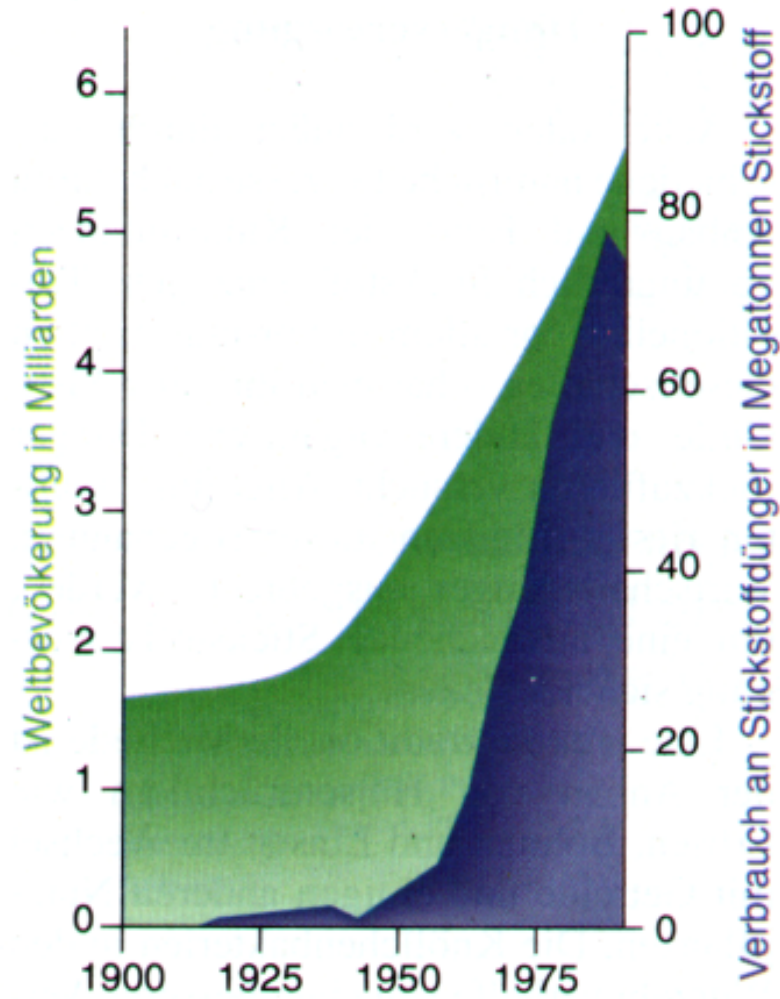


Hauptseminar der Angewandten Systemwissenschaft

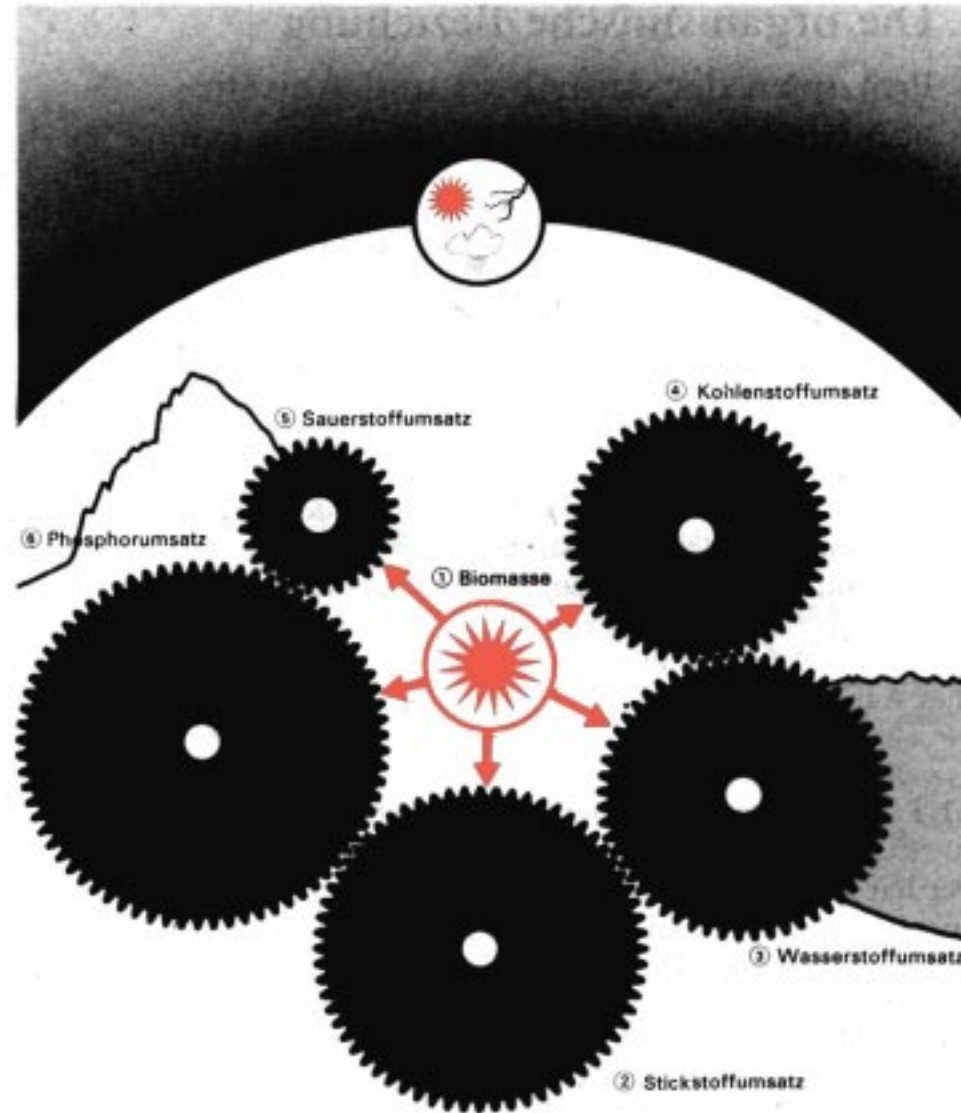
# Der Stickstoffkreislauf

## Weltbevölkerung und Stickstoffdünger





