



Bodenkultur und Düngung – Grundlagen Düngung

AT3 – Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

15.10.2025

Exkurs: Erosion

- Die durch die Menschheit erzeugte Erosion liegt etwa 10-fach höher als die durch natürliche Prozesse erzeugte.



E



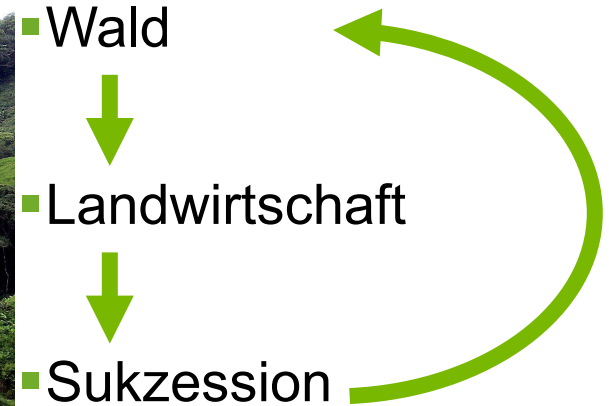
W
Ho

E

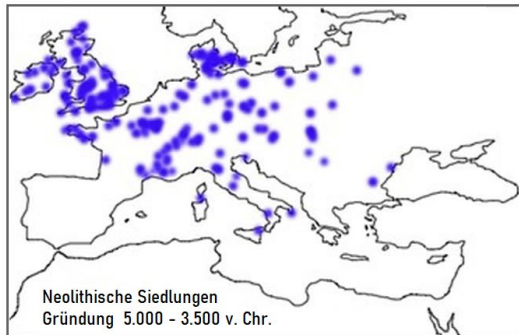
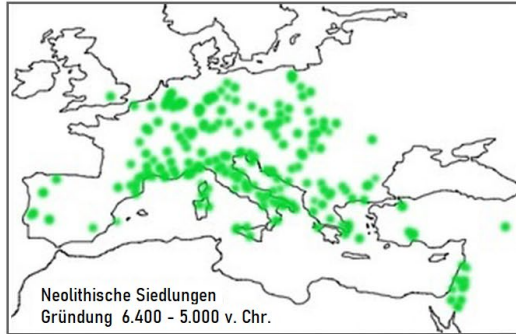
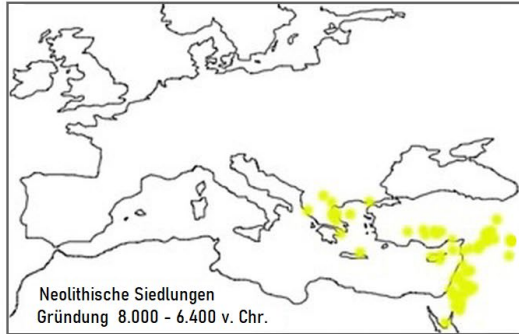
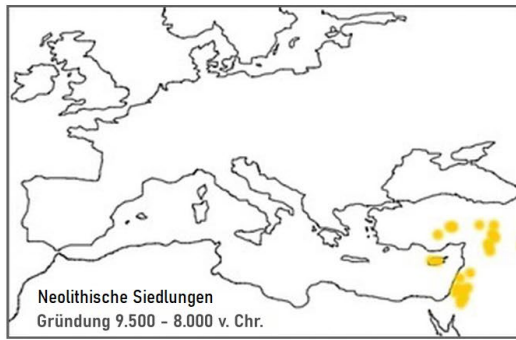
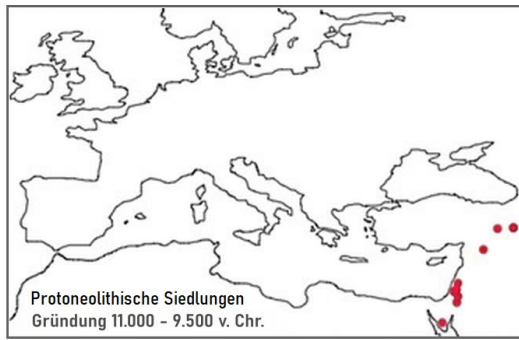


W
Ho

Bodenfruchtbarkeit und Wanderfeldbau



Von Desmanthus4food - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0 us,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8328342>



Erste Welle der Bodenerosion in Europa

Ausbreitung neolithischer Besiedlung aus dem Nahen Osten und Anatolien über Griechenland und den Balkan in das übrige Europa.

Viele zuvor gegründete Siedlungen bleiben erhalten.

