



Potentiale der Substitution von Mineraldüngern durch Nährstoffrückgewinnung aus menschlichen Ausscheidungen

Jonas Buchholz, Jan-Hendrik Link



Inhaltsverzeichnis

- Pflanzennährstoffe und Überblick wichtige Düngemittel
- Nährstoffströme aus menschlichen Ausscheidungen
- Ackerflächen
- Mineraldüngereinsatz
- Substitutionspotential Mineraldünger
- Substitutionspotential unter Szenarien der Landnutzungsänderung
- Fazit
- Ausblick



Pflanzennährstoffe

Primärnährstoffe:

Stickstoff (N), Phosphor (P), Kali (K)

Sekundärnährstoffe:

Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Schwefel (S)

Mikronährstoffe: Bor (B), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn),
Molybän(Mo) und Zink (Zn). Manche Pflanzenarten benötigen
auch Chlor (Cl).

[Dachler, 2023]

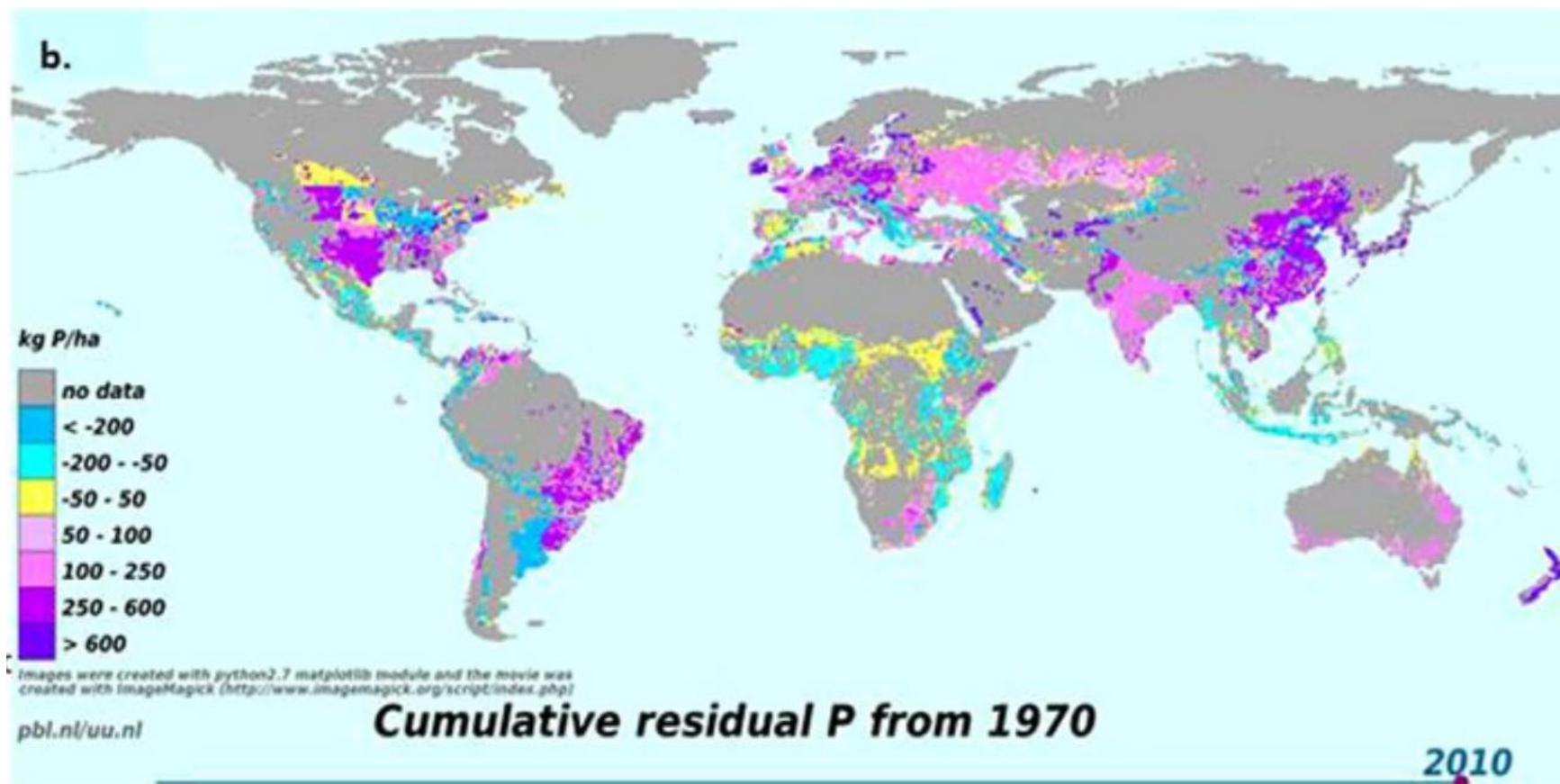


Überblick Düngemittel

Phosphor

- Nur aus Mineraldünger und Rückgewinnung durch organischen Dünger erhältlich, Gewässereintrag somit problematisch
- Kritischer Rohstoff, Schätzungen zur Reichweite 50-300 Jahre, größte Vorräte in Marokko

[Dachler, 2023]





Überblick Düngemittel

Stickstoff

