detailhandel ist der wichtigste Absatzkanal für die Schweizer Landwirtschaft. Mit seiner umfassenden Analyse erstellt das Bundesamt für Landwirtschaft BLW für das Jahr 2020 erstmals einen detaillierten Gesamtüberblick über die Lebensmittelausgaben in den Ladengeschäften. Online-Einkäufe sind nicht berücksichtigt. Die Angaben basieren auf Zahlen des Marktforschungsunternehmens Nielsen Schweiz und des Bundesamts für Statistik.

Im Detail zeigt die Auswertung, welchen Umsatz die Detailhändler mit jenen Lebensmitteln erzielten, die einen näheren Bezug zur Schweizer Landwirtschaft aufweisen. Dazu gehören beispielsweise die Warengruppen Fleisch, Milch, Eier, Früchte oder Gemüse. Mit einem Umsatz von 10,6 Milliarden Franken betrug der Anteil der tierischen Produkte am gesamten Detailhandelsumsatz mit Lebensmitteln 35,6 Prozent. Früchte, Gemüse und Kartoffeln erreichten bei einem Umsatz von 4,1 Milliarden einen Anteil von 13,7 Prozent.



The Swiss voice in the world since 1935

↓) Listen to the article ∨

Opinion Multinational Companies >

How regenerative farming and AI can drive sustainable agriculture



A Share

Can regenerative farming, digital technology and artificial intelligence help us resolve the contradiction between sustainable and productive agriculture?

January 8, 2025 - 09:00	🕙 7 minute					
Opinion by Jeff Rowe	\sim					
CEO Syngenta						

digital tools that support sustainable farming. But policy and regulatory considerations alone are not enough. We need all players in the complex ecosystem surrounding farmers to create meaningful incentives for adopting technology and regenerative practices in a meaningful way. This especially includes retailers, value chain partners, and financial actors such as providers of microfinance solutions, among others. Our recently announced collaboration with McDonald's USA and Lopez Foods 🖬 to help produce beef more sustainably in the United States is a good example of such a holistic approach.

The way forward

As we face the twin challenges of adapting to climate change and feeding a growing population, the combination of regenerative agriculture practices, AI and digital technologies is a crucial component in our toolkit for sustainable farming. This synergy empowers farmers to be active participants in addressing climate change while enhancing their ability to produce food more efficiently and sustainably.

We promote this approach with the full understanding that it might ultimately reduce demand for pesticides. Our guiding principle is not to sell products, but to develop solutions that help farmers to sustainably produce healthy food for society.

Policy approaches

- Results-based payments
- Carbon Credits



Soil Organic Carbon (SOC)



Krause et al. 2024

SOC

- Avoiding loss is central (and difficult and with changing climate, increasingly more biomass is needed to stabilise SOC levels)
- Building up SOC is challenging, difficult to measure and takes very long – but there are many known practices with good performance





Misusing / wrong expectations towards science as a toolbox for quick fixes

- Measure SOC changes over 3 years
- Cheap and fast SOC measurement ideally with remote sensing
- Narrow system boundaries (what about N₂O in relation to SOC?)
- Narrow indicators: one goal only, ideally capturing efficiencies while not addressing trade-offs



Policy approaches

- Reductionist approaches
- Simple efficiency measures
 - SBTi
 - product-based footprints (e.g. PEF)
 - etc.









Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050

Claudia Arndt^{a 1}⁽¹⁰⁾, Alexander N. Hristov^b⁽¹⁰⁾, William J. Price^c, Shelby C. McClelland^d⁽¹⁰⁾, Amalia M. Pelaez^{b,e}⁽¹⁰⁾, Sergio F. Cueva^b, Joonpyo Oh^b⁽¹⁰⁾, Jan Dijkstra^e⁽¹⁰⁾, André Bannink^e, Ali R. Bayat^f⁽¹⁰⁾, Les A. Crompton^g⁽¹⁰⁾, Maguy A. Eugène^h⁽¹⁰⁾, Dolapo Enahoro^a⁽¹⁰⁾, Ermias Kebreab¹⁽¹⁰⁾, Michael Kreuzer¹⁽¹⁰⁾, Mark McGee^k, Cécile Martin^h⁽¹⁰⁾, Charles J. Newbold¹, Christopher K. Reynolds^g⁽¹⁰⁾, Angela Schwarm^m⁽¹⁰⁾, Kevin J. Shingfield^{f,2}, Jolien B. Venemanⁿ, David R. Yáñez-Ruiz^o, and Zhongtang Yu^p⁽¹⁰⁾

Edited by Akkihebbal Ravishankara, Colorado State University, Fort Collins, CO; received June 25, 2021; accepted February 8, 2022

Animal Feed Science and Technology 308 (2024) 115884

interventions to reduce methane emissions from cattle and sheep Effect size and land-requirements of plant-based feeding in European subalpine regions