Von Jussen~commonswiki - File:Neolithikum Ausbreitung.jpg, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=93855097>

Ägypten

- Jährliche Nilhochwässer bringen fruchtbaren „Schlamm“
 - „Düngung“
 - Auswaschung von Salzen
- ...bis zum Bau des Assuan-Staudammes

Griechen und Römer

- Organische Düngung und Asche – Xenophon
- Humustheorie – Aristoteles
- Technik der Kompostierung – Plinius der Ältere

- Kleinbauern mit vielfältigem Anbau, Zwischenfrüchte zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit
- ...und große Güter mit Sklavenarbeit und einfältigen Fruchtfolgen

Quelle: Dirt – the erosion of civilisations, D.Montgomery, 2007, University of California Press

Griechen und Römer

„Es ist besser, wenn jedes Land von freien Bauern bewirtschaftet wird als von Sklavenaufsehern – doch das gilt besonders für Getreidefelder. Ein Pächter kann einem solchen Land keinen großen Schaden zufügen ... während Sklaven ihm enormen Schaden zufügen.“ Columella in *De Re Rustica*

Folge: Kriege zur Erweiterung der Nahrungsgrundlage

Neuzeit

- Verbreitung von Kompostierung und organischen Düngemitteln.

Industrielle Revolution

- Erkenntnisse über Stickstoff, Phosphor und Kalium Anfang 19. Jahrhundert.

Meine Erfahrungen

im Gebiete

der allgemeinen und speciellen

Pflanzen - Cultur.

Von

Dr. Carl Sprengel,

Königl. Preuß. Oekonomie-Rathe, Ritter, Director der Landbau-Akademie
zu Regensburg u. s. w.

Erster Band.

Leipzig,

Baumgärtner's Buchhandlung.

1847.

Von Carl Sprengel - Digitale Reproduktion der Vorlage, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3481422>

Die organische Chemie

in
ihrer Anwendung

auf
Agricultur und Physiologie.

Von
Justus Liebig,

Dr. der Medicin und Philosophie,
Professor der Chemie an der Landesuniversität zu Gießen, Ritter des Großherzoglich Hessischen Admiretens und Ehrenbürger der Stadt Gießen, auswärtiges Mitglied der Königl. Academie der Wissenschaften zu Stockholm, der Royal Society zu London, Ehrenmitglied der British association for the advancement of Science, Ehrenmitglied der Königl. Academie zu Dublin, correspondirendes Mitglied der Königl. Academies der Wissenschaften zu Berlin, München und St. Petersburg, des Königl. Institutes zu Amsterdam, der Königl. Societät der Wissenschaften zu Göttingen, der naturforschenden Gesellschaft zu Heidelberg u. s. w.

Braunschweig,

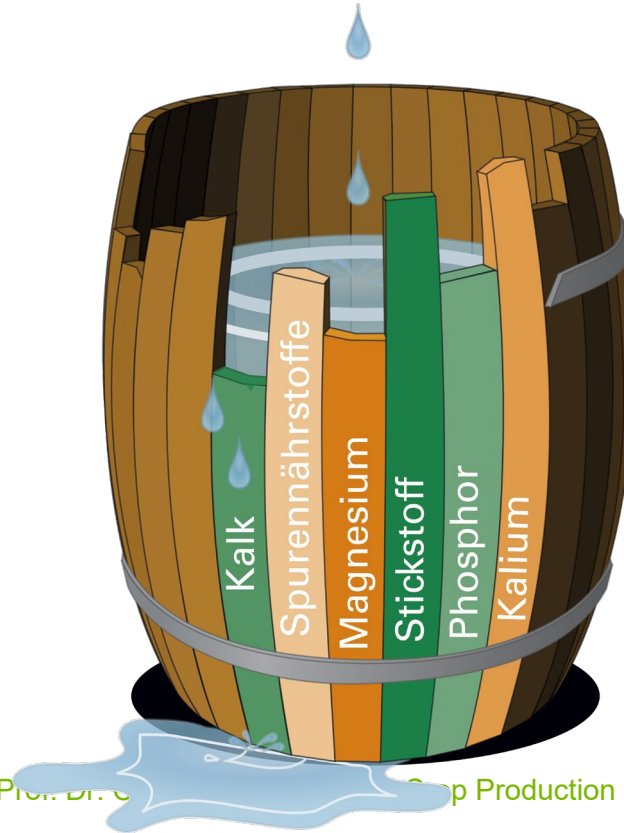
Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1840.

Berlin SBB-PK, Ov 15534-ca R

[Deutsches Textarchiv](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63882-p0071-9)

Liebig's Gesetz des Minimums



Kali-Bergbau

- Beginn 1852 in Staßfurt, Sachsen-Anhalt
- Bis zum Ende 1. WK Monopol im Dt. Reich (Mitteldeutschland und Elsass)
- Heute (2013):
 - Kanada (12 Millionen Tonnen),
 - Russland (7,5 Millionen Tonnen),
 - Belarus (7,1 Millionen Tonnen),
 - China (5,5 Millionen Tonnen),
 - Deutschland (2,9 Millionen Tonnen)

deutsche-wirtschafts-nachrichten.de

Industrielle Revolution

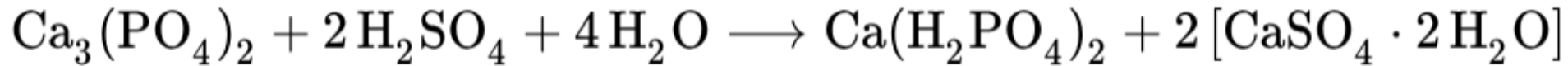
- Erkenntnisse über Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Import von Chilesalpeter und Guano aus dem Südpazifikraum:
 - Wesentliche Gehalte an N
 - ...und P
 - Peak: 1848