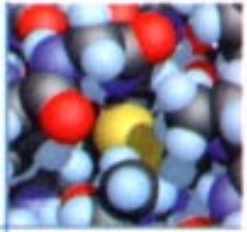





- Entwicklung Weltbevölkerung - Stickstoffdünger



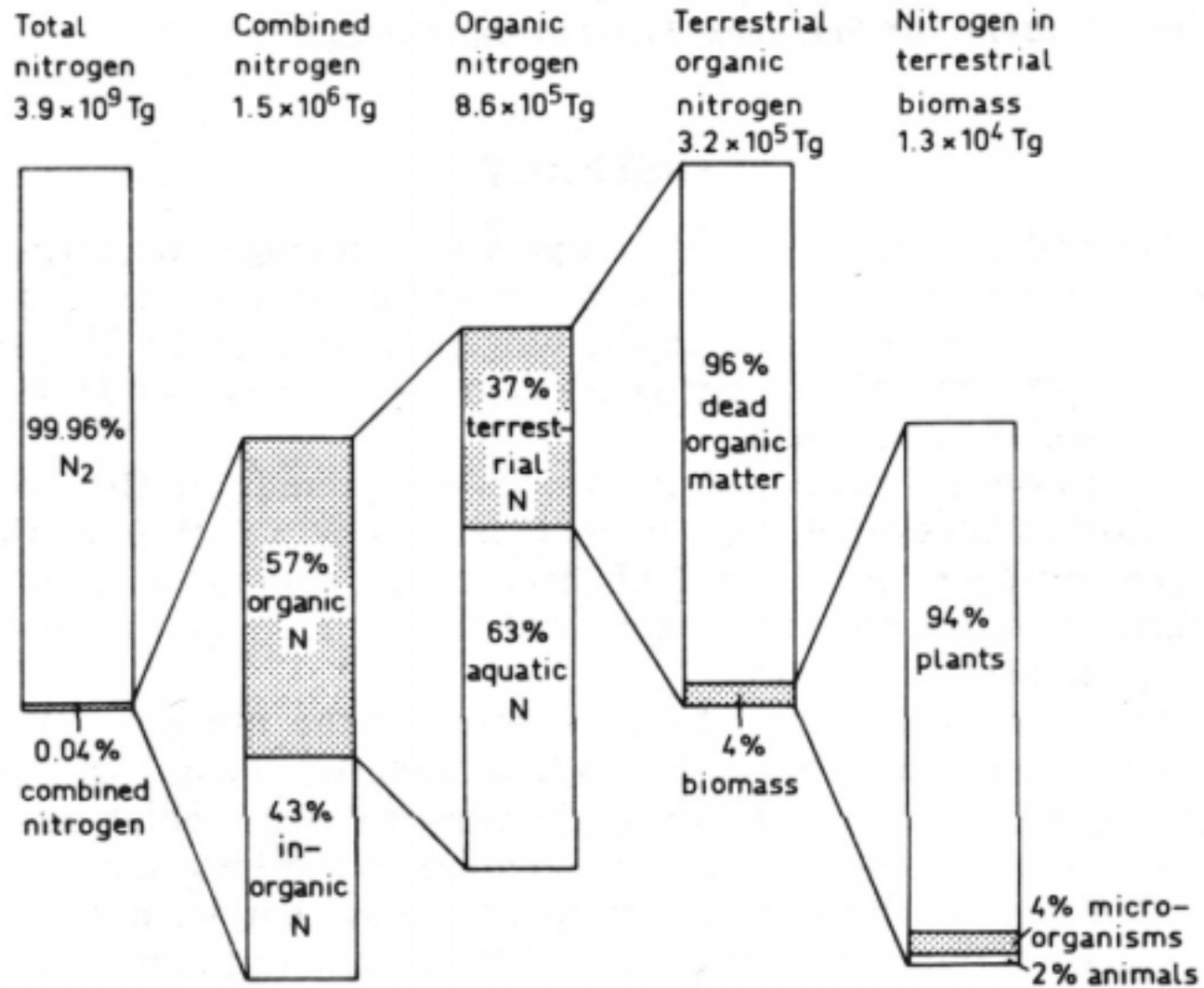
- Räderwerk der biogeochemischen Kreisläufe