Marie T. Dittmann^{*}, Florian Leiber



Land requirements of plant-based methane inhibitors

Source: Florian Leiber

Ruminants

- Do not start with methane emissions from enteric fermentation and the question on how to reduce those,
- rather start with the grassland areas and animals kept on those and then address, how methane emissions may be reduced given this context:
 - I. Contribution to food security from grasslands
 - 2. Productive use of national resources
 - 3. Conserve grassland resources through sustainable use
 - 4. Conserve soil carbon stocks
 - 5. Conserve and support biodiversity
 - 6. Animal welfare
 - 7. Only if all this is met: reduce methane







Abb. 1: Nitratauswaschung und Lachgasemission sind in Grünerlenbeständen massiv höher als im Grasland (Mittelwert ± SE). Die Stickstofffixierung findet in den Wurzelknöllchen statt.

Footprints



Footprints

- Follow the wrong narrative
- Misguided systemic thinking





Wege zu einer klimaneutralen Biolandwirtschaft in der Schweiz eine Studie des FiBL in Abstimmung mit Bio Suisse, 2022



Todays and future business as usual food systems



- 3000 kcal per capita and day (global)
 - 35-40% protein from animal sources
- 30% food waste and losses
- High shares of feed from croplands
 - EU: 60% of croplands is used for feed production









tion	feed				Clim	nate c	hange	impac	t on y	ields										
educ	on in eting			Ze	ero					Med	lium			High						
age r	ductio compe			% O	rganic	;				% O	rganic	;					% O	rganic	;	
Wast	% Rec	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100		0	20	40	60	80	100
%	0	0	5	10	17	25	33	21	26	33	40	47	57		46	50	54	58	64	71
0	50	-16	-12	-8	-4	2	8	2	7	10	16	22	27		25	26	29	32	35	40
	100	-26	-24	-20	-16	-12	-8	-9	-6	-3	1	5	9		12	13	14	15	17	20
	0	-6	-1	5	10	18	26	14	20	25	32	40	48		39	42	45	50	56	61
25	50	-22	-18	-13	-8	-4	-2	-4	0	5	9	14	21		18	20	22	25	27	32
	100	-30	-27	-25	-21	-17	-13	-14	-11	-8	-5	-1	4		6	7	8	8	10	13
	0	-11	-7	-1	5	11	20	8	13	18	25	32	40		30	34	38	42	47	53
50	50	-25	-23	-19	-14	-9	-4	-9	-6	-2	3	8	14		10	12	15	17	21	25
	100	-35	-32	-29	-25	-22	-18	-19	-17	-13	-10	-7	-3		-1	0	1	3	4	7

Muller et al. 2017; Courtesy: R. Zürcher

> +5%

< +5% > -5%

<-5%





tion	eed				Clin	nate c	hange	impac	t on y	ields												
aduc	n in ting f			Ze	ero					Med	lium					н	igh					
age r	ductio			% 0	rganic	;			% Organic							% Organic						
Nast	6 Rec	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100			
%	0	0	5	10	17	25	33	21	26	33	40	47	57	40	50	54	58	64	71			
0	50	-16	-12	-8	-4	2	8	2	7	10	16	22	27	2	26	29	32	35	40			
	100	-26	-24	-20	-16	-12	-8	-9	-6	-3	1	5	9	12	13	14	15	17	20			
	0	-6	-1	5	10	18	26	14	20	25	32	40	48	39	42	45	50	56	61			
25	50	-22	-18	-13	-8	-4	-2	-4	0	5	9	14	21	18	20	22	25	27	32			
	100	-30	-27	-25	-21	-17	-13	-14	-11	-8	-5	-1	4	6	7	8	8	10	13			
	0	-11	-7	-1	5	11	20	8	13	18	25	32	40	30	34	38	42	47	53			
50	50	-25	-23	-19	-14	-9	-4	-9	-6	-2	3	8	14	10	12	15	17	21	25			
	100	-35	-32	-29	-25	-22	-18	-19	-17	Г	_	٦	-3	-	0	1	3	4	7			
											3											

ы	pa				Clim	ate ch													
ducti	duction in competing fe			Ze	ero					Med	dium			High					
ige rei				%0	rganio	;				%0	rganio	;		% Organic					
lasta	% Re	0 20 40 60 80 100						0	0 20 40 60 80 100				0 20 40 60 80 10						
W %	0	25	21	15	10	4	-3	23	19	14	8	3	-3	21	16	12	7	1	4
0	50	20	16	12	7	2	-4	18	14	10	6	1	-4	17	13	9	4	0	-5
	100	15	11	7	3	-1	-5	13	10	7	3	-1	-5	12	9	5	2	-2	-6
	0	23	19	14	8	2	-4	21	17	12	7	1	-4	19	15	10	5	0	-5
25	50	18	14	10	6	1	-5	17	13	9	5	0	-5	15	11	7	3	-1	-5
	100	13	10	6	2	-2	-6	12	9	5	2	-2	-6	11	8	4	1	-3	-6
	0	21	17	12	7	1	-5	19	15	10	5	0	-6	17	13	9	4	-1	-6
50	50	16	12	8	4	0	-6	15	11	7	3	-1	-6	14	10	6	2	-2	-6
	100	11	8	5	1	-3	-7	10	7	F	_	٦	-7	10	7	3	0	-3	-7
											3								



