

Acht Milliarden Menschen:

Reicht eine Erde?

Walter W. Wenzel

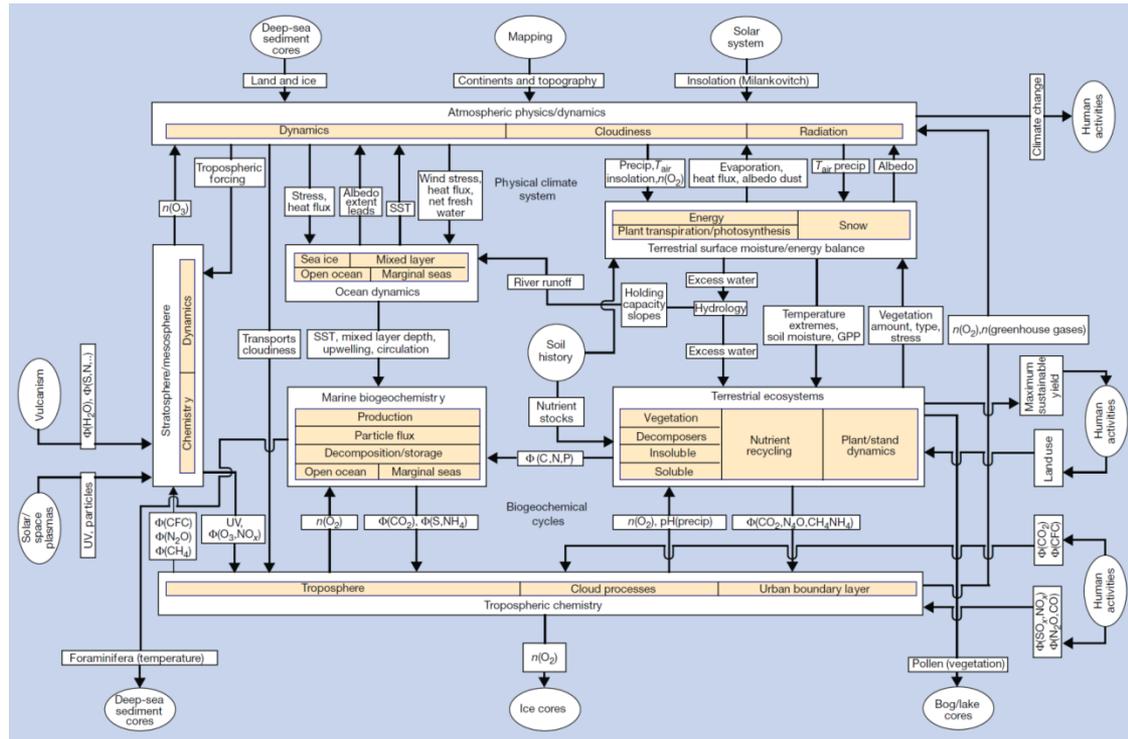
LK-Klartext: „Boden. Leben – Wir schau´n drauf“



Ein stark vereinfachtes Modell der Maschinerie unseres Planeten



University of Natural Resources and Life Sciences
 Department of Forest and Soil Sciences
 SchellInhuber (1999), Nature 402: C19-C23
 Fisher (1988), Mosaic 19: 52-59



Biophysikalische Grenzen für einen sicheren Manövrierbereich der Menschheit



Fertilizer Handbook 2012

Erisman et al. (2011)

Sen & Peucker-Ehrenbrinck (2012)

Environ. Sci. Technol. 46:8601-8609

Van Oost et al. (2007), Science 318:626-629

Prozess	Parameter	Grenze ¹⁾	Status quo	Anteil LW	Vorindustrieller Wert
Klimawandel	CO ₂ (ppm)	350	387	15-25% der THG ⁴⁾	280
Biodiversitätsverlust	Auslöschungsrate ²⁾	10	>100		0.1-1
N-Kreislauf	N-Entnahme aus Atmosphäre (Mio. t/y)	35	121	85 ⁵⁾	0
P-Kreislauf	P-Input in Ozeane (Mio. t/y)	11	8.5-9.5	4.4-8.6 ⁶⁾	<1
Ozonloch	Ozonkonzentration (Dobson Einheit) ³⁾	276	283		290



University of Natural Resources
and Life Sciences

Department of Forest and Soil Sciences

Rockström et al (2009), Nature 461: 472-475

Vermeulen et al (2012), Annual Reviews 37:
195-222

1) Vorschlag (Rockström et al., 2009)

