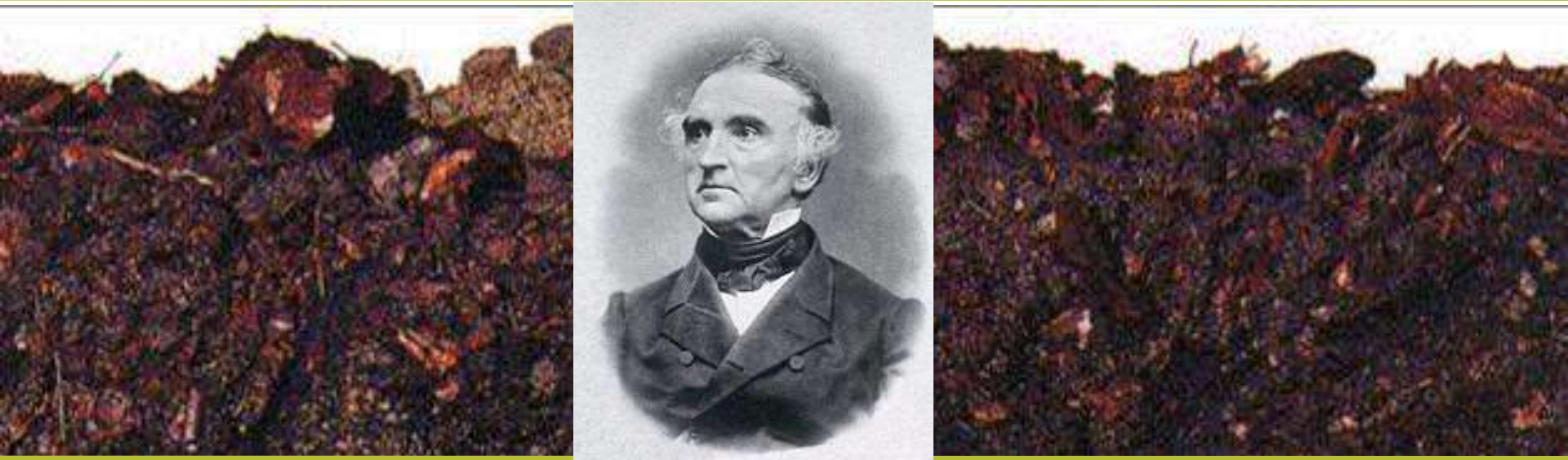


# SENCKENBERG

world of biodiversity



## Boden und Liebig

Der große Chemiker aus Sicht eines Biodiversitätsforschers

**Prof. Dr. Willi Xylander**

Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz

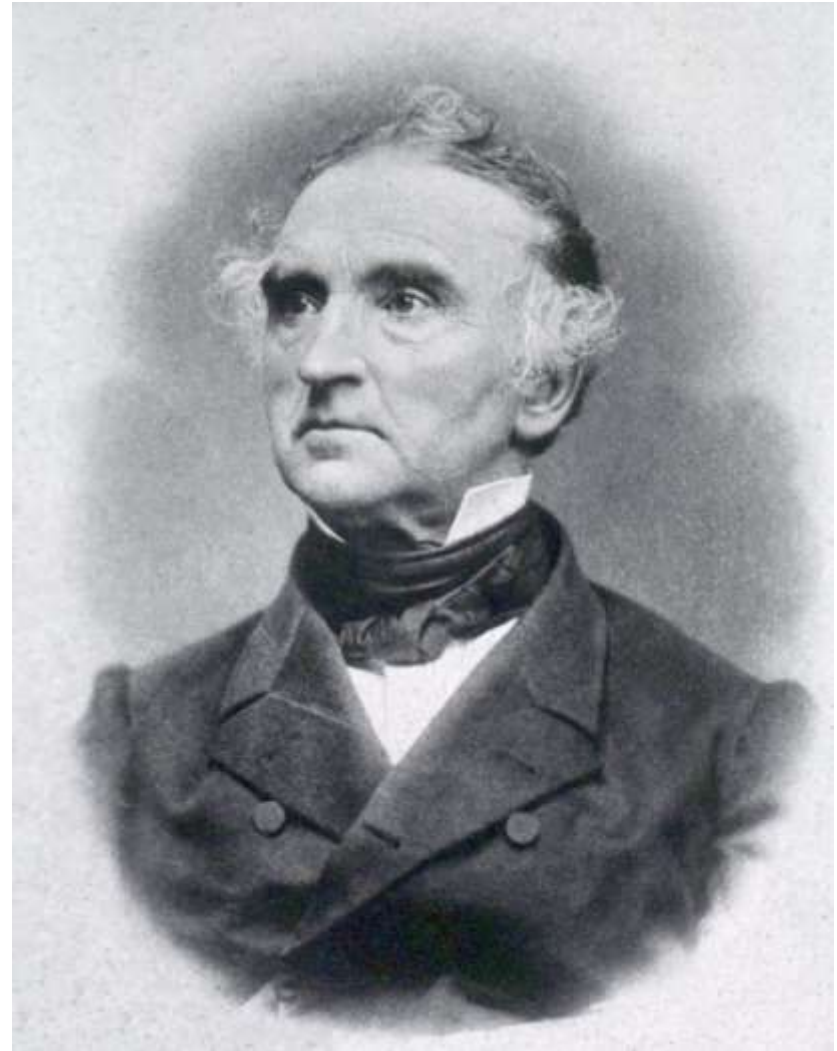
**Vortrag an der Gesamtschule Gießen-Ost, 23.09.2019**

## Justus von Liebig

Geboren 12. Mai 1803

Gestorben 18. April 1873




Einer der bedeutendsten  
Chemiker

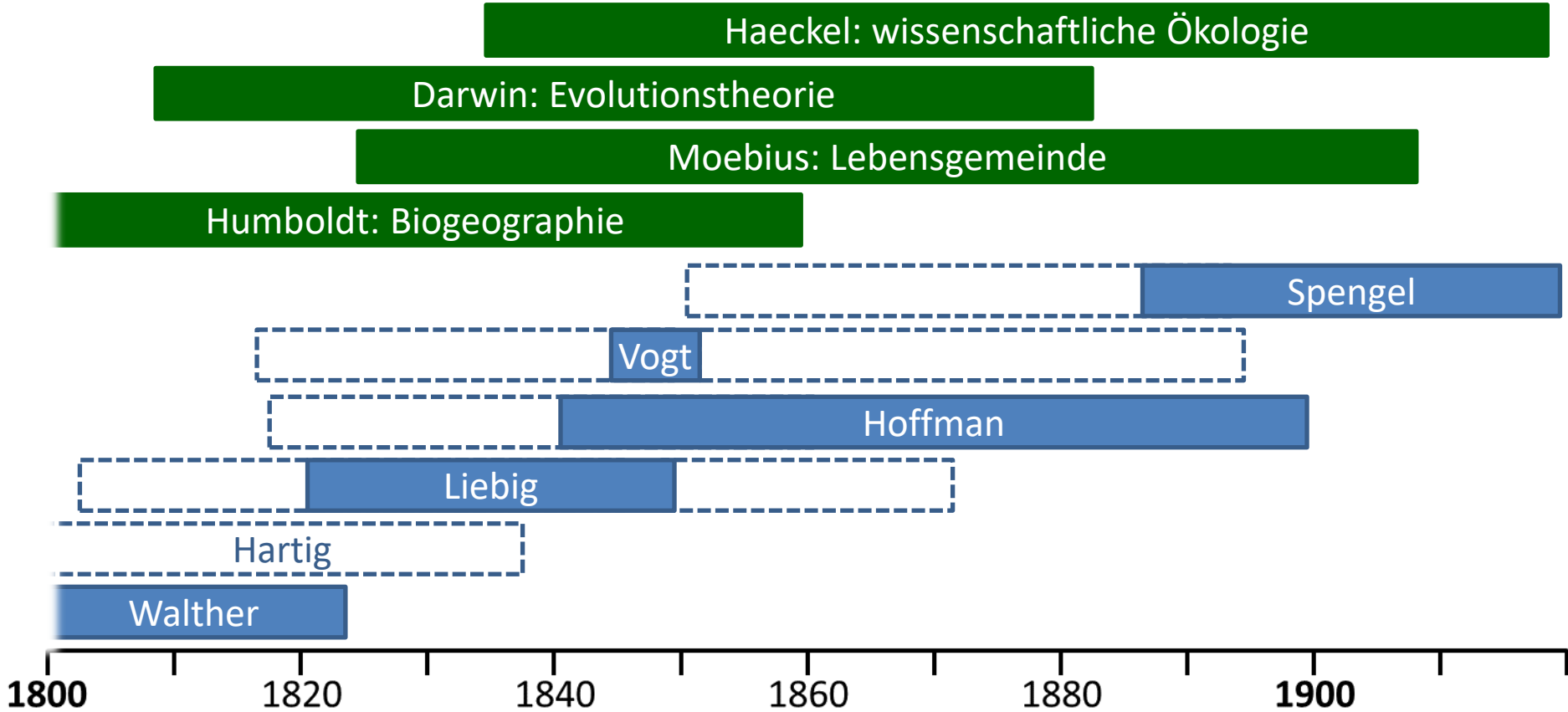


Quelle: <http://ihm.nlm.nih.gov/images/B17480>, Gemeinfrei,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19141954>

# 19tes - frühes 20tes Jahrhundert:

## Kollegen

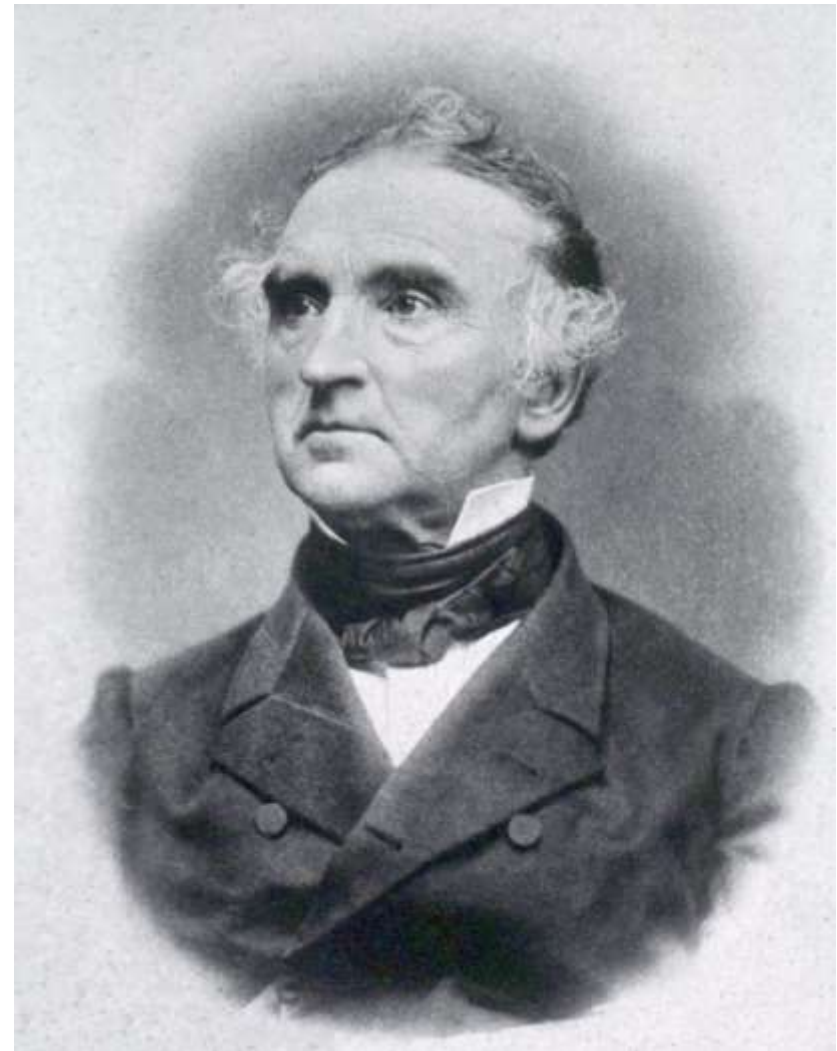
-  : Zeit in Gießen
-  : Lebensdauer
-  : Zeitgenossen



## Justus von Liebig

### Förderer der Landwirtschaft

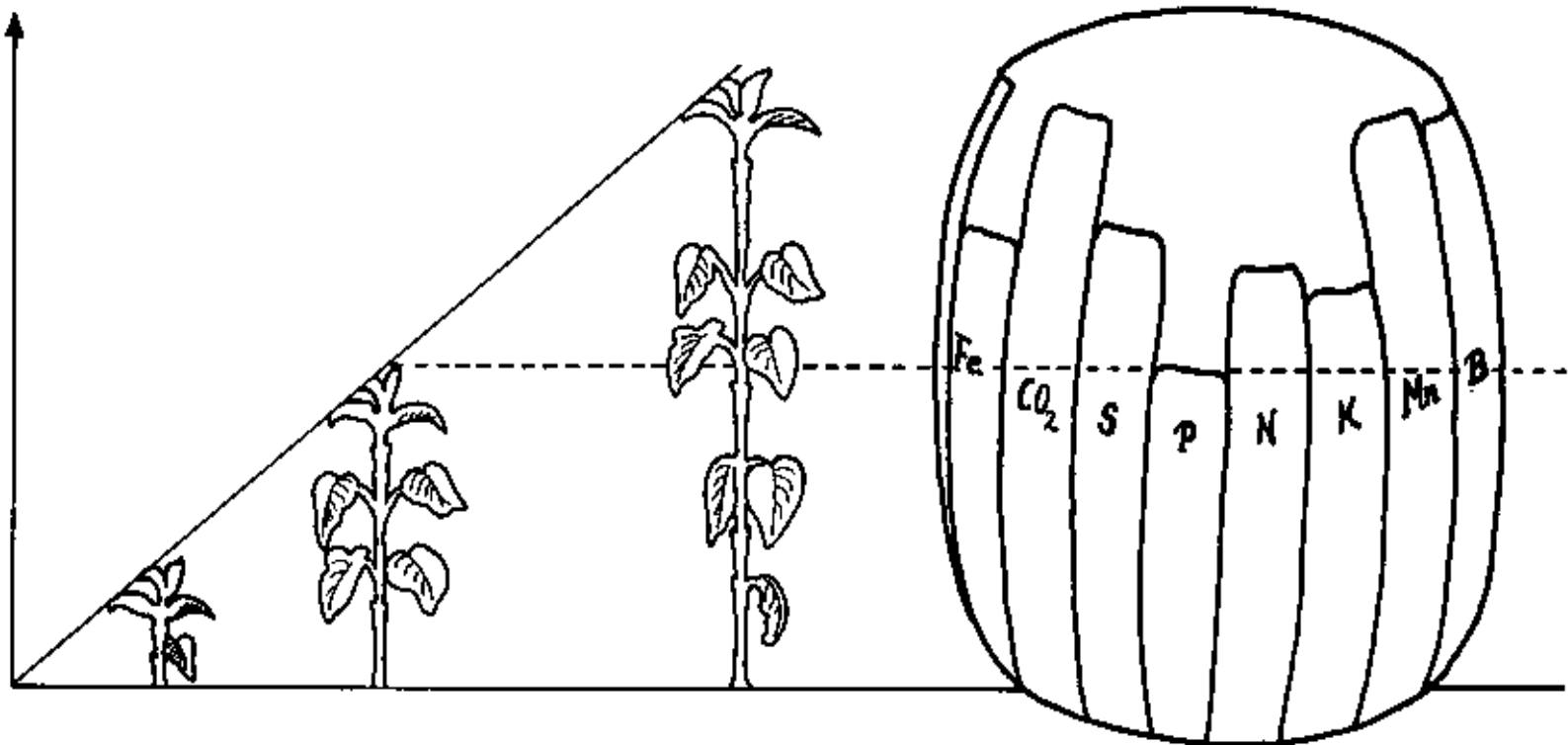
- Wollte Hungersnöte verhindern
- Zeigte die Bedeutung von Nährstoffen für den Nutzpflanzenertrag
- Propagizierte den Einsatz von Kunstdünger (Superphosphat)
- Hatte extremen Einfluß auf die moderne Landwirtschaft



Quelle: <http://ihm.nlm.nih.gov/images/B17480>, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19141954>