- Stickstoff-Vorkommen

	$N_2$ molekularer Stickstoff	$NH_3$ Ammoniak	$CO(NH_2)_2$ Harnstoff	Amino- säuren	Proteine
Kalotten- modell					
Stickstoff- gehalt in Prozent	100	82	47	8 bis 27	rund 16
Menge in Milliarden Tonnen Stickstoff	10000	10	0,01	10	1
					
	Stickstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Kohlenstoff	Schwefel

- Verteilung von Stickstoff in der Biosphäre



- Wurzelknöllchen an einer Sojabohne



- Chemische Reaktionen

1. Stickstoffixierung



2. „Gewitter“



3. Ammonifikation



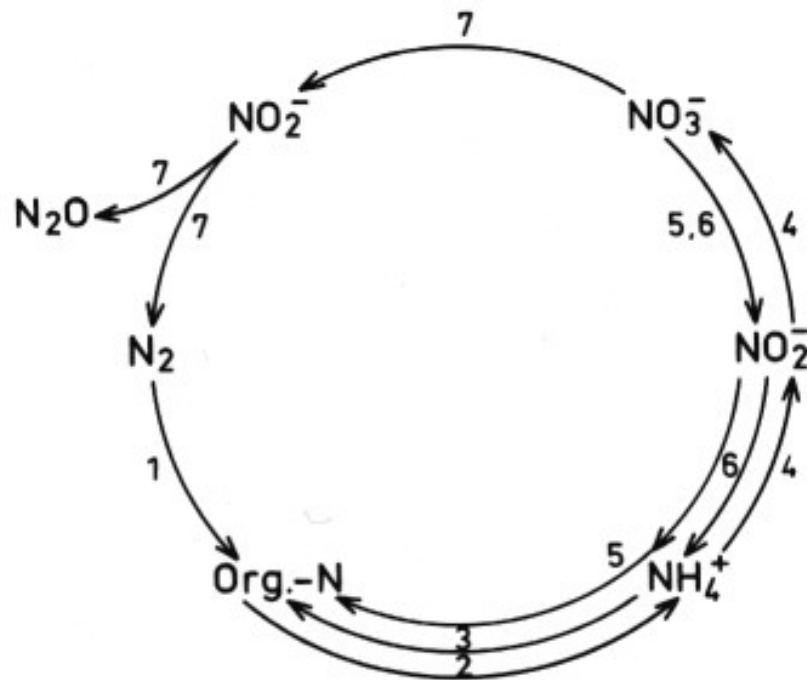
4. Nitrifikation



5. Denitrifikation



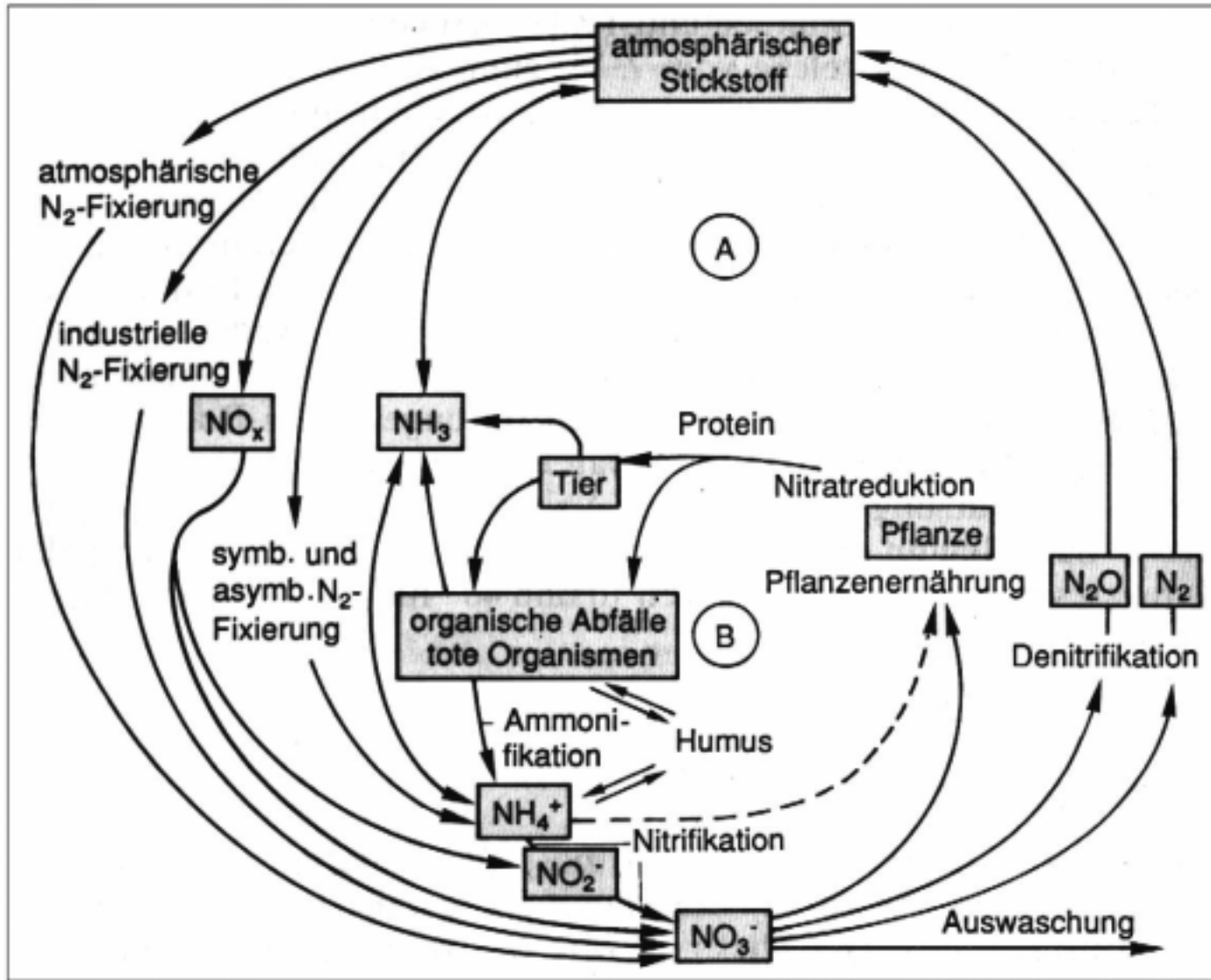
- Chemischer Stickstoffkreislauf



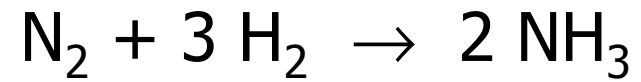
1. Stickstoffixierung
2. Mineralisierung
3. Ammoniumaufnahme
4. Nitrifikation
5. Nitrat- / Nitritaufnahme
6. Nitratreduktion
7. Denitrifikation