- Synthetischer Dünger durch Haber Bosch Verfahren, organischer Dünger, Leguminosen und Mikroorganismen, Stickstoffablagerung
- Umweltprobleme Überdüngung (Nitrateintrag ins GW, Eutrophierung, etc.), 5% des weltweiten Erdgaskonsums wird für HBV aufgewendet
- Trotz Überdüngung N-Mangel auf fast allen Böden

Kalium

- Mineraldünger und organische Dünger, Reichweite ca. 300 Jahre, größte Vorräte in Kanada, Russland, Weißrussland
- K-Mangel vor allem in Afrika; Problem: Chloreintrag ins GW durch KCl Dünger



Nährstoffströme aus menschlichen Ausscheidungen

73 Liter Fäzes / Person und Jahr; 500 Liter Urin / Person und Jahr (Universität Weimar, NASS, 2015)

84 mio Menschen in Deutschland und 8 mrd Menschen weltweit

	Ertrag [kg/EW*a]	Ertrag DE [mio kg]	Ertrag Weltweit [mrd kg]
N	4,65	390,60	37,20
P	0,58	48,72	4,64
K	1,20	100,80	9,60
Dünger ^(ges)	6,43	540,12	51,44



Ackerflächen

Ackerland Deutschland 12,1 mio Hektar (Umweltbundesamt 2017, Daten von 2010)

Ackerland Weltweit 1,59 mrd Hektar (2016, Our World in Data)

Zum Vergleich:

Wiesen- und Weidelandflächen weltweit: 3,2 mrd. Hektar (2016, Our World in Data)



