

Stickstoff in Pflanzen

- in den meisten organischen Molekülen, bes. Aminosäuren (Proteine), Nucleinsäuren (DNA, RNA), Chlorophyll, ...
- in Blatt am meisten in Rubisco (bindet CO₂)
- typ. 1 – 3 % Trockengewicht
- oft der am stärksten limitierende Nährstoff

N Mangel:
Chlorose: wenig Chlorophyll gebildet

und Konsumenten

- Proteine sind Hauptbestandteil der Ernährung
- Viele Pflanzen haben aber:
 - nicht viel N und damit wenig Protein
 - Proteine mit ungünstiger Aminosäurezusammensetzung
- Tiere/ wir essen daher:
 - viel N-arme Pflanzen
 - Fleisch
 - Leguminosen
 - selektieren und züchten Leguminosen und andere Pflanzen mit günstiger Aminosäure-Zusammensetzung

Formen des Stickstoffs

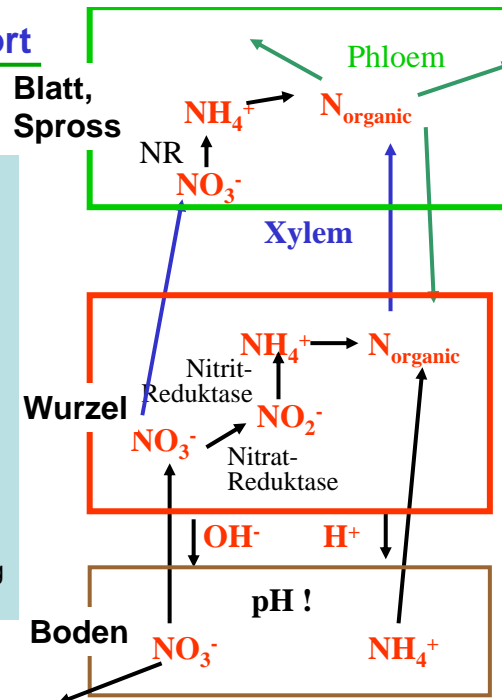
| | |
|---------------|--|
| molekular | N ₂ (gas) |
| Ammoniak | NH ₃ (gas) |
| Ammonium | NH ₄ ⁺ |
| Nitrat | NO ₃ ⁻ |
| Nitrit | NO ₂ ⁻ |
| organischer N | N _{org} |
| Harnstoff | CO(NH ₂) ₂ |
| Stickoxide | NOX (NO, N ₂ O, NO ₂ , u.a.) |

Biogeochemischer Kreislauf:

verschiedene N-Formen können, meist biogen, ineinander umgewandelt werden und zwischen den Teilen des Ökosystems (Pflanzen, Konsumenten, Destruenten, Luft, Boden, Wasser) lokal bis global, kurz- bis langfristig ausgetauscht werden
kaum N im Gestein ⇒ Lithosphäre nicht relevant

