

Biolandbau und gene editing – eine (un-)mögliche Kombination?

Urs Niggli

BOKU, Wien, 15. Januar 2019



Ist die Entwicklung aufzuhalten?



Origin
of Species

Charles
Darwin
1859



Gregor
Mendel
1865



Mendelsche Regeln
der Vererbung

Restriktions-
enzyme

Werner
Arber
1978

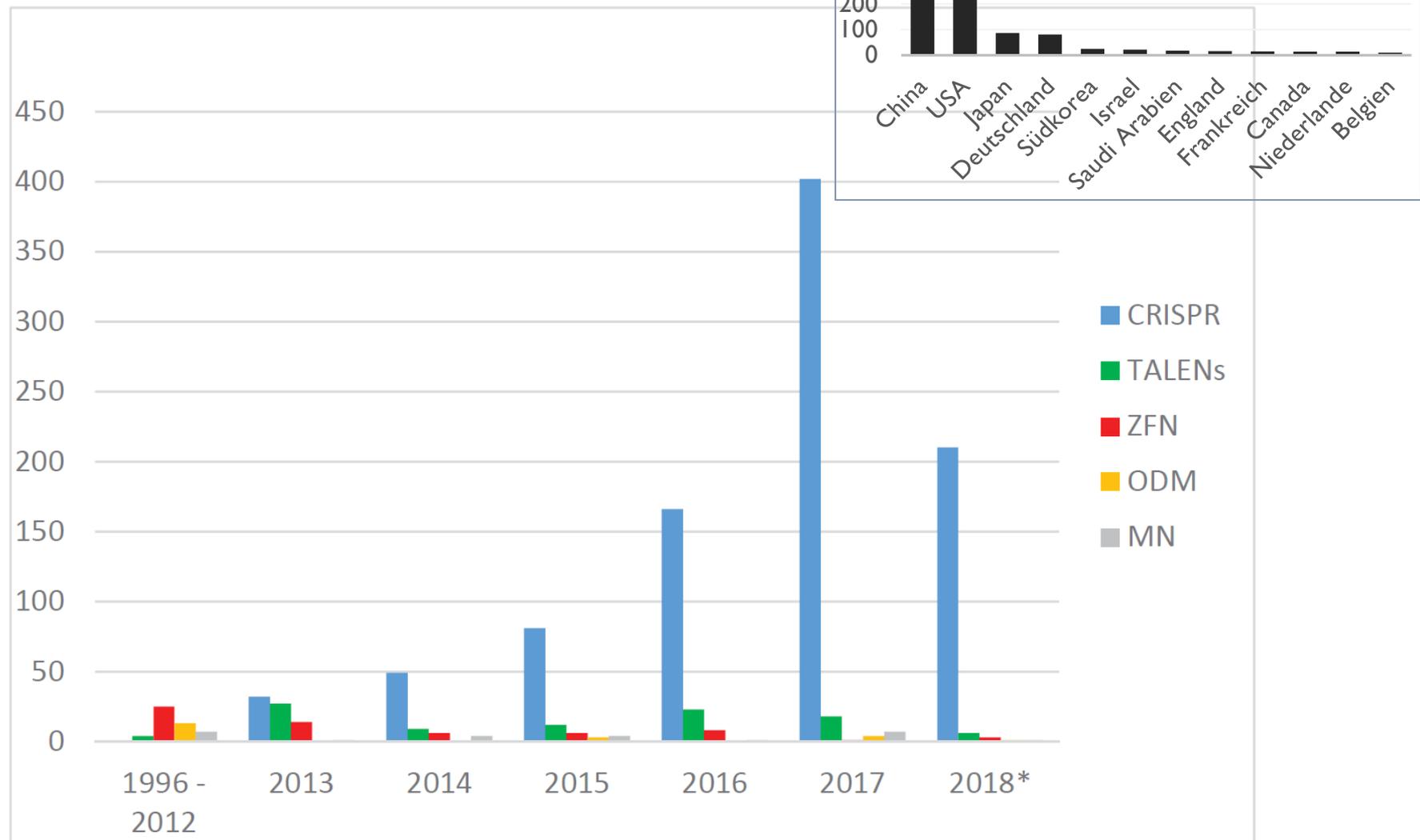


Jennifer
Doudna/
Emmanuelle
Charpentier
2012

Genom-Editierung
CRISPR/Cas9



Anzahl Studien zu CRSPR



In seinem neuen Roman «Elefant» beschreibt [Martin Suter](#) eine Welt, in der die Gentechnik einen rosafarbenen Mini-Elefanten hervorgebracht hat, der im Dunkeln leuchtet. Was geht Ihnen durch den Kopf, wenn Sie von solchen Utopien hören?

Das gehört ins Reich der Fantasie, die Menschen haben solche Vorstellungen ja schon lange. Ein pinkfarbener Elefant, das wird so bald nicht passieren. Aber es zeigt, dass die Menschen verstanden haben, dass Crispr eine machtvolle Technik ist. Die Genschere ist ein Instrument, um Forschern die Arbeit zu erleichtern. Man kann schon seit Jahrzehnten an der DNA arbeiten und sie verändern. Crispr ist bloss einfacher und effizienter und deshalb auch demokratischer. Weil mehr Forscher es benutzen können.

**Missbrauch
und Bedeu-
tung der
Technologie**

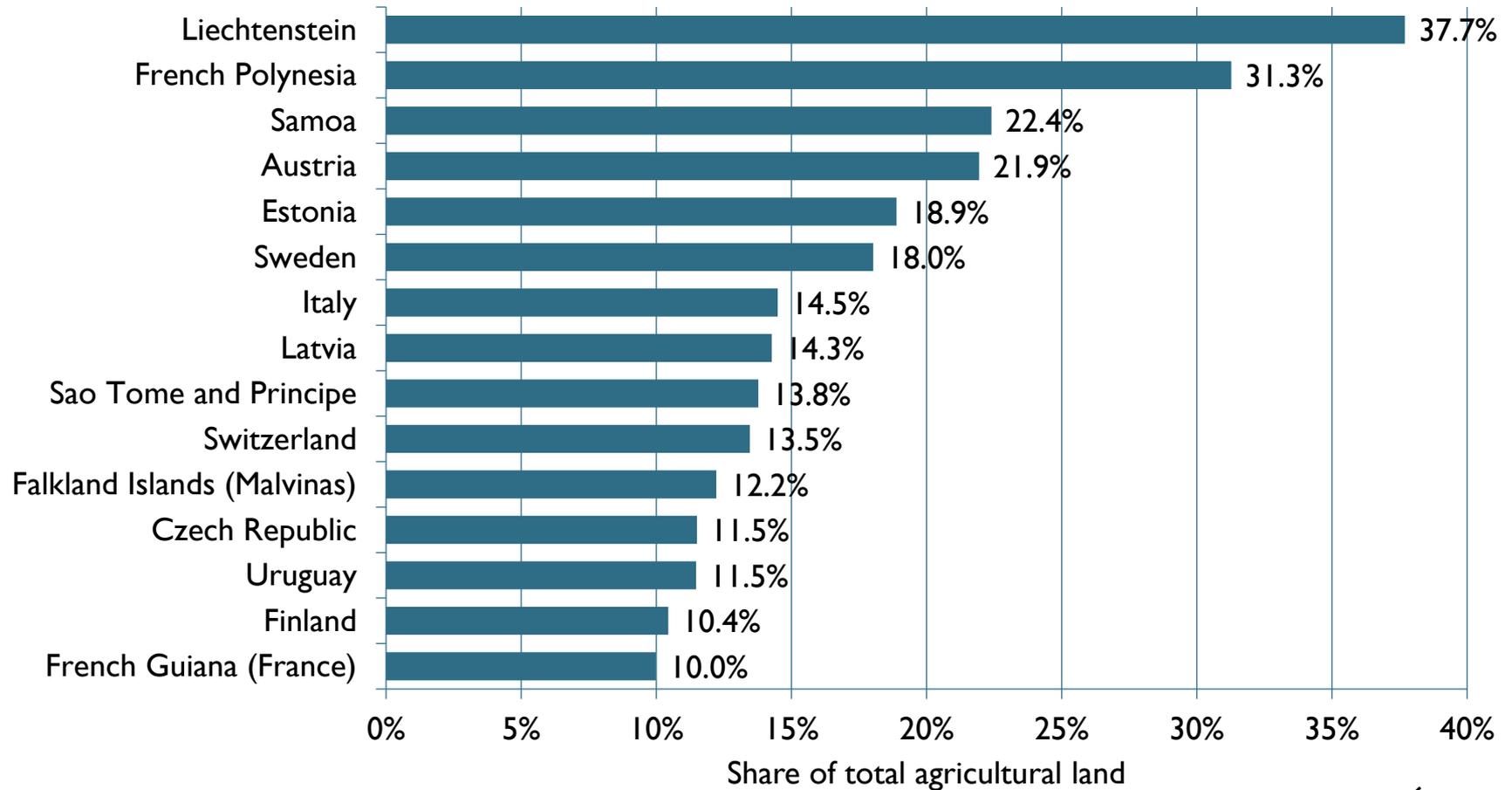


Passt das Genom-Editieren mit CRISPR/Cas 9 zum Biolandbau?