Mineraldüngereinsatz

Mineraldüngereinsatz pro Hektar

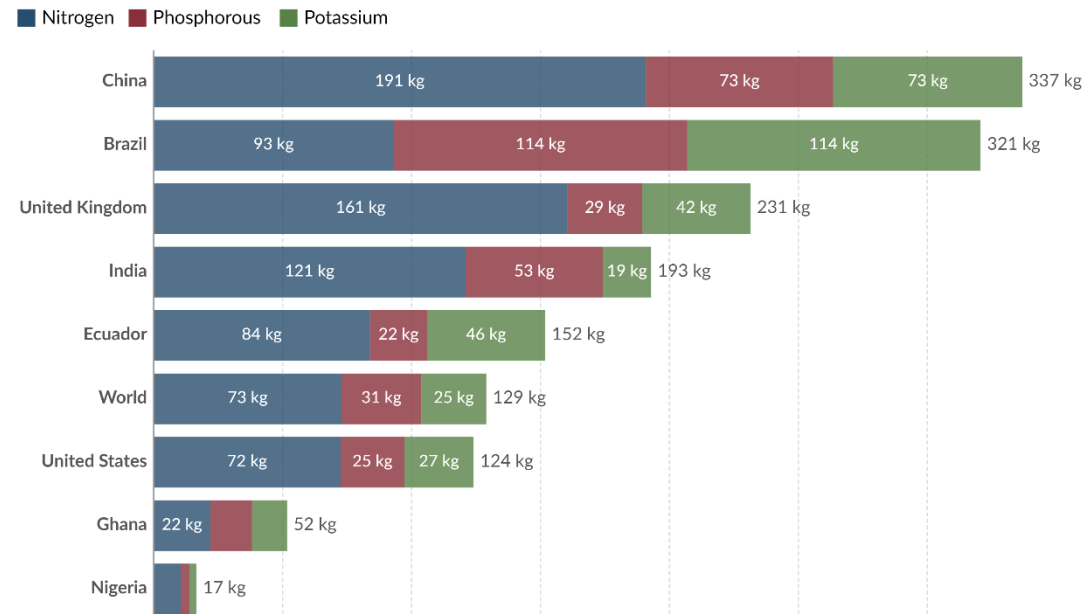
	Deutschland [kg]	Weltweit Ø [kg]
N	106,68	72,88
P	16,20	30,90
K	37,63	25,20

Mineraldüngereinsatz Gesamt

	Deutschland	Weltweit Ø [mrd kg]
N	1,28 mrd kg	115,88
P	194,40 mio kg	49,13
K	451,56 mio kg	40,07

Fertilizer use per hectare of cropland, 2020

Use of fertilizers per area of cropland, which corresponds to the sum of arable land and permanent crops.





Substitutionspotential Mineraldünger

Deutschland

	Potential [mio kg]	Bedarf [mio kg]	Substitutionspotential
N	390,60	1280	30,5%
P	48,72	194,40	25,1%
K	100,80	451,56	22,3%

Weltweit

	Potential [mrd kg]	Bedarf [mrd kg]	Substitutionspotential
N	37,20	115,88	32,1%
P	4,64	49,13	9,4%
K	9,60	40,07	23,9%



Import/Export berücksichtigendes Substitutionspotential DE

Tabelle 1. Ackerflächen in Produktion, Außenhandel und Konsum, 2010

Position	Fläche in 1000 Hektar
Inländische Produktion	12.088
+ Importe	24.227
<i>Gesamter Input in die deutsche Wirtschaft</i>	36.315
- Exporte	- 13.621
- Veränderung des Bestands	- 336
<i>Ackerland-Fußabdruck</i>	22.359

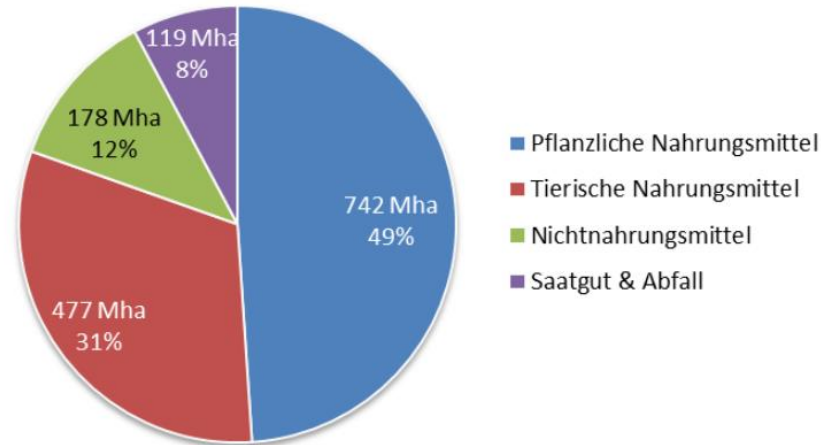
[UBA, 2017]

