

# Stickstoff von einer guten Sache zu viel?

**Ralf Kiese**

Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Meteorologie und

Klimaforschung (IMK-IFU)

Gramisch-Partenkirchen



# Stickstoff – nützlich – schädlich - wichtig

**Stickstoff** - Flammen und Lebewesen „ersticken“  
ist.....

- Grundbaustein der Natur
- in unserer Atemluft
- als Nährstoff für alle Lebewesen unentbehrlich
- im Körper eines Menschen ca. 2 kg Stickstoff
- steigert Erträge in der Landwirtschaft und im Hausgarten
- aber auch an der Entstehung von Umweltproblemen beteiligt

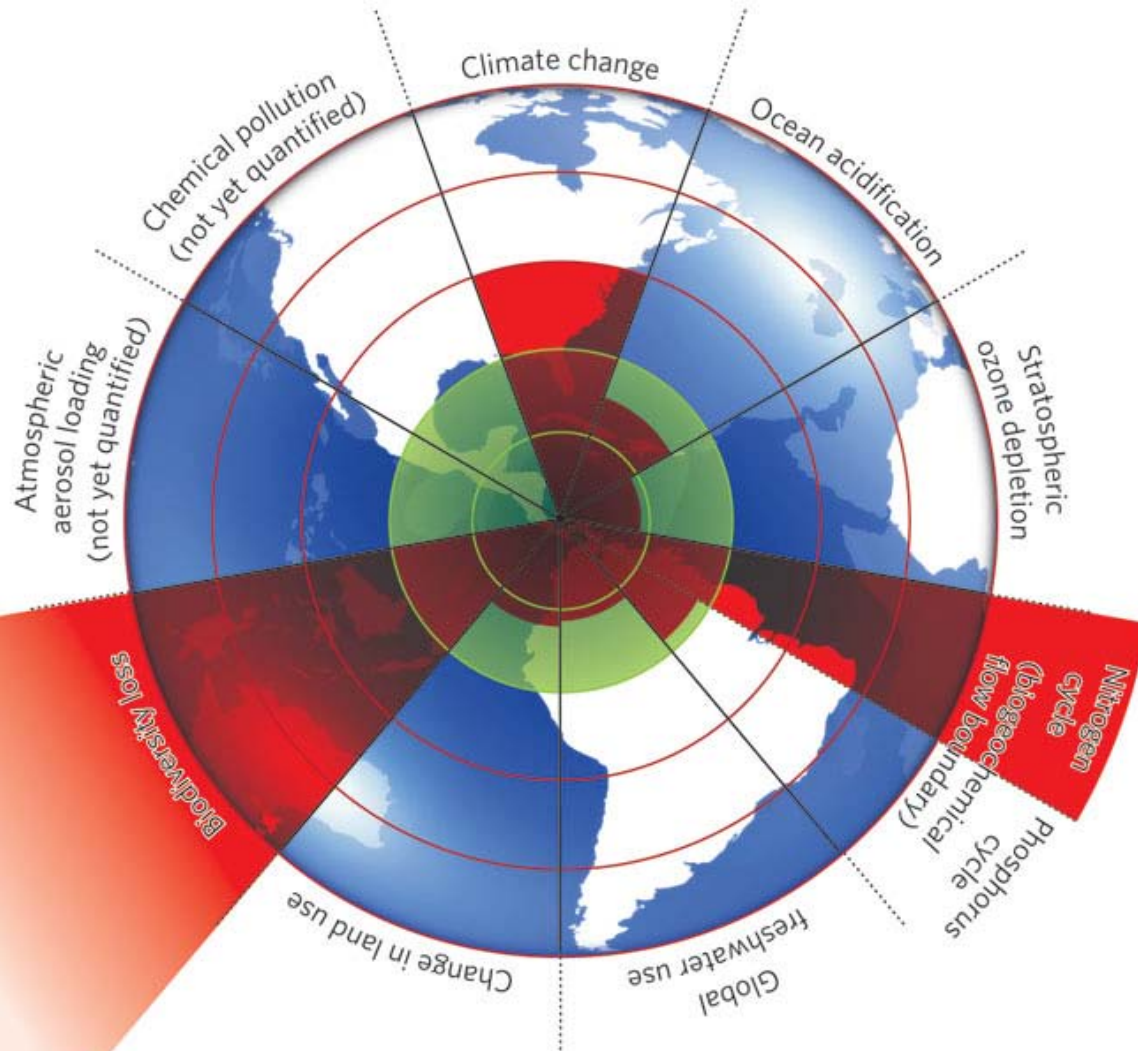
7  
N

Nitrogenium

14.0067

# Stickstoff – nützlich – schädlich - wichtig

## Die Grenzen des Planeten



Nach gegenwärtigem Kenntnisstand wurden bisher die Grenzen in drei Bereichen überschritten:

- Artensterben
- Klimawandel
- Stickstoffkreislauf

# Stickstoff – nützlich – schädlich - wichtig

## Vortrag Untertitel:

Wie wurde und wird der N-Kreislauf durch menschliche Aktivität beeinflusst und welche Folgen für Mensch und Umwelt entstehen daraus?

- Stickstoff – Formen und Vorräte
- Kein Leben ohne Stickstoff
- Vom Mangel zum Überschuss
- Stickstoff als Schadstoff
- Welche Verbesserungsmöglichkeiten gibt es?

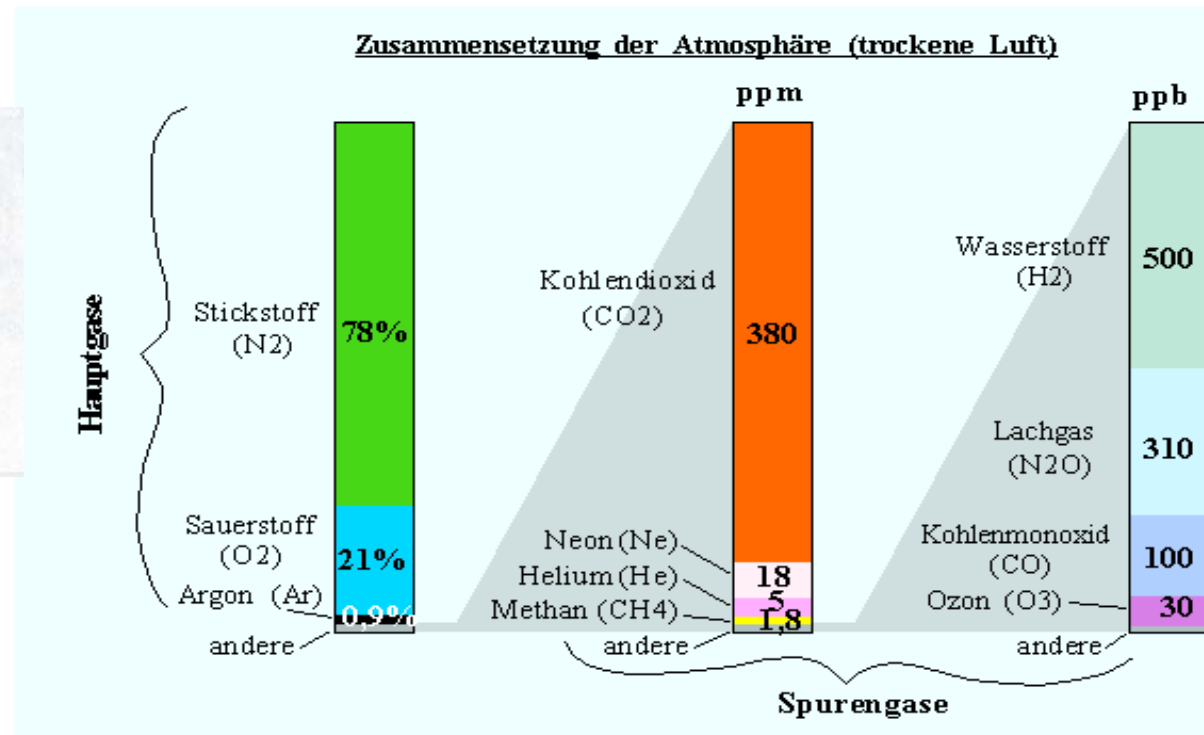
# Stickstoff – Formen und Vorräte

- Gesamtvorrat an Stickstoff auf der Erde bleibt immer gleich
- ändern kann sich nur die chemische Form
- 50% des Stickstoffvorrats befinden sich in der Atmosphäre, die zu 78% aus **nicht reaktivem** (elementarem) **Stickstoff** besteht

elementarer Stickstoff (N<sub>2</sub>)

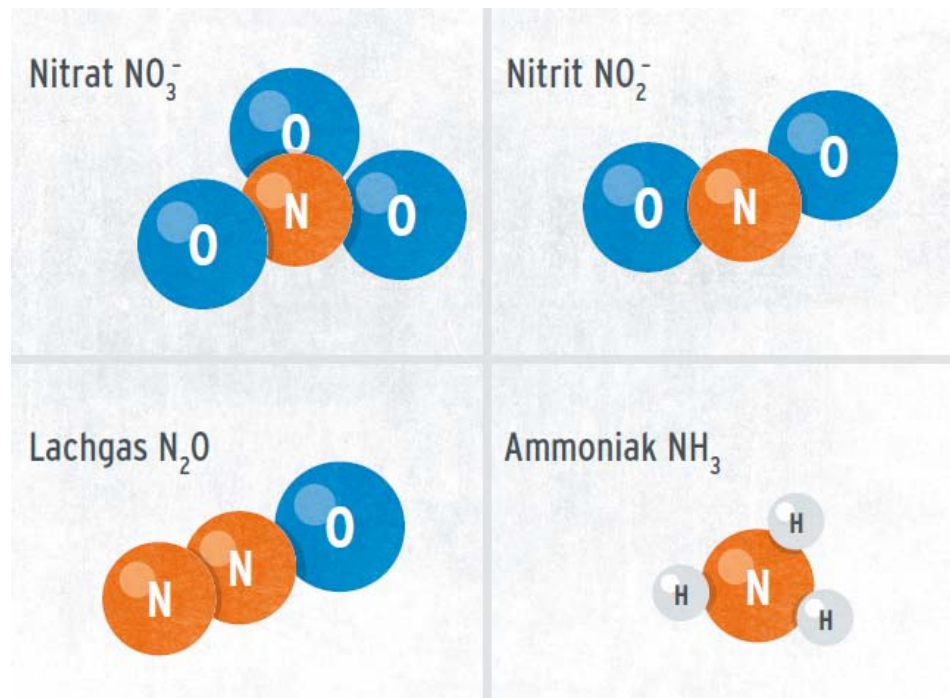
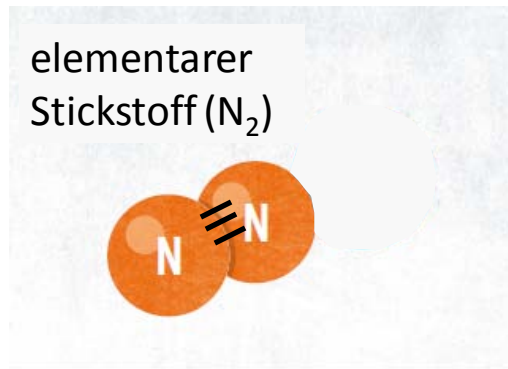
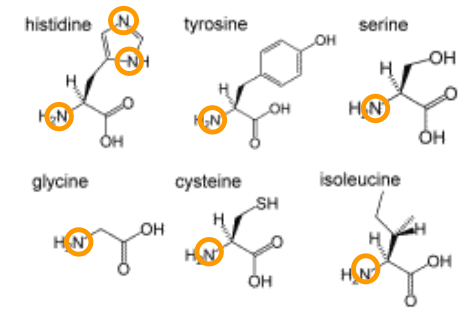