# SENCKENBERG

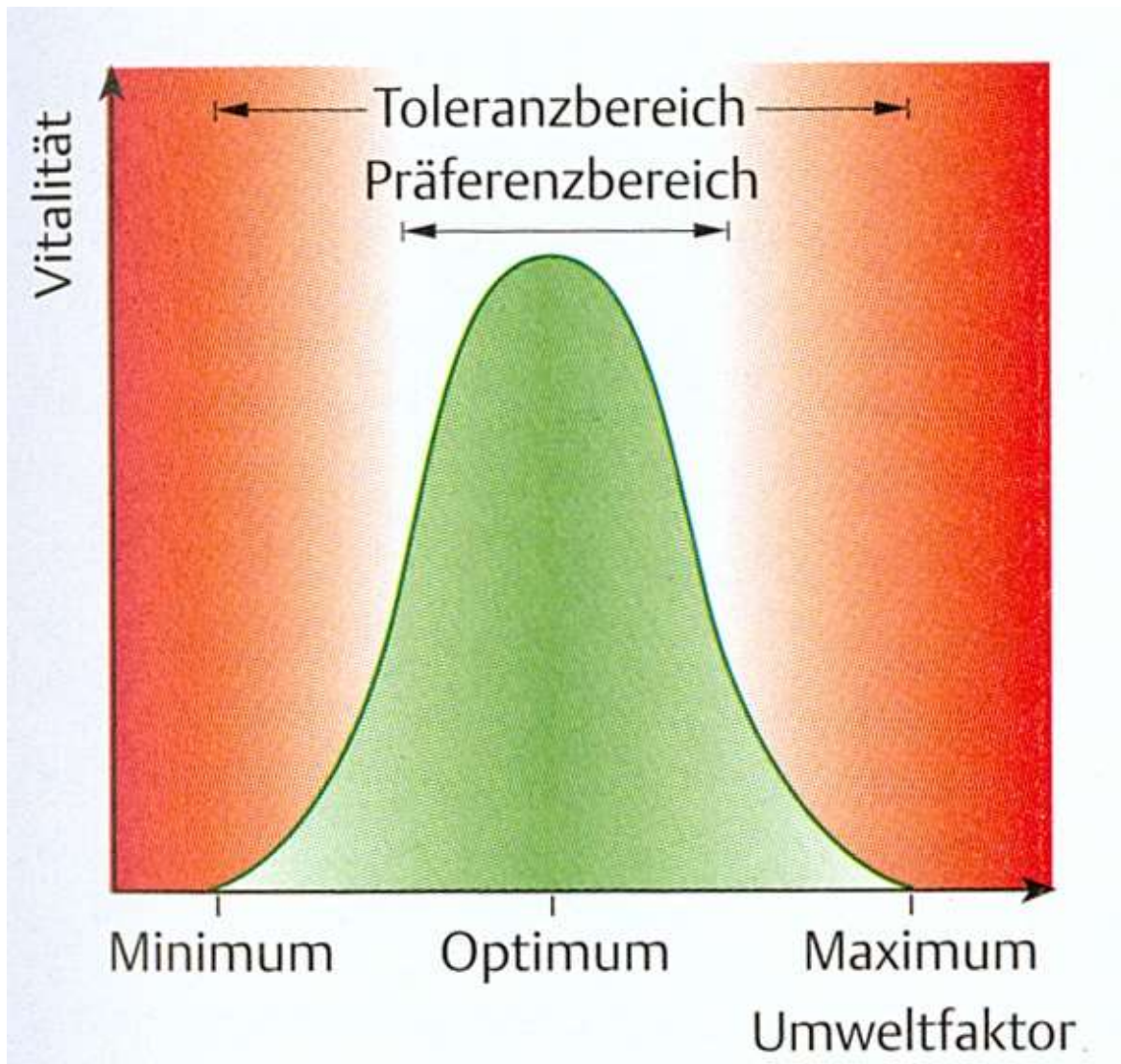
- Phosphat ist Mangelfaktor, nicht nur in aquatischen Ökosystemen
- Sein Vorkommen limitiert – neben Stickstoff - das Pflanzenwachstum



Aus: Arbogast, Leist, Nevermann & Xylander (1997)



# SENCKENBERG



## **In den letzten 100 Jahren wurden enorme Produktivitätssteigerungen erzielt**

Immer mehr Menschen werden von einem Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche ernährt. Der Hektarertrag für Weizen zum Beispiel lag vor gut 100 Jahren bei 18,5 Dezitonnen. Heute liegt er mit 73,9 Dezitonnen viermal so hoch.

Quelle: <https://mobil.bauernverband.de/12-jahrhundertvergleich>



## **Technischer Fortschritt ist Ursache für die enorme Produktivitätssteigerung**

Die enorme Erzeugungssteigerung hat ihre Ursachen im Einsatz von arbeitssparenden hocheffizienten Produktionsmitteln und in der Mechanisierung der Landwirtschaft. Anstelle von Zugtieren kamen motorisierte Maschinen zum Einsatz. Heute bestimmen immer mehr Informations- und Kommunikationstechniken den Technikeinsatz in der Landwirtschaft.

Präzisionslandwirtschaft, computergesteuerte Fütterung, integrierte Nahrungsmittelketten und Melkroboter sind Stichworte für die moderne Landwirtschaft von heute.

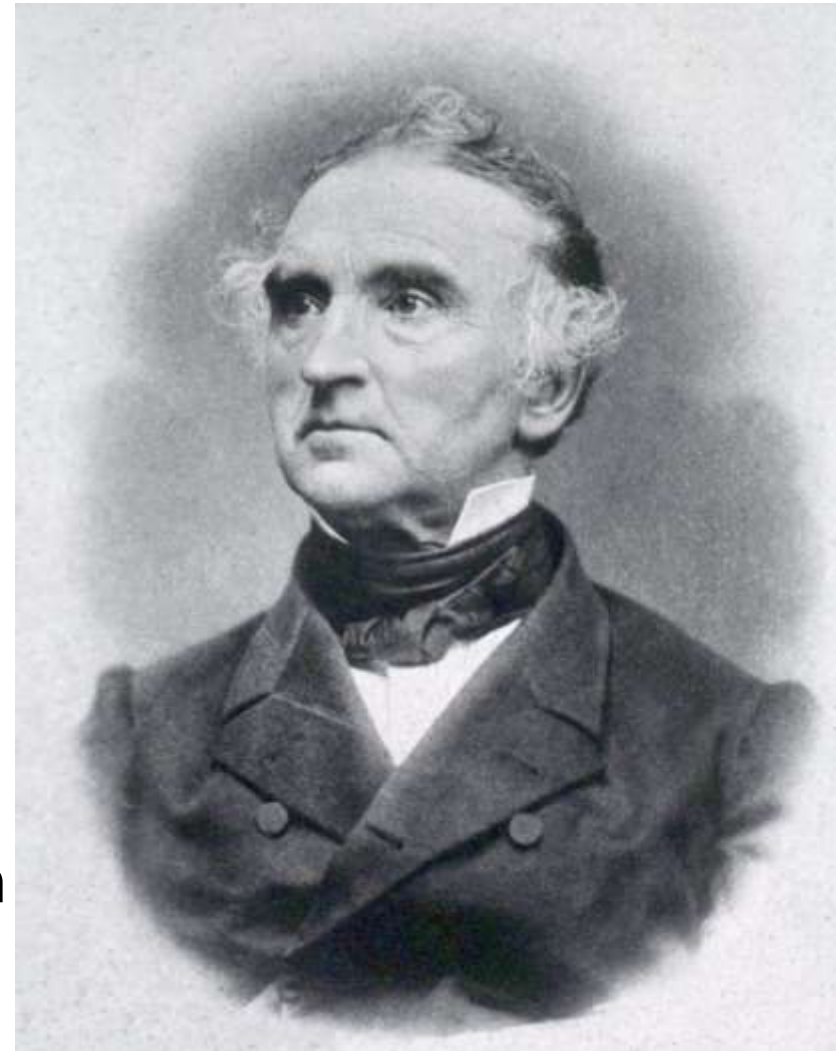
Quelle: <https://mobil.bauernverband.de/12-jahrhundertvergleich>



## Aber am Anfang stand Liebig.....

Seine Forschungen ermöglichten,

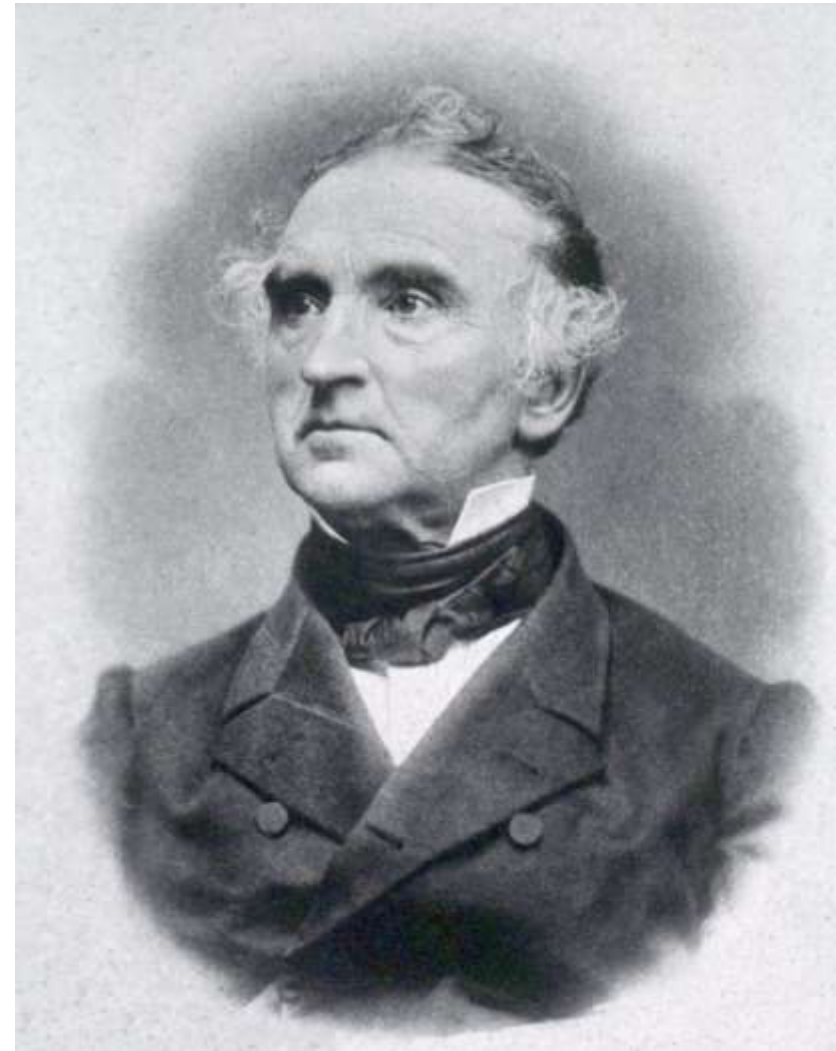
- das Wissen zur Steigerung des Ertrags durch Kunstdünger anzuwenden
- die Herstellung und den Einsatz von Kunstdünger in industriellen Mengen
- den Einsatz bei den Stakeholdern durchzusetzen
- enorme Ertragssteigerung



Quelle: <http://ihm.nlm.nih.gov/images/B17480>, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19141954>

## Und die Konsequenzen waren

- Keine wirklich bedeutenden Hungersnöte mehr in Deutschland (außer nach WW II)
- Die Versorgung der Stadtbevölkerung mit Lebensmitteln im Verlaufe der industriellen Revolution zu gewährleisten
- Die Agrarwirtschaft zu technisieren, weil die ökonomischen Erträge wuchsen



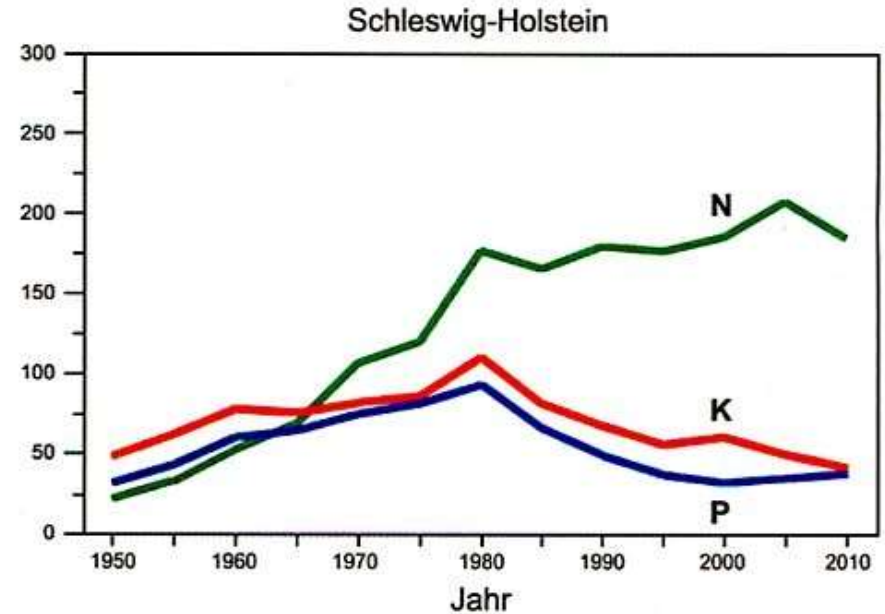
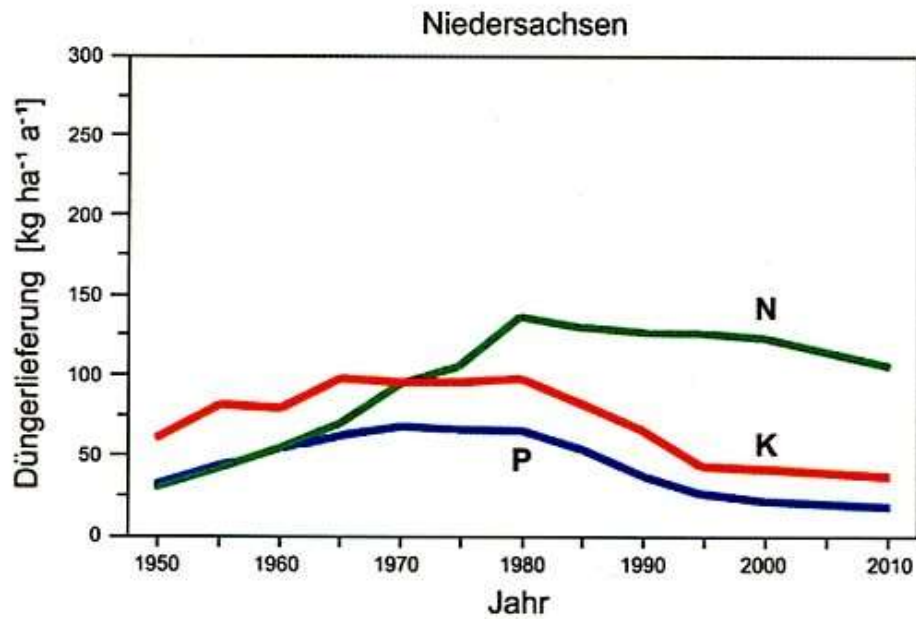
Quelle: <http://ihm.nlm.nih.gov/images/B17480>, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19141954>

## Und die Konsequenzen waren

- Verstärkte Ausbringung von Kunstdünger, Überdüngung
- ökonomischen Erträge der Bauern wuchsen (langsam)
- Großgeräte waren finanzierbar
- Landwirtschaftsfläche wird den Geräten angepasst
- Traditionelle Fruchtfolgen werden aufgegeben, nährstoffbedürftigere Kulturpflanzen können angebaut werden