2) Artenzahl pro Millionen Spezies
und Jahr

3) 1 DU = 2,7 x 10¹⁶ Ozonmoleküle
pro Quadrat-zentimeter

4) Anteil der Landwirtschaft inkl.
Landnutzungsänderungen an den
globalen Treibhausgas-emissionen

5) Globale Verwendung von N-
Mineraldüngern

6) Geschätzter P-Input in Ozeane
durch Erosion von landwirtschaftlich
genutzten Flächen (Erosion 75 Pg y-
1, davon 20 Pg y-1 in Ozeane, P mit
Erosion vgl. Grafik

Biophysikalische Grenzen für einen sicheren Manövrierbereich der Menschheit



University of Natural Resources and Life Sciences
 Department of Forest and Soil Sciences
 Rockström et al (2009), Nature 461: 472-475
 Lambin et al. (2001), Global Environmental Change 11: 261-269
 Rost et al.. (2008), Water Resources Research 44: W0945 1-17

Prozess	Parameter	Grenze ¹⁾	Status quo	Anteil LW	Vorindustrieller Wert
Versauerung d. Ozeane	Aragonit-Sättigung im Meereswasser ⁴⁾	2.75	2.90		3.44
Globaler Wasserverbrauch	Anthropogener Süßwasserverbrauch ⁵⁾	4,000	2,600	2800	415
Landnutzungs-änderungen	Anteil von Ackerland an globaler Landfläche (%)	15	11.7	11.7	<5 ⁶⁾
Aerosolbelastung der Atmosphäre	Partikelkonzentration in der Atmosphäre auf regionaler Basis				
Chemische Verschmutzung	Emissionsraten und / oder Konzentrationen von Schadstoffen in Umweltmedien				

4) Globaler Mittelwert für Oberflächen-nahes Meereswasser
 5) km³/y (Gm³ y⁻¹)
 6) um 1700 (Lambin et al., 2001)

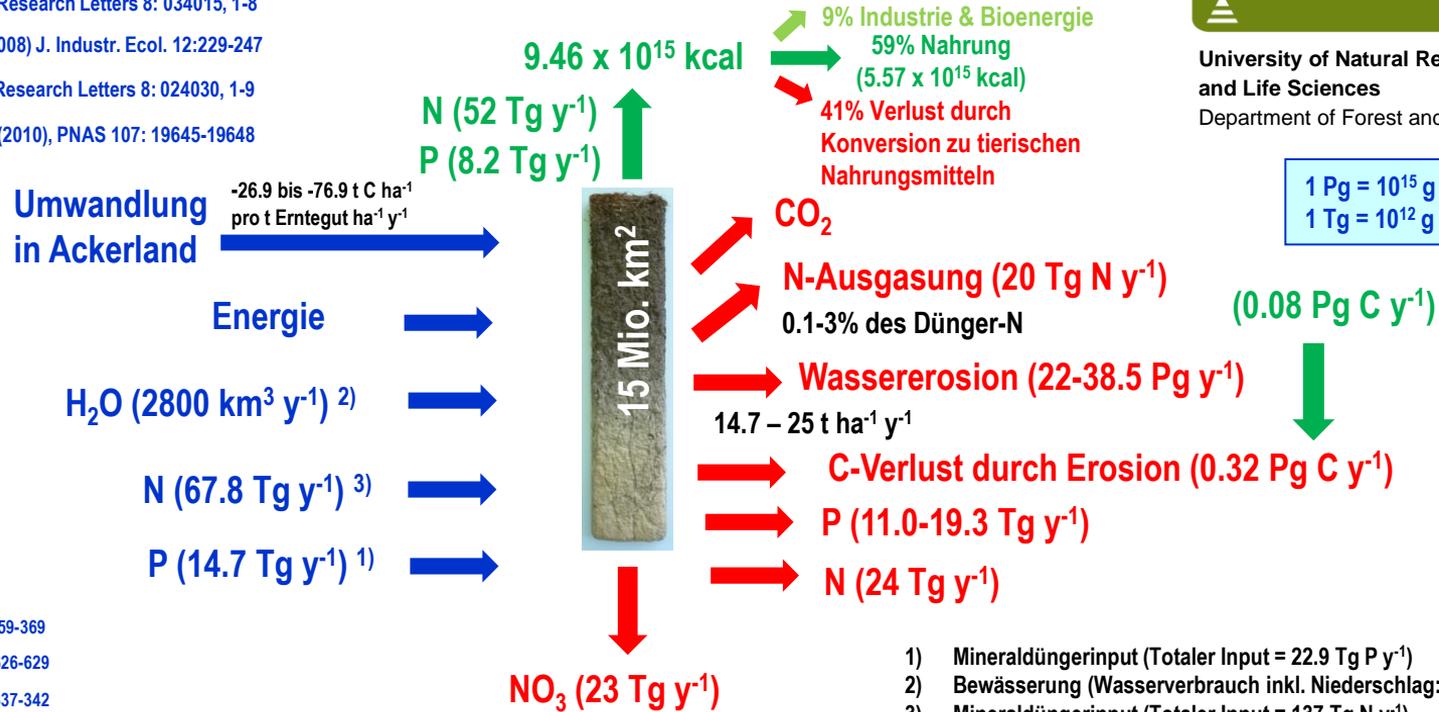
Globale Inputs und Outputs sowie Effizienzen der Ressourcennutzung im Ackerland