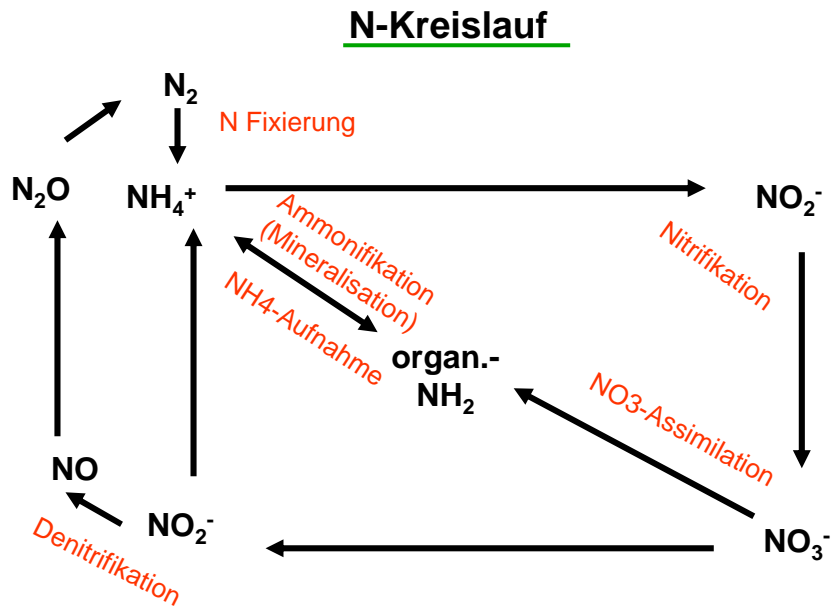
Aufnahme und Transport

- NH_4^+ und NO_2^- sind toxisch
- NH_4^+ : wird sofort in Aminosäuren eingebaut
- NO_3^- : muss in Wurzel oder Blatt reduziert werden (N-Assimilation) durch Nitratreduktase (lichtabhängig) + Nitritreduktase
- Austausch im Boden mit OH^- der Pflanze bzw. Co-Aufnahme von Kationen
- Austausch im Boden mit H^+ \Rightarrow Versauerung
- Verminderte Aufnahme von Kationen
- organ. N von Pflanzen wenig, wichtig in borealen Gebieten



Nitrat, Nitrit und Nitrosamine

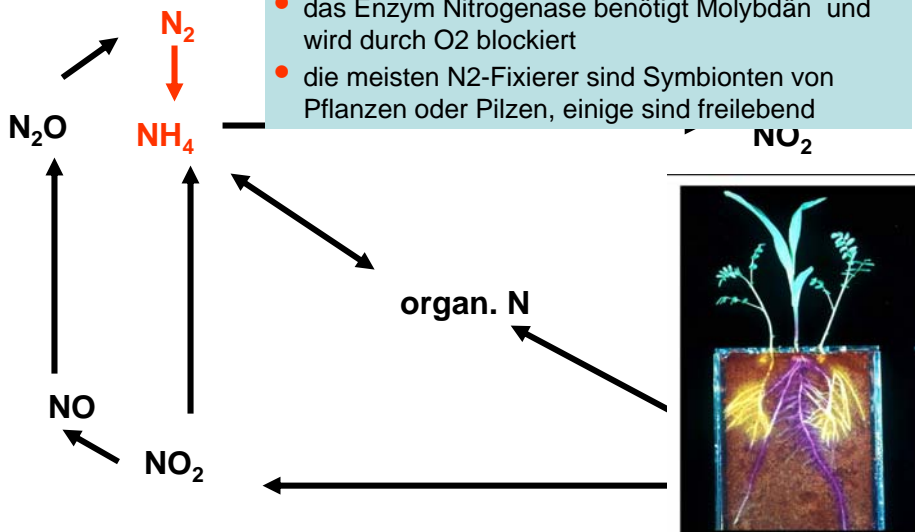
- NO_3^- (nicht toxisch) \Rightarrow NO_2^- (toxisch)
- $\text{NO}_2^- \Rightarrow$ Methämoglobin (blaue Babies)
- $\text{NO}_2^- +$ Aminosäuren \Rightarrow Nitrosamine (cancerogen)
- NO_3^- Quellen: ca 70 % Gemüse, 20 % Wasser, 10 % gepökeltes Fleisch
- N-Assimilation am Tag (NO_3^- -Reduktase durch Licht aktiviert) \Rightarrow höhere NO_3^- -Konzentration in Pflanzen im Frühling und am Morgen
- in Gemüse NR v.a. in Blättern
- typ. hoher NO_3^- in Grünem Salat, Kohlrabi, Kresse, Mangold, Spinat, Radieschen, Sellerie



based on <http://ag.arizona.edu/azaqua/aquaplants/PowerPointPresentations/>

N2 Fixierung

- verbraucht viel Energie:
- $N_2 + 8H^+ + 8e^- + 16 ATP \Rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16ADP + 16 Pi$
- nur einige Prokaryonten (Bakterien, Blaualgen)
- das Enzym Nitrogenase benötigt Molybdän und wird durch O_2 blockiert
- die meisten N_2 -Fixierer sind Symbionten von Pflanzen oder Pilzen, einige sind freilebend



Leguminosen

- Familien: Fabaceae, Caesalpiniaceae and Mimosaceae
- Wurzelknöllchen enthalten N₂-fixierendes Bakterium **Rhizobium**, das fast nur in Leguminosen vorkommt
- leben in Vesikeln, die von Wurzelzellen gebildet werden
- Mutualistische Symbiose:
 - Pflanzen bekommen N
 - Bakterien bekommen Kohlenhydrate (Energie) und ander organ. Stoffe
- Kooperative Synthese von **Leghämoglobin** (Protein das O₂ bindet)
- Reguliert O₂-Versorgung der Bakterien

andere Symbionten

Frankia auch mit Ölweide, Myrica, Sanddorn, Casuarina u.a., v.a.