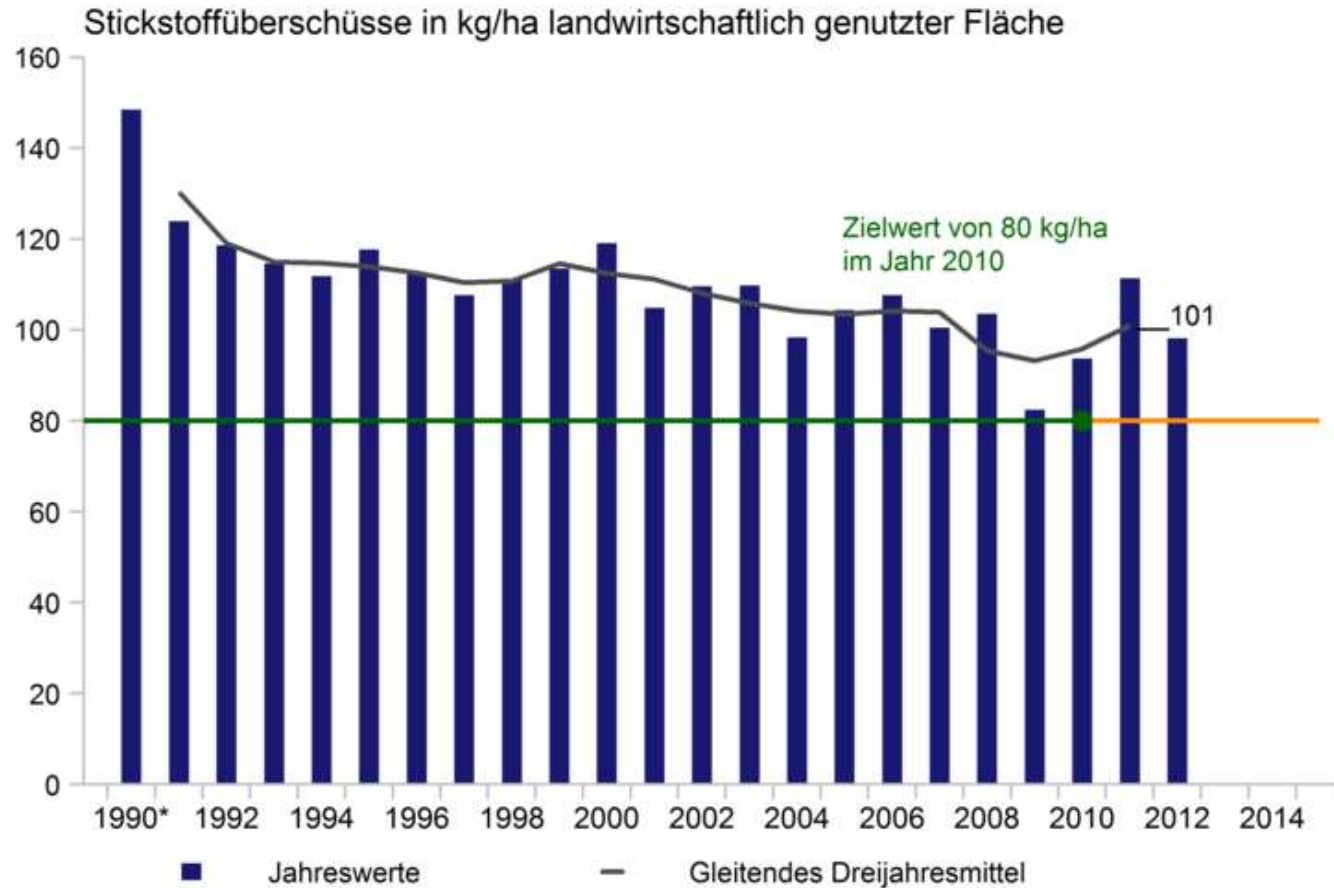


## Düngung in der Landwirtschaft



(Leuschner et al. *NuL* 2014)

# SENCKENBERG



<https://biologischevielfalt.bfn.de/nationale-strategie/indikatoren-und-berichterstattung/indikatorenbericht-2014/indikatoren/stickstoffueberschuss-der-landwirtschaft.html>

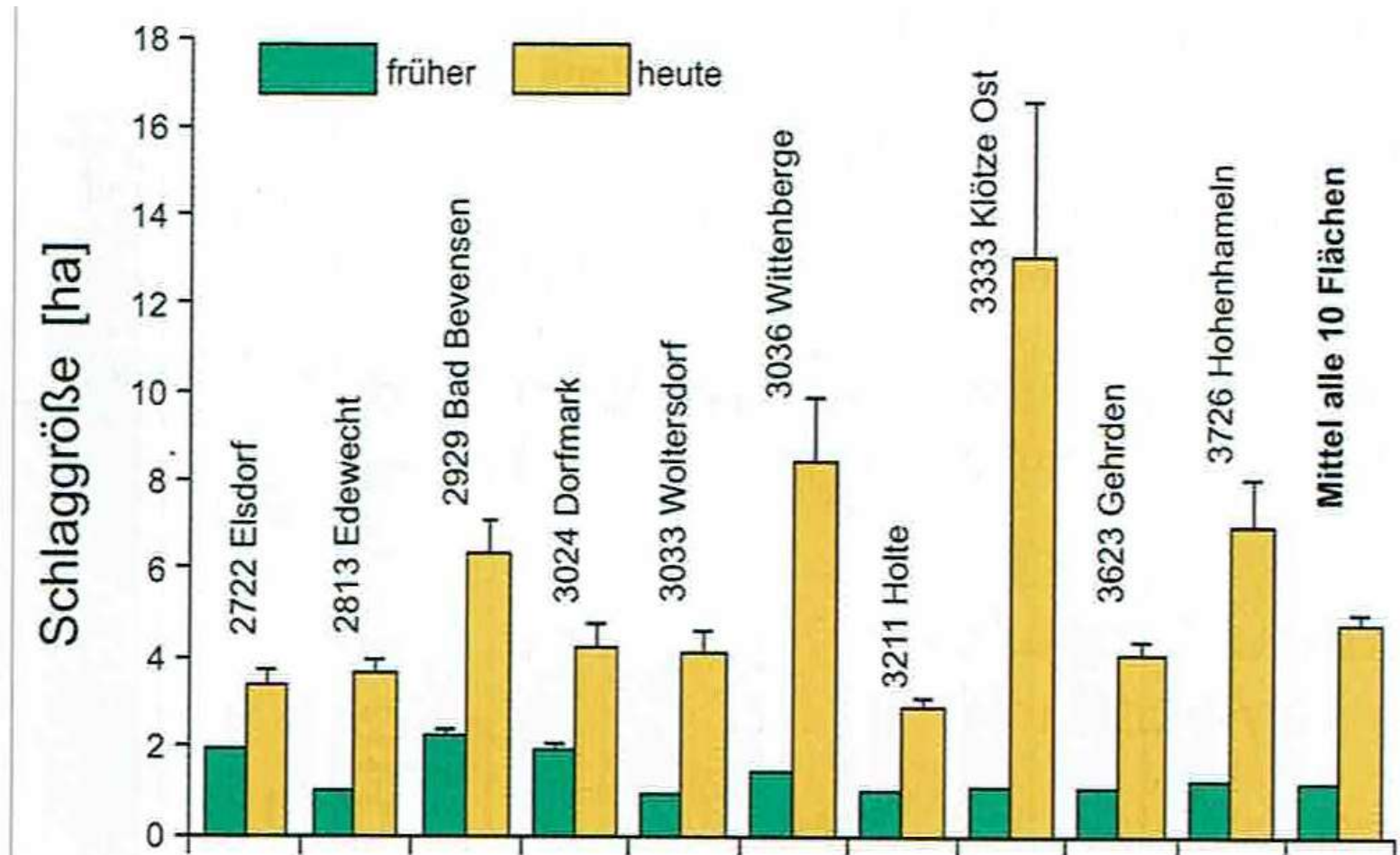


## Und die Konsequenzen waren

- Vermehrte Produktion von Tierfutter auf Ackerstandorten
- Verstärkte Fleischproduktion
- Ausbringung von Gülle zur „Entsorgung“ statt Düngung
- Austrag von Nährstoffen
- Größere Schläge, Verlust von „Ackerrandstrukturen“
- Verlust an nährstoffarmen und mäßig-nährstoffversorgten Standorten



## Vergrößerung der Schläge/Felder

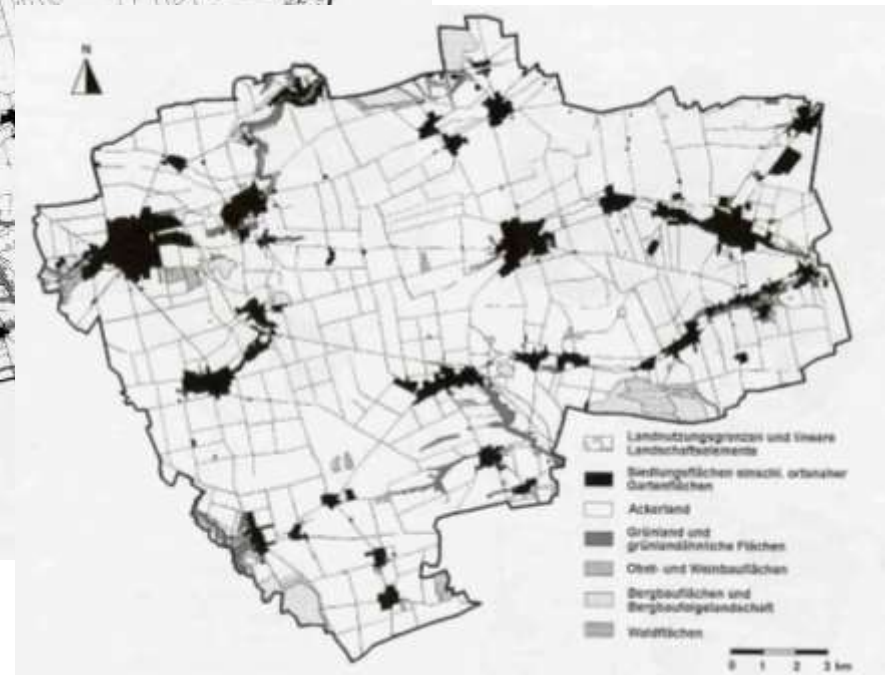
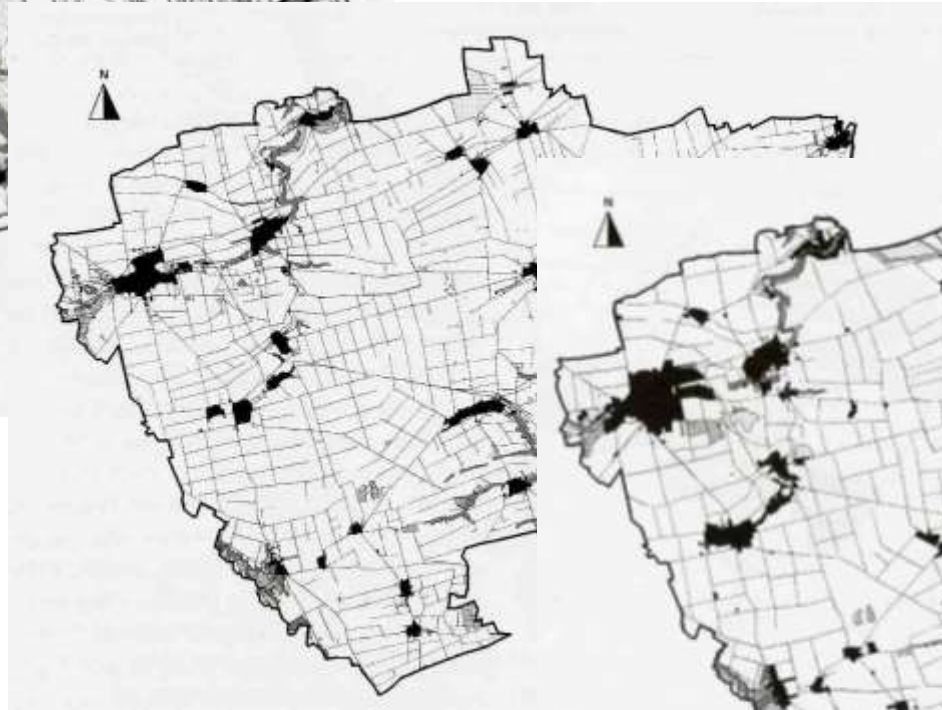
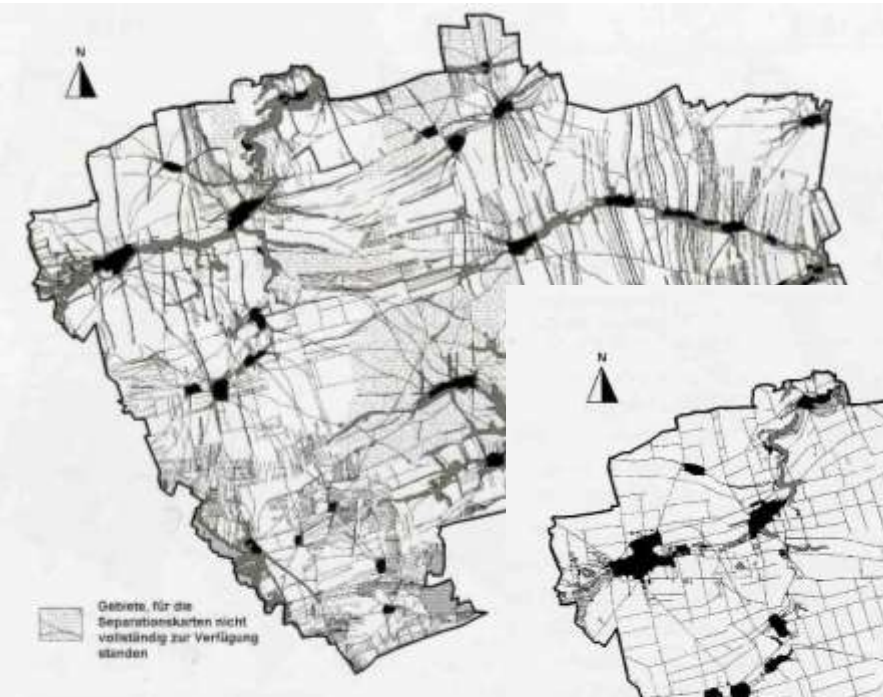


Leuschner Natur u. Landschaft 2014

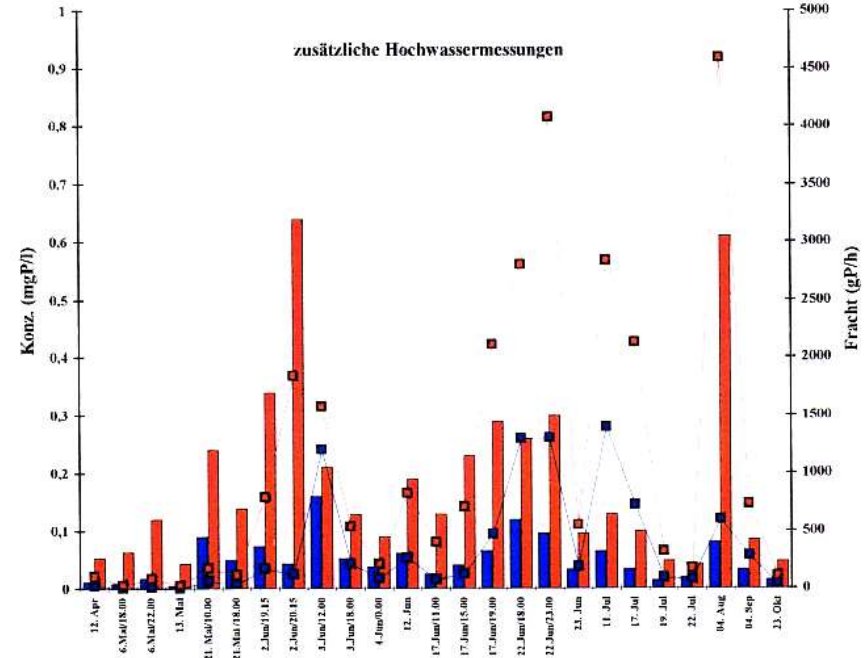
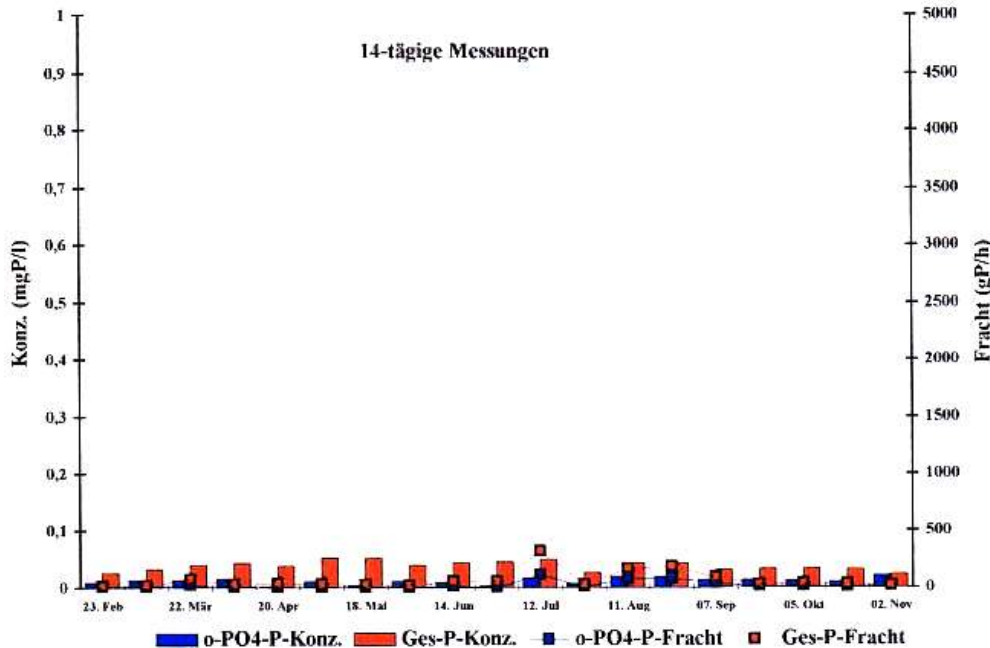
## Homogenisierung der Landschaft