Von Sanchez; edit by Waugsberg (crop; sky added on the left side; curves, noise reduction) -
Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5655449>

Industrielle Revolution

- Erkenntnisse über Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Import von Chilesalpeter und Guano aus dem Südpazifikraum
- Beginn der Produktion von mineralischen Düngemitteln aus Knochen und Schwefelsäure → Superphosphat



Superphosphat: 16 – 22% P_2O_5 + 60% CaSO_4

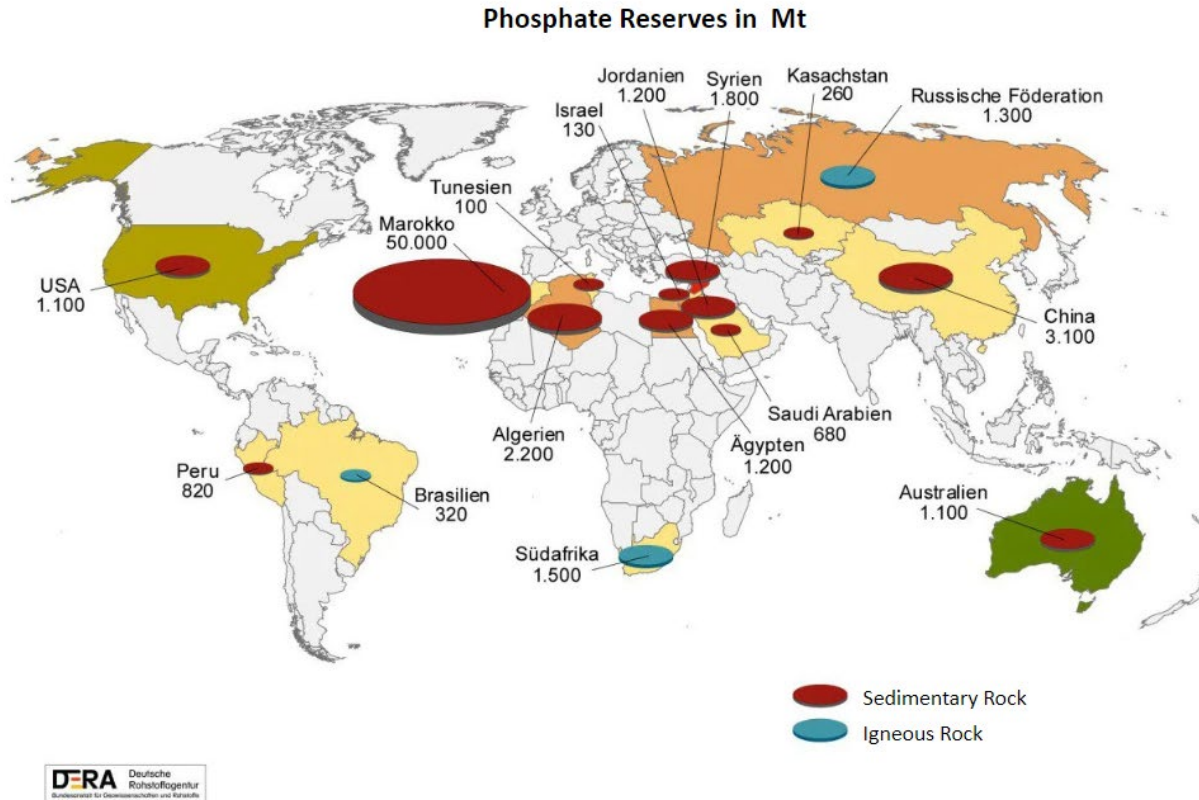
Später: Aufschluss mit Phosphorsäure:

→ Doppelsuperphosphat: 35% P_2O_5 technische Reinheit

Triplesuperphosphat: 46% P_2O_5 hohe Reinheit

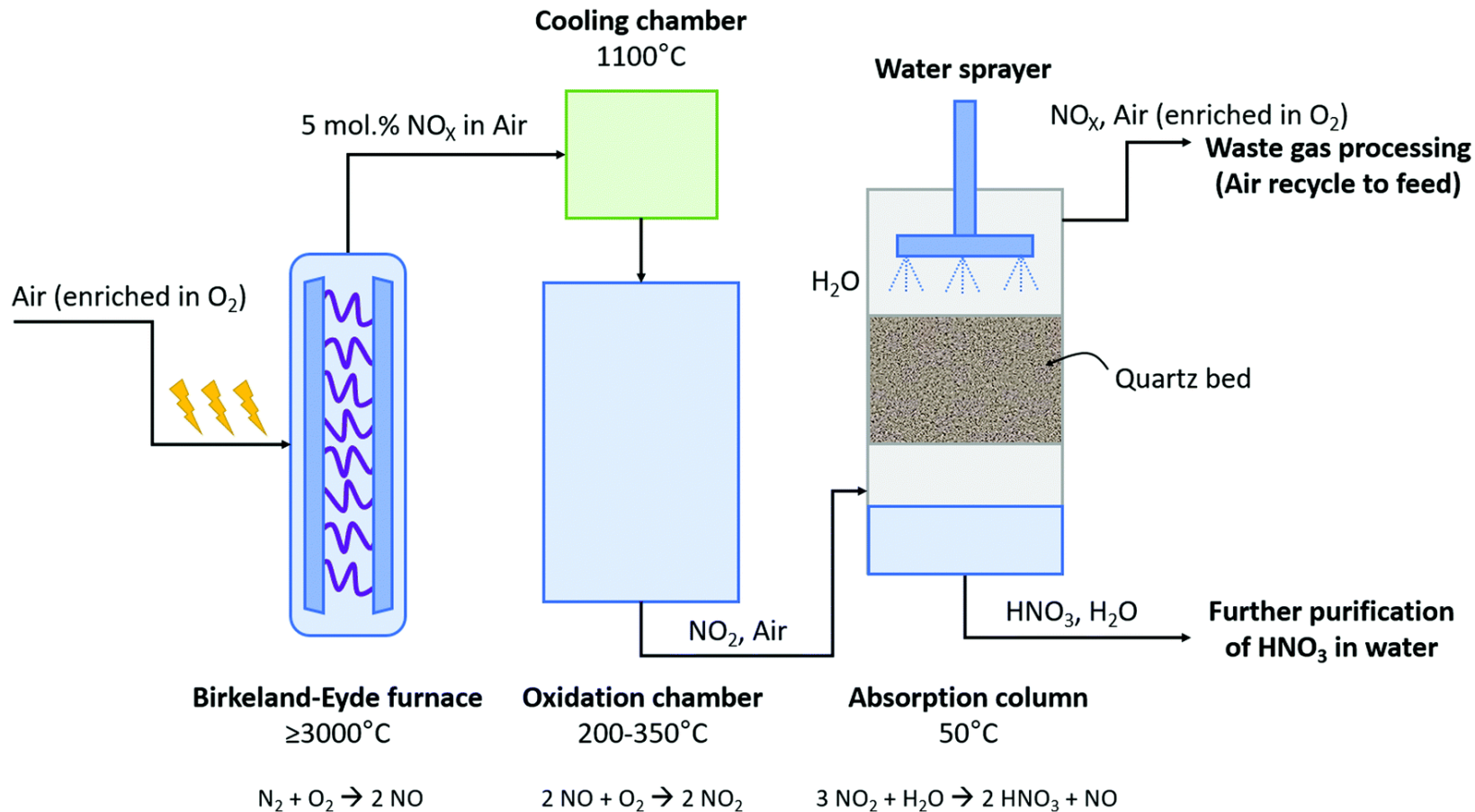
Phosphat heute:

■ Abb



Industrielle Revolution

- Erkenntnisse über Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Import von Chilesalpeter und Guano aus dem Südpazifikraum
- Beginn der Produktion von mineralischen Düngemitteln aus Knochen und Schwefelsäure → Superphosphat
- Birkeland-Eyde-Verfahren zur Salpetersäureherstellung (1903) → Energiebedarf pro t Salpetersäure 15 MWh (ca. 22%N))