University of Natural Resources and Life Sciences
Department of Forest and Soil Sciences

1 Pg = 10¹⁵ g = 1 Mrd. t
1 Tg = 10¹² g

Cassidy et al. (2013) Environ. Research Letters 8: 034015, 1-8
Liu et al. (2008) J. Industr. Ecol. 12:229-247
Brauman et al (2013), Environmental Research Letters 8: 024030, 1-9
West et al (2010), PNAS 107: 19645-19648



Pathak (1999), Current Science 77:359-369
Van Oost et al. (2007), Science 318:626-629
Foley et al. (2011): Nature 476:337-342
Liu et al. (2010) PNAS 107:8035-8040

- 1) Mineraldüngerinput (Totaler Input = 22.9 Tg P y⁻¹)
- 2) Bewässerung (Wasserverbrauch inkl. Niederschlag: 7980 km³ y⁻¹)
- 3) Mineraldüngerinput (Totaler Input = 137 Tg N y⁻¹)

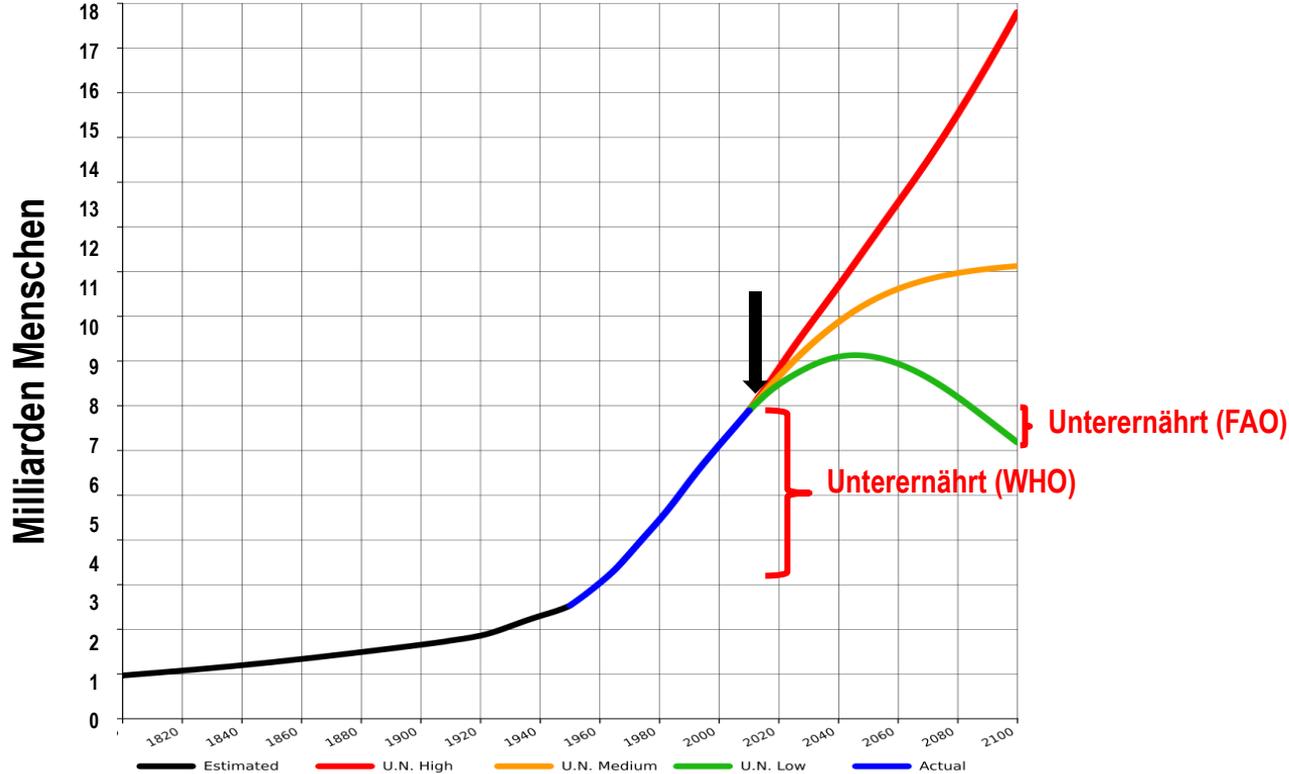
Acht Milliarden Menschen – viele unterernährt