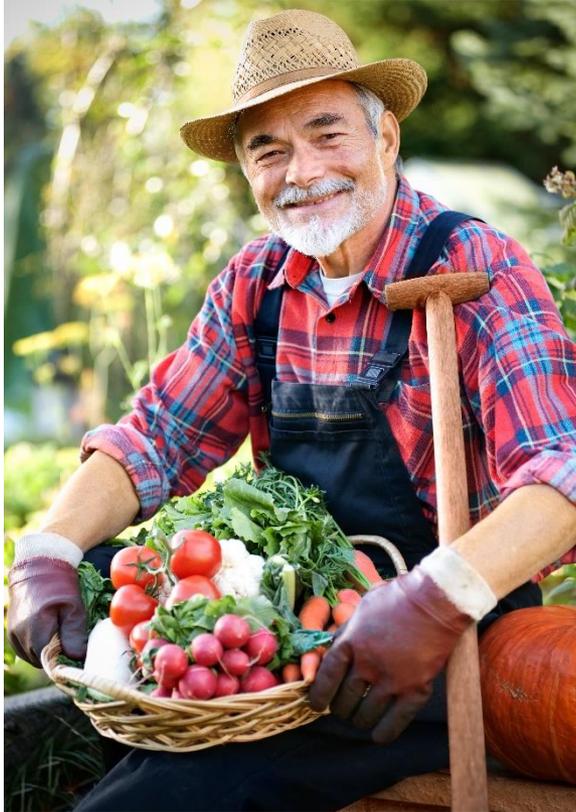


World: The highest shares of organic agricultural land 2016

Globaler Anteil der 57.8 Millionen Hektar zertifizierter Biofläche: 1.2 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche



Welchen Biolandbau strebt man an?



Die Entwicklung der Pflanzenzüchtung: Wissenschaftliche Sichtweise versus Selbstverständnis der Biobauern

- Nutzung der natürlichen genetischen Variabilität durch Selektion (spontane Mutagenese).
- Gezielte Kreuzungszucht.
- Erweiterung des Kreuzbarkeits-Pools (Hybridisierung, CMS, Embryokultur, Chromosomenverdoppelung).
- Erhöhung der verfügbaren genetischen Variabilität (Mutagenese) durch (vom Gentechnik-Gesetz ausgenommen*):
 - Bestrahlung;
 - Chemie;
 - Genom Editierung*.
 - Gentechnik (trans- und cisgen);

Jennifer Doudna & Emmanuelle Charpentier



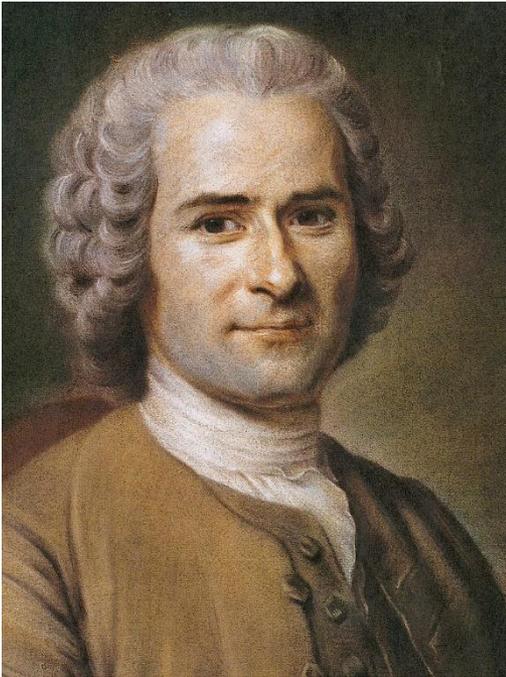
* radioaktive Bestrahlung, chemische Behandlung; Hybridzüchtung, Protoplastenfusionen, in-vitro-Vermehrung.

Kriterien für die biologische Pflanzenzüchtung



- Das Genom wird als unteilbare Einheit angesehen, keine technisch/physikalische Intervention (z.B. isolierte DNA).
- Die Zelle wird als unteilbare funktionelle Einheit betrachtet, keine technisch/physikalische Intervention (z.B. Zellfusion).
- Erhaltung der Reproduzierbarkeit in artspezifischer Weise
- Keine rechtlichen oder technischen Hindernisse zur Einschränkung des Züchterrechts
- Natürliche Kreuzungs-Barrieren respektieren.
- Förderung von offen bestäubten Sorten als Alternative zu FI-Hybriden

Philosophische Grundlage des Biolandbaus



«Retour à la nature» von Jean-Jacques Rousseau (1712-1798)



Margaret Mead († 1978) und Gregory Bateson († 1980) in Polynesien (Samoa):.

Selbstregulierende Systeme.

«Die Hauptprobleme auf der Welt sind das Ergebnis des Unterschieds, wie die Natur arbeitet und die Menschen denken»

Gregory Bateson: US - Anthropologe, Sozialwissenschaftler und Systemtheoretiker

Hauptsächliche Differenzen liegen ...

- im Verständnis von Landwirtschaft:
 - “*Agriculture versus Farming*” (Fischler, 1995). Oder eine multifunktionale Landwirtschaft versus eine international wettbewerbsfähige Nahrungsmittelproduktion;
- im Verständnis von Nachhaltigkeit:
 - Effizienz versus Suffizienz;
- im Verständnis von Natur/Natürlichkeit;
- im Verständnis von Wirtschaft;
- in der Bewertung von Chancen und Risiken;
- im Verständnis des Vorsorgeprinzips.

... aber es geht auch um Marketing und politische Durchsetzungsfähigkeit.

Gibt es Berührungspunkte für einen Dialog?



Die häufigsten Bedenken bezüglich Risiken

- Unerwünschte Nebeneffekte, wenn die Genschere an unerwünschten Ort schneidet (**off-target-Effekte**).
- Gleiche Risiken wie bei trans- und cisgenen Veränderungen mit der alten Gentechnik. Aber noch kaum Erfahrungen, also konsequente Anwendung des **Vorsorgeprinzips**.
- Damit **Entscheidungsfreiheit sicher gestellt** ist, muss die gleiche Deklaration zur Anwendung kommen wie bei GVO. Besonders, da Nachweisbarkeit eingeschränkt ist.
- **Fehlender Nutzen** für die Gesellschaft und den einzelnen Menschen (v.a. finanzielle Motive der Industrie im Vordergrund).
- **Missbrauchsgefahr** der Technik ist gross, z.B. Designerbaby, Gene Drive (Malaria: *Anopheles*-Mücke, -> überproportionale Vererbung von männlicher Sterilität).
- Negiert andere Vererbungswege (z.B. der **epigenetische, Lamarck!, «kulturelle» Vererbung**).
- Übergeht **langsamen Selektionsprozess** mit ständiger Anpassung an die Umwelt.

Die Mücken der Bakerloo und Victoria Linie
Katharine Byrne, University of London.
Turbo-Evolution in Großstädten.



Wie antwortet die Wissenschaft?



- Risiken von off-target-Effekten in der Medizin und in der Pflanzenzüchtung sind anders zu betrachten. Bei der Pflanzenzüchtung gibt es viel «Ausschuss» und die Sortenprüfung filtert Risiken aus.
- Von allen Methoden der Erzeugung von Mutagenität arbeitet CRISPR mit grossem Abstand am präzisesten.
- Bei allen gentechnischen Verfahren sind die Risiken überschaubar:
 - Akademie der Naturwissenschaften Schweiz: «Das GTG wurde ursprünglich eingeführt, weil davon ausgegangen wurde, dass gentechnische Verfahren mit speziellen Risiken verbunden sind. Heute ist bekannt, dass das grundsätzlich nicht der Fall ist».
 - GRACE: GMO Risk Assessment and Communication of Evidence.
 - Studie von Gilles-Eric Séralini wegen Mais NK603 (Tumorbildung bei Ratten und frühe Sterblichkeit): 3 umfangreiche Studien (GMO90+, GRACE, G-TWYST) haben gezeigt, dass es “Fake” war. Kosten 15 Millionen € und viele Tausende von Versuchstieren.