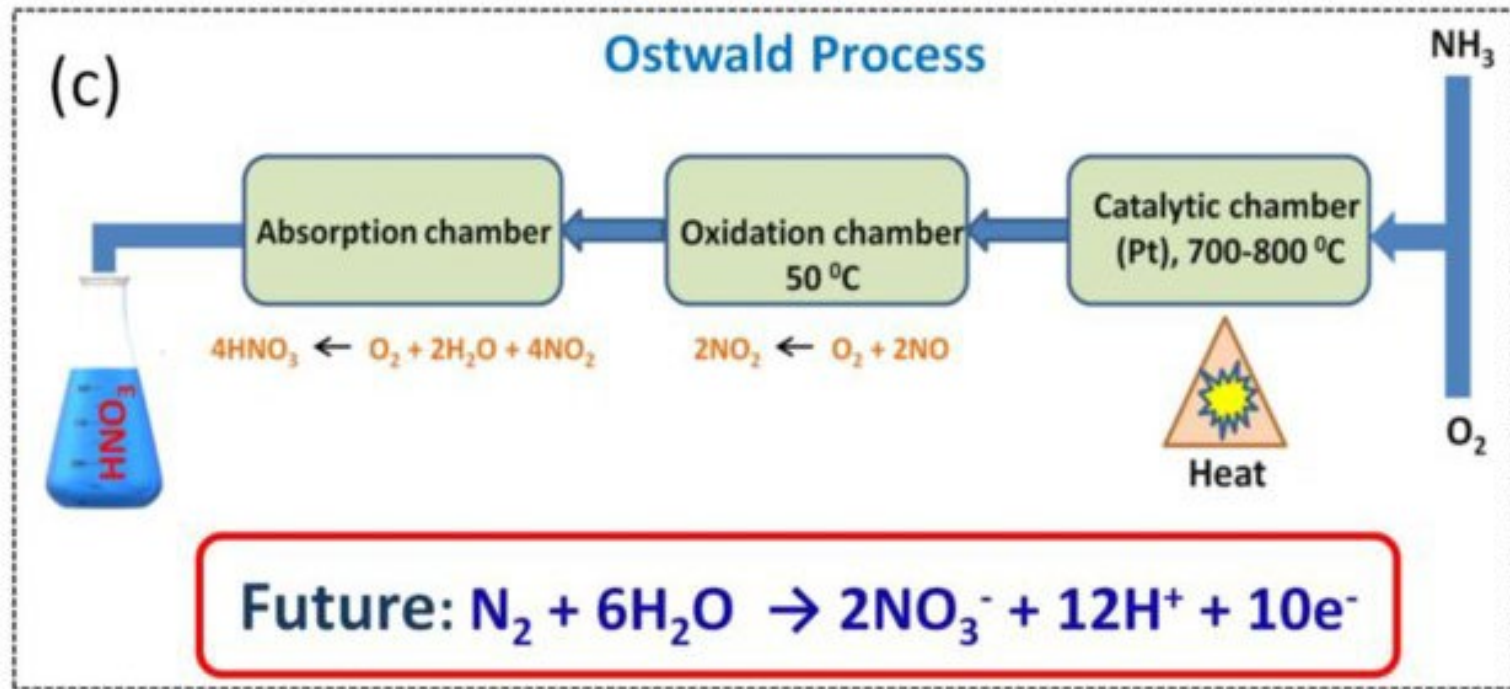


https://pubs.rsc.org/image/article/2021/ee/d0ee03763j/d0ee03763j-f2_hi-res.gif

Industrielle Revolution

- Erkenntnisse über Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Import von Chilesalpeter und Guano aus dem Südpazifikraum
- Beginn der Produktion von mineralischen Düngemitteln aus Knochen und Schwefelsäure → Superphosphat
- Birkeland-Eyde-Verfahren zur Salpetersäureherstellung (1903)
- Ostwald-Prozess zur Salpetersäureherstellung aus Ammoniak (1902)