University of Natural Resources
and Life Sciences
Department of Forest and Soil Sciences

Khan & Hanjra (2008), Food Policy

"World-Population-1800-2100" by Tga.D based on Aetheling's work -
based on file:World-Population-1800-2100.png, but converted to SVG
using original data from U.N. 2010 projections and US Census Bureau
historical estimates. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia
Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:World-Population-1800-2100.svg#media/File:World-Population-1800-2100.svg>



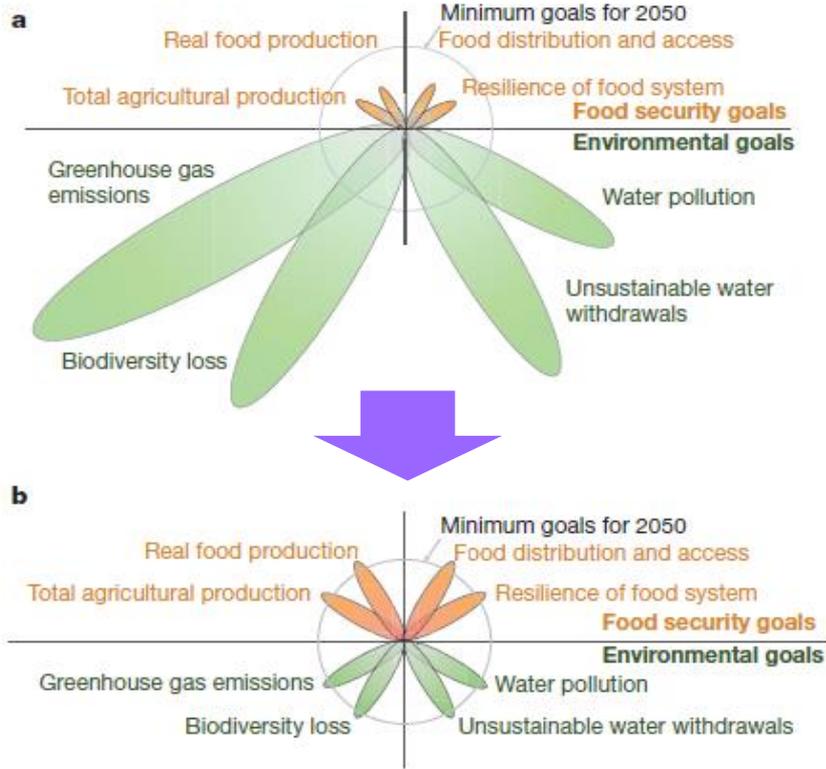
Was tun?



University of Natural Resources
and Life Sciences

Department of Forest and Soil Sciences

Foley et al. (2011): *Nature* 476:337-342



Meeting goals for food security and environmental sustainability by 2050. Here we qualitatively illustrate a subset of the goals agriculture must meet in the coming decades. At the top, we outline four key food security goals: increasing total agricultural production, increasing the supply of food (recognizing that agricultural yields are not always equivalent to food), improving the distribution of and access to food, and increasing the resilience of the whole food system. At the bottom, we illustrate four key environmental goals agriculture must also meet: reducing greenhouse gas emissions from agriculture and land use, reducing biodiversity loss, phasing out unsustainable water withdrawals, and curtailing air and water pollution from agriculture. Panel a sketches out a qualitative assessment of how current agricultural systems may be measured against these criteria compared to goals set for 2050. Panel b illustrates a hypothetical situation in which we meet all of these goals by 2050.