- stabile Verbindung
- nicht reaktiv
- nicht nutzbar



# Stickstoff – Formen und Vorräte

- ganz anders ist **reaktiver Stickstoff**
- Baustein für Eiweiße und Erbsubstanz
- beeinflusst Prozesse in Böden, Gewässern und in der Atmosphäre
- entscheidend für die Verteilung in der Umwelt





# Stickstoff – Formen und Vorräte

## Globaler Stickstoff-Kreislauf

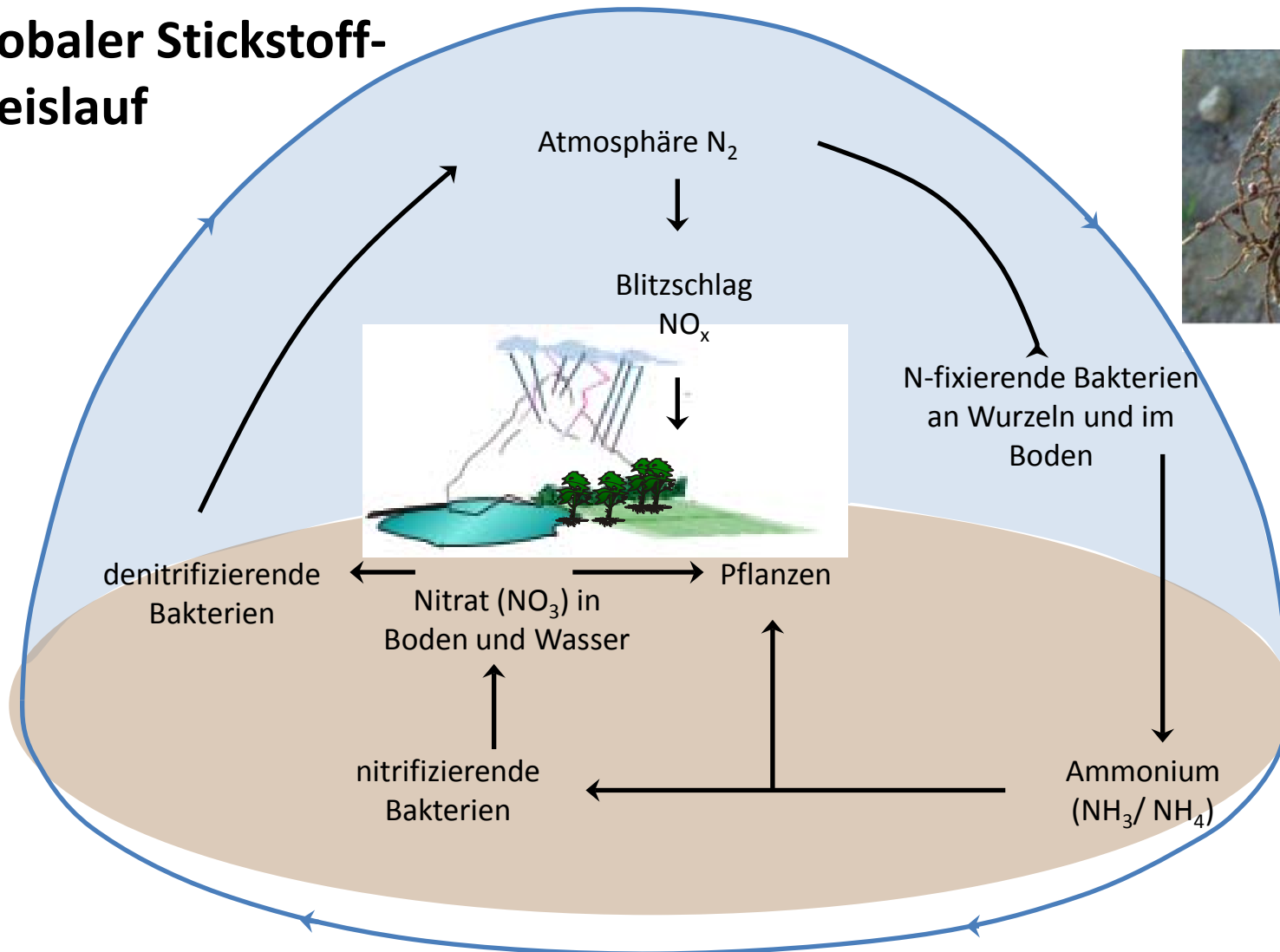


Bild: [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de)

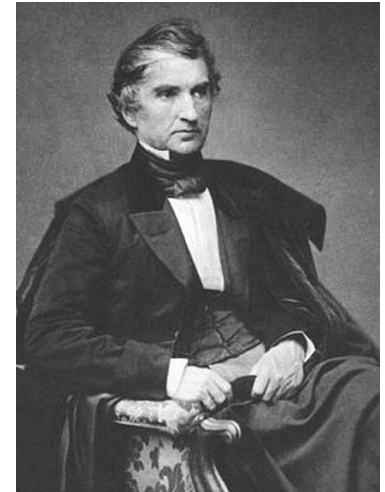
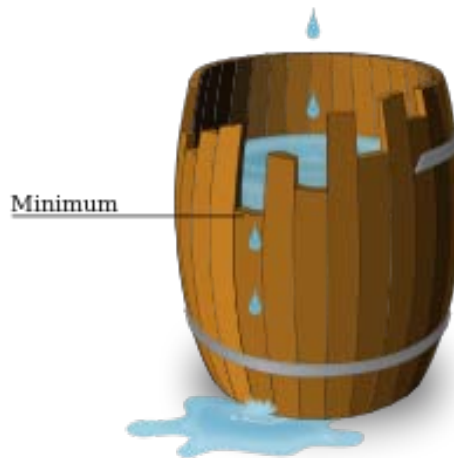
# Kein Leben ohne Stickstoff

- Pflanzenwachstum ist die entscheidende Grundlage der natürlichen Nahrungsketten
- bis vor wenigen Jahrzehnten war die Verfügbarkeit von Stickstoff für Pflanzen vor allem durch  $N_2$ -Fixierung und Zersetzung abgestorbener organischer Substanz (Mineralisierung) bestimmt
- In weiten Teilen der Erde begrenzte die Verfügbarkeit von Stickstoff die Biomasseproduktion und die landwirtschaftlichen Erträge

Justus von Liebig:

## **Minimumgesetz**

das Wachstum von Pflanzen wird durch die knappste Ressource eingeschränkt.



Bildquellen: Wikipedia



# Stickstoff – Formen und Vorräte

## Globaler Stickstoff-Kreislauf

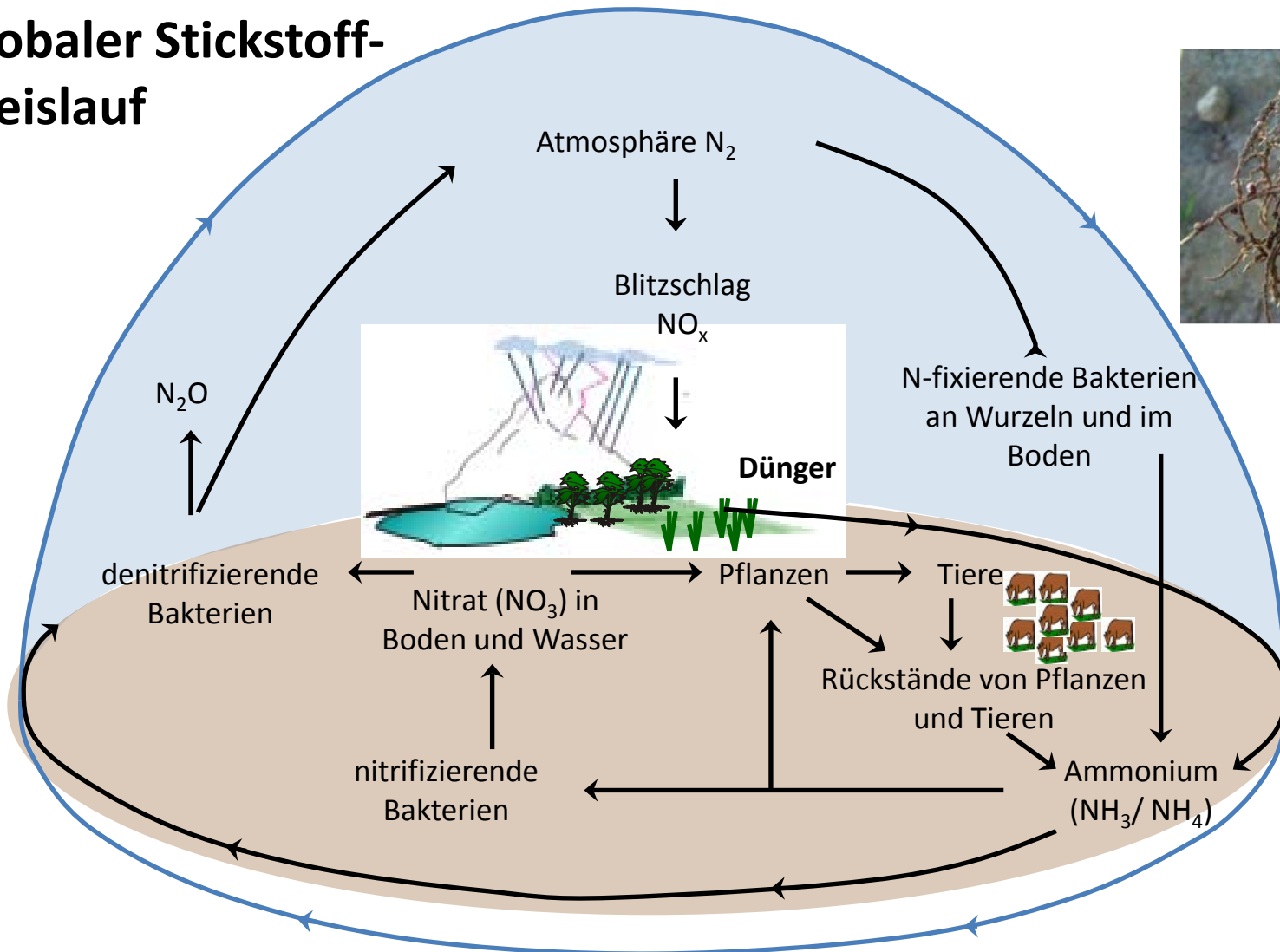
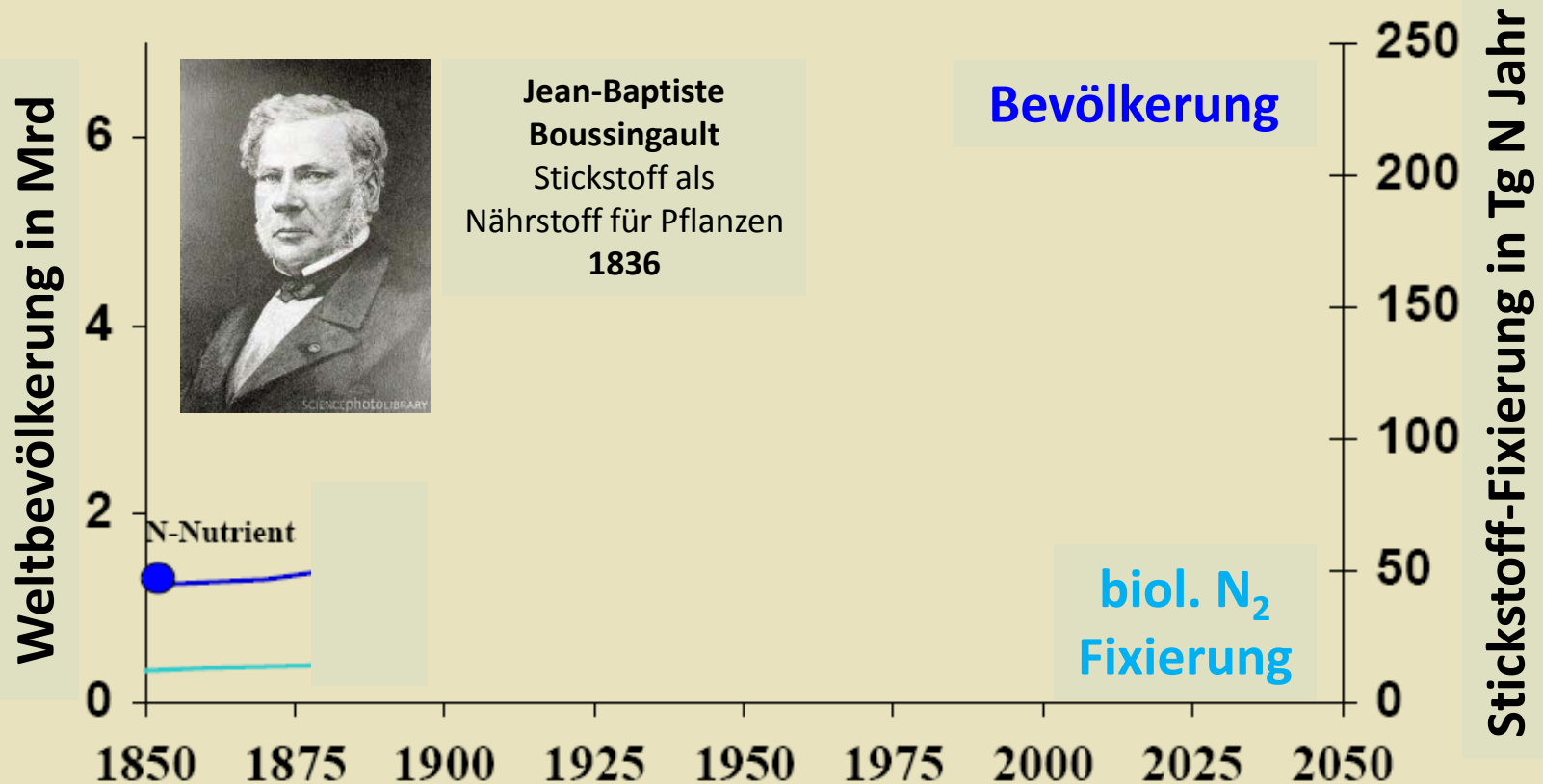