Off-Target Effekte gehören zur Züchtung

(Bsp. Kreuzung des Wildapfels mit einer Kultursorte)

Malus x floribunda (Japanischer Holzapfel): schorfresistent dank Vf-Gen



Malus x domestica X florinunda (Sorte Retina, Dresden-Pillniz): schorfresistent



Malus x domestica (Sorte Gala): schorfanfällig



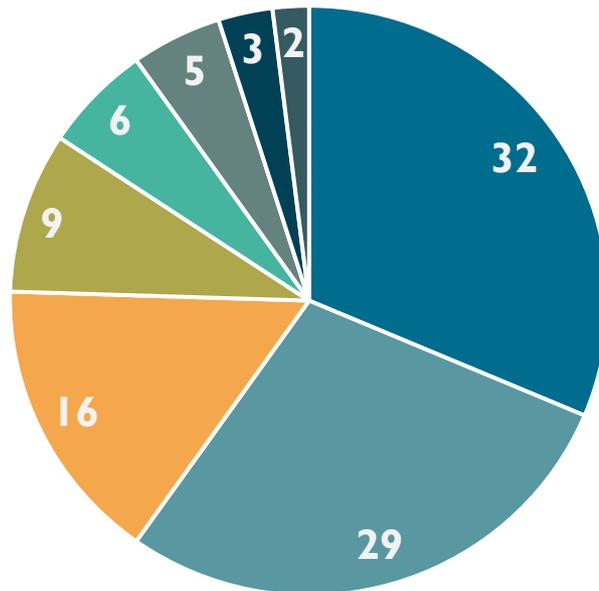
Crispr/Cas9 erlaubt Einführung des Vf-Gens einfacher, präziser, schneller und mit weniger *off-target* Effekten. (=re-wilding).

Im Endprodukt nicht von Kreuzungszucht zu unterscheiden.

Malus x sieversii (Kasachstan, Kirgistan): züchterisch wenig bearbeitete Landsorte: schorfresistent.



Nutzlos? Nutzpflanzen in der Pipeline (Anzahl)

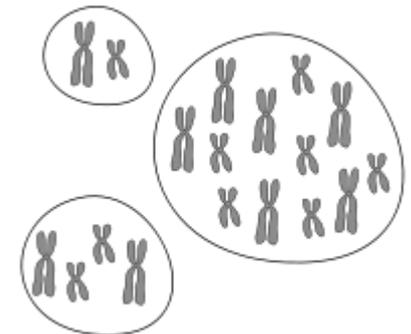


z.B. Echter Mehltau bei Weizen (hexaploid):

“We now caught all three copies, and only by knocking out all three copies can we get this [mildew]-resistant phenotype.”

Caixia Gao, IDGB Beijing

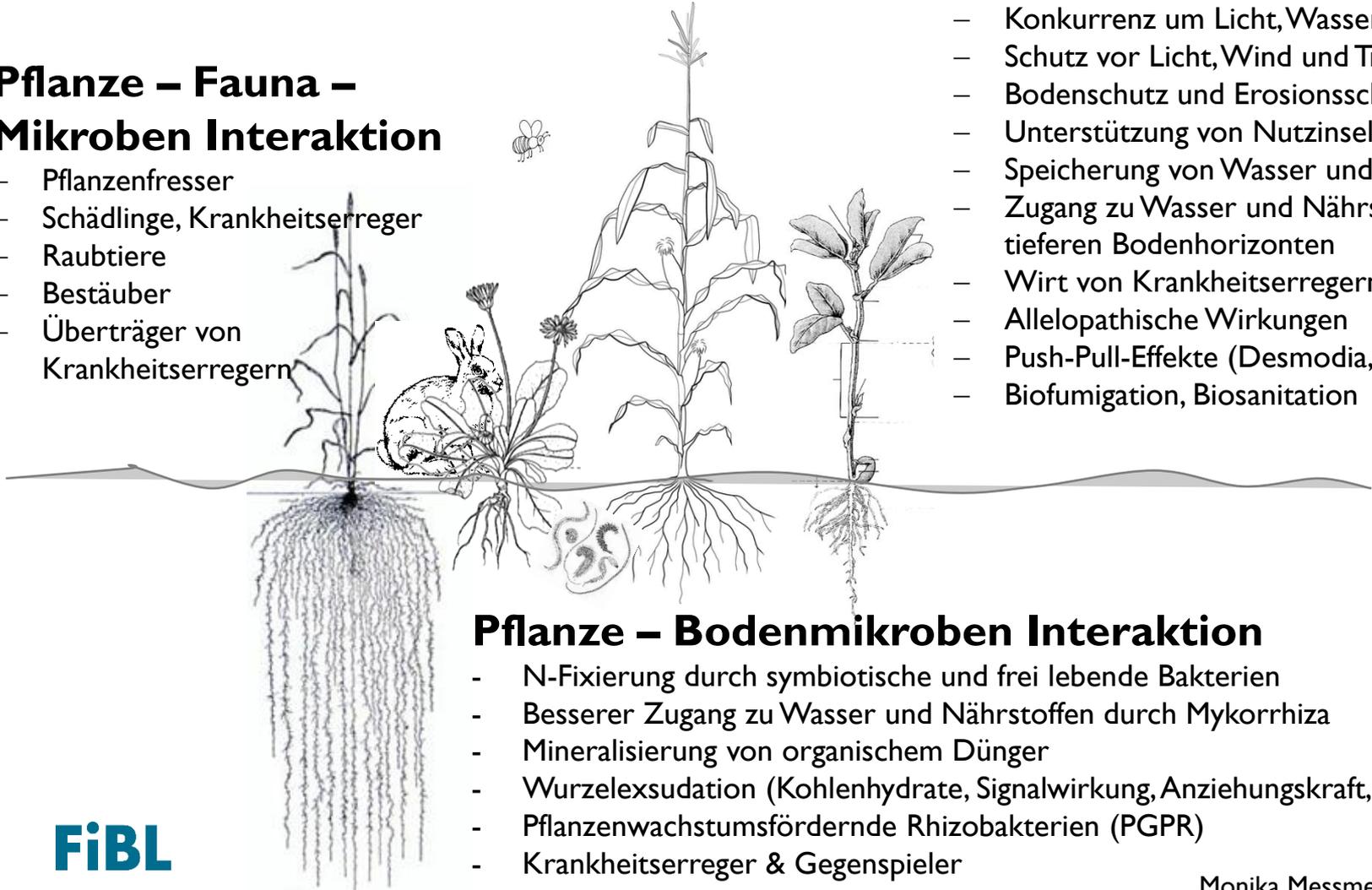
- Agronomisch (Anbautechnik)
- Biotischer Stress (Resistenzen etc.)
- Industrie/Verarbeitung
- Zierpflanzen
- Qualität
- Herbizidtoleranz
- Abiotischer Stress (u.a. Trockenheit)
- andere



Die biologische Pflanzenzüchtung nimmt den Systemansatz ernst

Pflanze – Fauna – Mikroben Interaktion

- Pflanzenfresser
- Schädlinge, Krankheitserreger
- Raubtiere
- Bestäuber
- Überträger von Krankheitserregern



Pflanze – Pflanze Interaktion

- Konkurrenz um Licht, Wasser, Nährstoffe
- Schutz vor Licht, Wind und Transpiration
- Bodenschutz und Erosionsschutz
- Unterstützung von Nutzinsekten
- Speicherung von Wasser und Nährstoffen
- Zugang zu Wasser und Nährstoffen in tieferen Bodenhorizonten
- Wirt von Krankheitserregern
- Allelopathische Wirkungen
- Push-Pull-Effekte (Desmodia, Napiergras)
- Biofumigation, Biosanitation