	Inland [mio kg]	Import [mio kg]	Gesamt [mio kg]	Substitutionspotential
N	1280	748,55	2038,10	19,2%
P	194,40	317,37	513,20	9,5%
K	451,56	258,83	713,70	14,1%

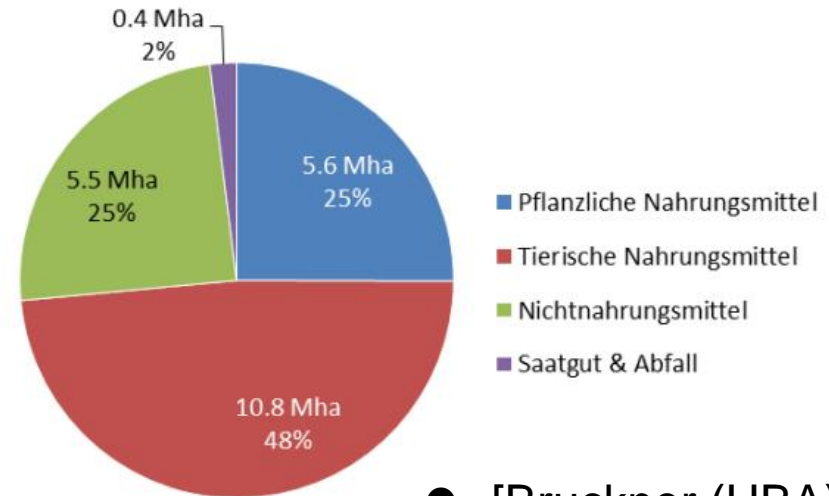


Szenario: Reduzierung der benötigten Ackerflächen durch Verzicht auf Tierfuttermittelanbau und Energie- bzw. Rohstoffpflanzen

Zusammensetzung des globalen Ackerland-Fußabdrucks, 2010



Zusammensetzung von Deutschlands Ackerland-Fußabdruck, 2010



● [Bruckner (UBA), 2017]

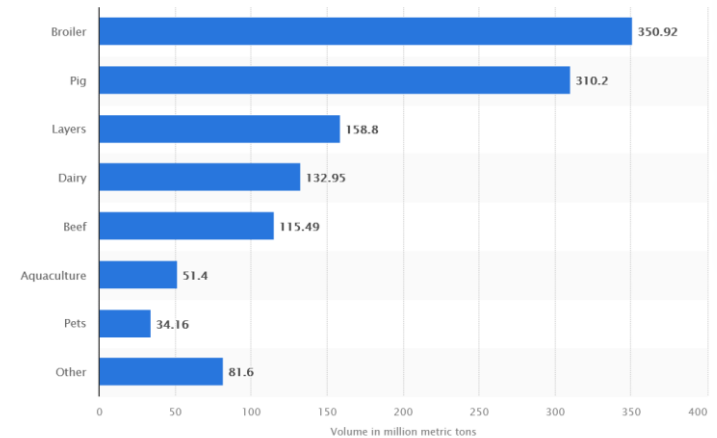


Szenario: Reduzierung der benötigten Ackerflächen durch Verzicht auf Tierfuttermittelanbau und Energie- bzw. Rohstoffpflanzen

- „Die Umwandlungsrate von pflanzlichen in tierische Kalorien schwankt im Idealfall zwischen 2:1 bei Geflügel, 3:1 bei Schweinen, Zuchtfischen, Milch und Eiern und 7:1 bei Rindern.“
[Zukunftsstiftung Landwirtschaft, 2013]

Errechnete Umwandlungsrate: 3,46

Feed production volume worldwide in 2021, by species
(in million metric tons)



[Additional Information](#)

© Statista 2023

[Show source](#)