Size of the food system

less waste and losses

We know what to do for

being able to build on

agroecology

- less feed from cropland
- less animals (dietary change)

for sustainable food systems:

- (less fossil energy)
- less nitrogen
- less pesticides





Wheat yields in different countries



FAOSTAT 2024



Postharvest diseases and losses

Share of global post-harvest losses by commodities



Yields need to be addressed in a much more encompassing way

- Yields in organic production systems are not too low for ensuring food security, yields in conventional agriculture are rather too high for allowing for sustainability.
- Footprint indicators per kg product do not tell the relevant story:
 - Impacts are relevant in a landscape context not per product
 - A per kg footprint is not helpful, the per ha footprint is central
 - If at all: follow a total factor productivity (TFP) approach as suggested by the OECD
- A truly systemic approach is needed:
 - Agroecological approaches aim at performing well on many indicators, not maximal on a single one
 - The core are not annual single crop yields but what is produced from a landscape over several years AND ENDS UP on the plate of consumers (waste!)
 - Metric: not biomass, but rather calories/protein for human consumption



Business Plans

- Keep market share in 2050 with only 50% of livestock products as today
- Support organic agriculture to ensure high water quality for bottled water.



Consumers

- No conventional vine (check Sprint results! Copper!!)
- Support organic agriculture to ensure high water quality for bottled water.



Further.....





Conclusions I

- Business as usual is no option for future food systems but changing to agroecology on the production side without any other changes is neither.
- Making the food system smaller is the key leverage point for achieving sustainable food systems
 - Circular food systems role of animals
 - making food systems smaller provides the room to produce less intensively with lower yields without compromising food security;
 - we know how to achieve this technically.
- Sustainable agriculture requires talking about consumption;
 - we need to adopt a food systems perspective to utilize the sustainability potential of agroecological practices.

Conclusions II

- Search for **no-regret solutions**
 - we know enough regarding agronomy and biophysical flows – but not concerning social dynamics
- Assure that **incentive schemes** really fit to the complexity of the systems to be regulated.
- Develop **new narratives** e.g. on the role of yields
 - From efficiency to sufficiency/systems thinking

Conclusions III

- Avoid ideological approaches not only agroecology may play role
- We need fundamental changes and it will hurt
 - some production systems may just have no future (e.g. intensive feedlot dairy - like brown coal mining)
- Talk about power
- Do good science and be a **self-confident scientist**
 - Engage in science-society dialogue

References

- Amjad et al., 2023, <u>https://doi.org/10.1093/ce/zkad015</u>
- Arndt et al. 2022, <u>https://doi.org/10.1073/pnas.2111294119</u>
- BFS 2024, <u>https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltindikatoren/alle-indikatoren/emissionen-und-abfaelle/stickstoffbilanz.assetdetail.32066601.html</u>
- Breure et al. 2025, https://doi.org/10.1038/s41467-025-57355-y
- Bühlmann et al. <u>https://www.plantsciences.uzh.ch/dam/jcr:fffffff-c9e5-58c8-0000-0000654ae72a/Factsheet_Gruenerlen_D.pdf</u>
- Dittmann and Leiber, 2024, https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115884
- El Benni et al. 2022, <u>https://doi.org/10.34776/afs13-67</u>
- FAO 2023, <u>https://doi.org/10.4060/cc7724en</u>
- Fowler et al. 2013, https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164
- Galloway et al. 2021, https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-045120
- Godfray et al. 2010: <u>https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9040645</u>
- Griscom et al. 2017, <u>https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114</u>
- HLPE 2017, Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security
- IPBES 2022: <u>https://ipbes.net/global-assessment</u>
- IPCC 2022: <u>https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter03.pdf</u>
- Krause et al., 2024, <u>https://doi.org/10.1038/s41598-024-76776-1</u>
- Muller et al. 2017: https://www.nature.com/articles/s41467-017-01410-w
- Muscat et al. 2021: <u>https://www.nature.com/articles/s43016-021-00340-7</u>
- Ponisio et al. 2014, <u>https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396</u>
- Raworth 2017: <u>https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(17)30028-1/fulltext</u>
- Stockholm Resilience Center 2022: <u>https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html</u>
- Tilman and Clark, 2014, <u>https://doi.org/10.1038/nature13959</u>

FiBL