Ostwald Process

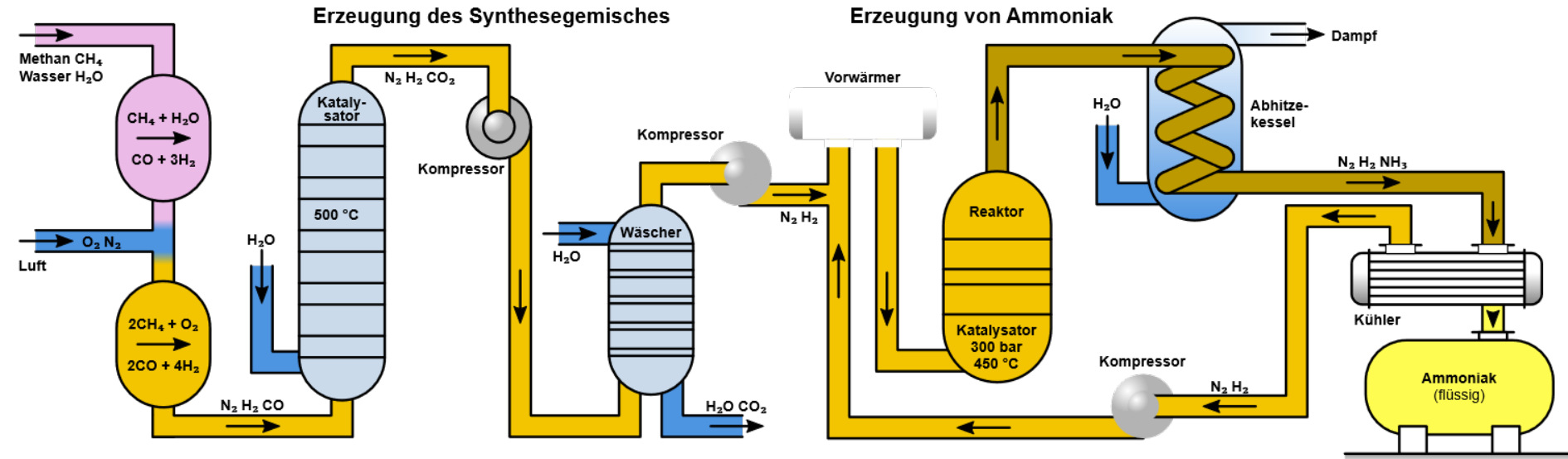


Adalder, Ashadul & Paul, Sourav & Ghorai, Uttam. (2022). Progress of electrochemical Synthesis of Nitric Acid: Catalyst Design-Mechanistic insights-Protocol-Challenges. 10.26434/chemrxiv-2022-nglxd.

Industrielle Revolution

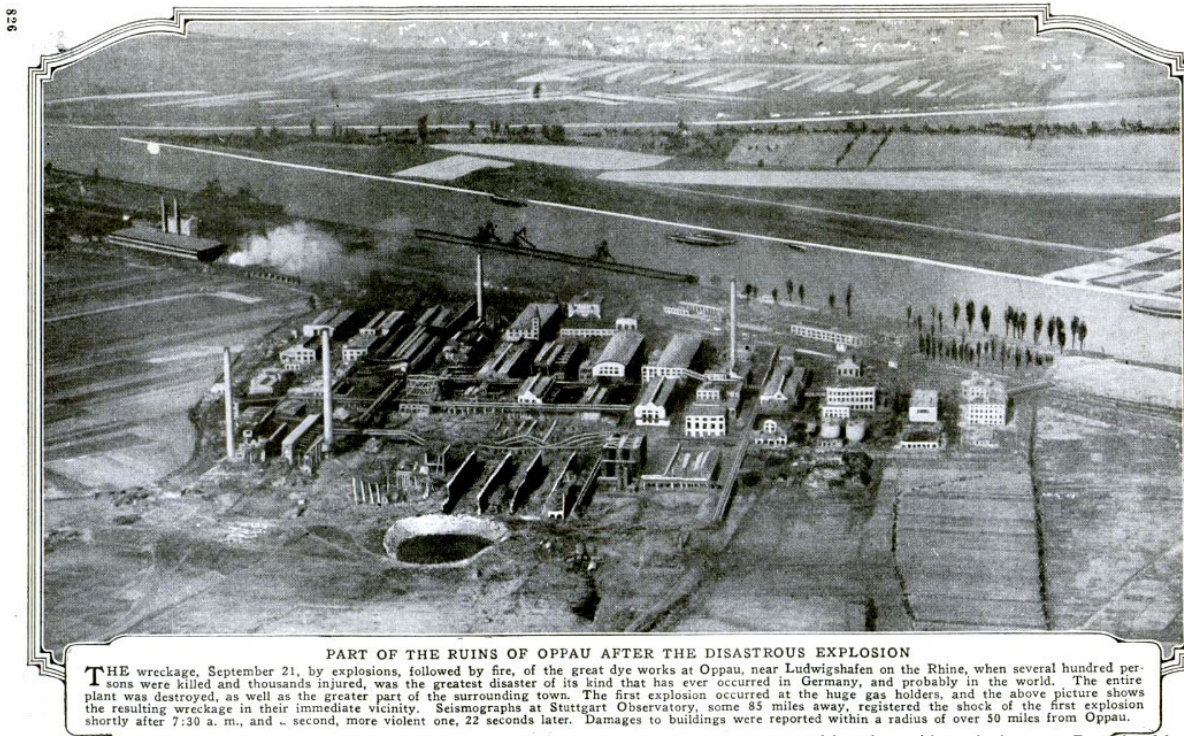
- Erkenntnisse über Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Import von Chilesalpeter und Guano aus dem Südpazifikraum
- Beginn der Produktion von mineralischen Düngemitteln aus Knochen und Schwefelsäure → Superphosphat
- Birkeland-Eyde-Verfahren zur Salpetersäureherstellung
- Ostwald-Prozess zur Salpetersäureherstellung aus Ammoniak
- Haber-Bosch-Verfahren zur Ammoniaksynthese (1908 - 1911)
→ 8 MWh pro t Ammoniak (82,2% N)

Haber Bosch Prozess



Von Sven - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3167578>

1921 Explosion BASF Oppau – 559 Tote – 300 – 400 t AN



PART OF THE RUINS OF OPPAU AFTER THE DISASTROUS EXPLOSION

THE wreckage, September 21, by explosions, followed by fire, of the great dye works at Oppau, near Ludwigshafen on the Rhine, when several hundred persons were killed and thousands injured, was the greatest disaster of its kind that has ever occurred in Germany, and probably in the world. The entire plant was destroyed, as well as the greater part of the surrounding town. The first explosion occurred at the huge gas holders, and the above picture shows the resulting wreckage in their immediate vicinity. Seismographs at Stuttgart Observatory, some 85 miles away, registered the shock of the first explosion shortly after 7:30 a. m., and a second, more violent one, 22 seconds later. Damages to buildings were reported within a radius of over 50 miles from Oppau.