Bild: www.lwk-niedersachsen.de

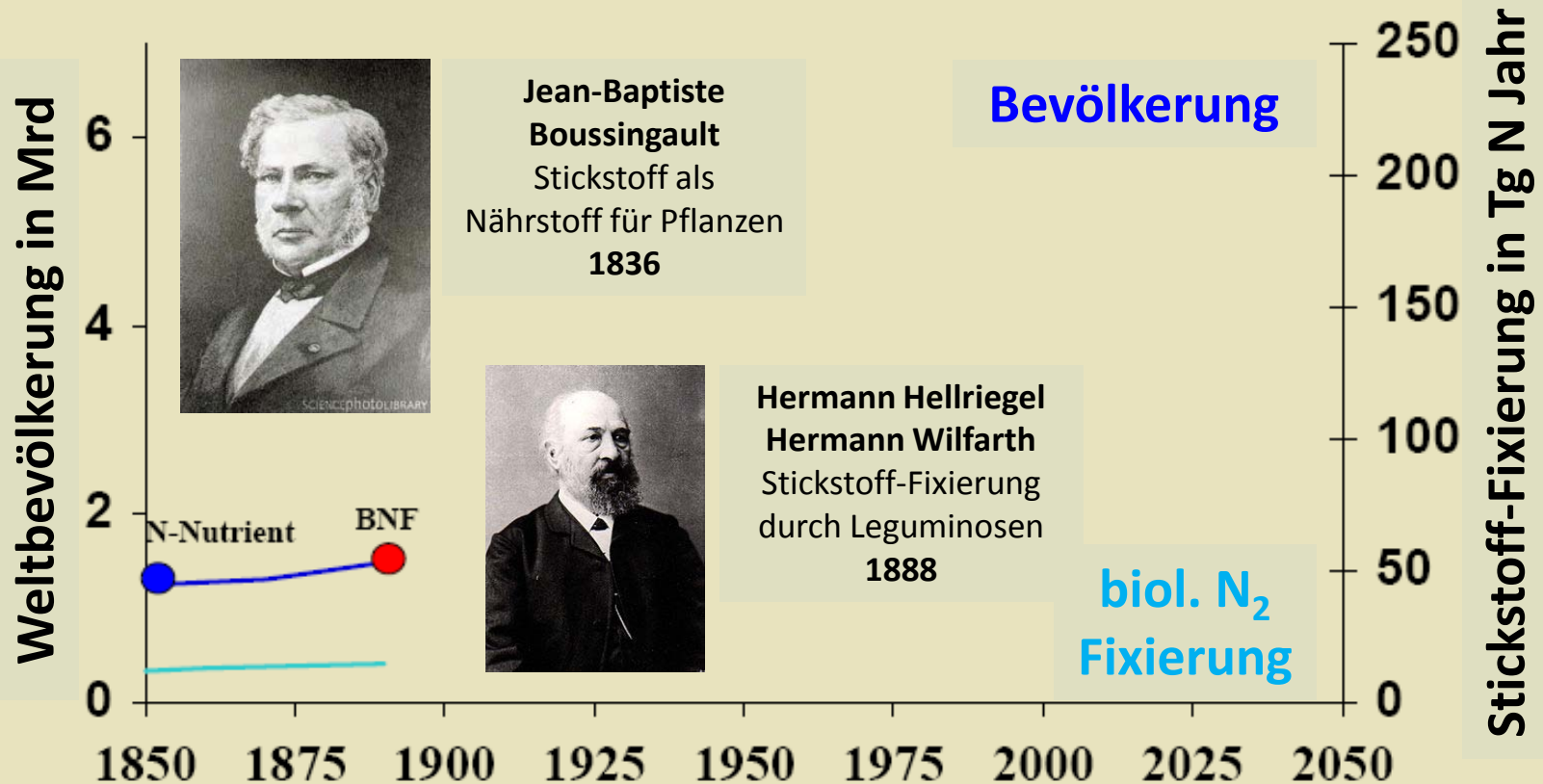
# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

## Zeitliche Entwicklung der reaktiven Stickstoff- Erzeugung durch menschliche Aktivität 1850-2000



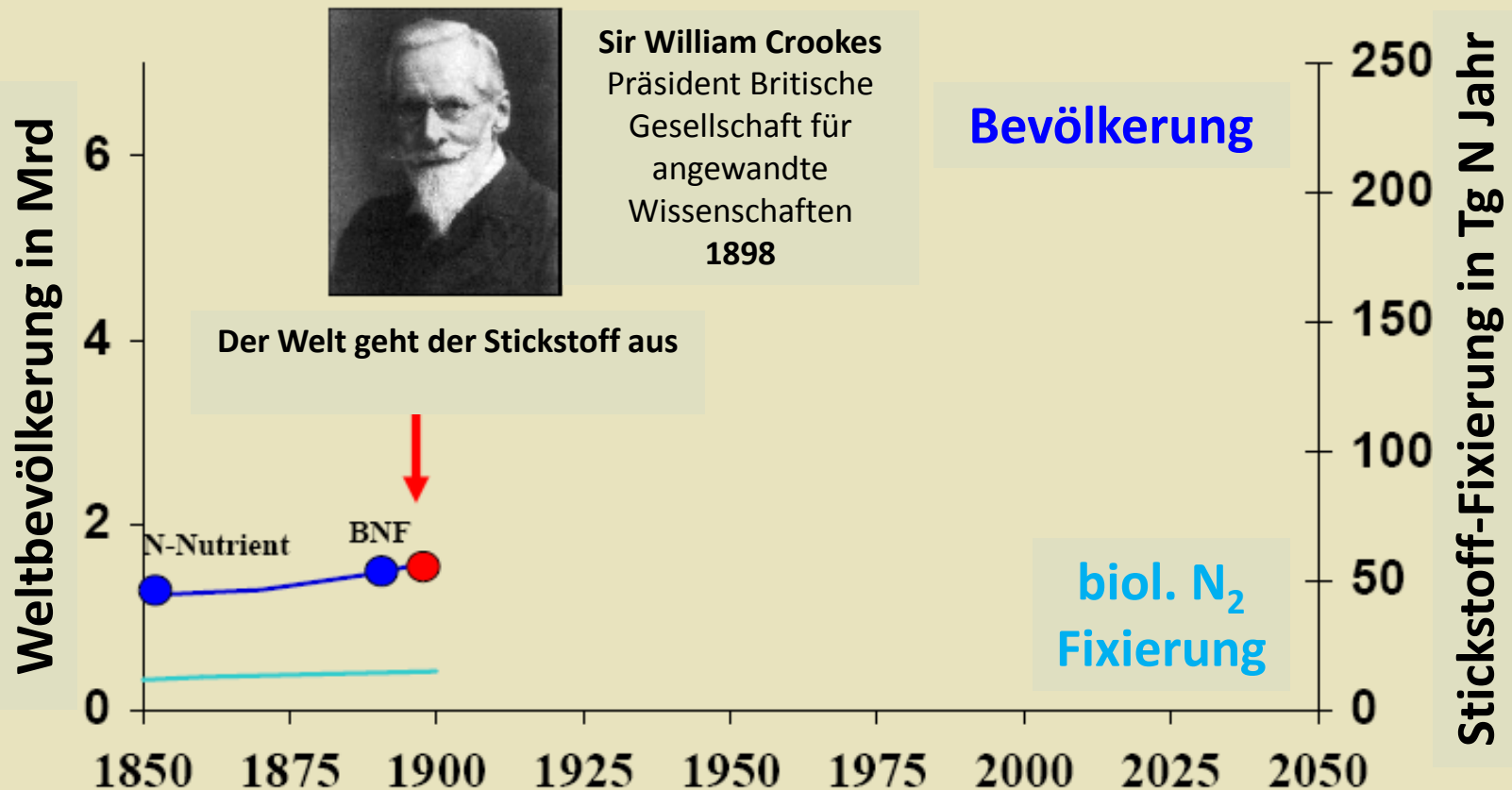
# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