Zunahme der Feldergröße in Querfurt

16. Jhd., 1930, 1995 (Arndt 2004)



# Austrag von Nährstoffen



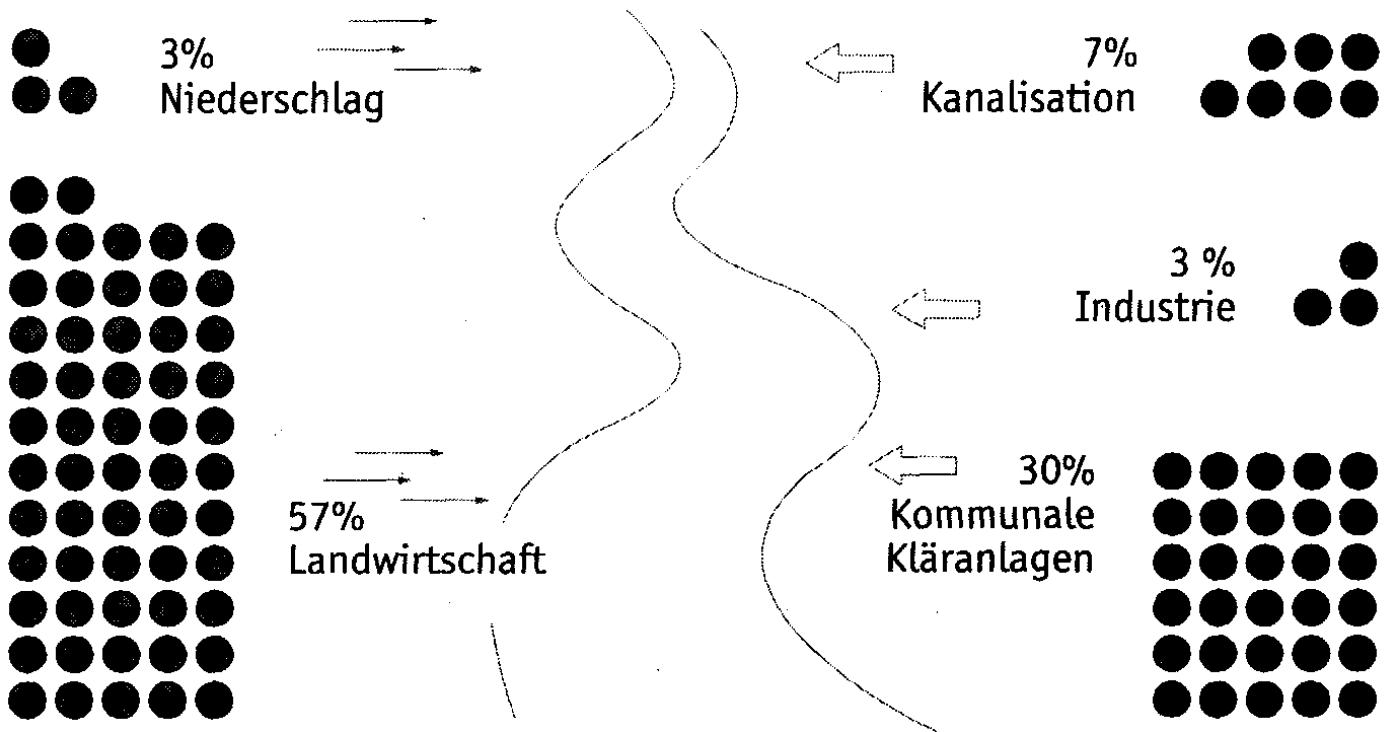


# Herkunft der N-Einträge in Fließgewässer in Deutschland

Stickstoffeinträge in Fließgewässer

→ Diffuse Einträge

← Punktuelle Einträge

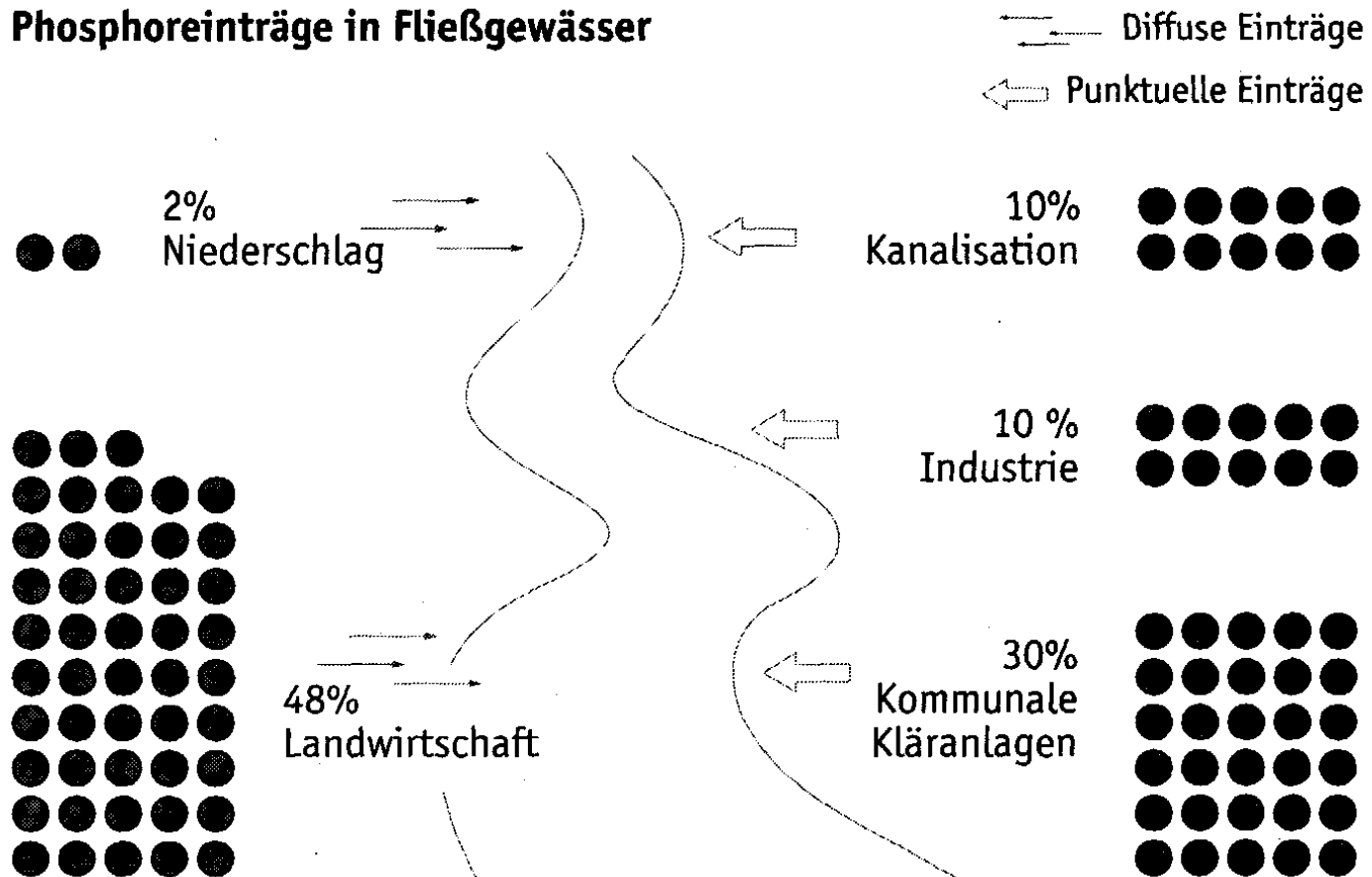


Quelle: LAWA



# Herkunft der P-Einträge in Fließgewässern in Deutschland

## Phosphoreinträge in Fließgewässern



Quelle: LAWA

## Und die Konsequenzen waren

- Höherer Pestizideinsatz durch höheren Ertrag pro Fläche notwendig
- Konkurrenzausschaltung durch Pestizideinsatz (Segetalflora)
- Höhere Bodenverdichtung durch Großgeräte
- Verlust an funktioneller Biodiversität
- Verändertes Verbraucherverhalten



Pestizide in der Landwirtschaft

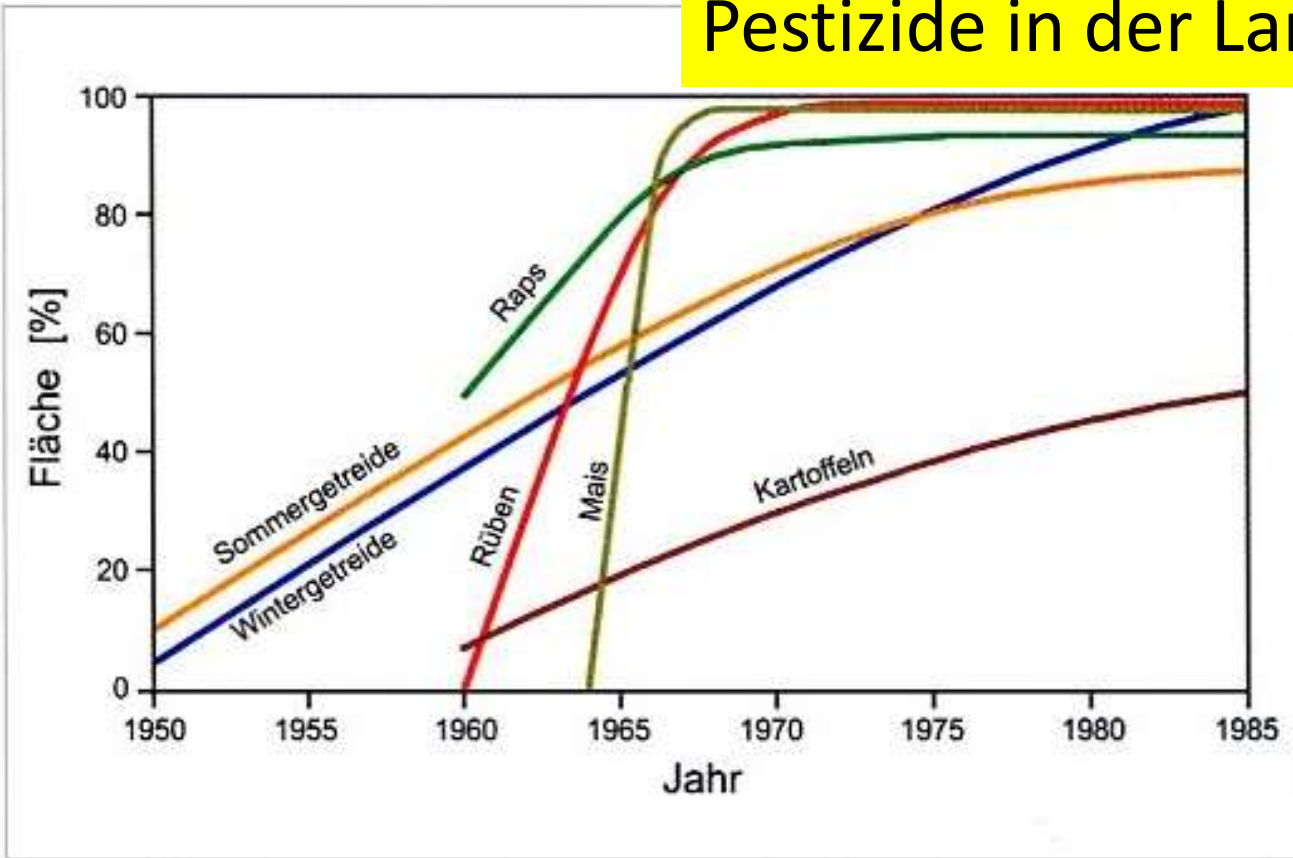
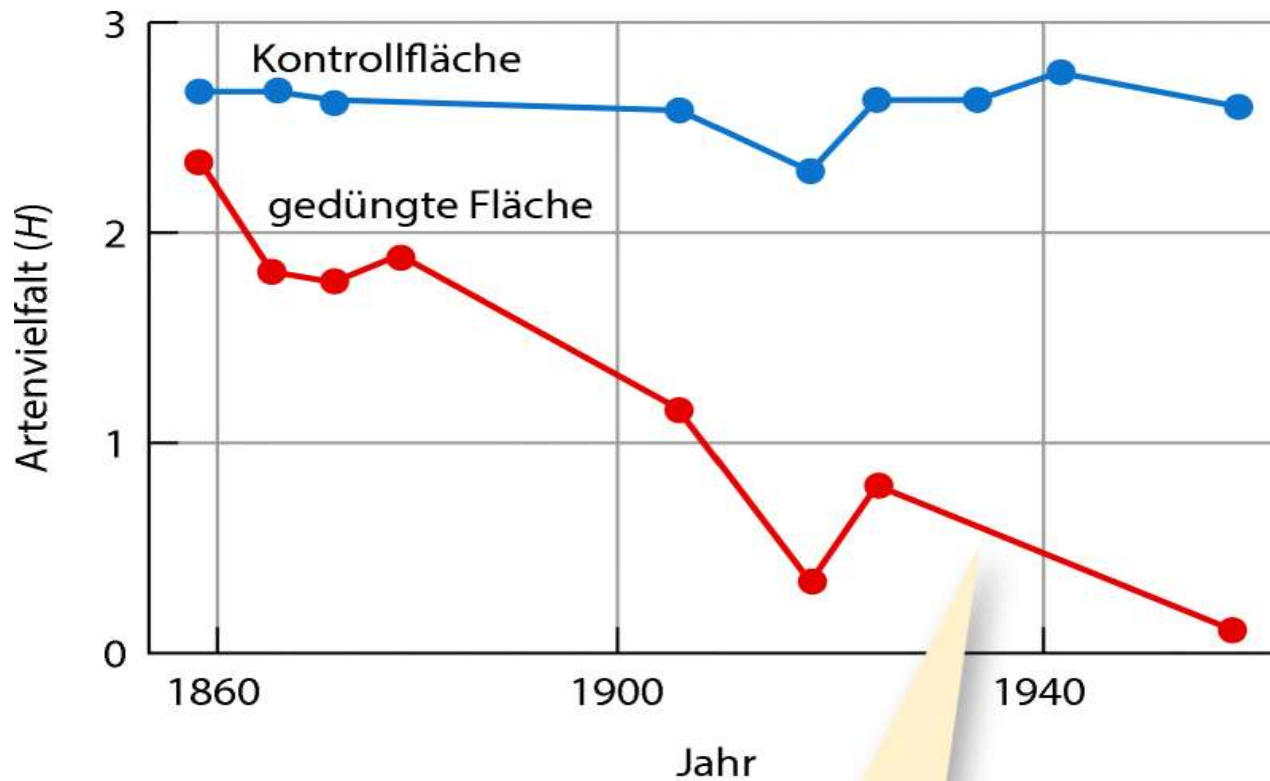


Abb.2: Mit Herbiziden behandelte Ackerfläche in Deutschland im Zeitraum von 1950 bis 1985 in Prozent der Anbaufläche der jeweiligen Kultur (nach FRIEGE u. CLAUS 1988 in NENTWIG 2005)

(Leuschner et al. NuL 2014)

# SENCKENBERG



Im Gegensatz zu der weitgehend konstanten Diversität auf der Kontrollfläche ging die Artenvielfalt auf der gedüngten Fläche im Laufe der Zeit kontinuierlich zurück.