- Kompletter Stickstoffkreislauf



- Haber-Bosch-Verfahren



bei 200 bar und 500 °C  
mithilfe eines Eisenkatalysators



Fritz Haber

- Probleme der Stickstoffdüngung

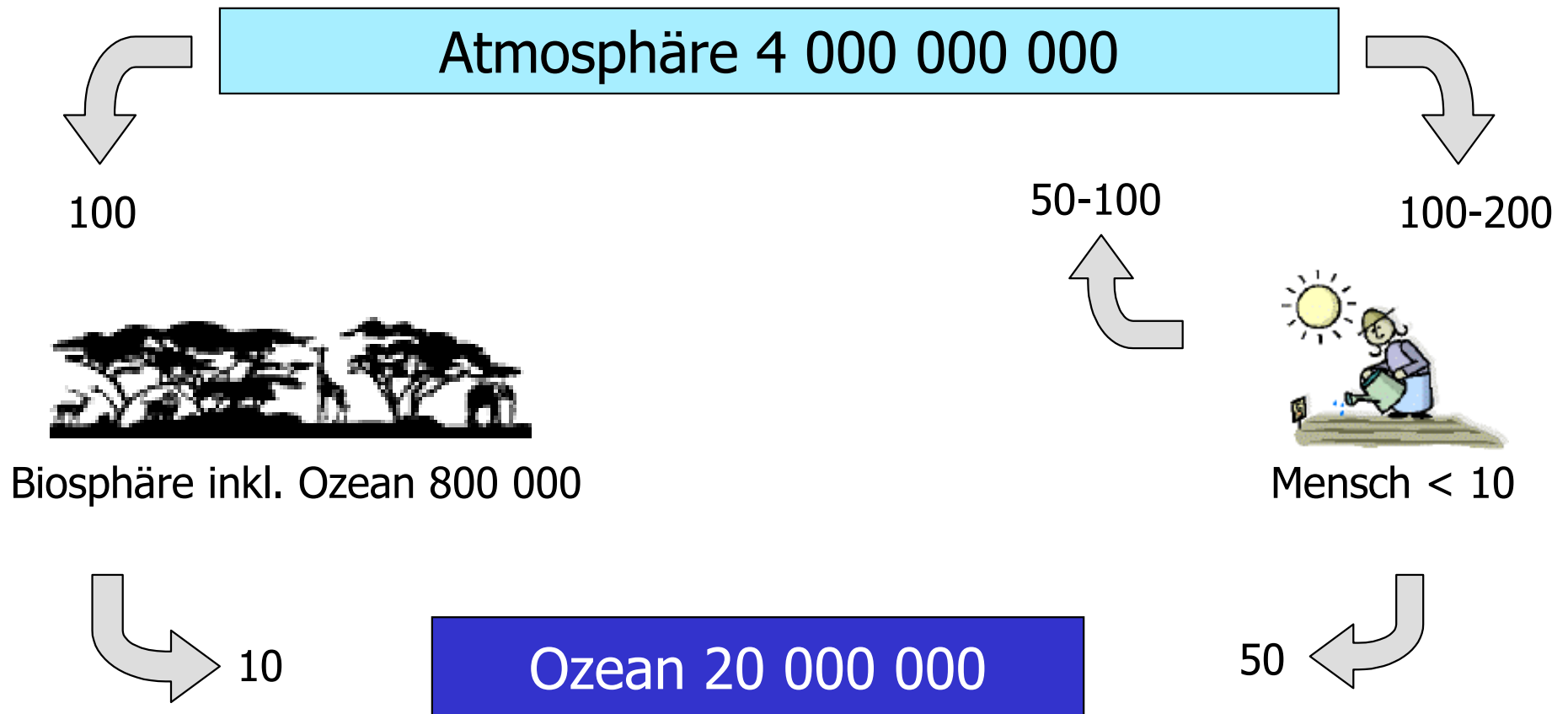
- Auswaschung hochgradig löslicher Nitrate belasten Grundwasser wie auch Oberflächenwasser
- Eutrophierung von Gewässern zusammen mit Phosphaten
- Versauerung von Böden
- Bei Nitratatmung entstandenes Distickstoffoxid
  - gelangt bis in die Stratosphäre und zerstört dort Ozon
  - fördert in tieferen Schichten den Treibhauseffekt
- Smogbildung aus Stickstoffoxiden
- Deposition von Stickstoffverbindungen bewirkt Düngung

- Geogener und anthropogener Stickstofffluß (Ausschnitt)

(Angaben in  $10^{12}$  g, bei Flüssen pro Jahr)

geogen (Biosphäre ohne Mensch)

anthropogen (menschliche Aktivität)



- Aussichten

- keine Ersatzstoffe für Düngung von Nutzpflanzen
- Gentechnik noch nicht erfolgreich
- Rückschritt zu organischer Landwirtschaft nicht möglich
- stabile Bevölkerungszahlen oder vorwiegend vegetarische Ernährung nicht wahrscheinlich
- + effizientere Düngemethoden
- + Überwachung des Stickstoffhaushalts Voraussetzung

- Fazit

- Haber-Bosch-Verfahren wurde bezeichnet als

- „ein außerordentliches Mittel zur Verbesserung des landwirtschaftlichen Standards und des Wohlergehens der Menschheit“

- Untertreibung, denn zwei Milliarden Menschen verdanken dem industriell hergestellten Stickstoff ihr Leben

- Menschheit ist innerhalb dieses Jahrhunderts grundlegend von der Chemie abhängig geworden