Konversionsverluste

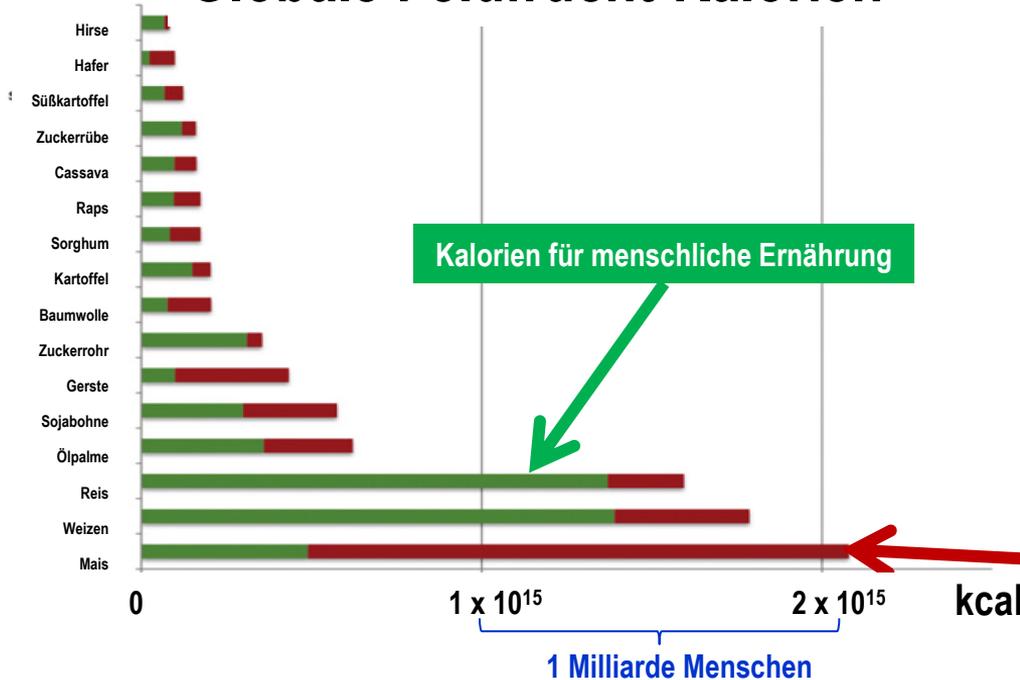


Cassidy et al. (2013) Environ. Research Letters 8: 034015, 1-8



University of Natural Resources and Life Sciences
Department of Forest and Soil Sciences

Globale Feldfrucht-Kalorien



75% der Kalorien aus der globalen Maisproduktion gehen der menschlichen Ernährung durch Tierproduktion und zunehmend für Äthanolproduktion verloren

Mais gehört zu den stark erosionsfördernden Feldfrüchten

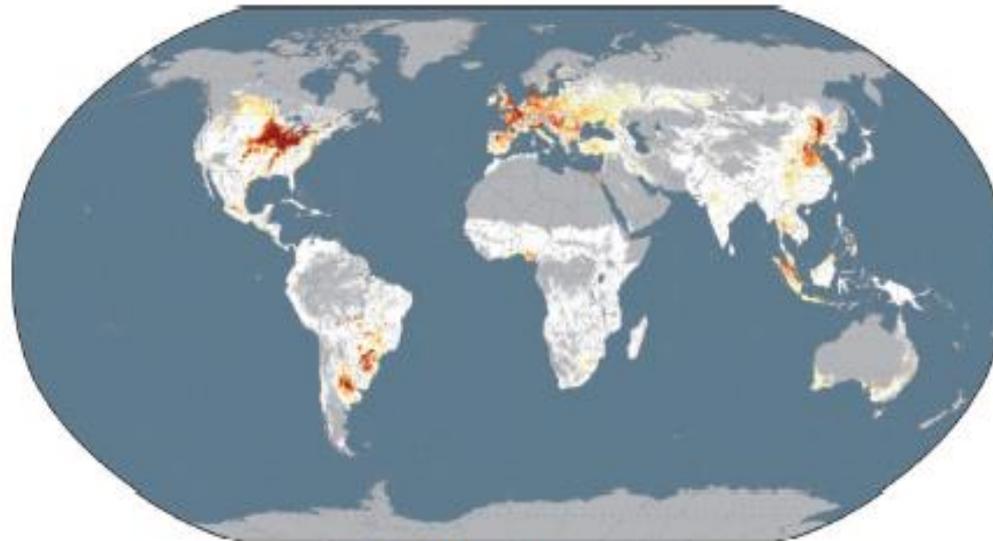
Verlust durch Konversion in tierische Produkte (Fleisch, Milch) und Bioenergie

Potentiale der Umstellung auf direkte Nahrungsmittelproduktion

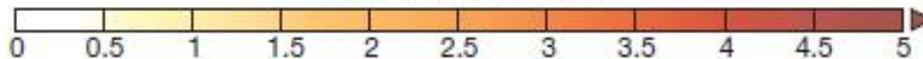


University of Natural Resources
and Life Sciences

Department of Forest and Soil Sciences
[Foley et al. \(2011\), Nature 476:337-342](#)