Pflanze – Bodenmikroben Interaktion

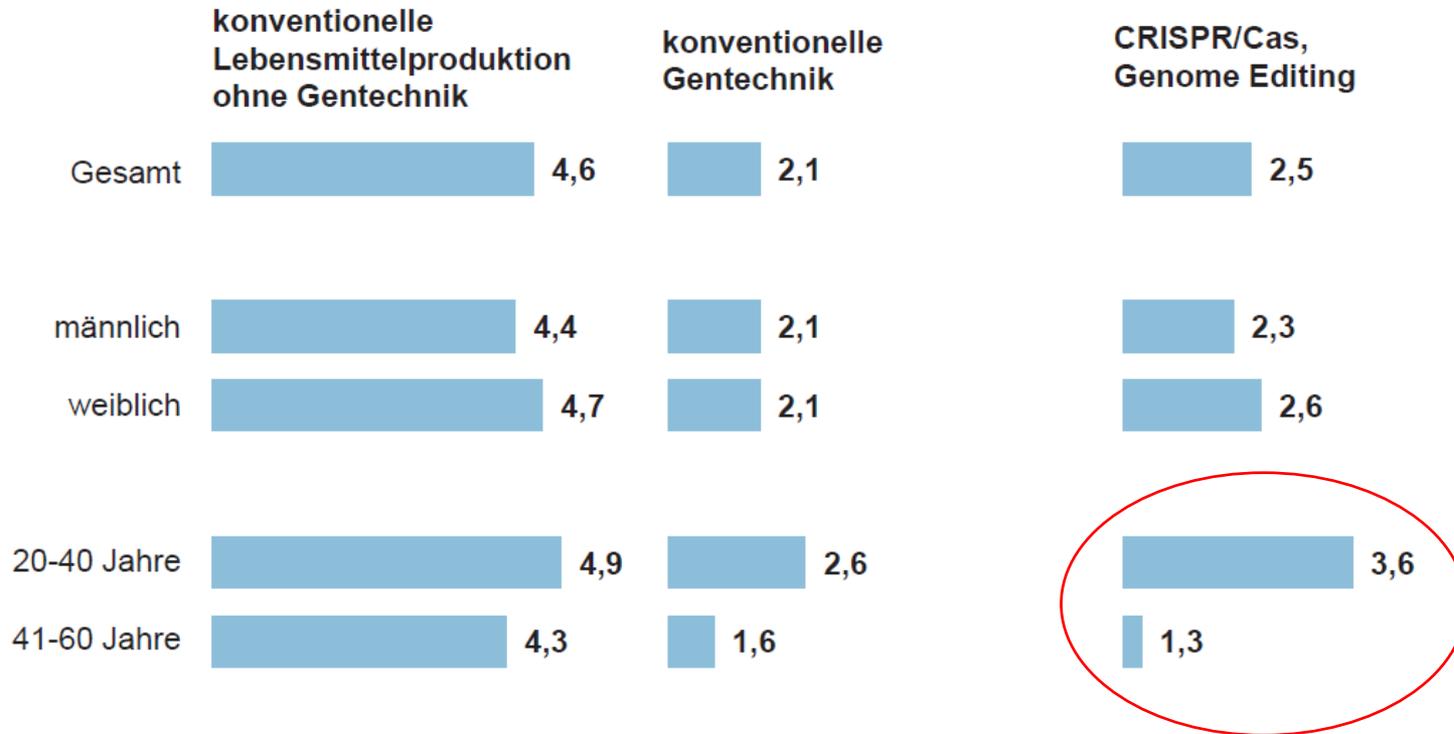
- N-Fixierung durch symbiotische und frei lebende Bakterien
- Besserer Zugang zu Wasser und Nährstoffen durch Mykorrhiza
- Mineralisierung von organischem Dünger
- Wurzelexsudation (Kohlenhydrate, Signalwirkung, Anziehungskraft, Repellentien)
- Pflanzenwachstumsfördernde Rhizobakterien (PGPR)
- Krankheitserreger & Gegenspieler

Ethische Bedenken

- Der Mensch nimmt die Keimbahn von Lebewesen (auch der eigenen) in seine Hände.
- Die Technologie entgleitet der Kontrolle (Frankenstein Food!).
- Jennifer Doudna: «*Someday we may consider it unethical not to use germline editing to alleviate human suffering*». (A crack in creation, 2018).
- Emmanuelle Charpentier: «Aber wenn es um die praktische Anwendung geht, muss man sehr genau festlegen, wo der Punkt ist, an dem es heisst: bis hierhin und nicht weiter. Diesen Konsens müssen wir finden – und alle sich daran halten.» (17.5.2017, Tagesanzeiger).
- Die Gesellschaft führt eine einseitige Risiko-Debatte. Die Risiken und Potentiale müssen aber gleichermassen betrachtet werden.

Steht ein Generationenwechsel bevor?

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die Lebensmittel, die mit den folgenden Methoden produziert wurden, kaufen würden?



Alle Befragten (A7); n=39; Angaben in Mittelwerten auf einer Skala von 5 = sehr wahrscheinlich bis 1 = sehr unwahrscheinlich

Concentration in Seed Markets

Studie der OECD, Dezember 2018



Tweets **1.067** Folge ich **400** Follower **250** Gefällt mir **315**

Folgen

Koen Deconinck

@DeconinckKoen

Agricultural economist at @OECDagriculture, working on #AgOutlook and ag/food policy. Views are my own

Paris, France

Beigetreten August 2018

Tweets Tweets & Antworten Medien

Angehefteter Tweet



Koen Deconinck @DeconinckKoen · 4. Dez. 2018

Our @OECDagriculture study on concentration in #seed markets is out today! See below for the full publication or, if you're in a hurry, a 2-page policy brief 📄



OECD Agriculture ➔ Towards Better Food Policies @...

Well-functioning seed markets essential for agriculture and global #foodsecurity. New #OECD work by @DeconinckKoen examines concentration in seed markets. [Book](#) [bit.ly/2Uldu5xu](#)

Neu bei Twitter?

Melde dich jetzt an, um deine eigene, personalisierte Timeline zu erhalten!

Registrieren

Weltweit Trends

#ÇokUygunFiyatlardanTTVerilir

Empfehlungen der OECD

- **Avoid unnecessary regulatory barriers to entry**, which is of particular importance given the emergence of new plant breeding techniques potentially accessible to smaller enterprises. While a sound regulatory framework is necessary to ensure markets function properly, regulation may also inadvertently create transaction costs and barriers to entry, which could in turn contribute to higher levels of market concentration.

Der große Schwachpunkt der Landwirtschaft und Ernährung, trotz intensiver Diskussion: Nachhaltigkeit





Westlicher Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*)

«Mit neuen Züchtungstechnologie unterstützt man nur industrielle Landwirtschaft» ist eine falsche Aussage



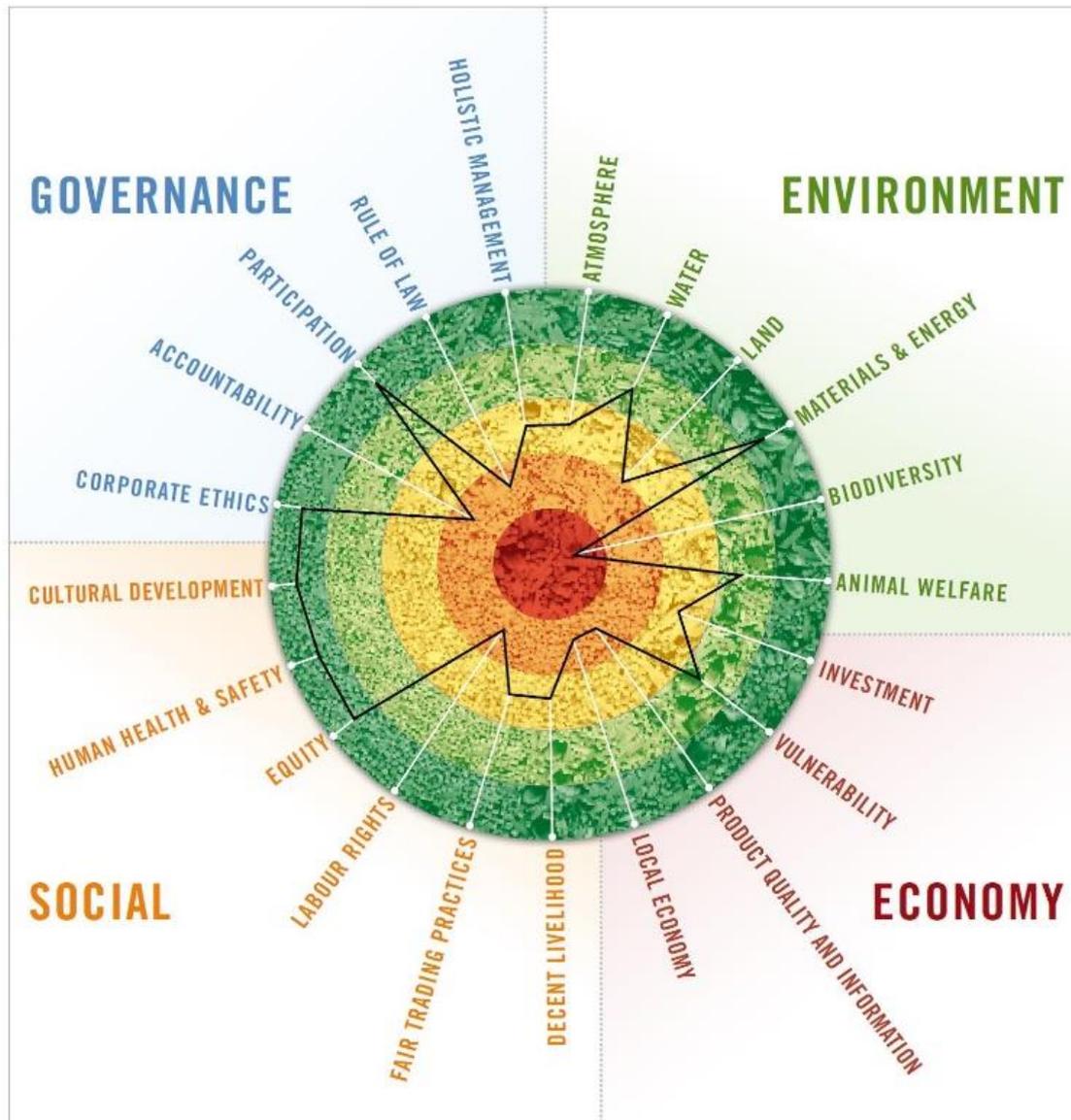
Industrielle Landwirtschaft ist Folge von ökonomischen und technologischen Rahmenbedingungen.