Flechten mit Blaualgen

freilebende N₂-Fixierer: Bakterien z.B. *Azotobacter*, *Chlostridium* u.a.

N-Eintrag durch N₂-Fixierung

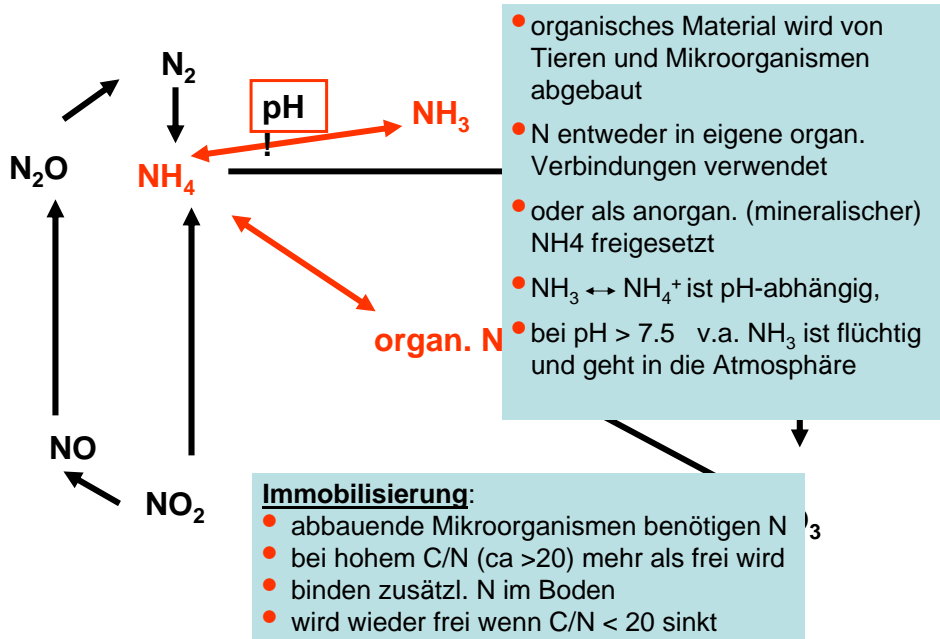
| | N ₂ -Fixierung (kg N/ha/Jahr) |
|-------------------------|---|
| Leguminosen + Rhizobium | 200-300 |
| Blaualgen | 30-40 |
| Rhizosphären-Bereich | 2-25 |
| freilebende | 1-2 |

z.B. Reisfelder: N-Bindung: 30 – 50 kg/ha/Jahr
 durch Blaualge **Anabaena** mit Heterocysten: spezielle Zellen mit niedrigem O₂-Gehalt, lebt symbiontisch im Schwimmpflanz Azolla

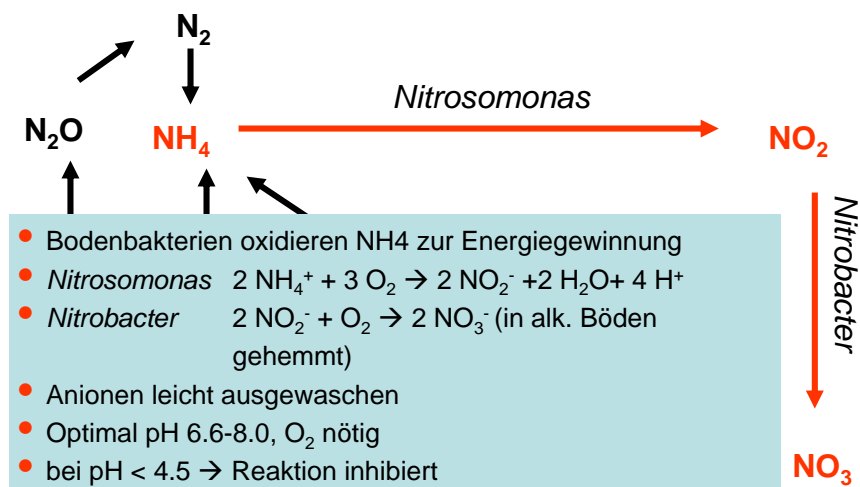
Bedeutend im Ökosystem:

- Gründüngung mit Leguminosen
- in mediterraner Garrigue (gestörte Vegetation nach Rodung, Brand etc.) sorgen versch. Ginster für N-Eintrag und Bodenverbesserung
- Robinie (aus N-Amerika): N-Eintrag begünstigt Ruderal- und verdrängt autochtone Bodenvegetation; bes. von Trockenwäldern, Trocken- und Magerrasen

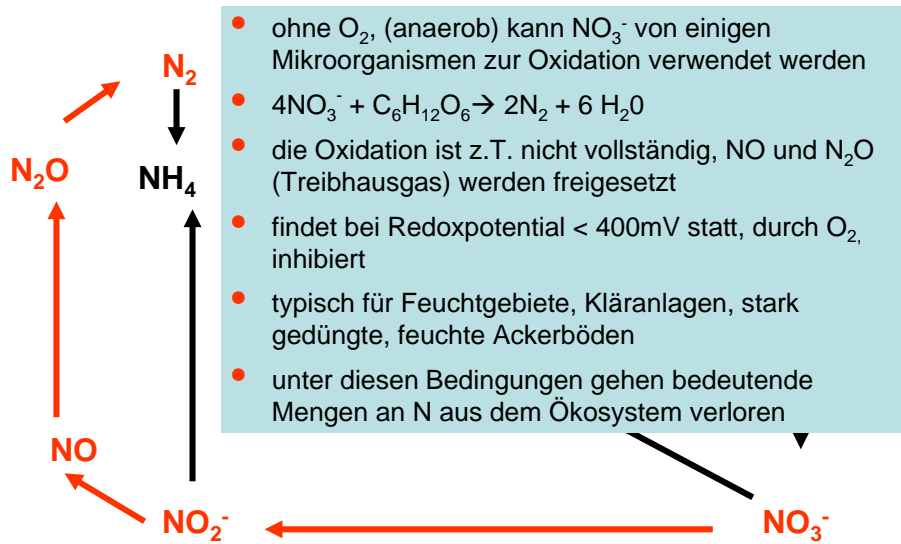
Ammonifikation / Mineralisation



Nitrifikation

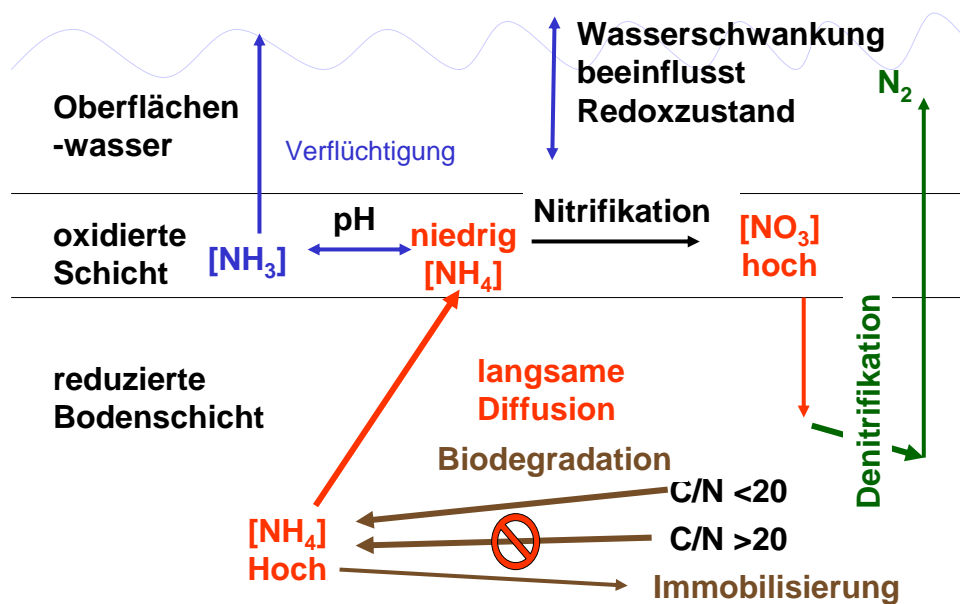


Denitrifikation



- ohne O₂, (anaerob) kann NO₃⁻ von einigen Mikroorganismen zur Oxidation verwendet werden
- $4\text{NO}_3^- + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- die Oxidation ist z.T. nicht vollständig, NO und N₂O (Treibhausgas) werden freigesetzt