## Zeitliche Entwicklung der reaktiven Stickstoff-Erzeugung durch menschliche Aktivität 1850-2000



# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

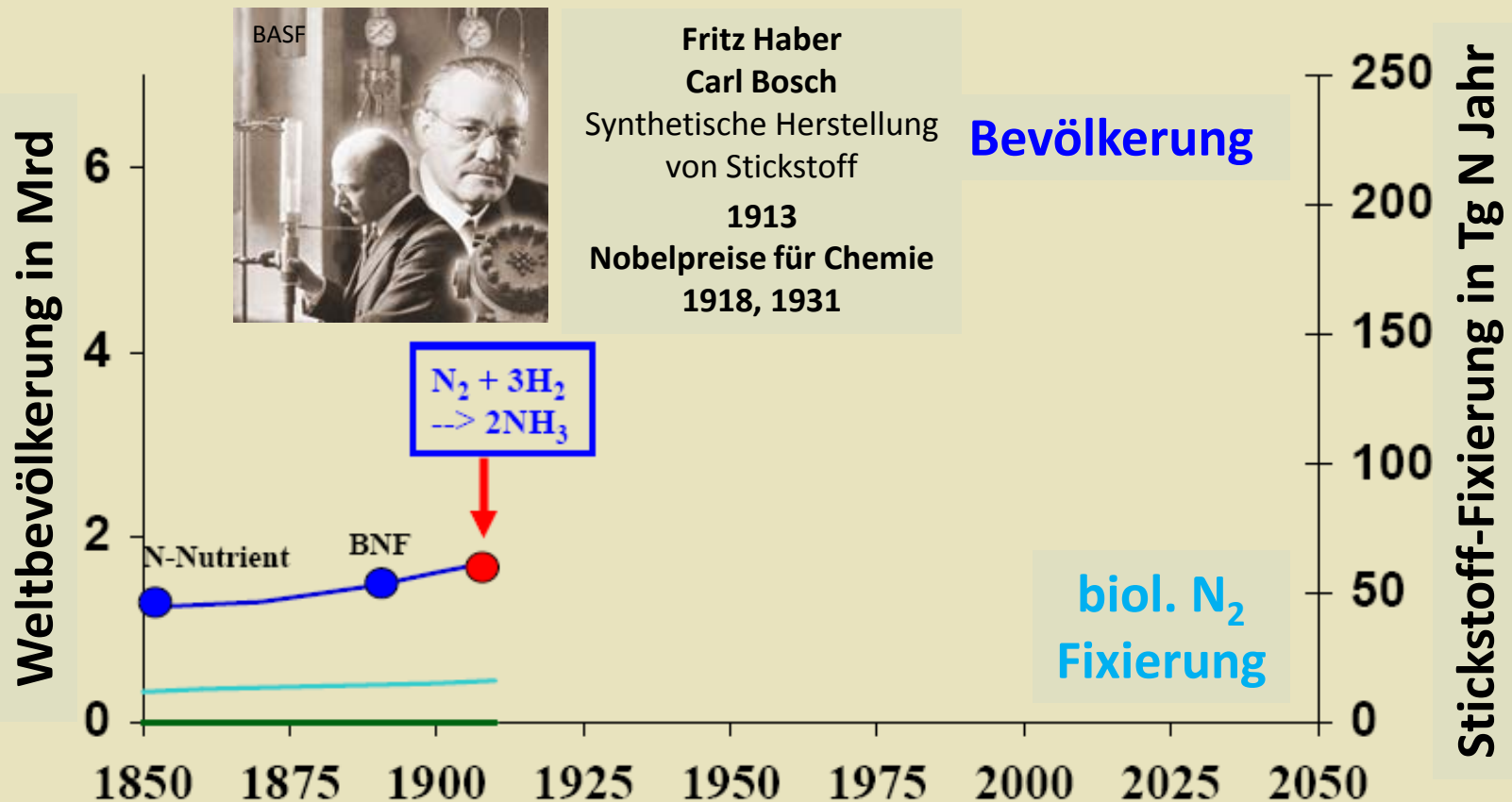
## Zeitliche Entwicklung der reaktiven Stickstoff-Erzeugung durch menschliche Aktivität 1850-2000



\*1898, Sir William Crookes, president of the British Association for the Advancement of Science

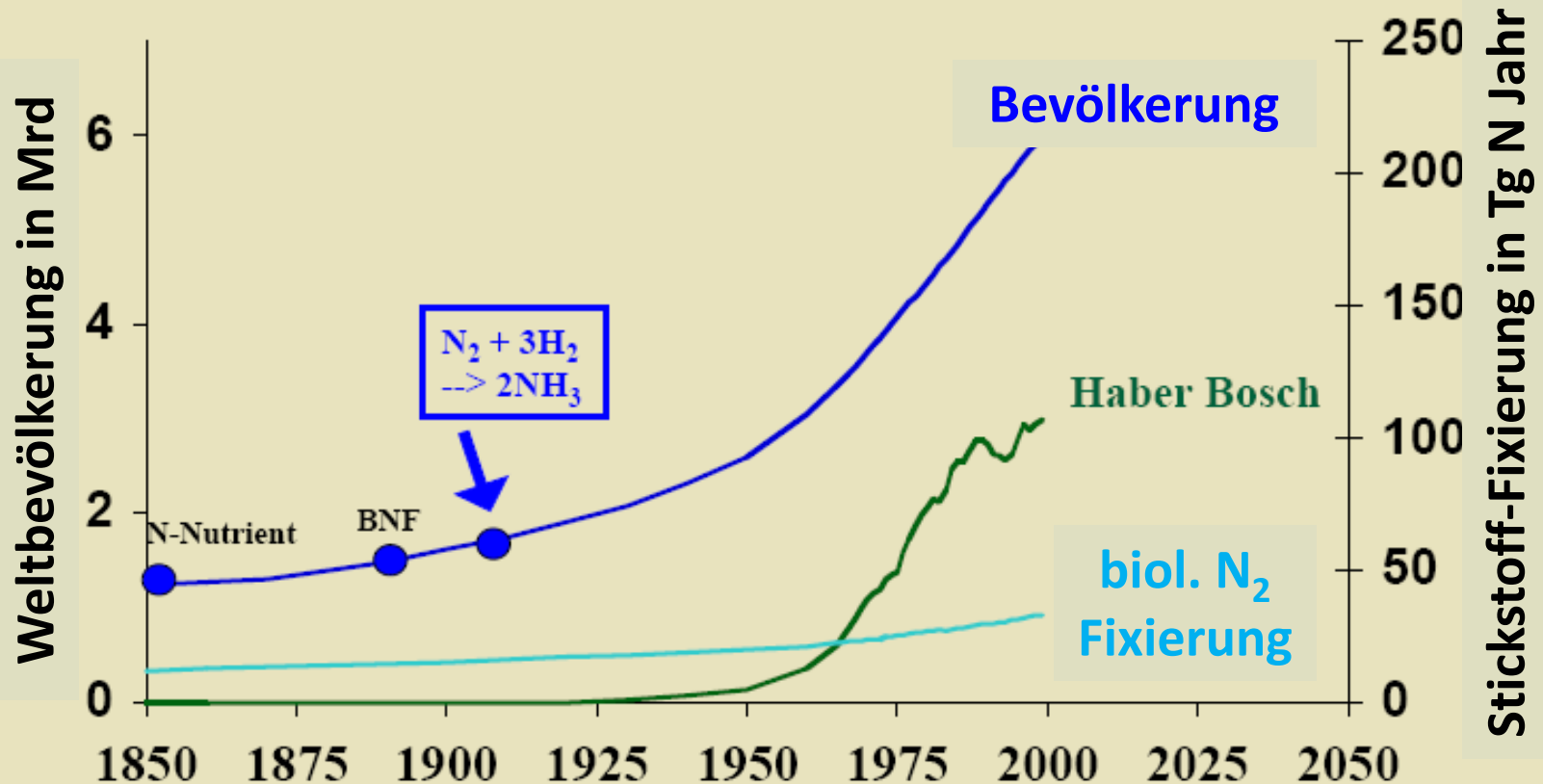
# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

## Zeitliche Entwicklung der reaktiven Stickstoff- Erzeugung durch menschliche Aktivität 1850-2000



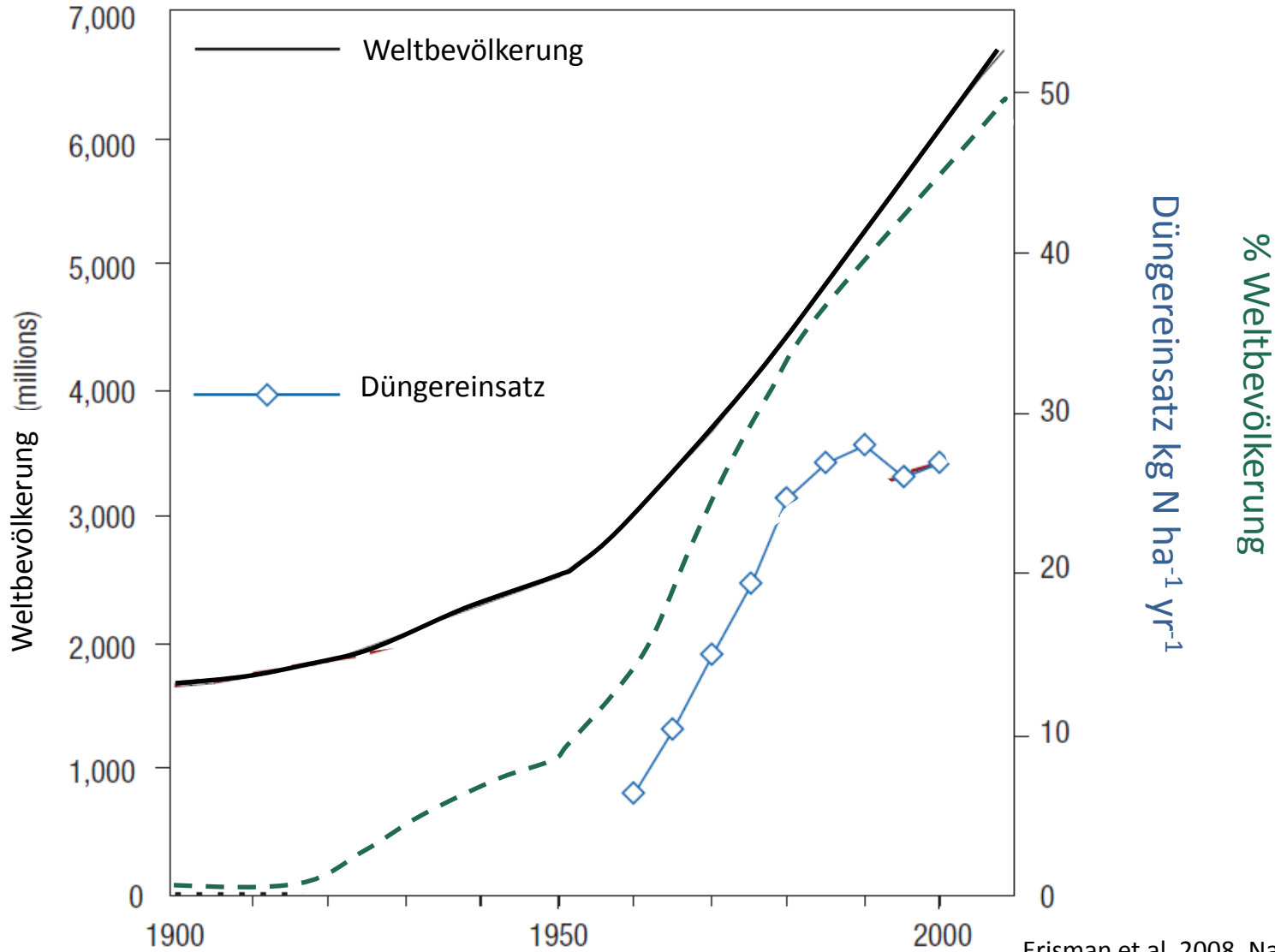
# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