Szenario	Ackerfläche	Substitutionspotential
Global, Gesamt	1,59 mrd. ha	32,1% N; 9,4 % P; 24,0% K
Global, ohne Futtermittel	1,04 mrd. ha	49,08% N; 14,37% P; 36,63% K
Global, ohne Futtermittel und Nichtnahrungspflanzen	0,85 mrd. ha	60,05% N; 17,58% P; 44,82% K
DE, Gesamt	22,36 mio. ha	19,2% N; 9,5% P; 14,1% K
DE, ohne Futtermittel	14,68 mio. ha	29,2% N; 14,5% P; 21,5% K
DE, ohne Futtermittel und Nichtnahrungspflanzen	9,18 mio. ha	46,8% N; 23,1% P; 34,3% K



Fazit

- Erheblicher Teil von Mineraldüngern durch menschliche Ausscheidungen substituierbar, Phosphor nur in geringerem Maß substituierbar
- Substitutionspotential steigerbar durch Ersetzung von Futtermittelanbau durch pflanzliche Nahrungsmittel
- Rohstoffpflanzen großer Anteil an Düngebedarf (v. A. in DE)
- Gesamter Düngebedarf nicht ersetzbar, weitere Stoffströme müssen ebenfalls wieder zurückgeführt werden (Bioabfall, Gülle, etc.)



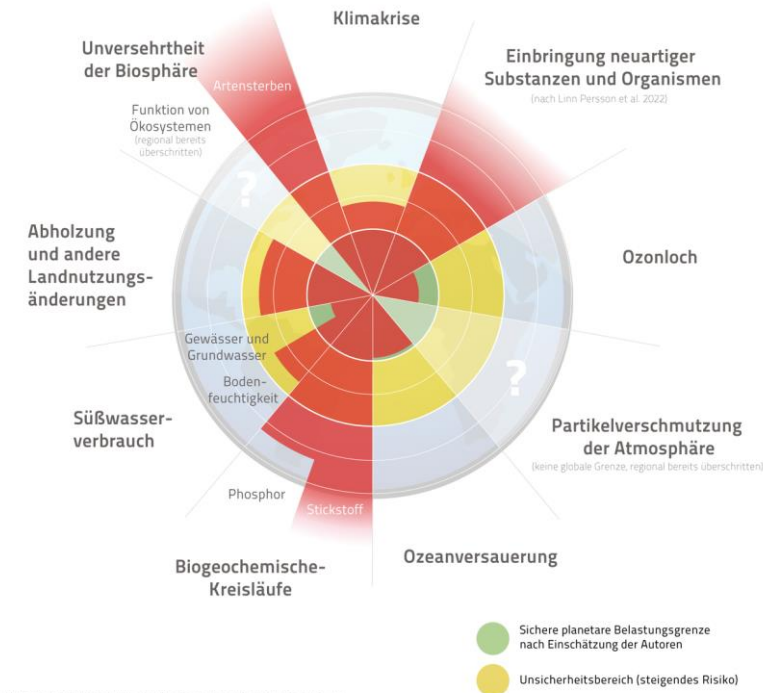
Ausblick

- Düngbedarf abhängig von Art der Landwirtschaft und Bodenqualität
- Genauer Umwandlungsfaktor von Futtermittelanbau zu pflanzlichem Anbau auf Ackerland für ausgewogene Ernährung interessant
- Effizienzsteigerung von Düngern wichtig



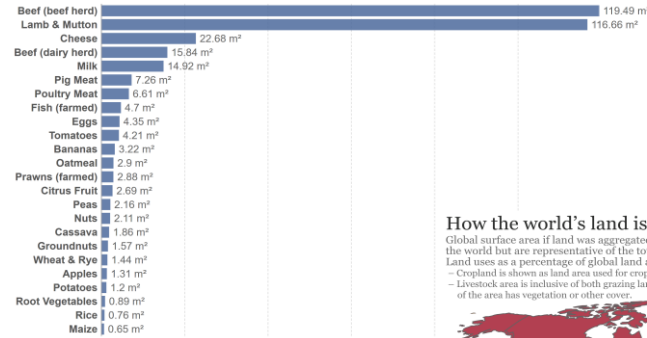
Ökologische Belastungsgrenzen

nach Will Steffen et al. 2015 / Linn Persson et al. 2022 / Wang-Erlandsson et al. 2022



Land use of foods per 1000 kilocalories

Land use is measured in meters squared (m²) required to produce 1000 kilocalories of a given food product.