- findet bei Redoxpotential < 400mV statt, durch O₂, inhibiert
- typisch für Feuchtgebiete, Kläranlagen, stark gedüngte, feuchte Ackerböden
- unter diesen Bedingungen gehen bedeutende Mengen an N aus dem Ökosystem verloren

Aquatischer N-Kreislauf



based on <http://ag.arizona.edu/azaqua/aquaplants/PowerPointPresentations/>

N Quellen/Senken im Ökosystem

N Quellen:

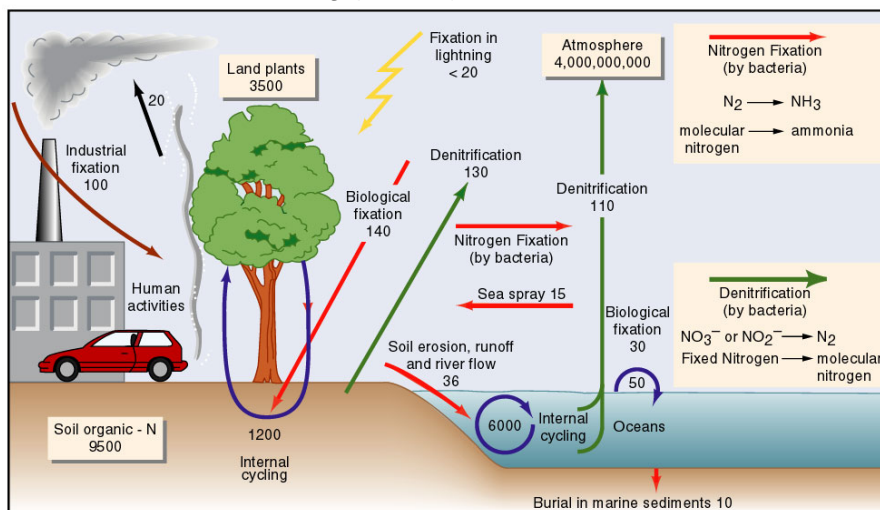
- Mineralisation
- biolog. N₂-Fixierung
- atmosph. N₂ durch Blitze
- sonst. atmosph. N-Formen (größtenteils anthropogen)
- Überflutung (manche Feuchtgebiete)
- Dünger organisch oder anorganisch (von N₂)

N Verlust:

- Auswaschung (NO₃ >> NH₄)
- Denitrifikation (Feuchtgebiete)
- NH₃ Ausgasung (pH!)
- Austrag mit Wasser, Boden, Biomasse