Zeitliche Entwicklung der reaktiven Stickstoff-  
Erzeugung durch menschliche Aktivität 1850-2000



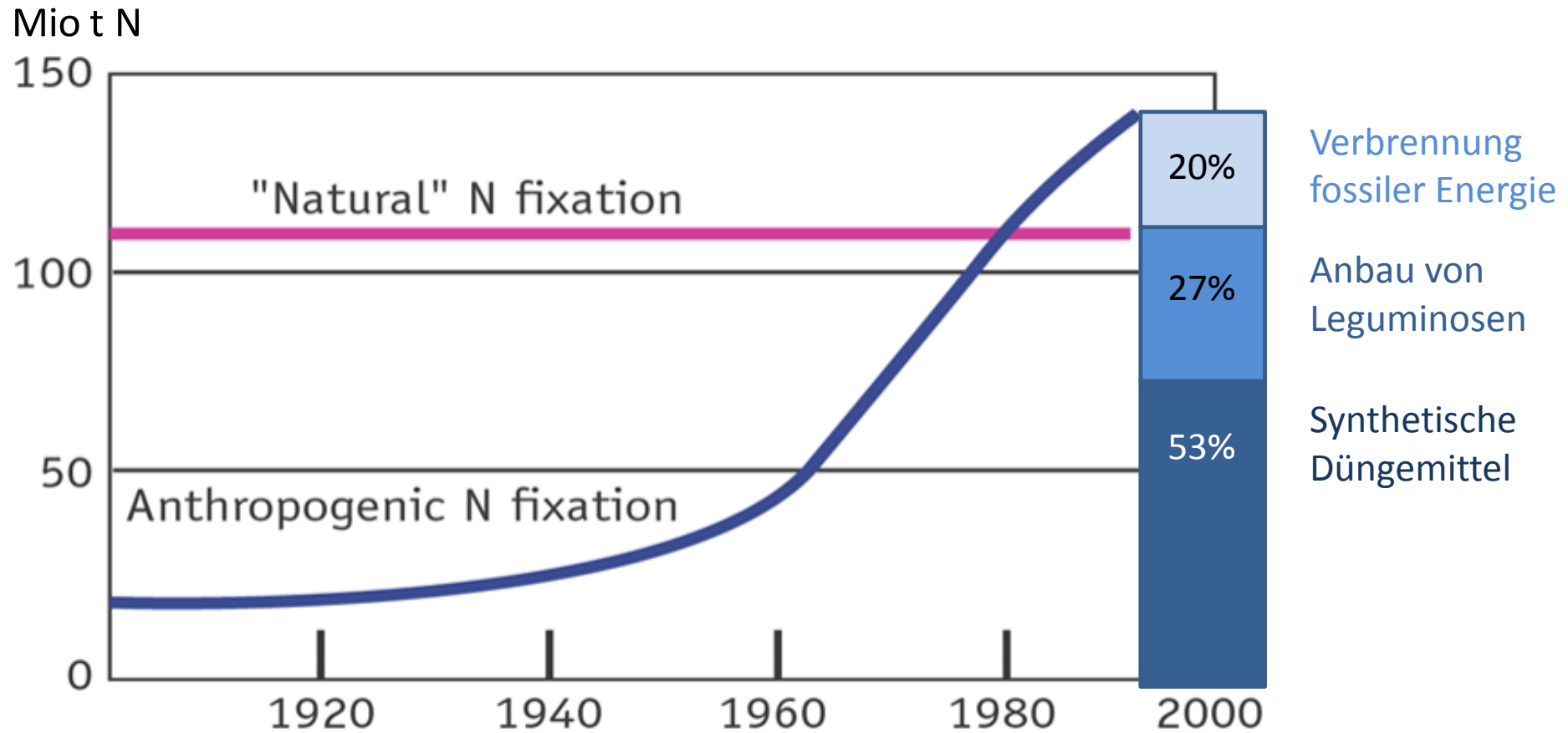


# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss



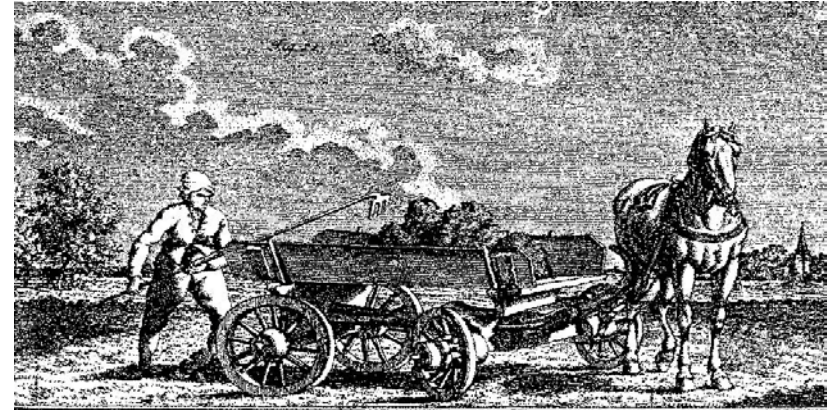
# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

Globaler Stickstoff-Fixierung natürlich und anthropogen



# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

## Geschlossene Nährstoffkreisläufe



## Intensivierung/ Industrialisierung

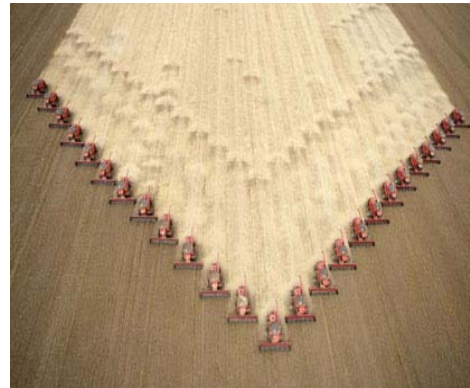
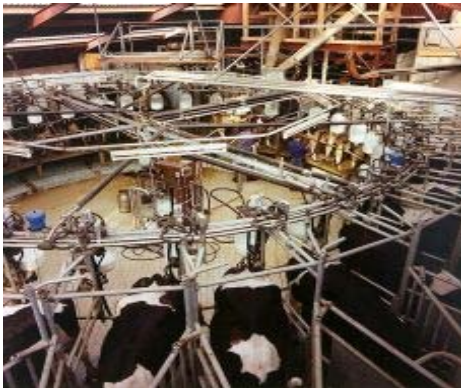
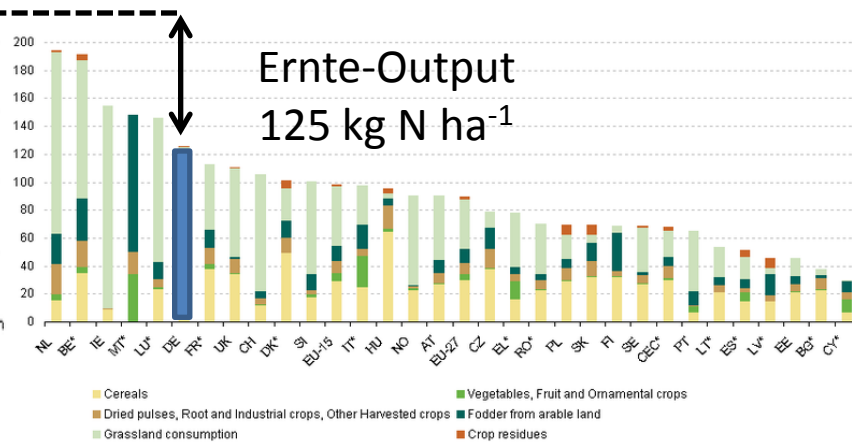
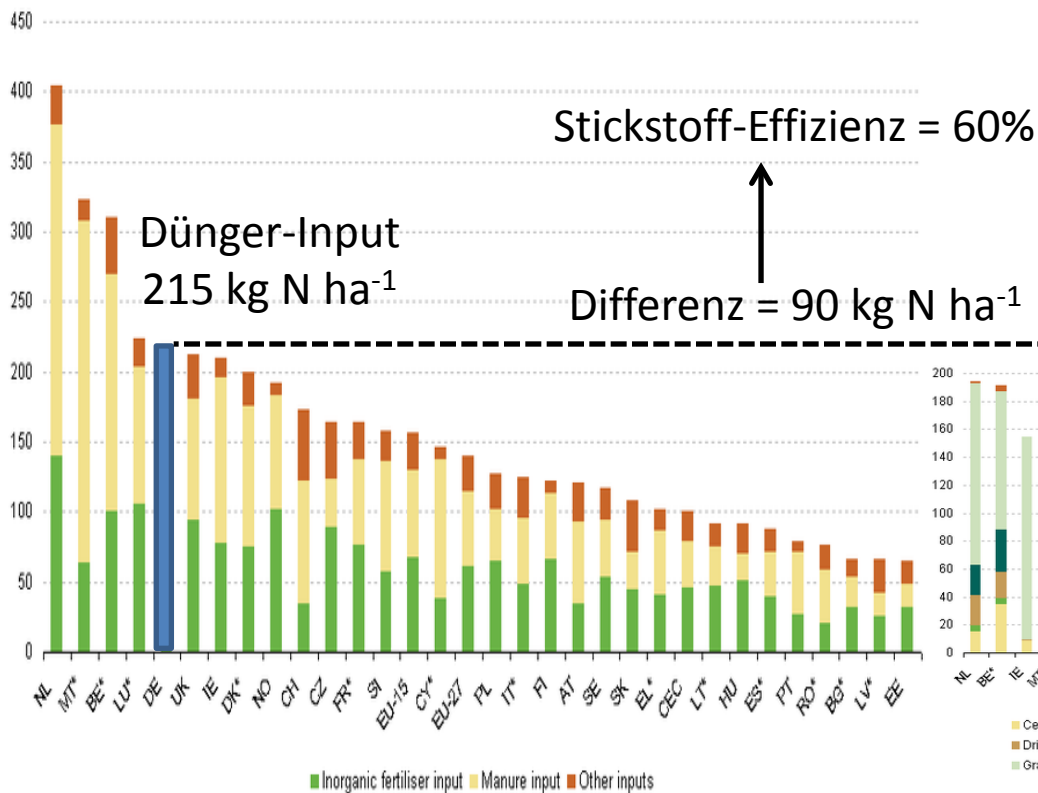