Aus: Ökologie von Michael Begon, Robert W. Howarth, Colin R. Townsend



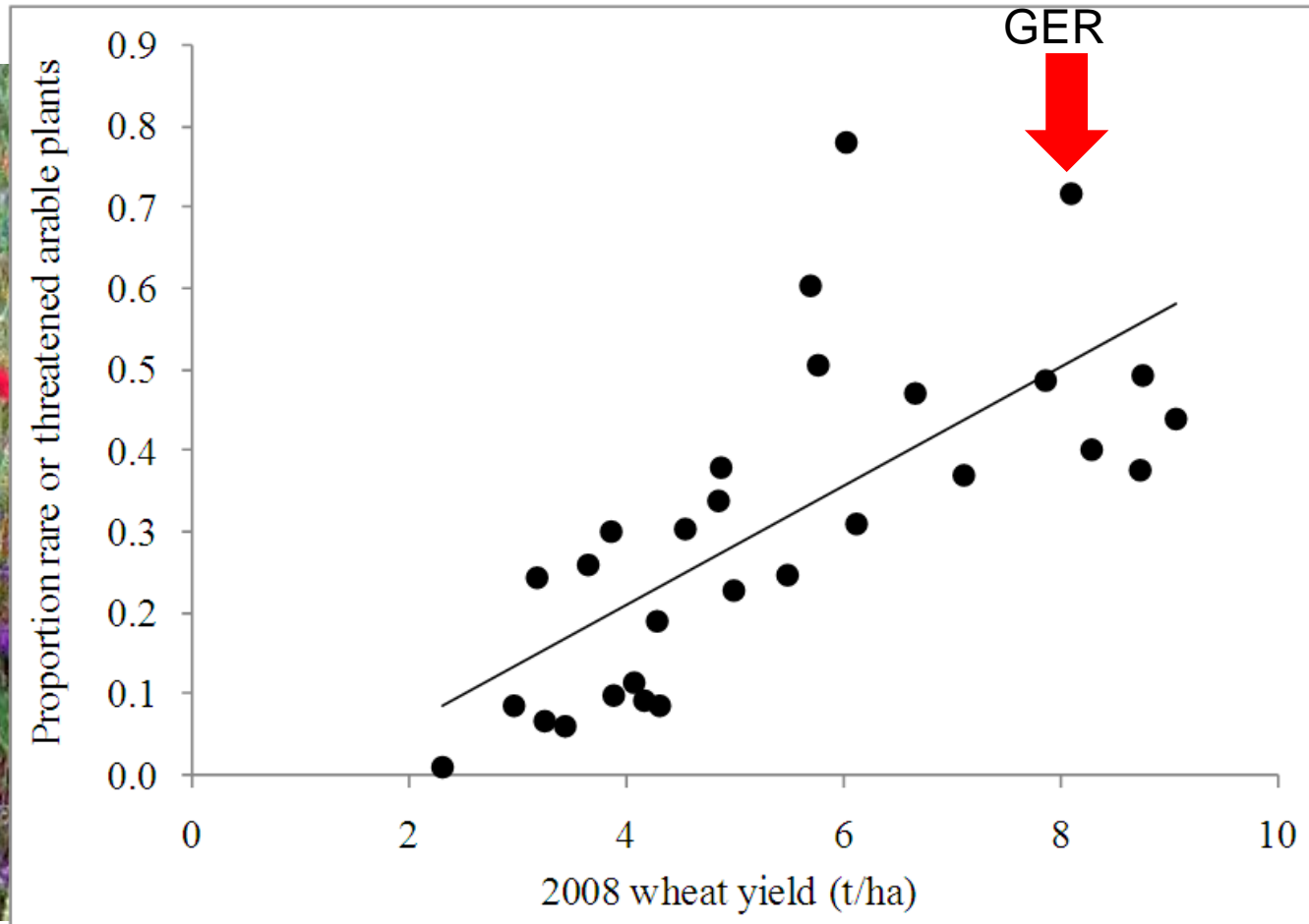
## Ackerbegleitflora Europa: Produktivität - Gefährdung



Quelle: [http://region-hannover.bund.net/themen\\_und\\_projekte/naturschutz/ackerwildkraeuter/](http://region-hannover.bund.net/themen_und_projekte/naturschutz/ackerwildkraeuter/)



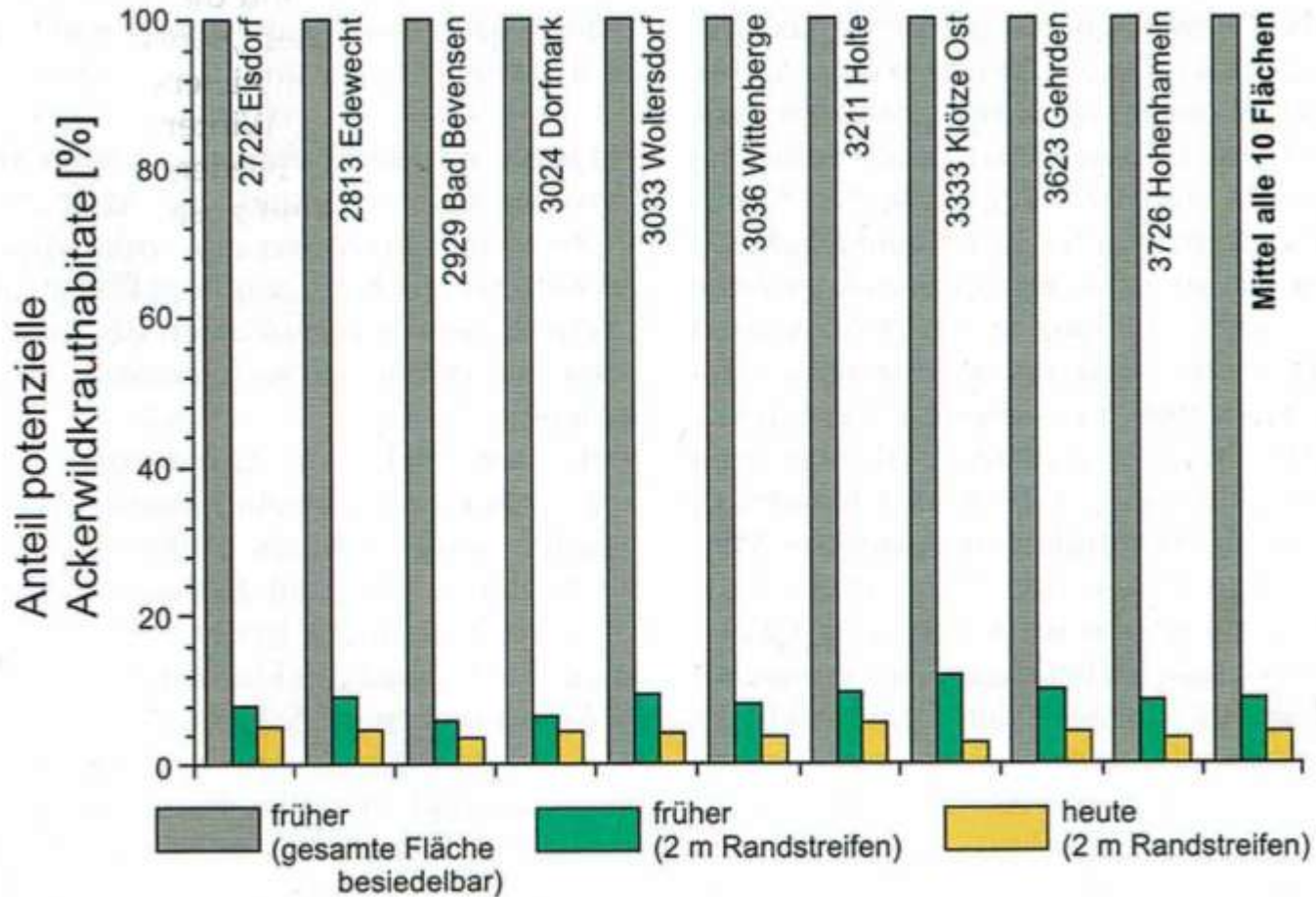
# Ackerbegleitflora Europa: Produktivität - Gefährdung



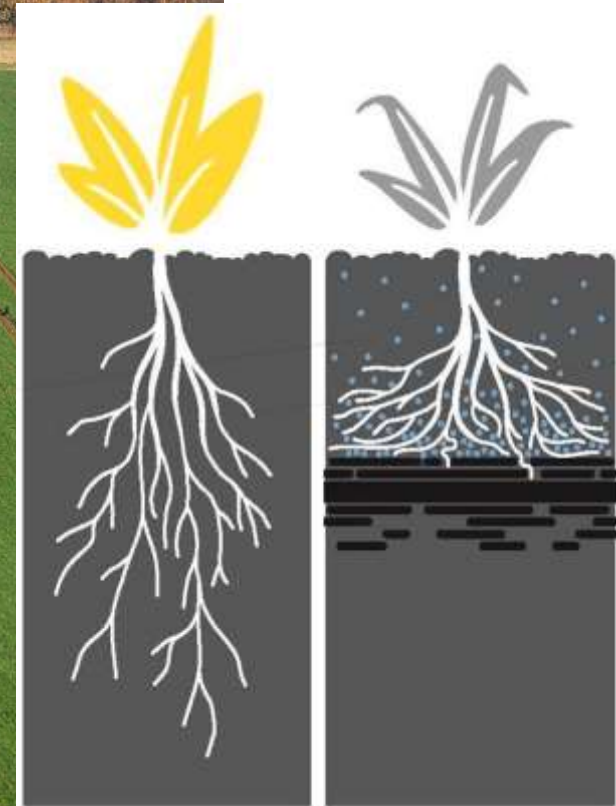
Deutschland hochproduktiv, viele Arten gefährdet

(Storkey et al. *Proc. Royal B* 2012)

# Verluste der Ackerwildkräuter



# Bodenverdichtung



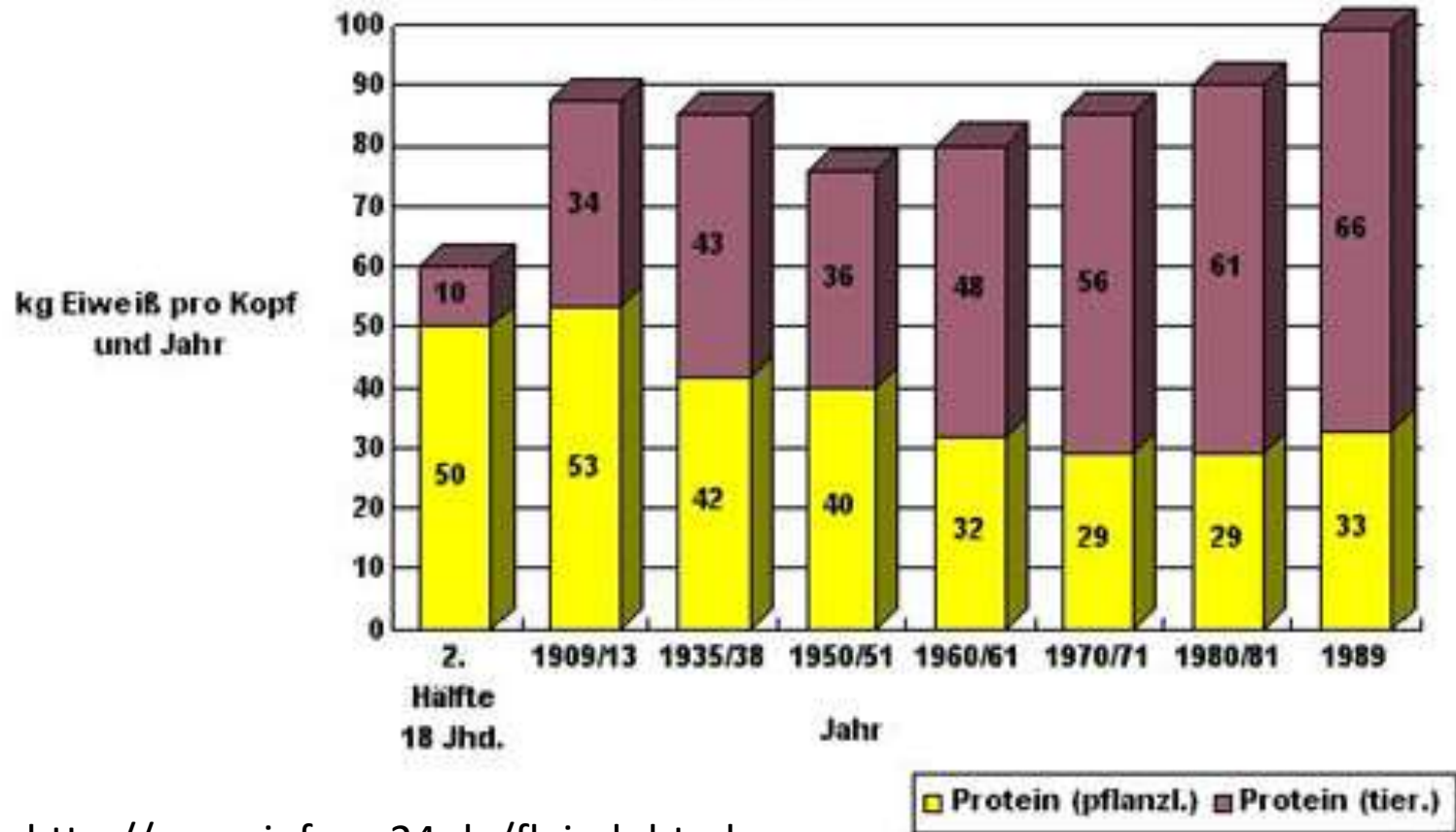
Nach Wever & Boeddinghaus 2016 verändert



# Bodenverdichtung



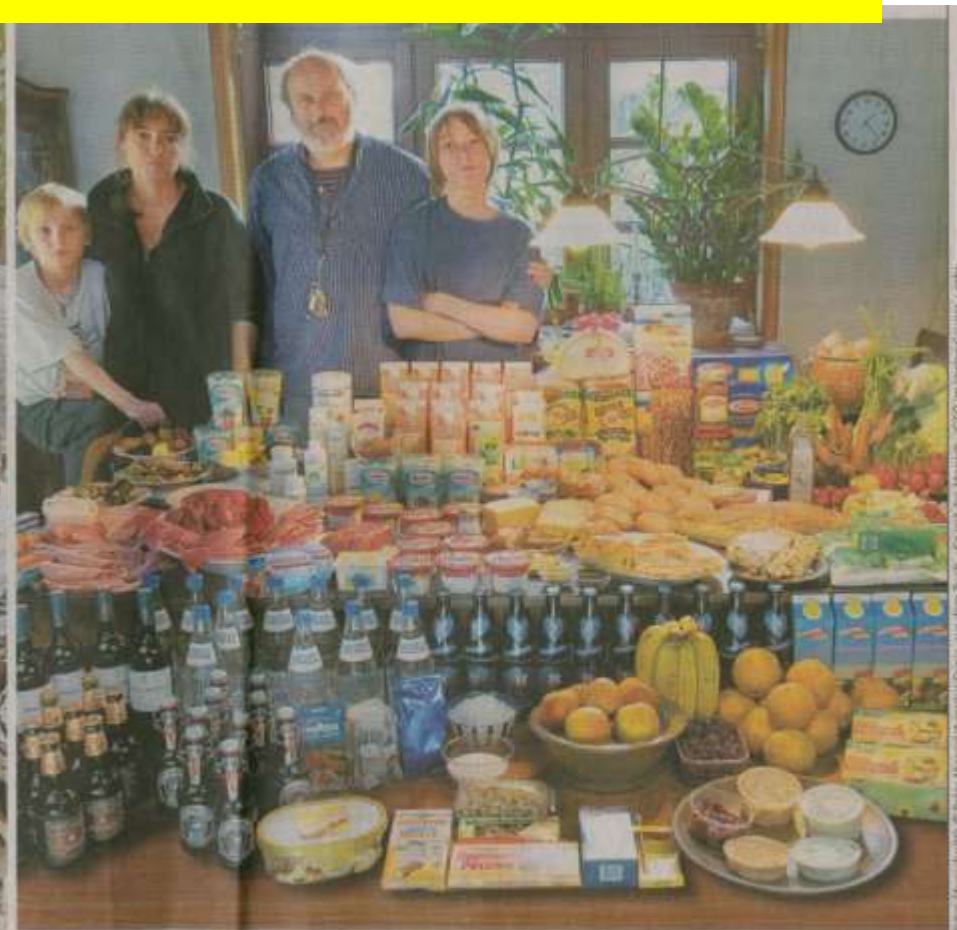
**Eiweißverzehr in Deutschland 18. Jhd. bis heute**



Quelle: <http://www.inform24.de/fleisch.html>



# Nahrungsmittelverbrauch pro Woche einer deutschen und einer afrikanischen Familie



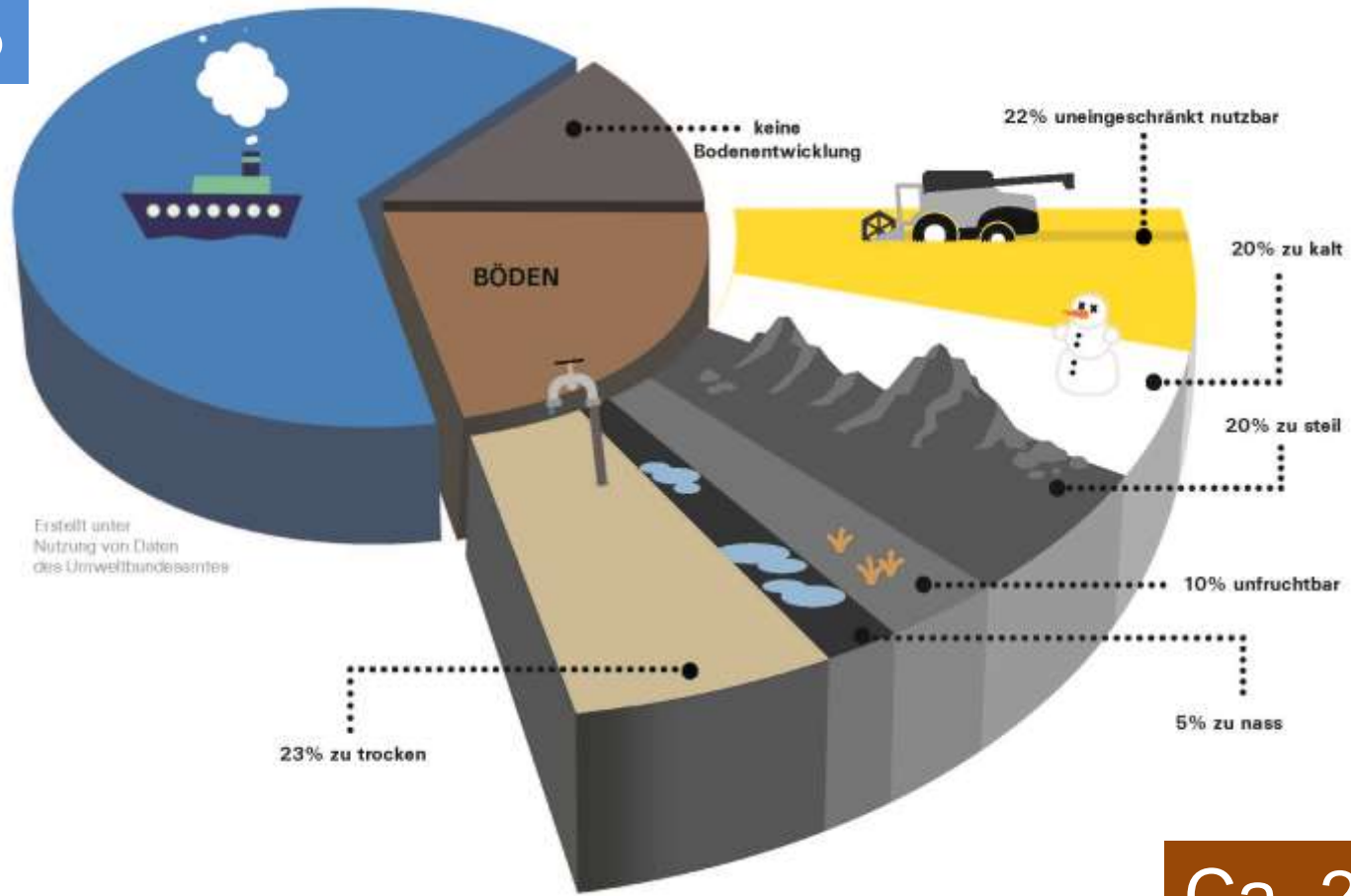
Quelle: Die Zeit

ensch?