3000 ha Biofarm Laguna Blanca in Argentinien. Vielfalt mit Präzisionslandwirtschaft.

(Bild Tompkins Conservation Stiftung)



Es braucht endlich verbindliche Methoden der Nachhaltigkeitsbetrachtung: SAFA Richtlinien der FAO

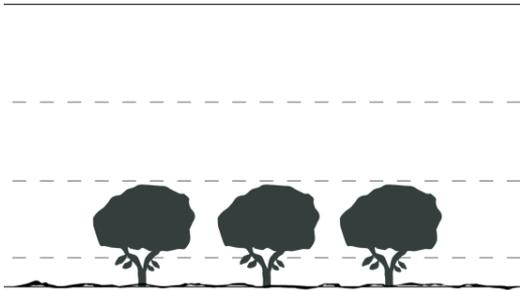


- 4 Dimensionen
- 21 Themen
- 58 Unterthemen **mit definierten Nachhaltigkeitszielen.**
- Geeignete Bewertungstools mit zahlreichen Indikatoren und wissenschaftlich abgestützten Kennzahlen/Messgrößen



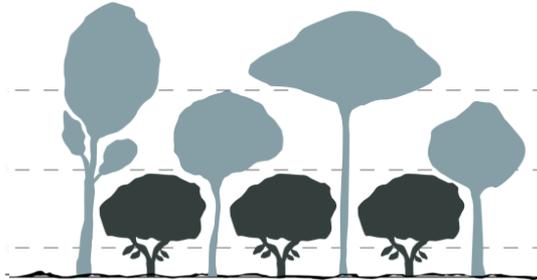
Cocoa production systems, Rio Alto Beni, Amazonian watershed, Bolivia (FiBL projet)

Monocultures



Organic
Conventional

Agroforestry systems



Organic
Conventional

Successional agroforestry systems



Organic
(no external input)



Potentiell interessante Anwendungen von CRISPR-Cas9 aus der Sicht einer nachhaltigen Landwirtschaft

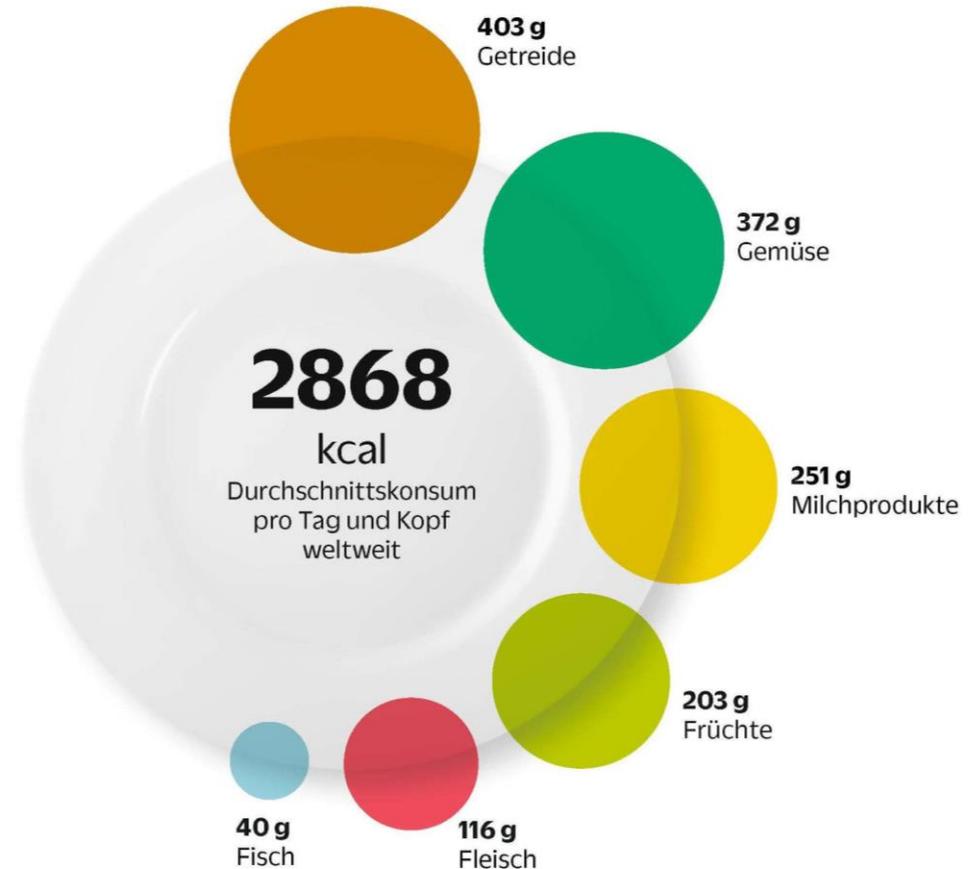
- Erhöhung der Mutationsrate für spezifische Merkmale (*site directed mutagenesis*).
- Gezieltes Ausschalten von Genen mit unerwünschten Eigenschaften durch Änderung einzelner Basenpaare, so dass kein funktionsfähiges Protein mehr gebildet werden kann.
- Gezielte Änderung der Genfunktion durch Änderung einzelner Basenpaare.
- Ganz gezieltes Einfügen von artverwandten neuen Genen z.B. aus Wildpflanzen (Cisgenese/re-wilding).

Alternativen: Biolandbau, Agrarökologie, Agroforstwirtschaft, Permakultur, neue Lebensmittel (Algen, Insekten etc.)