Potential diet gap calories
($\times 10^6$ kcal per hectare)



- **Zusätzlich > 1 Mrd. Tonnen für die globale Nahrungsmittelproduktion**
- **28% Produktionszunahme bei den 16 wichtigsten Feldfrüchten**
- **Entspricht zusätzlichen 3×10^{15} kcal (49% Zunahme der zur Verfügung gestellten Nahrungsmittelkalorien)**

Doch der Trend geht in die falsche Richtung

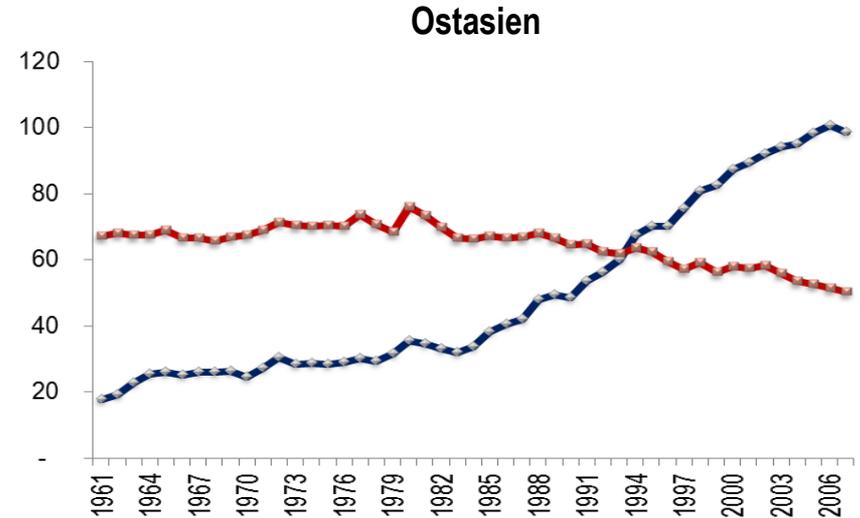
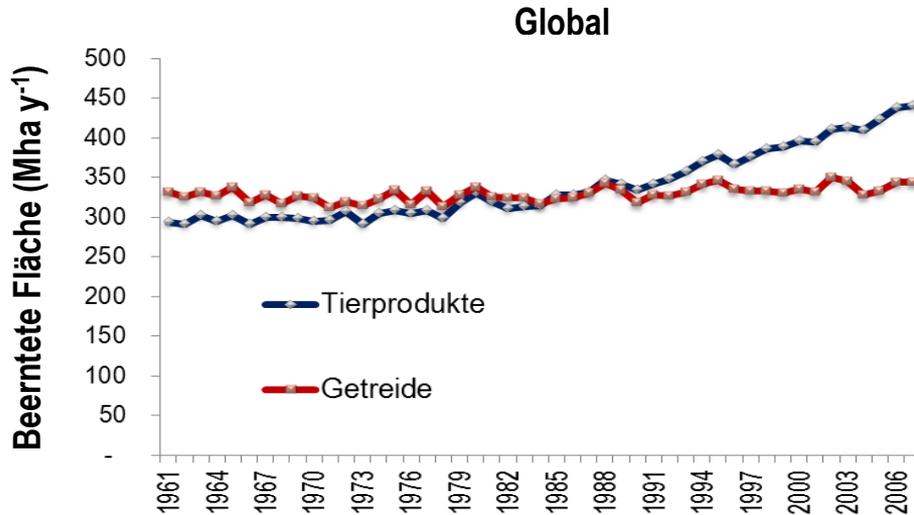