FAMILIE NATAMO  
aus Kouakourou, Mali (links),  
und FAMILIE MELANDER aus  
Bargteheide, Deutschland,  
mit ihrem Wochenbedarf an  
Lebensmitteln

# Global für Landwirtschaft verfügbare Böden

Ca. 66 %

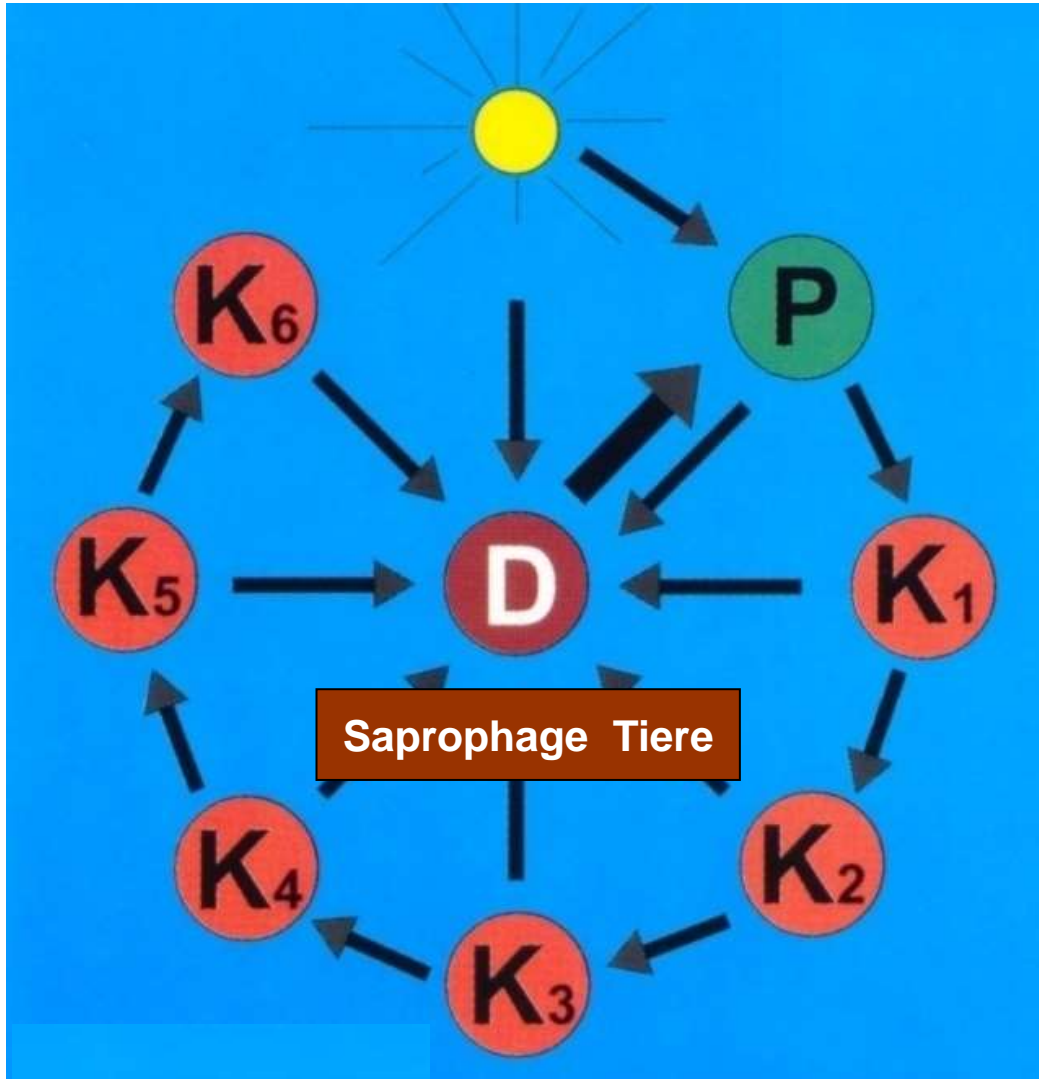


Ca. 22 %

Aus: Zumkowski-Xylander et al. 2017

## **Bedeutung der Bodenorganismen für den Menschen**

- Zersetzung von organischem Material
- Recycling von Nährstoffen  
Verfügbarmachung für Pflanzen
- Umwandlung des Ausgangsgesteins
- Verfestigung von Bodenteilchen (Krümelstabilität)
- Umschichtung von Bodenhorizonten
- Bildung stabiler Ton-Humus-Komplexe
- Durchlüftung des Bodens
- Moderierter Abfluss von Oberflächenwasser
- Abbau von Schadstoffen

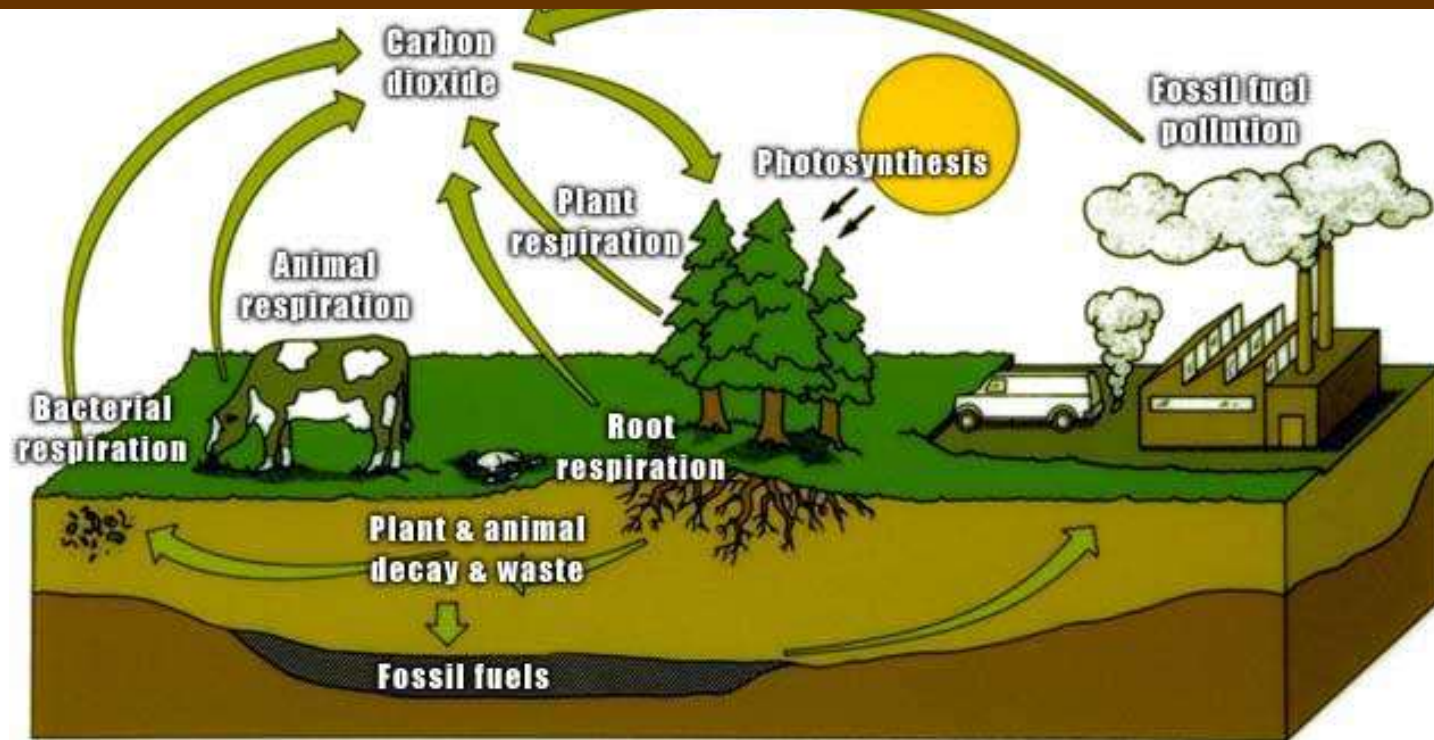


Verlust an  
funktioneller  
Biodiversität

Aus: Xylander, Reuber & Giese (1997)



# Abbauprozesse im Boden sind essentielle Bestandteile terrestrischer Stoffkreisläufe



**Nur ein kleiner Teil der Primärproduktion wird oberirdisch umgesetzt (weniger als 20%)**



# SENCKENBERG



## Wie funktioniert Recycling im Boden?

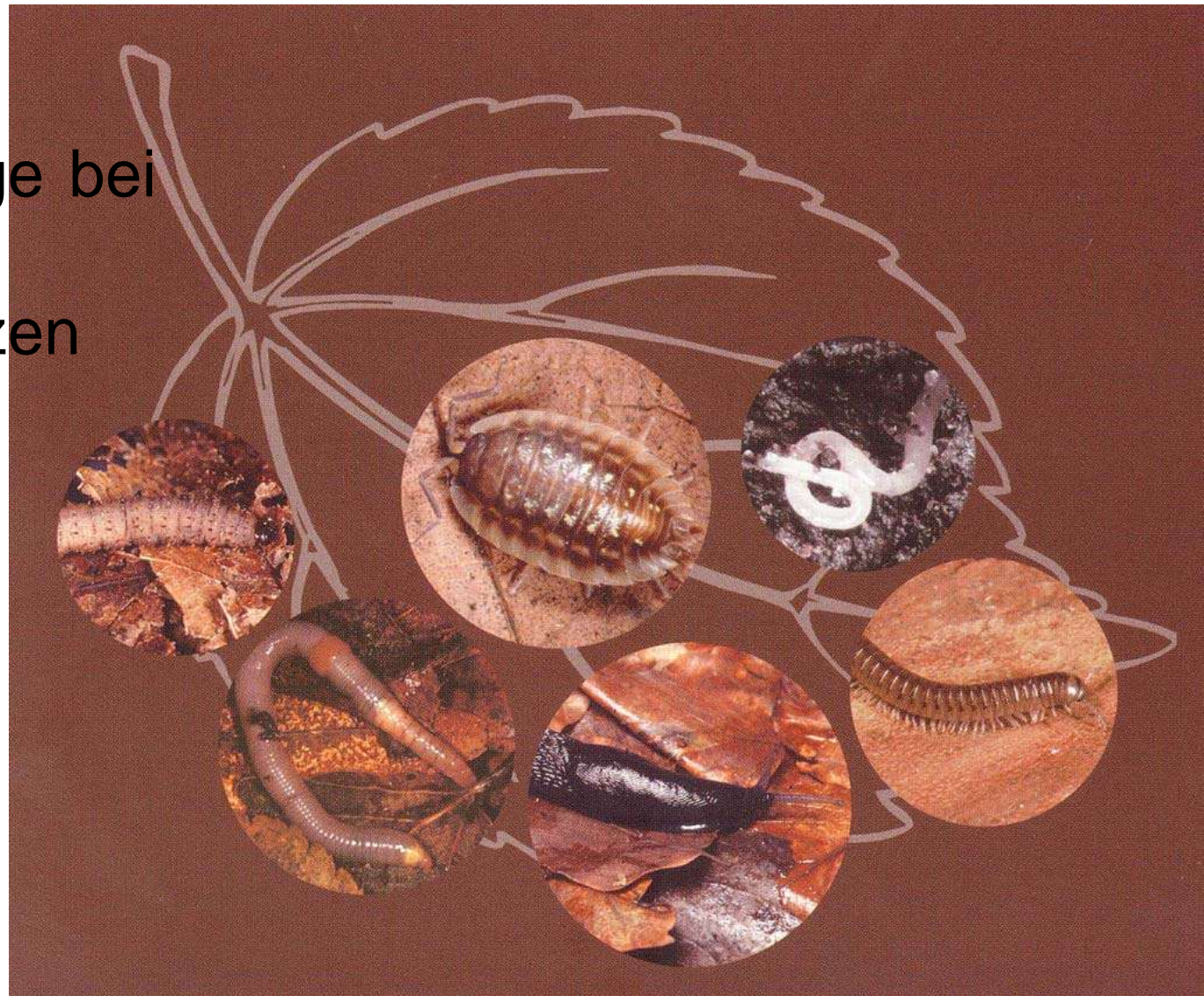
- Mechanische Zerkleinerung der Pflanzenteile
- Enzymatische Aufschlüsselung
- Symbionten und „Begleitflora“ als Unterstützer
- Ausscheidung von Stoffwechselprodukten und Stoffwechselendprodukten
- Lösung von Stoffen im Bodenwasser
- Aufnahme der Stoffe durch die Wurzeln und ihre Symbionten (Mykorrhiza)

## Wie funktioniert Recycling?

- Mechanische Zerkleinerung der Pflanzenteile
- Enzymatische Aufschlüsselung
- Symbionten und „Begleitflora“ als Unterstützer
- Ausscheidung von Stoffwechselprodukten und Stoffwechselendprodukten
- Lösung von Stoffen im Bodenwasser
- Aufnahme der Stoffe durch die Wurzeln und ihre Symbionten (Mykorrhiza)  
durch saprophage Tiere

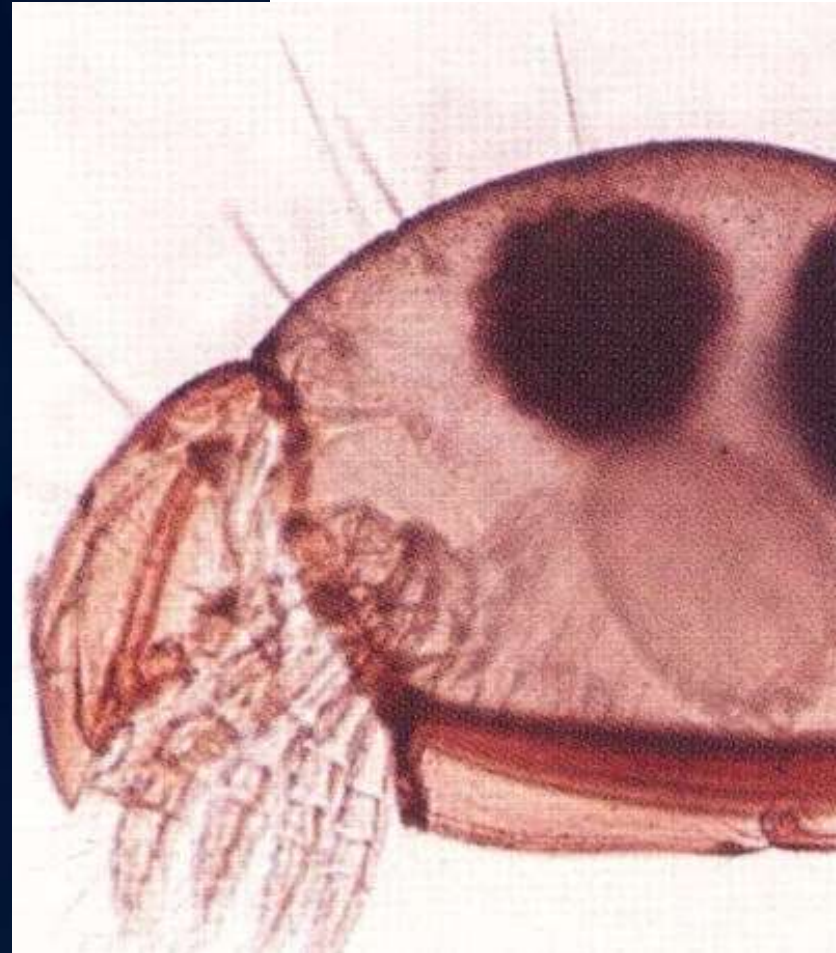


Durch  
Mundwerkzeuge bei  
Asseln  
Springschwänzen  
Hornmilben  
Schnecken  
Insektenlarven  
Kleinsäuger