Produktion

4600 kcal pro Tag
und Kopf weltweit

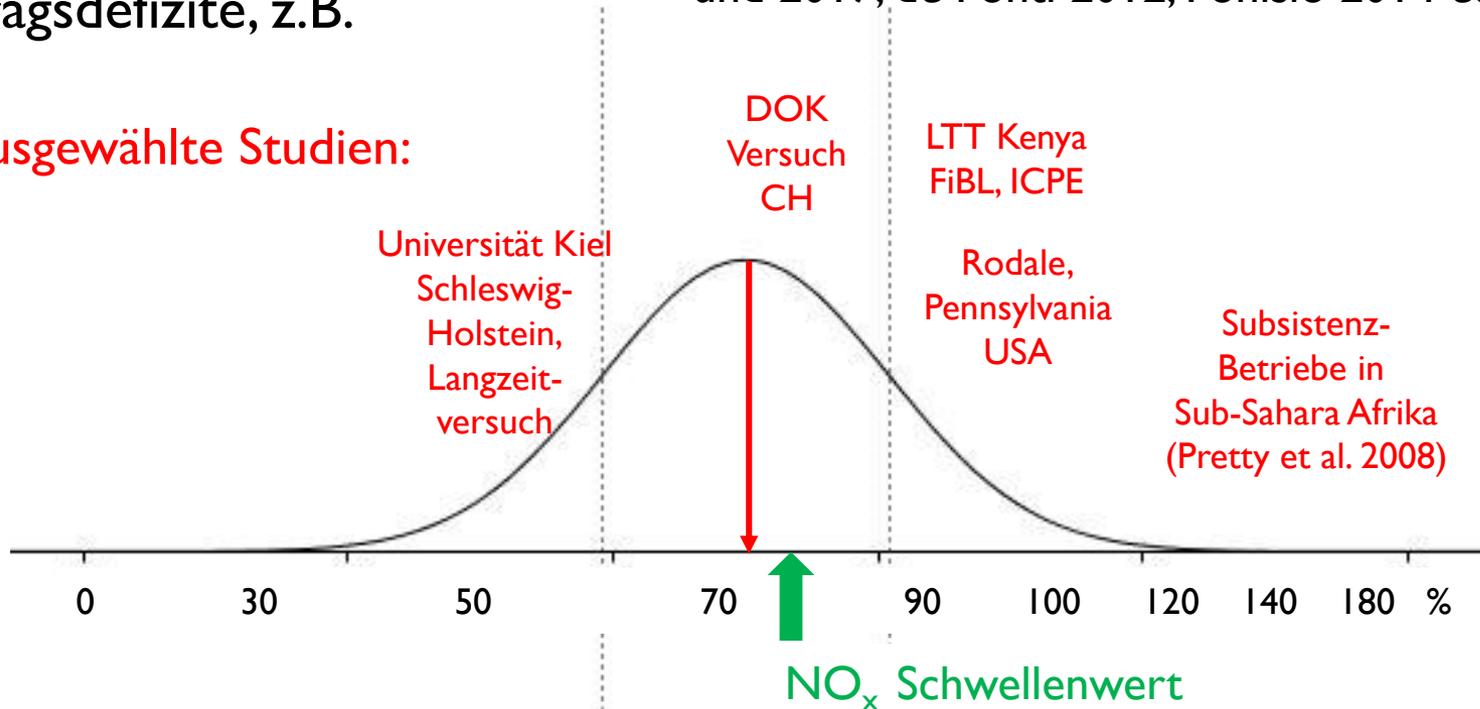
Konsum



Alle ökologisch ausgerichteten Anbauweisen haben Ertragsdefizite, z.B.

Meta-Analysen Erträge bio-konventionell (Badgley 2007, Seufert 2012 und 2017, de Ponti 2012, Ponisio 2014 etc.)

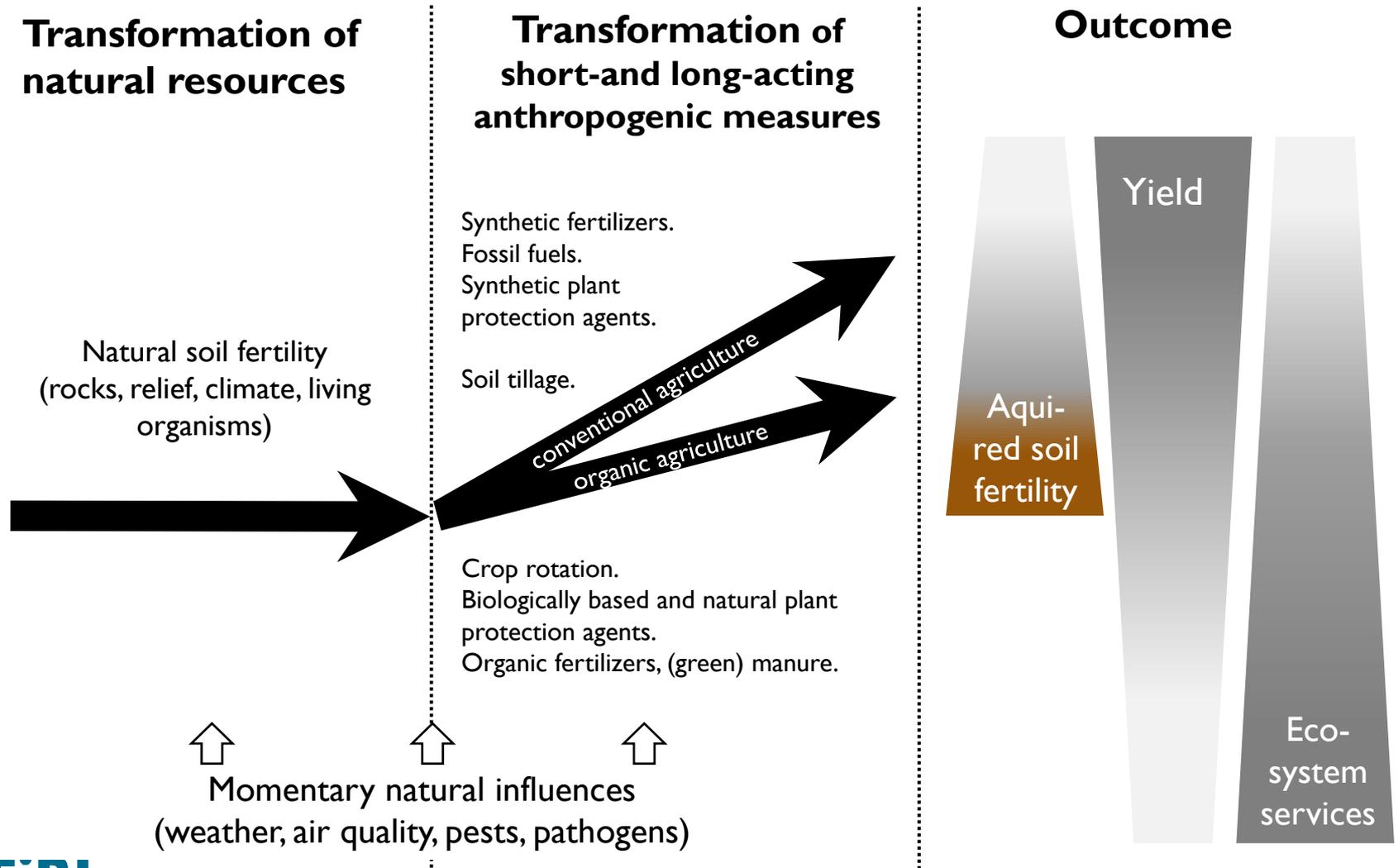
Ausgewählte Studien:



Skinner, C., Gattinger, A., Müller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., Ruser, R. and Niggli, U. (2014) Science of the Total Environment, pp. 553-563 DOI information: 10.1016/j.scitotenv.2013.08.098

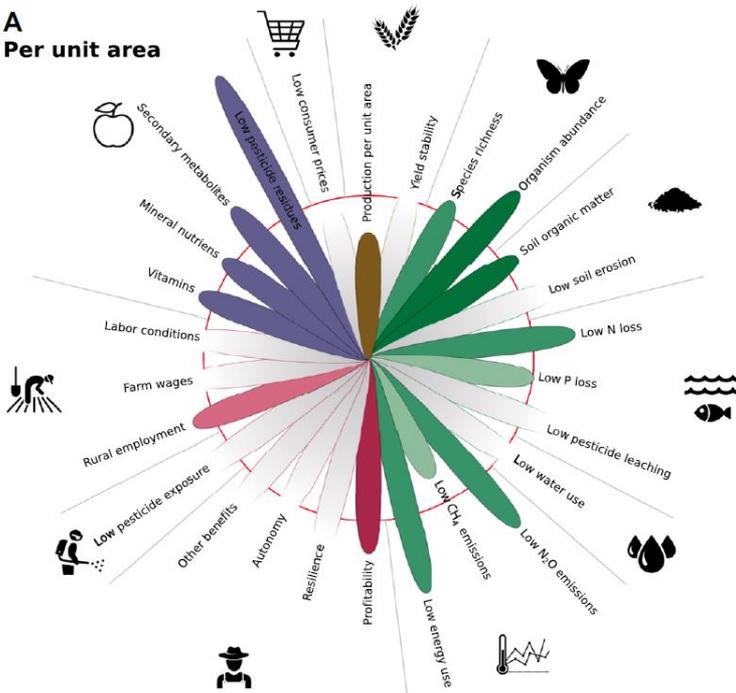


Resource and input efficiency



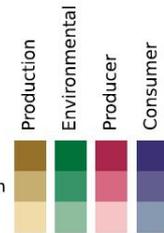
Absolute versus relative Leistungsfähigkeit des Biolandbaus – im Vergleich zu konventionell