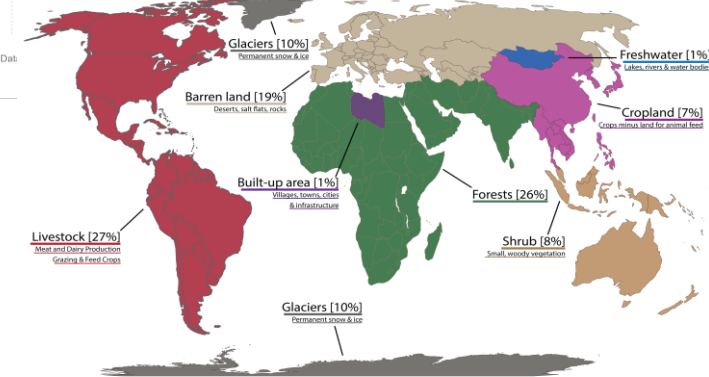


Source: Joseph Poore and Thomas Nemecek (2018). Additional calculations by Our World in Data.
Note: The median year of the studies involved in this research was 2010.
OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food - CC BY

How the world's land is used: Total area sizes by type of use & land cover

Global surface area if land was aggregated by usage or terrain cover. Land categories are not shown by their distribution around the world but are representative of the total area that they cover.

Land uses as a percentage of global land area are shown in square brackets.
- Cropland is shown as land area used for crop production minus area used for production of animal feed.
- Livestock area is inclusive of both grazing land and cropland for animal feed. 'Barren land' refers to land cover in which less than one-third of the area has vegetation or other cover.



Based on data by the UN Food and Agricultural Organization (FAO) and World Bank Statistics. This map is based on the equal-area Eckert IV map projection. The data visualization is available at OurWorldInData.org. There you find research and more visualizations on this topic. Licensed under CC-BY-SA by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.



Quellen

- Bouwman, A. F. et al. (2017): Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. London: Nature Publishing Group
- Bruckner, M. et al. (2017): Entwicklung von konsumbasierten Landnutzungsindikatoren: Synthesebericht. Dessau: Umweltbundesamt (UBA)
- Dachler, M. (2023): Welternährung. Status quo und Ausblick zur globalen Ernährungslage. Heidelberg: Springer Spektrum
- Our World in Data (2023): Fertilizers. Datenlage: 2020 URL: <https://ourworldindata.org/fertilizers> (Zugriff: 14.06.2023)
- Richie, H.; Roser, M. (2019): Land Use. URL: <https://ourworldindata.org/land-use>
- Statista Inc. (2023): Feed production volume worldwide in 2021, by species URL:
<https://www.statista.com/statistics/496412/global-feed-production-volume-by-species/> (Zugriff: 13.07.2023)
- Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt, Bauhaus-Universität Weimar (2015): Neuartige Sanitärsysteme (NASS). Begriffe, Stoffströme, Behandlung von Schwarz-, Braun-, Gelb-, Grau- und Regenwasser, Stoffliche Nutzung.
- weltagrarbericht.de (2013): Wege aus der Hungerkrise. Die Erkenntnisse und Folgen des Weltagrarberichts:
- Vorschläge für eine Landwirtschaft von morgen. Berlin: Zukunftsstiftung Landwirtschaft



Unsicherheitsfaktoren Substituierungspotentiale

- Ackerlandumwandlungsrate auf Kalorienbasis berechnet
- Quellen von unterschiedlichen Jahren zwischen 2010-2020 berücksichtigt
- Annahme 100% Rückgewinnung der Nährstoffe aus Ausscheidungen
- Verwendung globaler Düngebedarf für DE Importbetrachtung