Foto: Mastroré, Ste. Inbarich, / Societa.de

# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

- Einsatz von Stickstoff-Düngemitteln (mineralisch und organisch) hat die landwirtschaftliche Produktivität enorm gesteigert
- allerdings wird nur ein Teil des eingesetzten Stickstoffs tatsächlich von den Pflanzen aufgenommen
- Ein großer Teil (Stickstoffüberschuss) entweicht ungenutzt in die Atmosphäre, wird in Gewässer ausgewaschen oder verbleibt im Boden

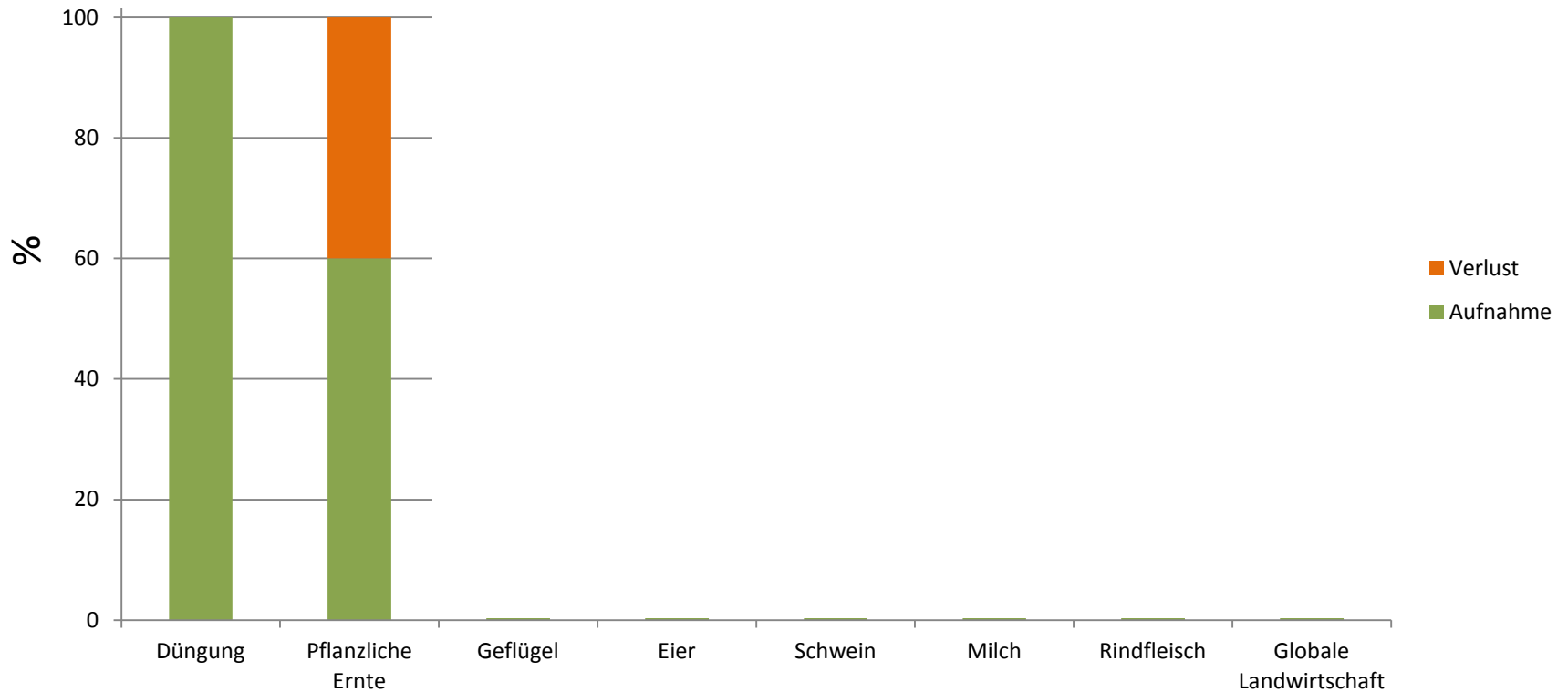
# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss



\* Eurostat estimations

\* Eurostat estimations

# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

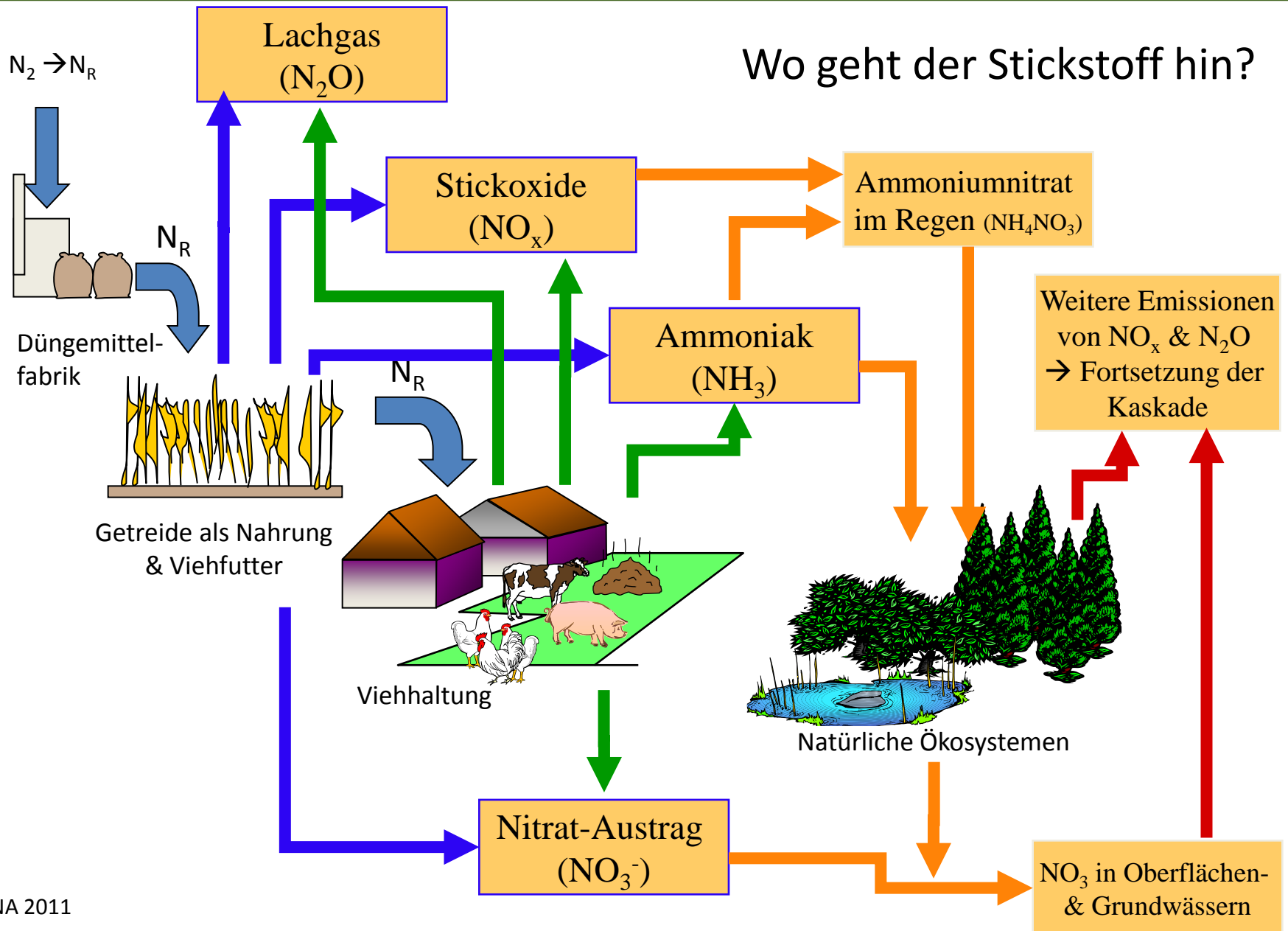


ENA 2011: Oenema, van Grinsven, Lesschen, Westhoek

van der Hoek,, 1998

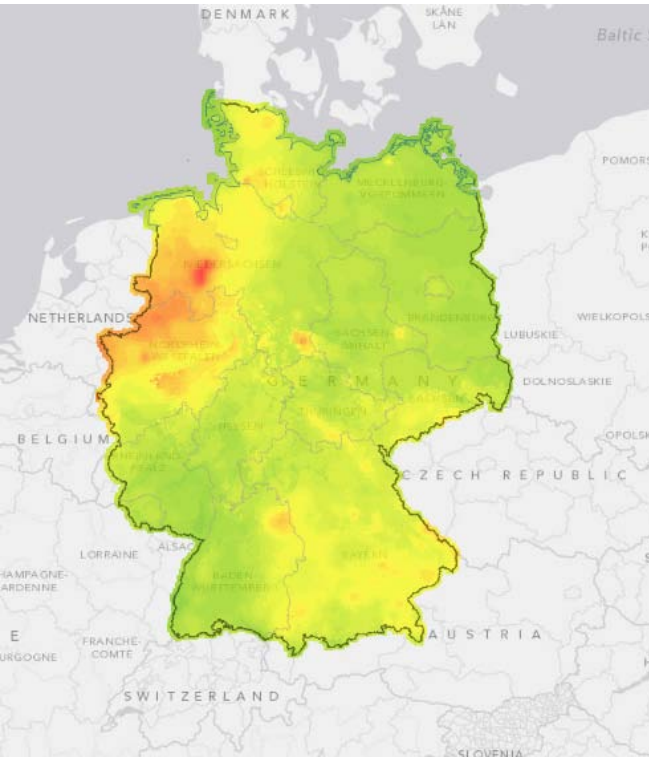


# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

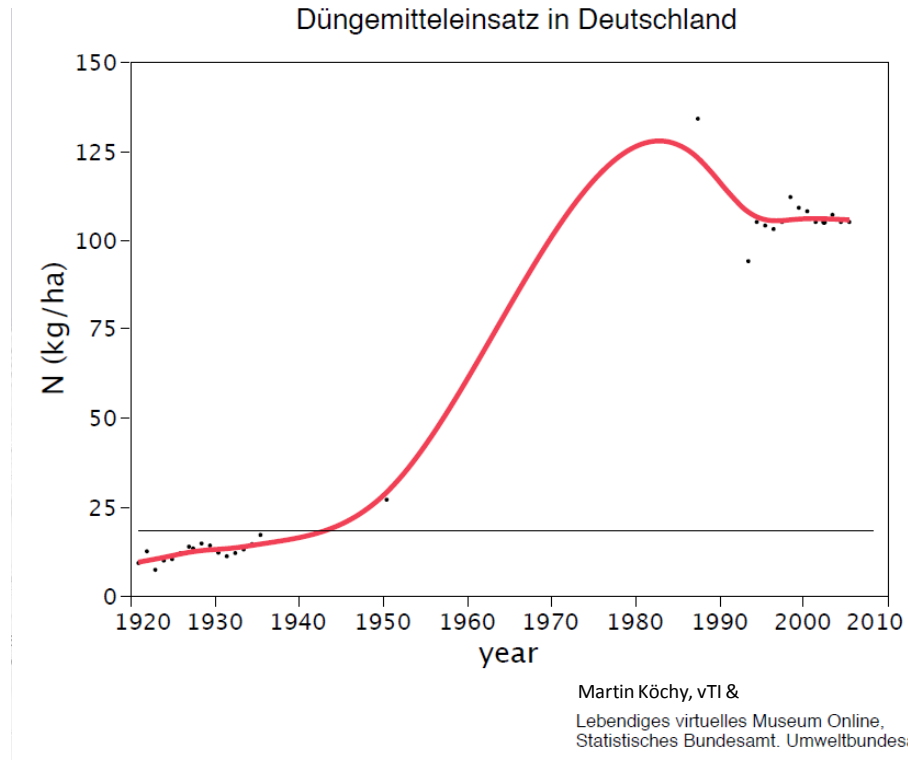


# Stickstoff – Vom Mangel zum Überschuss

Nadelwald



Laubwald



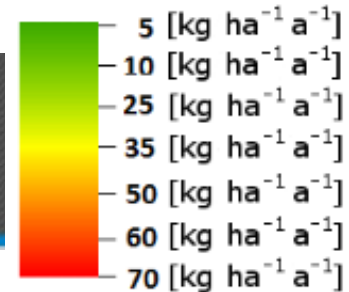
semi-natürliche Flächen



Umwelt  
Bundesamt

Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff

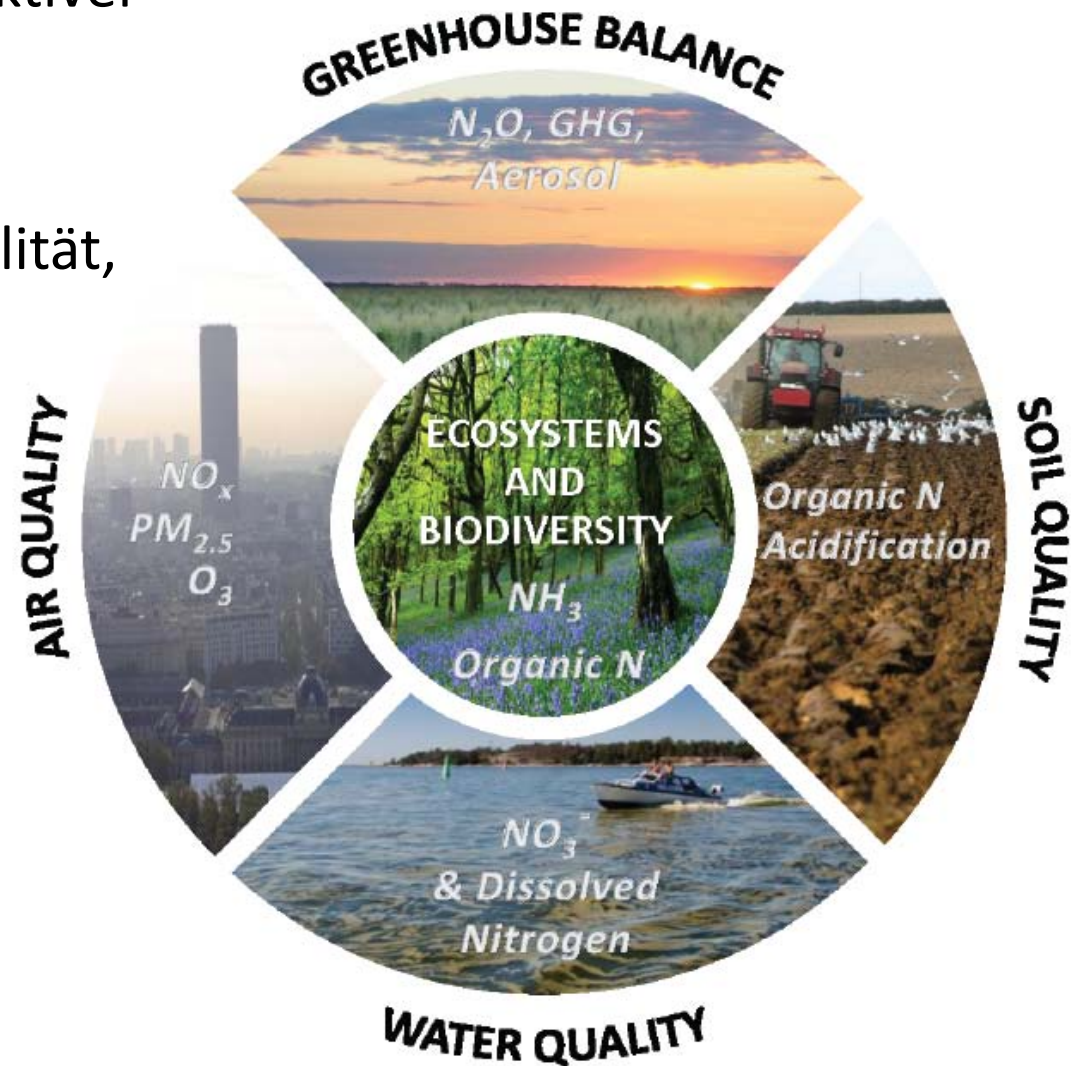
Stand 2007



# Stickstoff als Schadstoff

Im Übermaß freigesetzter reaktiver Stickstoff hat negative Auswirkungen auf die

- Boden-, Luft und Wasserqualität,
- die biologische Vielfalt in Gewässern und auf dem Land
- beschleunigt den Klimawandel



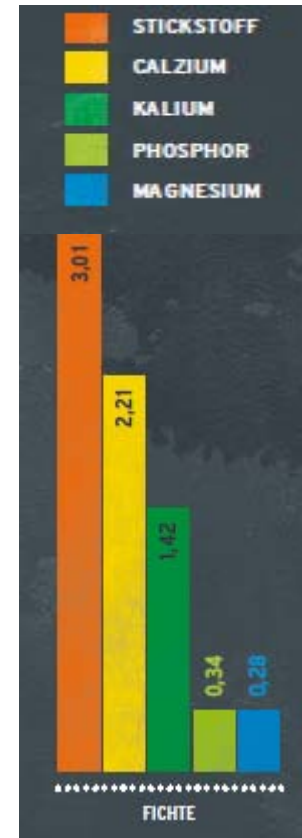
# Stickstoff als Schadstoff

Hilft Stickstoff dem Wald oder schadet er?

Stickstoffdüngung aus der Luft kann zu einer Steigerung des Baumwachstums führen

mehr Wachstum  $\neq$  Gesundheit

- verringerte Dichte und Stabilität des Holzes
- flacher ausgebildete Wurzelteller
- Bodenversauerung
- weichere Nadeln und Blätter
- höherer Anfälligkeit gegenüber Trockenheit, Frost, Insekten, Bakterien und Pilzen



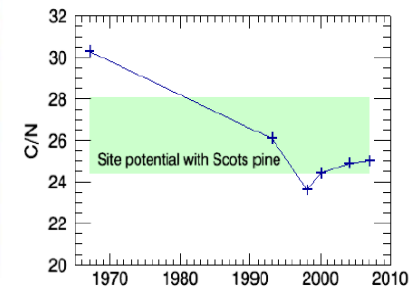
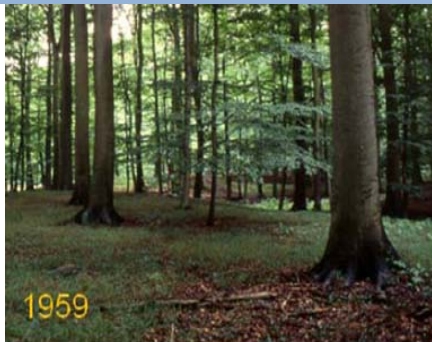


# Stickstoff als Schadstoff

Hilft Stickstoff dem Wald oder schadet er?

- stickstoffliebende Pflanzen verdrängen stickstoffempfindliche Arten
- Stickstoffzeigerpflanzen im Unterwuchs Brennnessel, Brombeere, Himbeere, Ruprechtskraut, Holunder, Hainrispengras, Schöllkraut, Taubnessel, Wiesenkerbel, Sandrohr

derzeit > 400 Farn- und Blütenpflanzen durch Stoffeinträge gefährdet  
Trockenrasen, Heiden, Moorheiden und Torfmoore



Bilder/Quelle: Martin Jensen, Waldkundeinstitut Eberswalde

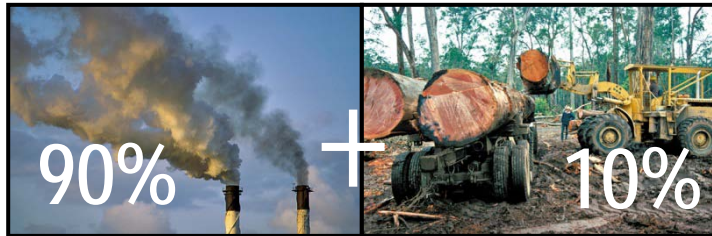
- C/N Verhältnis <25: Schwellenwert von erhöhten Nitratausträgen ( $\text{NO}_3$ ) ins Grundwasser und von Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) in die Atmosphäre

# Exkurs Klimawandel

Hilft Stickstoff dem Wald oder schadet er?

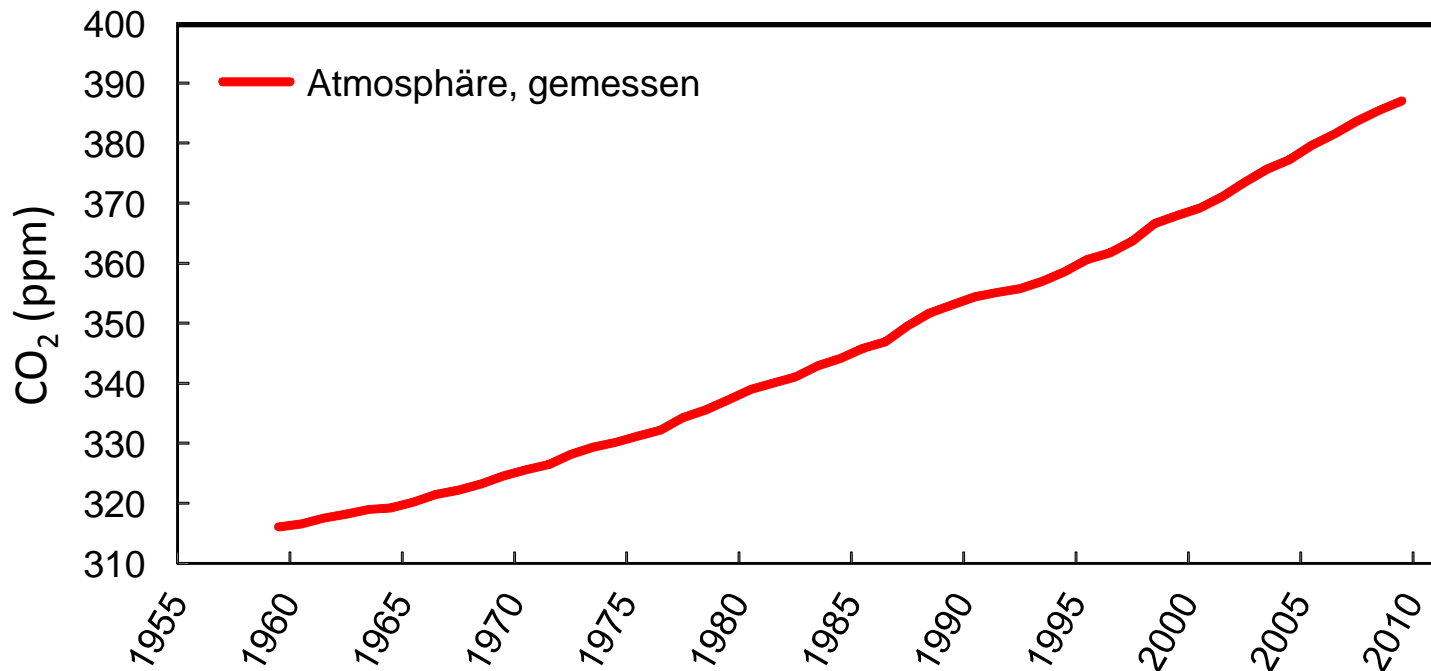
Woher stammt das anthropogene CO<sub>2</sub>?