A
Per unit area

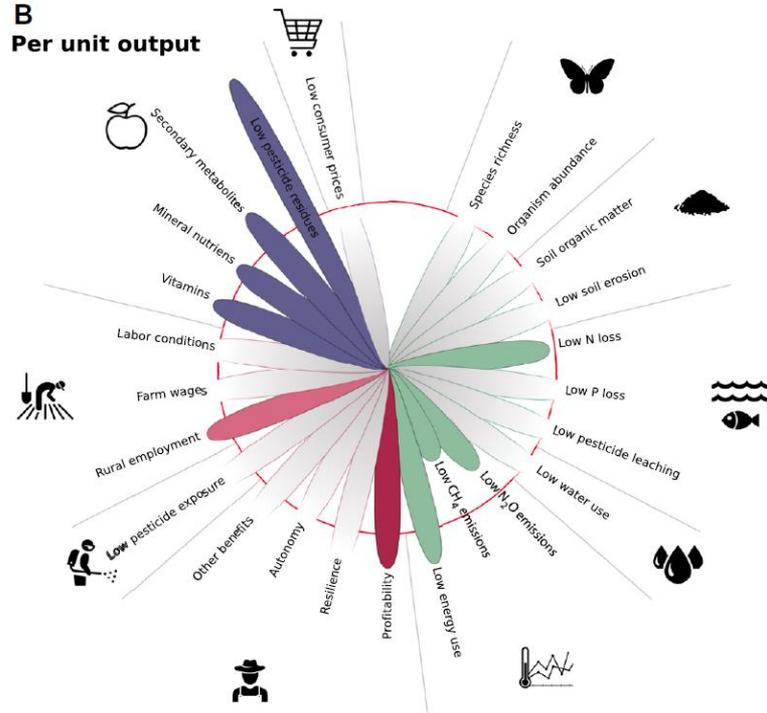


Uncertainty

Low
Medium
High



B
Per unit output

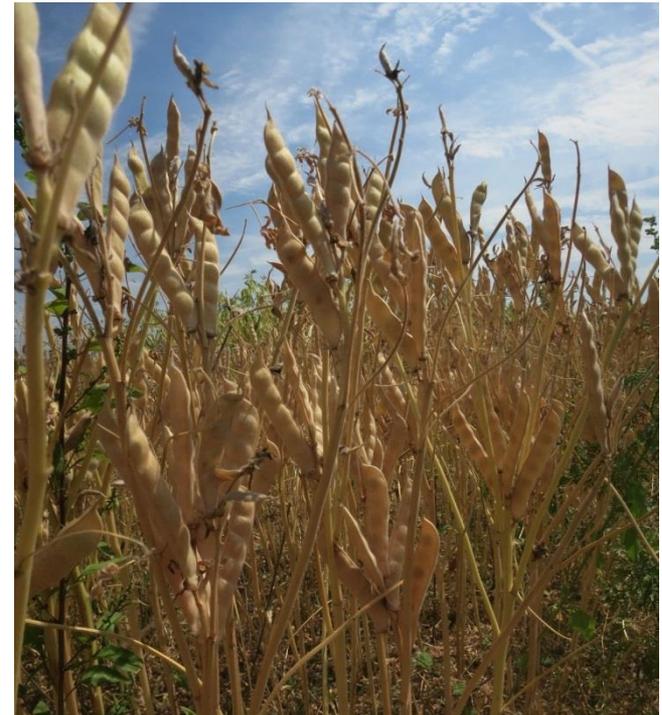
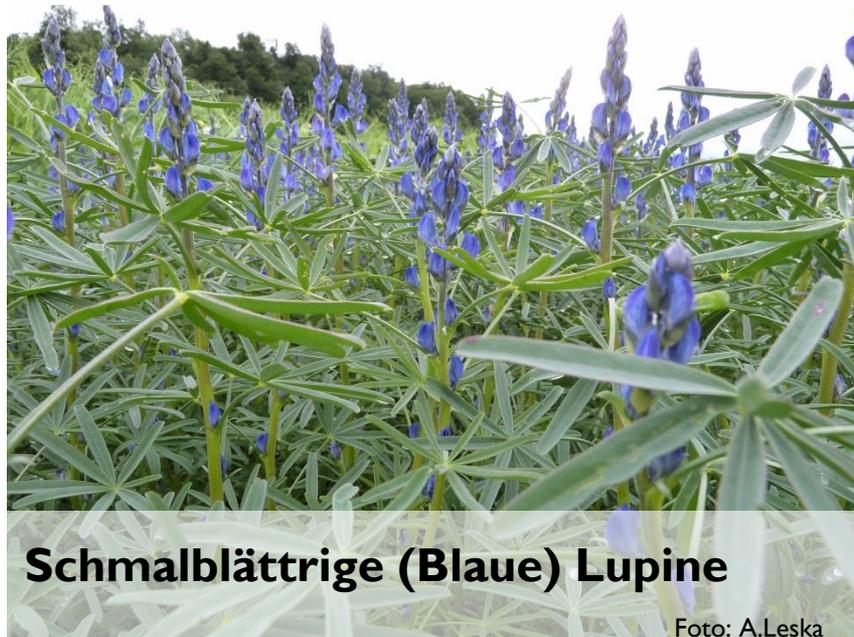


Vorteilhaftigkeit pro **Fläche**

Vorteilhaftigkeit pro **Ertrag**

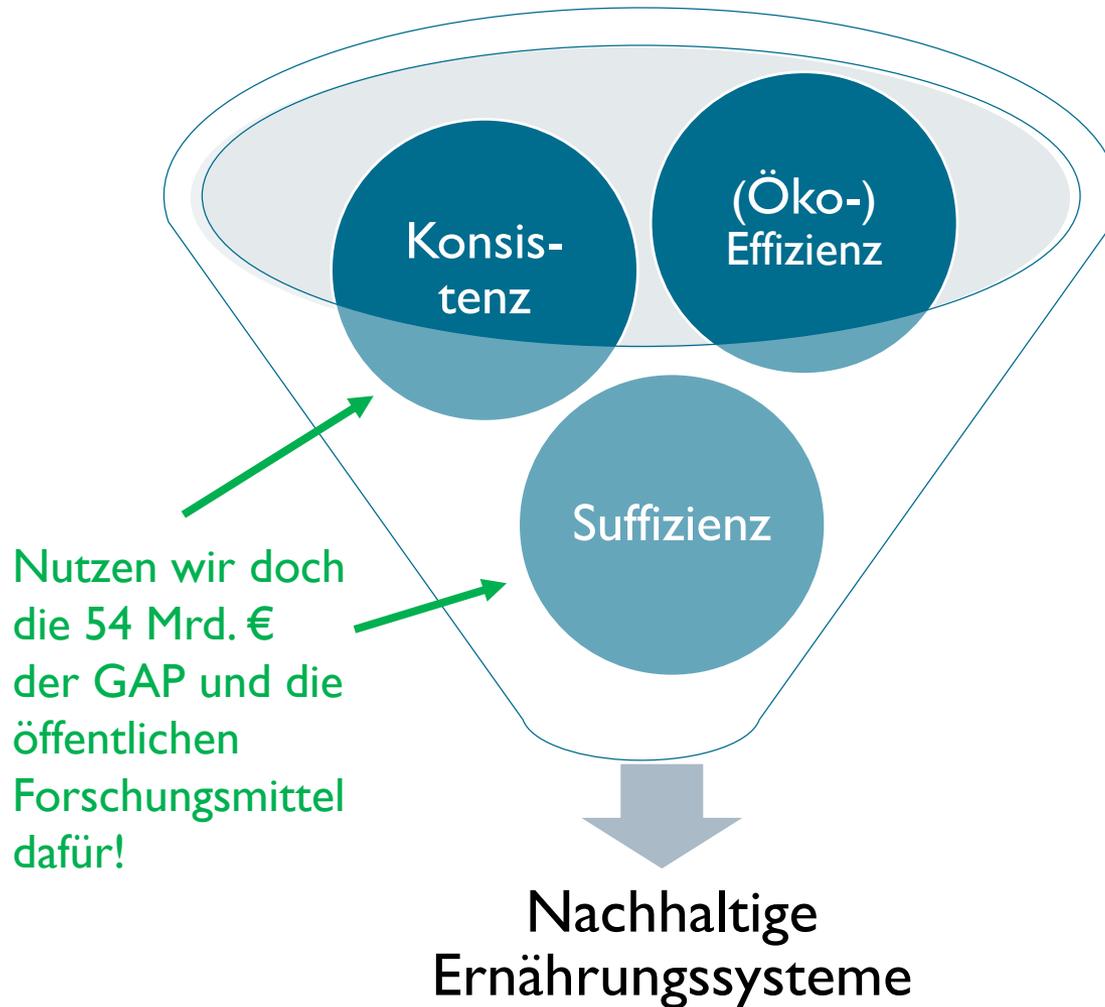
Oder in der Züchtung: z.B. Lupinen als Eiweisspflanzen

- Brennfleckenkrankheit, Anthraknose (v.a. Weisse Lupine)
- Mangelhafte Unkrautunterdrückung (v.a. Blaue Lupine)



- pH- bzw. Kalk-Intoleranz (v.a. Blaue Lupine)
- Späte Reife (v.a. Weisse Lupine.)