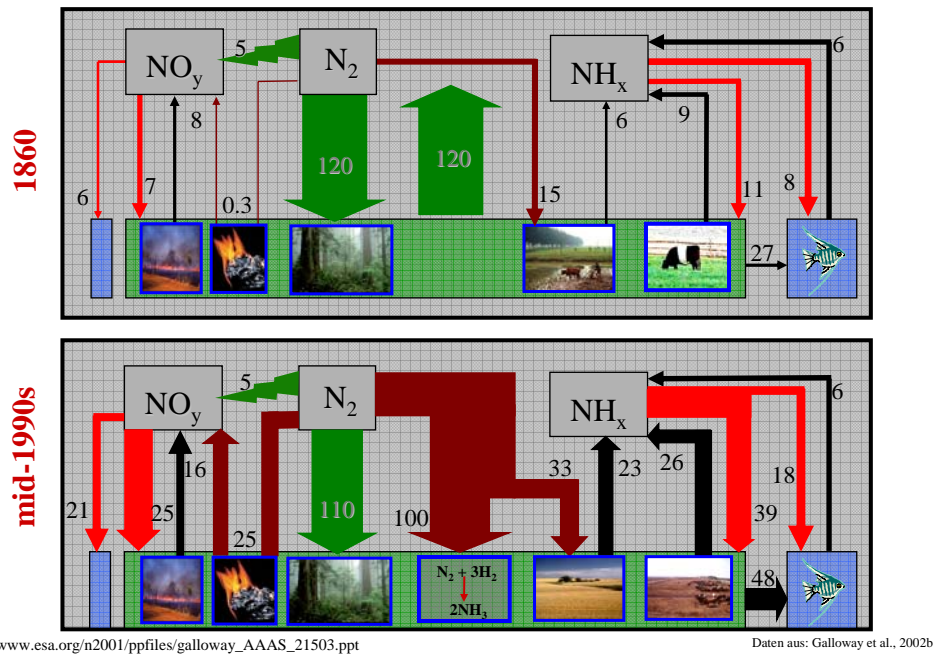
Globaler N-Kreislauf

in Tg (=Mio. t) N / Jahr



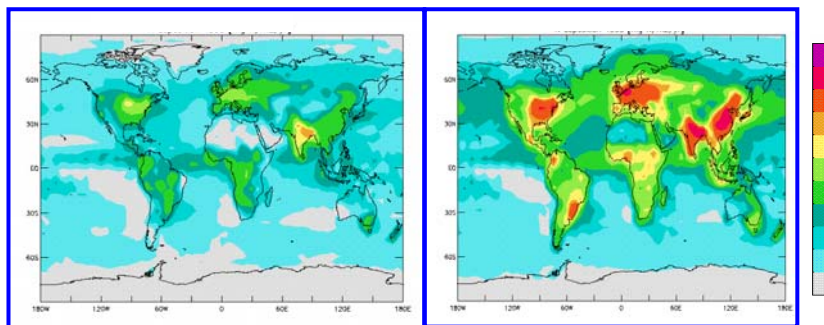
© 2003 John Wiley and Sons Publishers

Terrestrisches N-Budget 1860 und 1990s, (Tg N/yr)



Veränderte N Deposition

mg N/m²/yr



1860

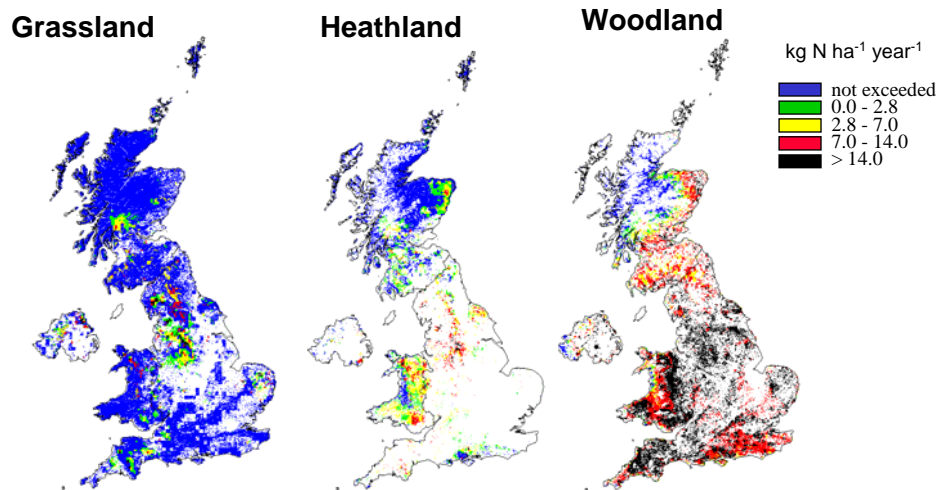
1993

- anthropogener N-Eintrag >100% des natürlichen
- > ½ dr. Industrielle N₂-Fixierung (Dünger)
- < ¼ dr. vermehrte biolog. Fixierung
- < ¼ dr. Verbrennung

way et al., 2002b

Critical N load für Ökosysteme in GB

N-Eintrag, den ein Ökosystem erträgt, bei höherem Eintrag - Veränderungen
Erwartungen für 2010