Und wo geht es hin?



CO<sub>2</sub> Quellen (Emission)

CO<sub>2</sub> Senken (Aufnahme)





# Stickstoff als Schadstoff

## Nitrat in Grund- und Trinkwasser

Messungen zeigen dass an 15% der Messtellen der Schwellenwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO<sub>3</sub>/l überschritten wurde



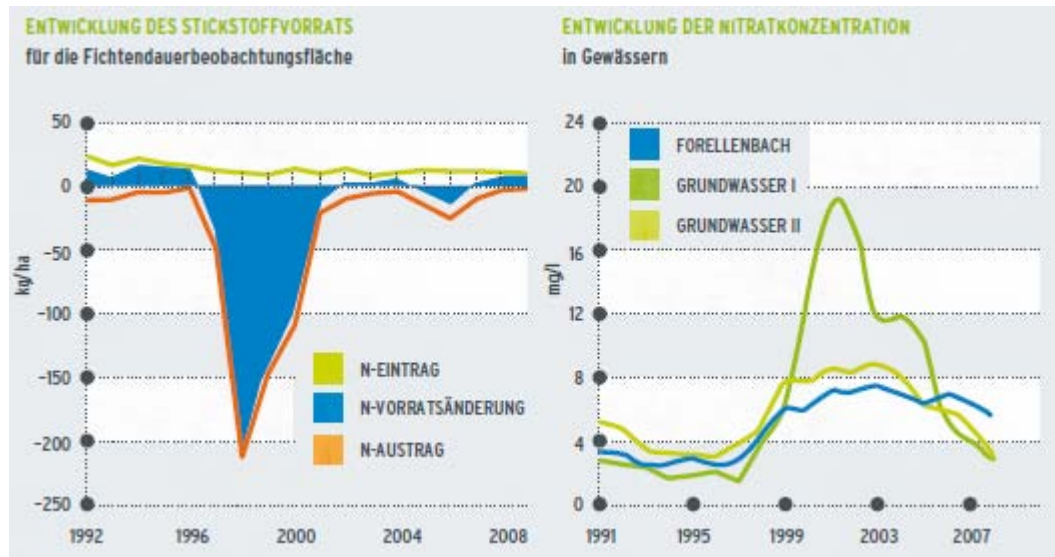
Quelle:  
Umweltbundesamt

Erfüllung der EU Wasserrahmenrichtlinie erfordert Ergreifung geeigneter Maßnahmen

# Stickstoff als Schadstoff

## Nitrat in Grund- und Trinkwasser: Beispiel NP Bayrischer Wald

- Verschärfte Problematik nach Extremereignissen wie Schneebruch, Windwurf oder Befall von Insekten
- Im Boden und Vegetation angereicherter Stickstoff kann in hohen Mengen in kurzer Zeit freigesetzt werden



Quelle: Beudert und Breit, 2010/ UBA

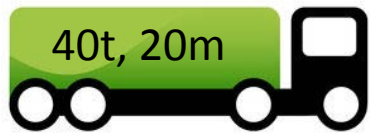
- Extremereignisse werden durch den Klimawandel häufiger

# Stickstoff als Schadstoff

Eutrophierung von Gewässern (Seen, Flüsse, Meere)

eutroph = gut genährt

Nordsee: Eintrag von 1.3 Mio t Stickstoff pro Jahr



Strecke bis Oslo



DDP



Bild: Ribe, fotolia.de

## Luftschadstoffe

Sowohl in der Luft enthaltene Stickstoffverbindungen ( $\text{NO}_x$ ) als auch Sekundärschadstoffe (Feinstaub, Ozon) haben Auswirkung auf die Gesundheit von Menschen, Tieren, Pflanzen

Ozon: Ertragseinbußen von 10-30%  
in der Mittelmeerregion



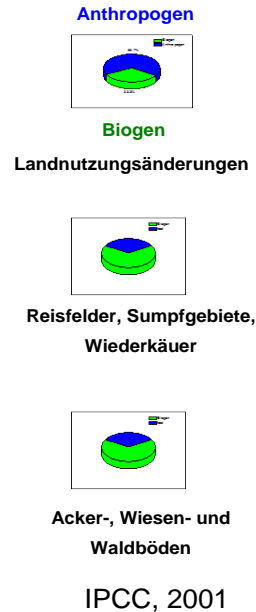
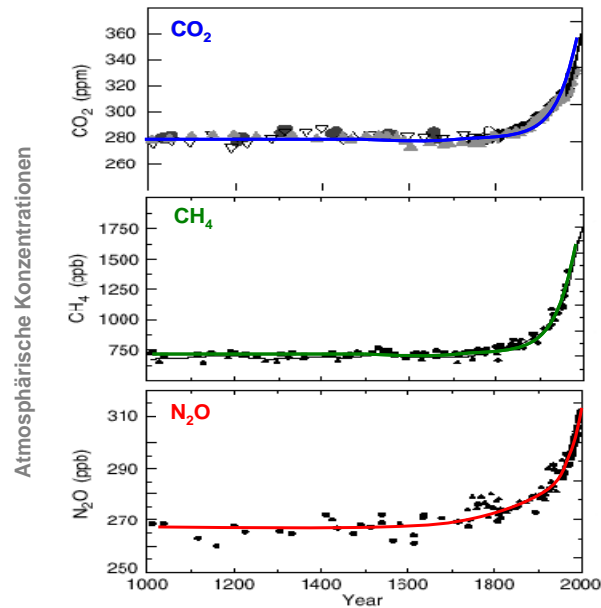
Bild: vTI



Bild: Thomas Max Müller, pixelio.de

# Stickstoff als Schadstoff

## Klimawandel - Treibhausgase



Beim Klimawandel dreht sich alles um Kohlendioxid  
weniger Beachtung finden andere Treibhausgase wie Lachgas (N<sub>2</sub>O)

Deutschland:  
6% der gesamt THG Emissionen durch N<sub>2</sub>O  
landwirtschaftlicher Anteil von ca. 70%

Mit intensiver Düngung Risiko von gesteigerten Lachgasemissionen  
insbesondere bei Kulturen wie Raps und Mais → Produktion von Bio-Diesel oder Ethanol

Minderung von THG Emissionen aus fossilen Brennstoffen darf nicht durch höhere Freisetzung bei der Biomasseproduktion kompensiert werden

THG Minderungspotential von mindestens 35%

# Stickstoff als Schadstoff

Gesellschaftliche Kosten verursacht von Umweltproblemen aus reaktiven Stickstoff-Emissionen EU-27



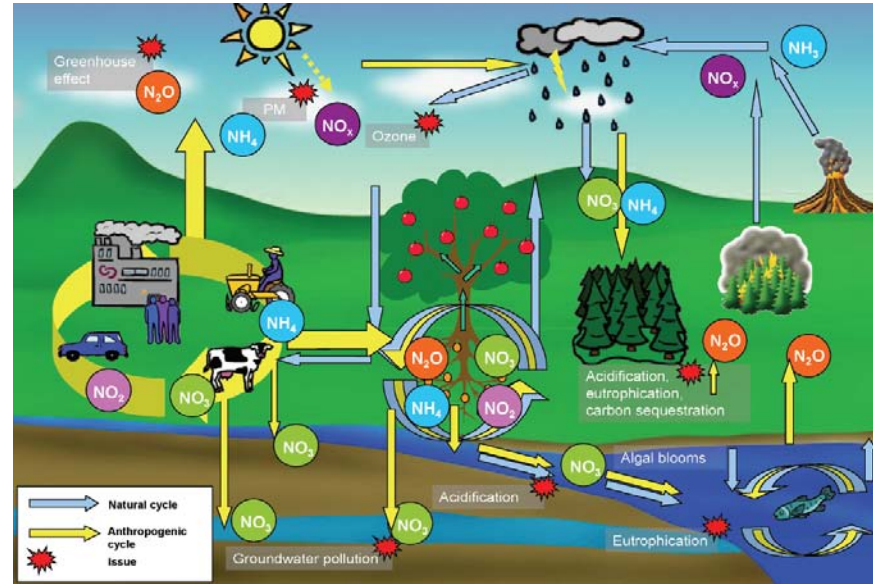
Effekt	Komponente	Umweltelement	geschätzte Kosten pro kg emittiertes N
Gesundheit (Feinstaub, Nox, O3)	NOx	Luft	10-30 €
Ökosysteme (Eutrophierung, Biodiversität)	Nr inkl NO3	Wasser	5-20 €
Gesundheit (Feinstaub)	NH3	Luft	2-20 €
Klima	N2O	Luft	5-15 €
Ökosysteme (Eutrophierung, Biodiversität)	NH3 und NOx	Luft	2-10 €
Gesundheit (Trinkwasser)	Nr inkl NO3	Wasser	0-4 €
Gesundheit (UV Strahlung durch O3 Abbau)	N2O	Luft	1-3 €

ENA, 2011

**Kosten Stickstoffdünger 1 kg N ca. 1.5 €**

# Problem erkannt - und wie weiter?

- Wandlungsfähigkeit macht Stickstoffverbindungen so problematisch
- Minderungsmaßnahmen in einem Bereich können Probleme in anderen Bereichen verstärken
- Gesamtheitliche Betrachtung des Stickstoffkreislaufs
- Industrie rückläufige Trends
- Landwirtschaft ist mit 57% Haupt-Quelle reaktiver N-Verbindungen



- Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung Stickstoffüberschuss in der Landwirtschaft auf  $<60 \text{ kg N ha}^{-1}$  zu reduzieren



# Problem erkannt - und wie weiter?

Welche Verbesserungsmöglichkeiten gibt es?

- Verbesserung der N-Effizienz in der Pflanzenproduktion durch Präzisionslandwirtschaft:
  - Bedarfsgerecht Düngung (Nmin), Anpassung von Zeitpunkten, Düngerformen, Anwendung von Hemmstoffen, Einarbeitung in den Boden, Zwischenfrüchte, Untersaaten, Lagerung organischer Dünger
- Verbesserung der Stickstoff-Effizienz in der Tierproduktion:
  - Futterverwertungseffizienz
- Stickstoff Recycling aus Kläranlagen
- Energieeinsparung, treibstoffeffizientere Autos, weniger Kilometer
- Verringerter Fleisch-Verzehr - zurück zum Sonntagsbraten

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