University of Natural Resources
and Life Sciences

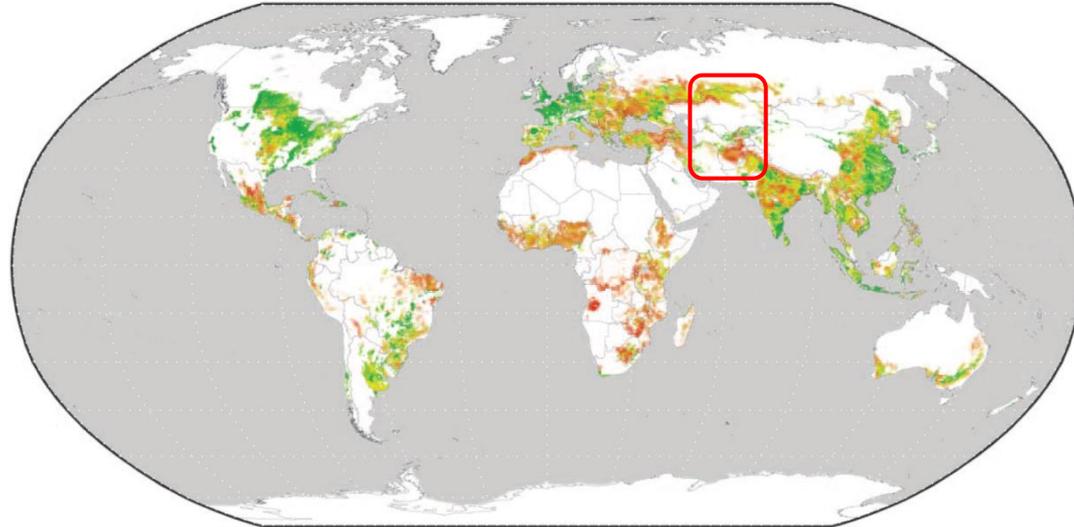
Department of Forest and Soil Sciences

Datenquelle: Kastner et al. (2012)

PNAS, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1117054109



Globale Verteilung von Mindererträgen

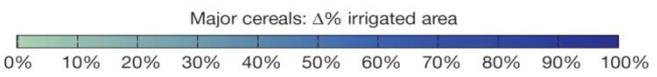
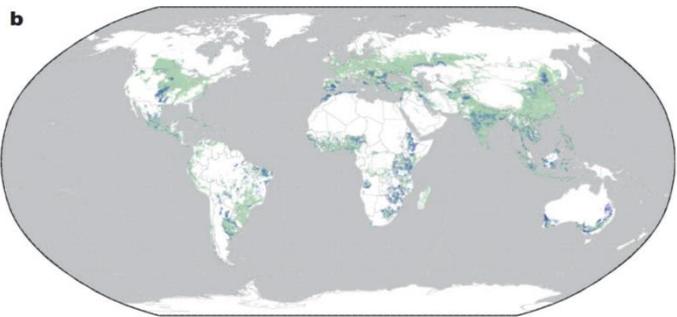
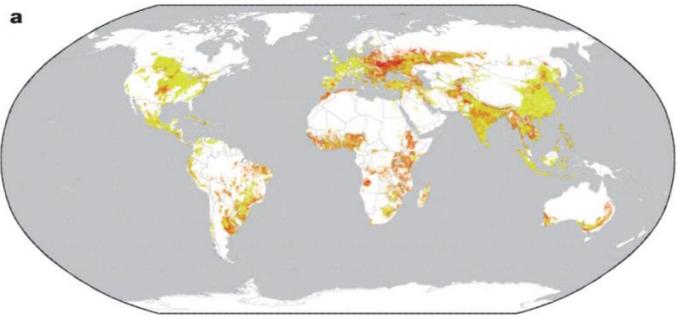


Major cereals: attainable yield achieved (%)



Figure 1 | Average yield gaps for maize, wheat and rice. These were measured as a percentage of the attainable yield achieved circa the year 2000. Yield gap in each grid cell is calculated as an area-weighted average across the crops and is displayed on the top 98% of growing area.

Managementoptionen bei Mindererträgen



Steigerung der N-Düngungsintensität

Ausweitung der Bewässerungsflächen

Figure 5 | Closing yield gaps through changes in agricultural management. a, b, Projected increases in nitrogen application rates (a) and irrigated areas (b) necessary to close maize, wheat and rice yield gaps to 75% of attainable yields. c, Projected net changes in nitrogen application rates when closing yield gaps and eliminating input imbalances and inefficiencies.

Optionen für eine Steigerung der Nahrungsmittelbereitstellung



Verluste bei Lagerung, Verarbeitung, Verteilung, Konsum

30-50%

Cassidy et al. (2013) Environ. Research Letters 8: 034015, 1-8
Foley et al. (2011): Nature 476:337-342
Brauman et al (2013), Environmental Research Letters 8: 024030, 1-9

Direkte Nahrungsproduktion (100%)

5.6×10^{15} kcal $\xrightarrow[70\% \text{ Zunahme}]{3.9 \times 10^{15} \text{ kcal}}$ 9.5×10^{15} kcal

Intensivierung (auf 95% des Potentials für 16 Hauptfruchtarten)

8.6×10^{15} kcal $\xrightarrow[58\% \text{ Zunahme}]{5.0 \times 10^{15} \text{ kcal}}$ 13.6×10^{15} kcal