Zurück zur Nachhaltigkeit



(Öko-)Effizienz:

Mehr Output mit weniger Input und kleinerem Umweltfußabdruck.

Konsistenz:

Anpassungsfähigkeit an regionalen, kulturellen und sozioökonomischen Kontext; Resilienz; Verträglichkeit von anthropogenen und natürlichen Stoffflüssen; *cradle-to-cradle*.

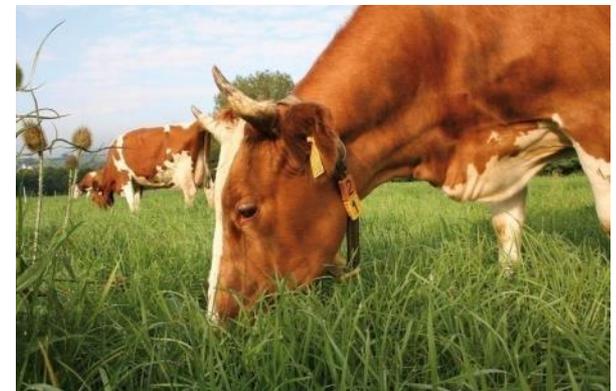
Suffizienz:

Beschränkung des Konsums und des Abfalls; Vermeidung von *Rebound*-Effekten.

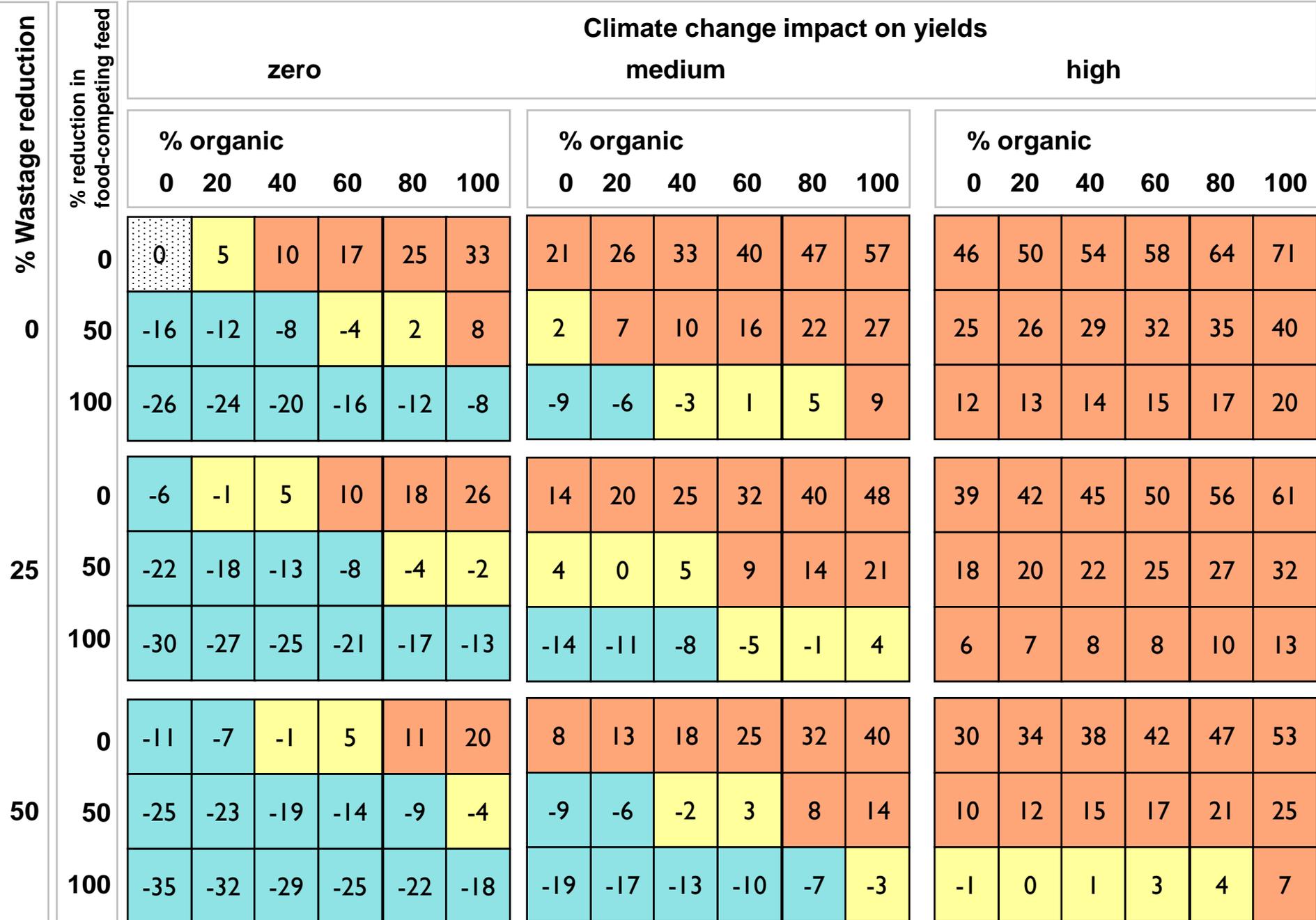
Zwei Modellierungsstudien: Umstellung auf Bio, Reduktion der Lebensmittelverluste, Reduktion der Futtermittelproduktion auf Ackerland (im Vergleich Basisszenario FAO 2050).

Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, K., Leiber, F., Stolze, M. and Niggli, U., 2017, Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture, **Nature Communications** October/2017.

Schader, C., Muller, A., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Makkar, H.P.S., Klocke, K., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M. and Niggli, U., 2015, Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability, **Journal of the Royal Society Interface** 12: 20150891



Bedarf an Ackerflächen



Der “ewige” Konflikt zwischen Effizienzsteigerung und freiwilliger Suffizienz, dargestellt an zwei US-Wissenschaftlern:

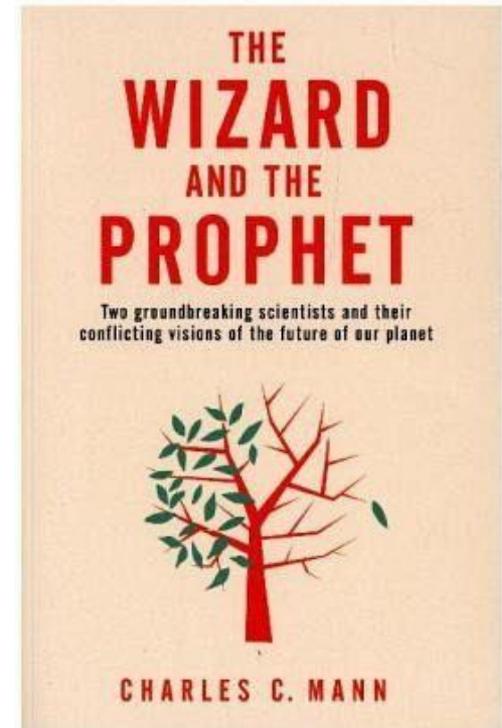
Charles C. Mann: **The Wizard and the Prophet.**

How Will We Feed the New Global Middle Class? March 2018

Norman Ernest Borlaug
(1914-2009)



William Vogt
(1902 –1968)



Schlussfolgerungen

- Biolandbau und Wissenschaft betonen unterschiedliche Werte und Konzepte, welche einen Dialog über neue Züchtungsmethoden zurzeit verunmöglichen. Unterschiede liegen im gesellschaftlichen Wert der Landwirtschaft, im Narrativ der Nachhaltigkeit, in der Gewichtung des Vorsorgeprinzips und in den Qualitätsansprüchen.
- Ein Dialog ist notwendig, da auf beiden Seiten richtige und falsche Argumente verwendet werden.
- Die globale Ernährung kann auf eine ressourcenschonende Art und Weise mit hohen Anteilen an Biolandbau erreicht werden, wenn deutlich weniger Ackergetreide für die Fleischproduktion verwendet und die Lebensmittelverschwendung stark reduziert wird.
- Die konventionelle Landwirtschaft kann vom Biolandbau viel lernen, während sich der Biolandbau in einigen Bereichen modernisieren muss.
- Die zurzeit häufig genannten technologischen Veränderungen in der allgemeinen Landwirtschaft (Digitalisierung und molekulare Beschleunigung der Züchtung) brauchen eine Einbettung in komplexe Anbausysteme und Agrarstrukturen.