griffiths

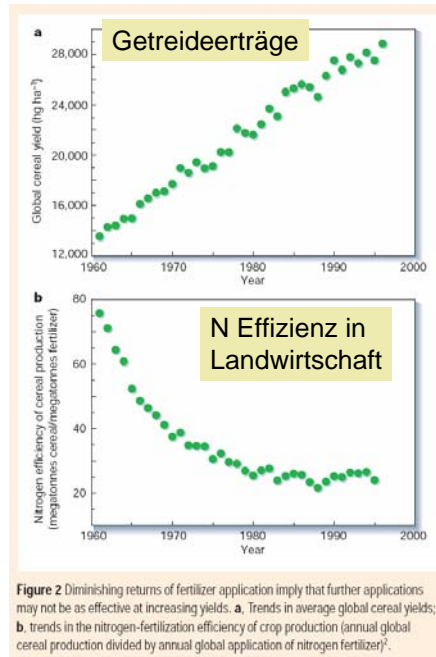
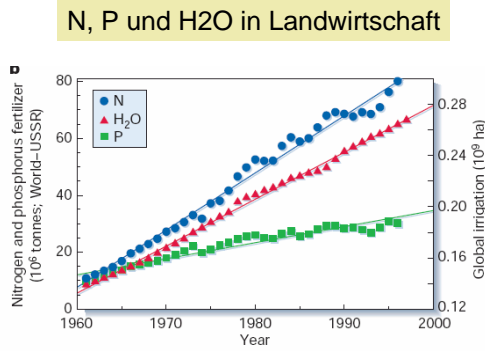
Auswirkungen

- Luftverschmutzung
- Eutrophierung von Gewässern
- Versauerung von Gewässern und Böden
- Veränderung v.a. nährstoffarmer terrestr. Vegetation und Ökosysteme
- Treibhauseffekt durch N₂O
- NO₃ im Grundwasser und Nahrungsmittel

Aber:

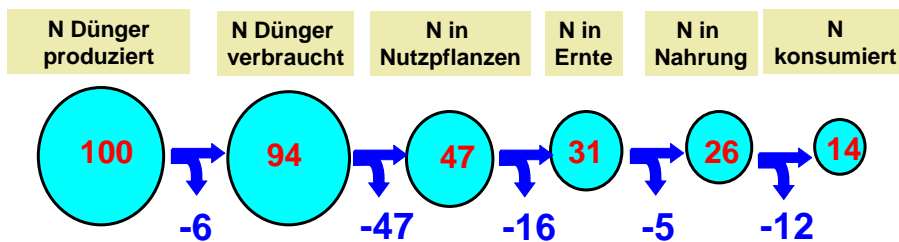
- Landwirtschaftliche Erträge in den letzten 50 Jahren 2-3fach gestiegen
- durch Züchtung, Düngung, Pestizide etc.
- Nahrungsmittelproduktion muss, bei fast gleichbleibender Fläche nochmal um ca 80% gesteigert werden
- global entzieht Ernte ca 43% der Düngernährstoffe jedes Jahr
- kann nicht leicht durch rein organ. Dünger ausgeglichen werden (Flächenbedarf f. Gründüngung)

Dünger und Produktion



Tilman et al. 2002, Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671-677.

Was passiert mit dem Dünger-N?



14% des N aus dem Dünger nehmen Vegetarier zu sich
4% bei Fleischkonsum

und organischer N-Dünger?

www.esa.org/n2001/ppfiles/galloway_AAAS_21503.ppt

Galloway JN and Cowling EB. 2002

Bottom Lines:

- massiver menschlicher Einfluss auf den N-Kreislauf
- N reichert sich in Ökosystemen an
- vielfache Probleme für Ökosysteme und Menschen
- Dünger und bes. N ist essentiell für Nahrungsproduktion

Reduktion ungewünschter N-Freisetzung durch:

- Reduktion der NO_x-Emission bei Verbrennung (fossil und Biomasse)
- Erhöhung der N-Effizienz der Landwirtschaft
 - bessere Kontrolle von Aufnahme (intelligenter Düngen)
 - Auswaschung, Denitrifikation, NH₃-Ausgasung verringern (Management der Bodenbiologie)
- reaktiven N in N₂ konvertieren

Bsp. Leaf color chart (LCC) von IRR1

- N-Mangel führt zu Chlorosen (reduzierte Chlorophyll-Bildung)
- einfache Überprüfung der N-Versorgung
- Düngung nur wenn Ertragsreduktion zu befürchten
- von 400 000 Bauern angewendet,
- Einsparung ca 50 kg N / ha / Jahr ohne Ertragsreduktion