2020 Beirut – 207 Tote – 2750 t Ammoniumnitrat



Von Mehr News Agency, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=92996957>

Bedeutung Haber-Bosch Prozess

- 40% der Menschheit „lebt“ mit Haber-Bosch Stickstoff.
- Die Quelle wird oft falsch übersetzt und behauptet, dass 40% des in unseren Körpern enthaltenen Stickstoffs bereits einmal durch den Haber-Bosch-Prozess gelaufen ist.
- Heute: ca. 99% der N-Düngerproduktion basierend auf HB

T.E Crews, M.B Peoples, Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 102, Issue 3, 2004, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018>.

Parallel: Fokus auf Ökolandbau

- Verzicht auf synthetische Düngemittel
- Fokus auf Fruchtfolge und organische Düngung
- Insbesondere Kompostierung

Grüne Revolution

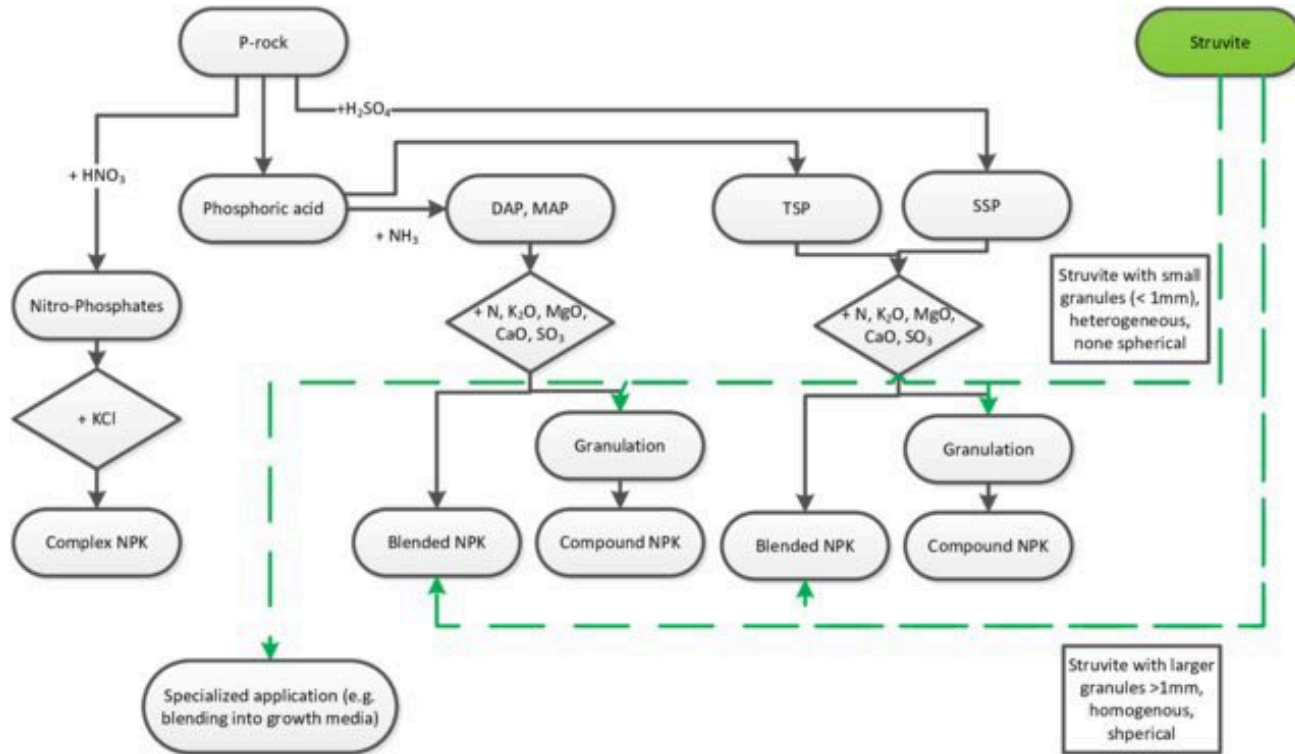
- Ab den 1950ern global massive Steigerung des Dünger und Pflanzenschutzeneinsatzes
- Züchtung auf Ertrag

→ Probleme mit Nährstoffverlusten

Aktuelle Trends:

- Precision Farming
- Recycling Dünger → Rückführung von Klärschlamm und Bioabfällen

Herstellung NPK Dünger und P-Recycling



Zusammenfassung 1

- Ausbreitung sesshafter Landwirtschaft seit deren Beginn als Folge von Bevölkerungswachstum und Verlust von Bodenfruchtbarkeit
- Seit ca. 1990 Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzfläche weltweit
- Fruchtfolge, Leguminosen und Kompostierung waren bereits Griechen und Römern bekannt