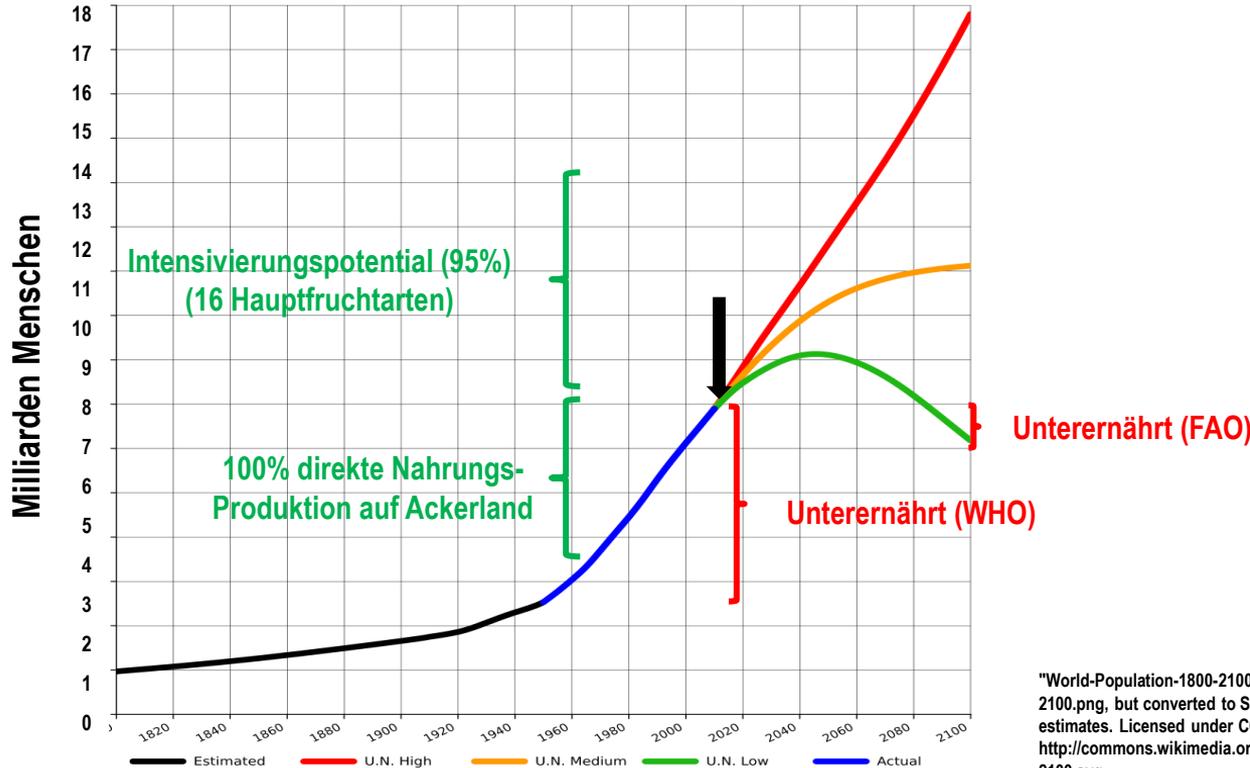
Steigerung der Wassernutzungs-effizienz in Niederschlags-limitierten Gebieten mit der geringsten Produktivität (16 Hauptfruchtarten)

0.4×10^{15} kcal $\xrightarrow[30\% \text{ Zunahme}]{0.12 \times 10^{15} \text{ kcal}}$ 0.52×10^{15} kcal

Acht Milliarden Menschen – reicht eine Erde?



"World-Population-1800-2100" by Tga.D based on Aetheling's work - based on file:World-Population-1800-2100.png, but converted to SVG using original data from U.N. 2010 projections and US Census Bureau historical estimates. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:World-Population-1800-2100.svg#/media/File:World-Population-1800-2100.svg>



Reduktion der Verluste (100%) entlang der Prozesskette könnte die Gesamtzahl der Menschen, die ernährt werden können, nochmals verdoppeln

"World-Population-1800-2100" by Tga.D based on Aetheling's work - based on file:World-Population-1800-2100.png, but converted to SVG using original data from U.N. 2010 projections and US Census Bureau historical estimates. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:World-Population-1800-2100.svg#/media/File:World-Population-1800-2100.svg>

Biophysikalische Grenzen für einen sicheren Manövriertbereich der Menschheit



University of Natural Resources and Life Sciences
 Department of Forest and Soil Sciences
[Rockström et al \(2009\), Nature 461: 472-475](https://doi.org/10.1002/nat.472)