# SENCKENBERG



# SENCKENBERG



Willi E.R. Xylander



Boden und Liebig



Giessen, 23.09.2019



# SENCKENBERG



Willi E.R. Xylander



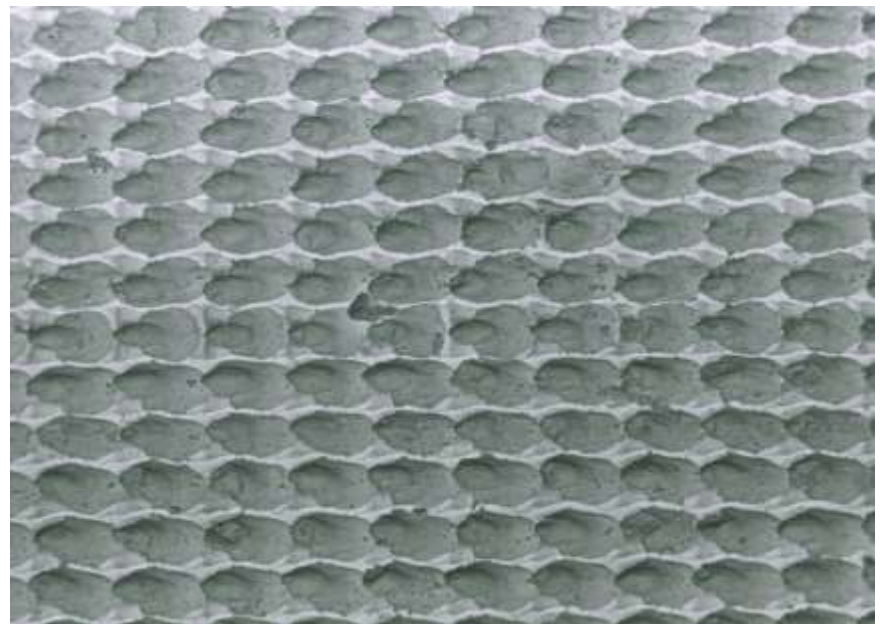
Boden und Liebig



Giessen, 23.09.2019



# SENCKENBERG

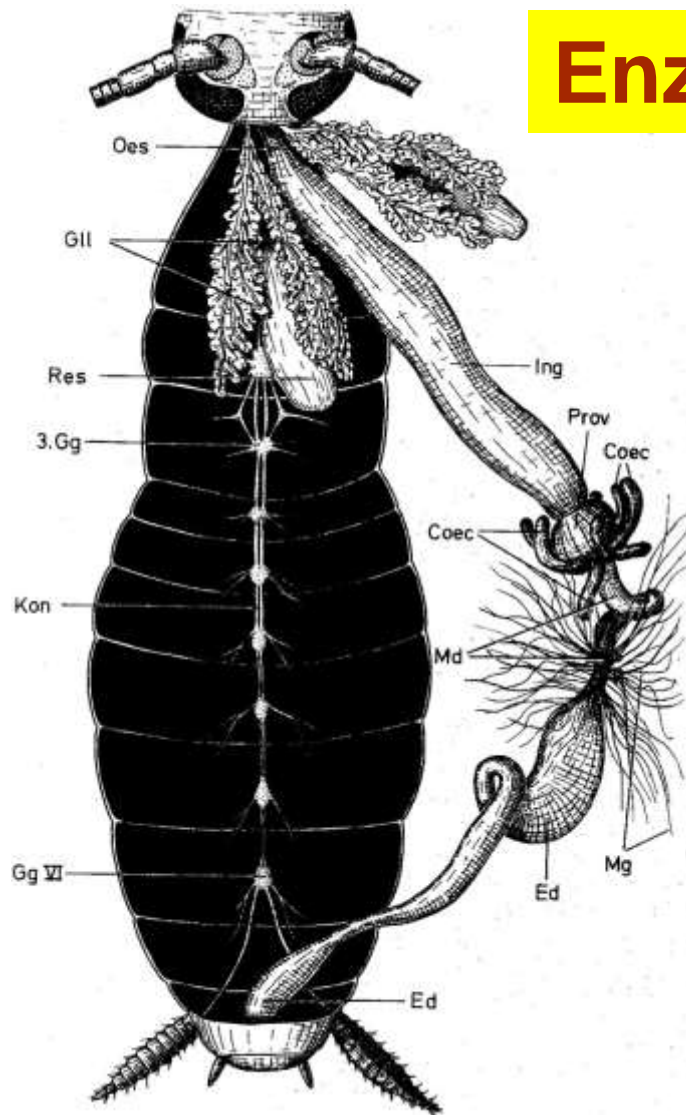




# Mechanische Zerkleinerung



## Enzymatische Zerkleinerung

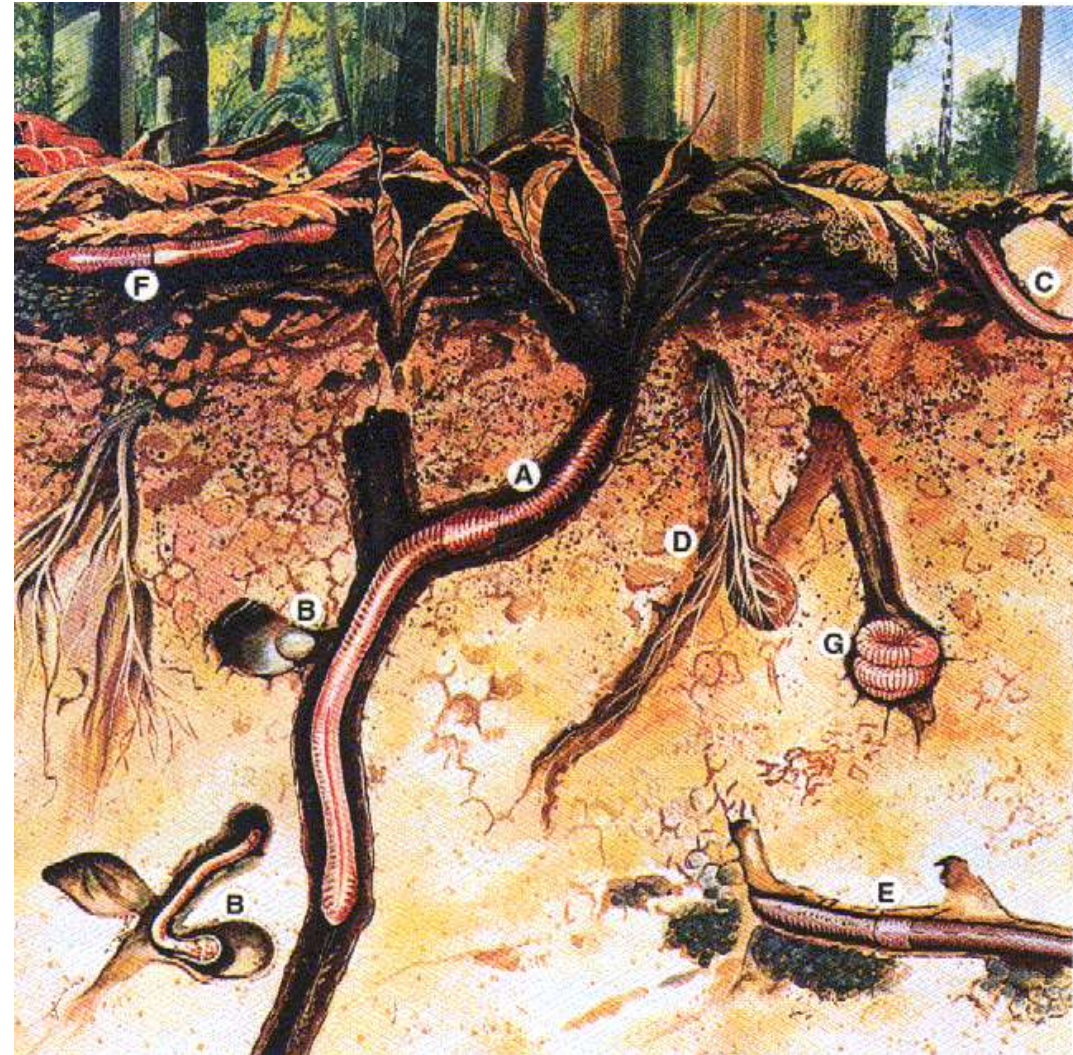


Höhere Tiere zerkleinern ihre Nahrung mechanisch innerhalb und außerhalb des Körpers und zerlegen sie weiter durch enzymatische Verdauung.

**Allerdings:** Zellulose können nur ganz wenige Tiere verdauen! Dazu benötigen sie Symbionten.

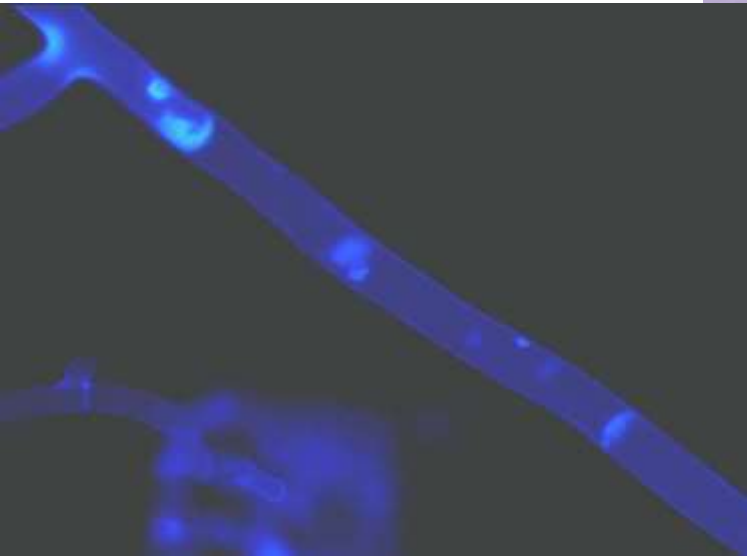


# Symbionten und „Begleitflora“



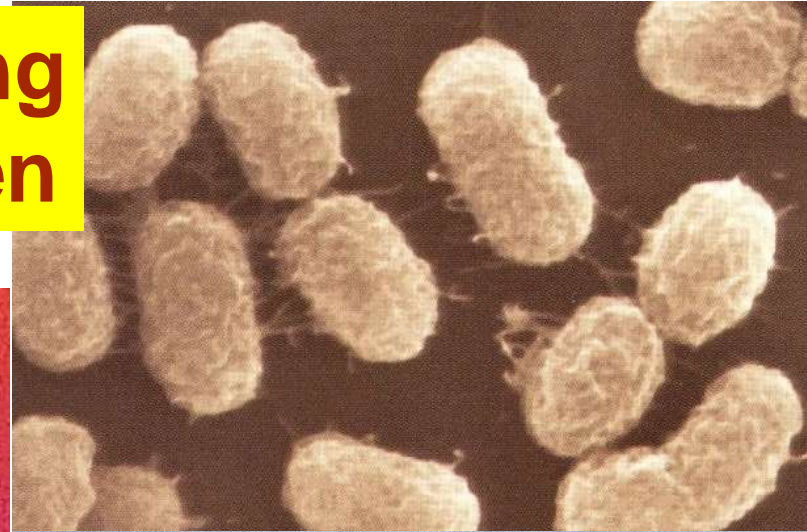
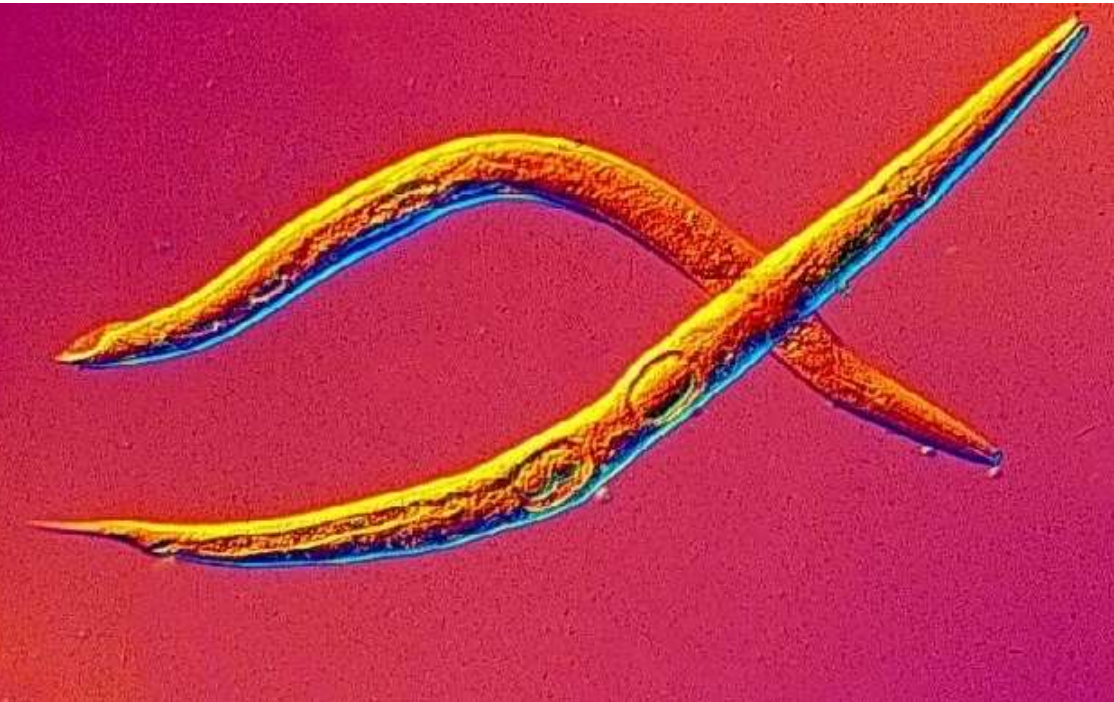


# Enzymatische Zerkleinerung Das Werk der vielen Kleinen





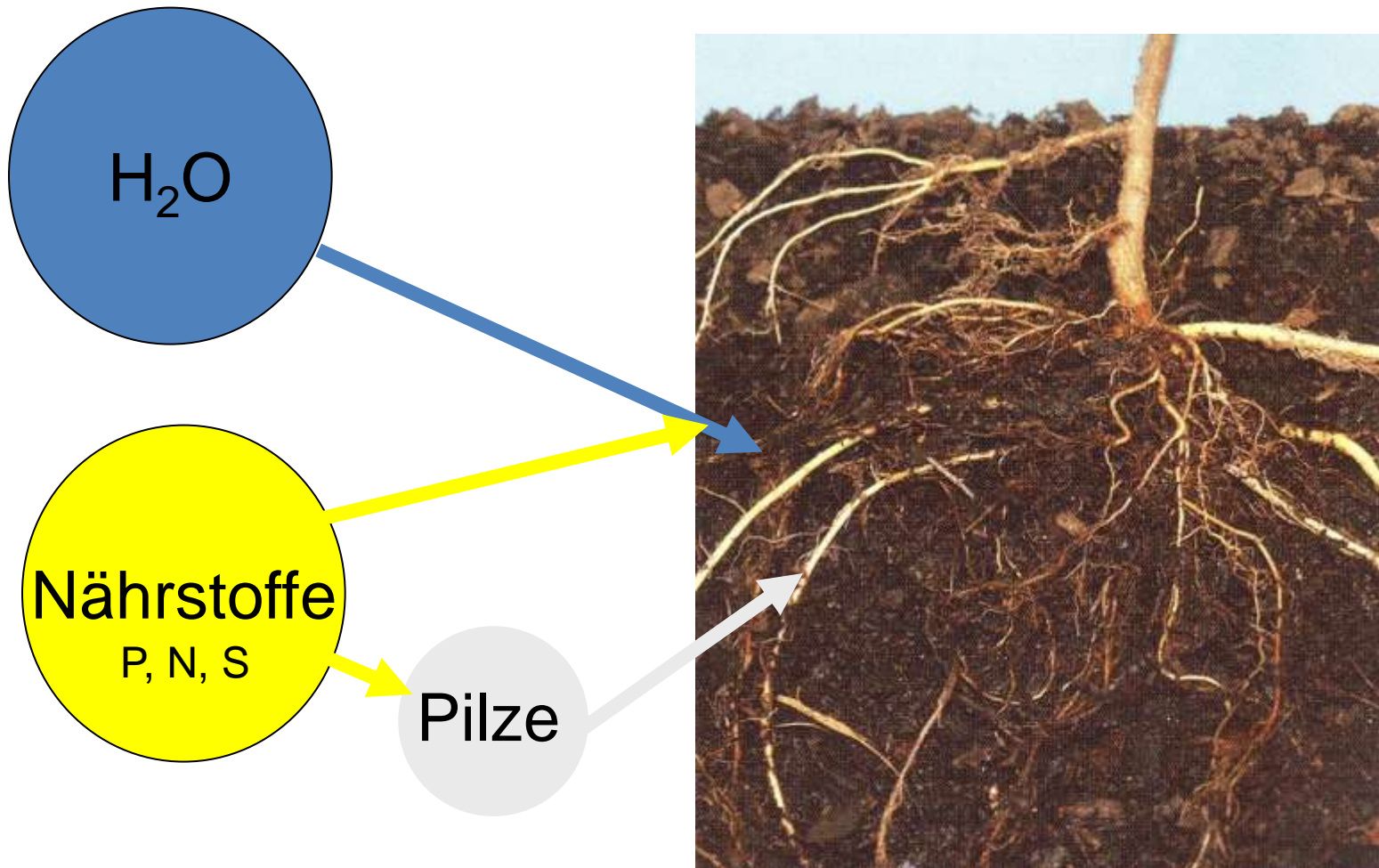
# Enzymatische Zerkleinerung Das Werk der vielen Kleinen



## Ausgeschieden ist nicht abgebaut Was steht am Ende?

- Große, kaum verdaute Kotpellets mit groben Resten
- Kleine Pellets mit kleinen organischen Partikeln
- Komplexe organische Moleküle (Proteine, Polysaccharide, langkettige Fettsäuren)
- Kleine organische Moleküle (Oligopeptide, Aminosäuren, Mono- und Di-Saccharide)
- Stoffwechselendprodukte ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{3-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )

# Die Wiederaufnahme in die Pflanzen



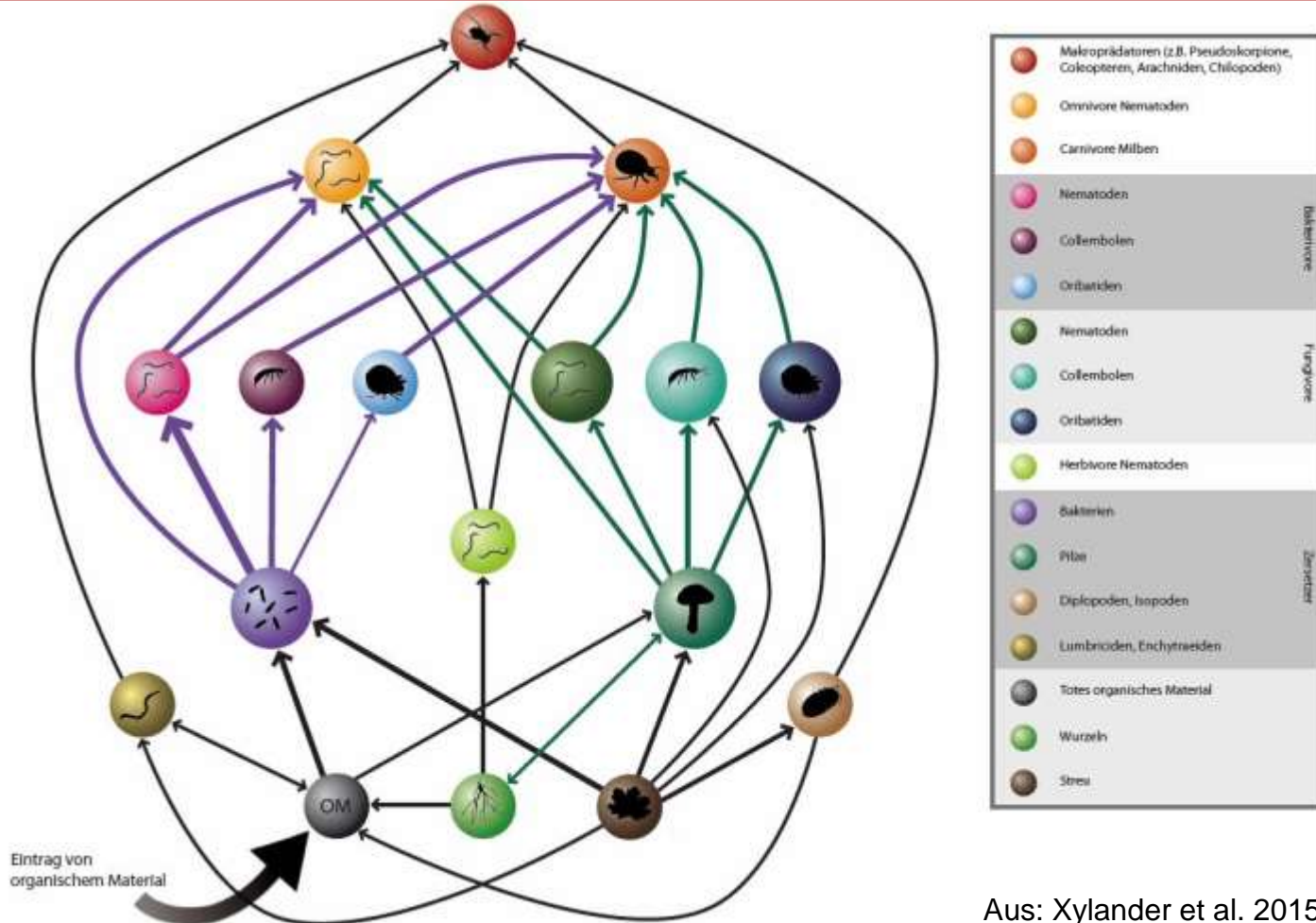


## Düngung und Bodenleben

- Auf intensiv genutzten Agrarflächen sind Bodenfauna und –flora verarmt (Arten- und Individuenzahlen)
- Artenarmut hat Auswirkungen auf die ökosystemaren Leistungen und die „Kompensationskraft“ (Resilienz) des Ökosystems
- Aber: Die Recycling-Prozesse funktionieren grundsätzlich noch, aber sind anders
- Und wenn nicht oder nicht mehr gleich gut: kompensieren wir das mit verstärkter Düngung und Pestizideinsatz um die Produktivität zu erhalten



# Nahrungsnetze im Boden

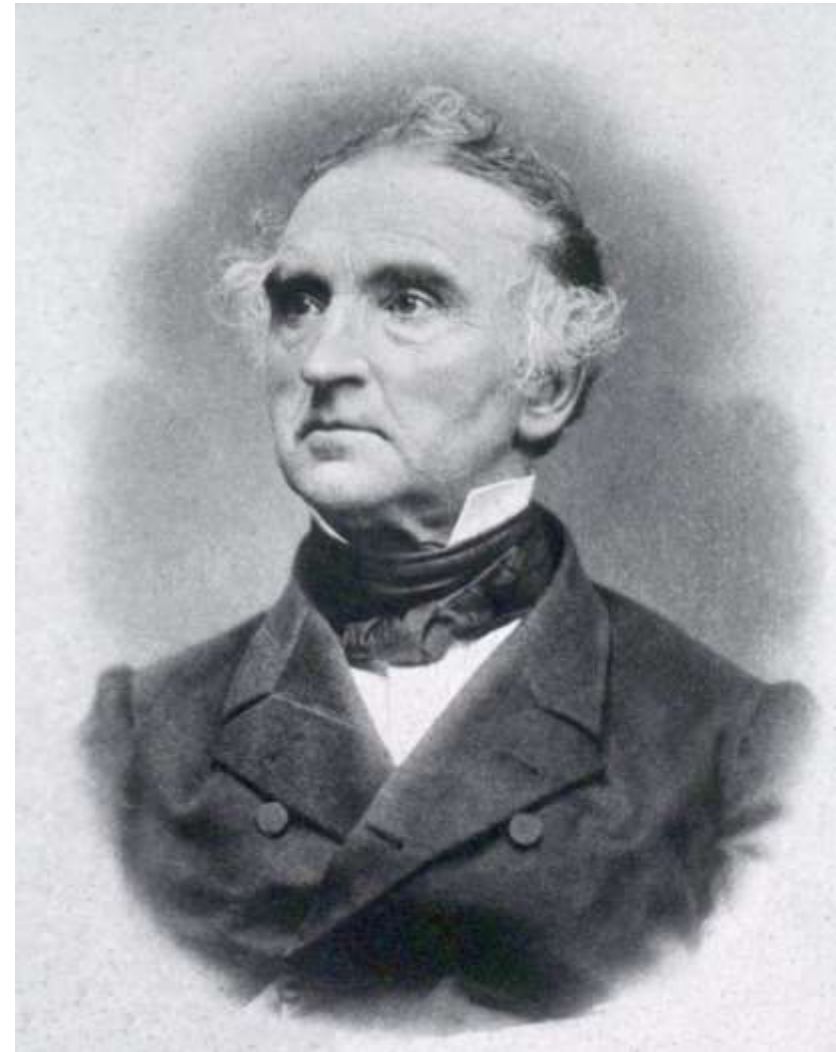


Aus: Xylander et al. 2015

## Aber am Anfang stand Liebig.....

Seine Forschungen intendierten,

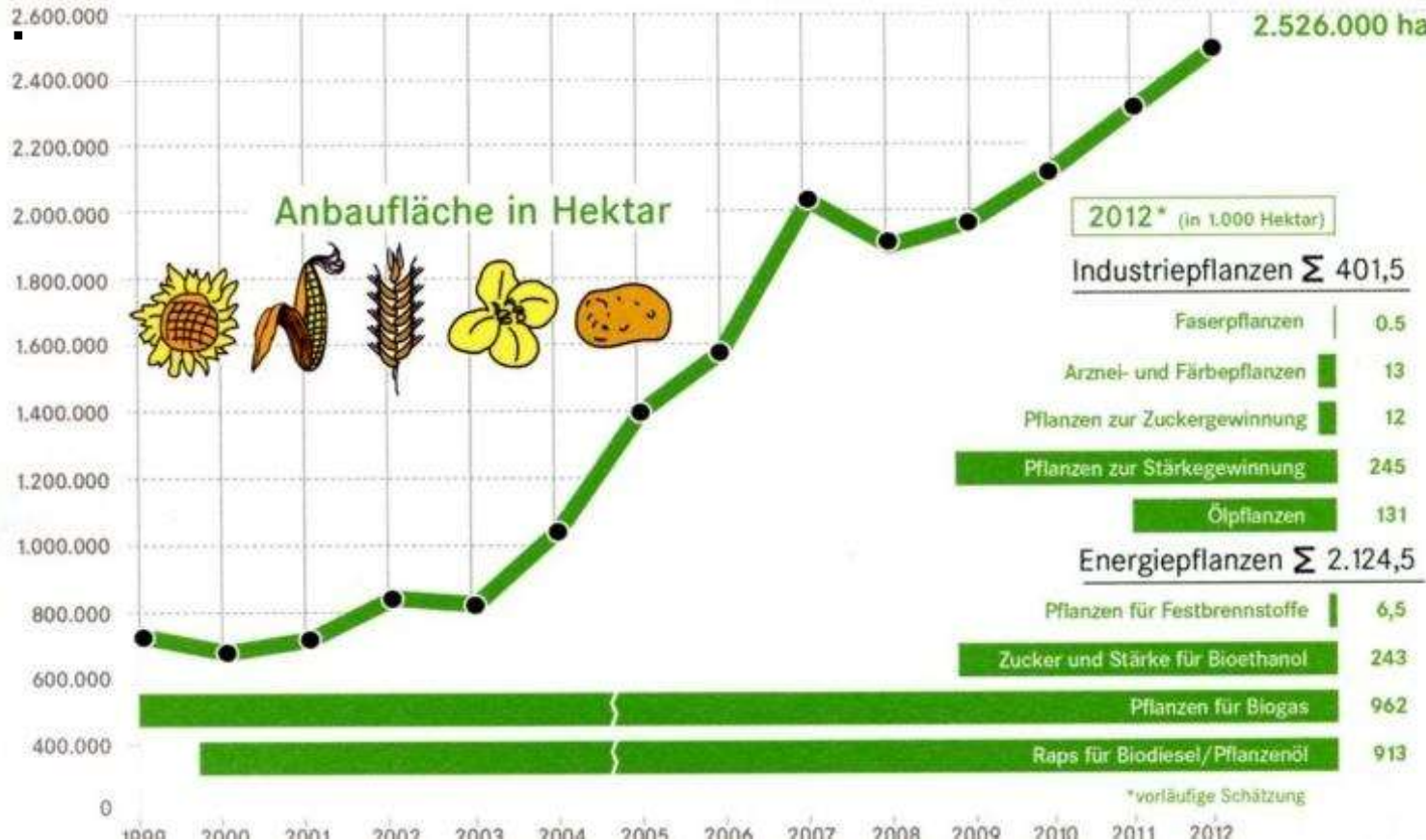
- das Wissen zu steigern
- die Agrarproduktion zu erhöhen
- Hungersnöte zu verhindern



Quelle: <http://ihm.nlm.nih.gov/images/B17480>, Gemeinfrei,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19141954>

# Aber am Anfang stand Liebig.....

Auf 18% der Agrarfläche werden Energiepflanzen angebaut (2011)



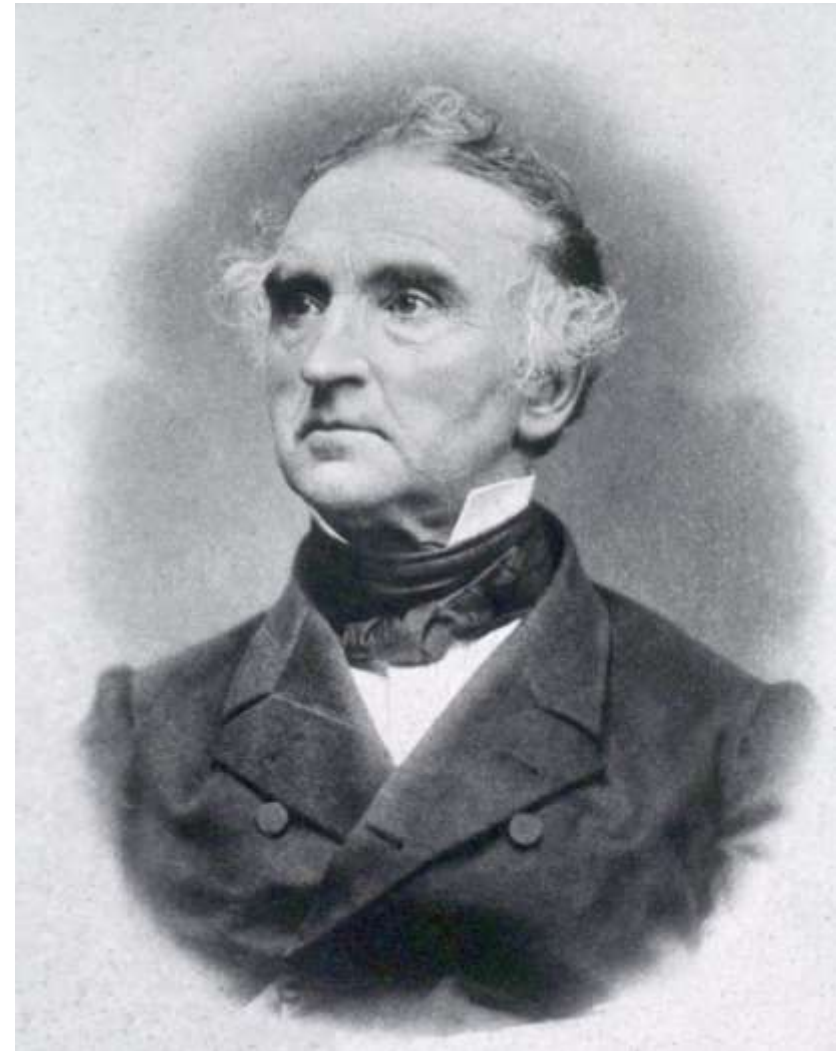
Herden et al. 2012, Luick et al. 2012

## Aber am Anfang stand Liebig.....

Seine Forschungen intendierten,

- das Wissen zu steigern
- die Agrarproduktion zu erhöhen
- Hungersnöte zu verhindern

Eine moderne Agrarwirtschaft kann  
das leisten und dennoch  
naturverträglich sein



Quelle: <http://ihm.nlm.nih.gov/images/B17480>, Gemeinfrei,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19141954>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



# SENCKENBERG



Modell & Foto: Espen Horn, Kopenhagen