Zusammenfassung 1

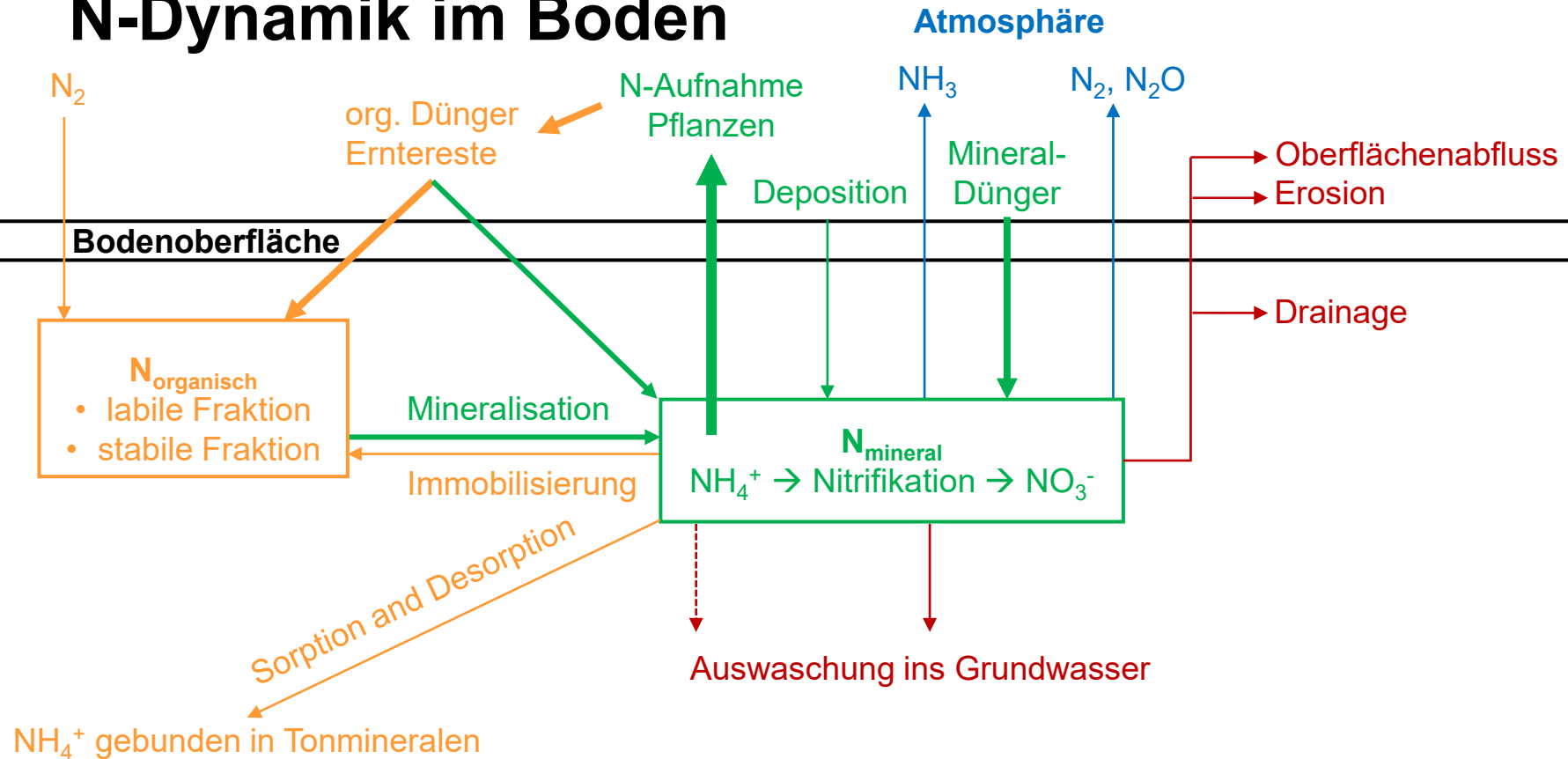
- Chemisches Verständnis seit Beginn des 19. Jahrhunderts
- Guanoimporte als wesentlicher Startpunkt der „mineralischen“ Düngung
- Haber-Bosch-Prozess setzt sich durch

Weitere wesentliche Grundlagen

Essentielle Pflanzennährstoffe

- Kernelemente der organischen Substanz:
 - C, O, H, N und P
- Des weiteren:
 - K, S, Ca, Mg, Mo, Cu, Zn, Fe, B, Mn, Cl, (Co, Ni)
- Auch gruppiert als natürliche, makro-, meso-, und mikro-Nährstoffe

N-Dynamik im Boden



Nitrogen cycle in the soil with major fractions, flows and turnover processes. Adapted from (Blume et al. 2010)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit