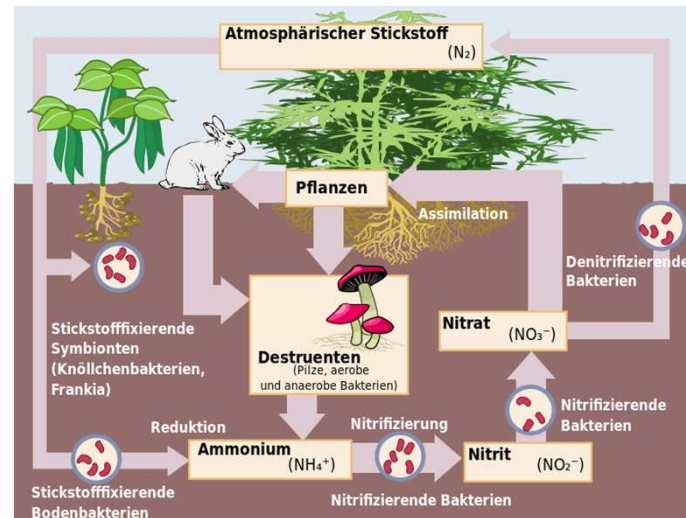
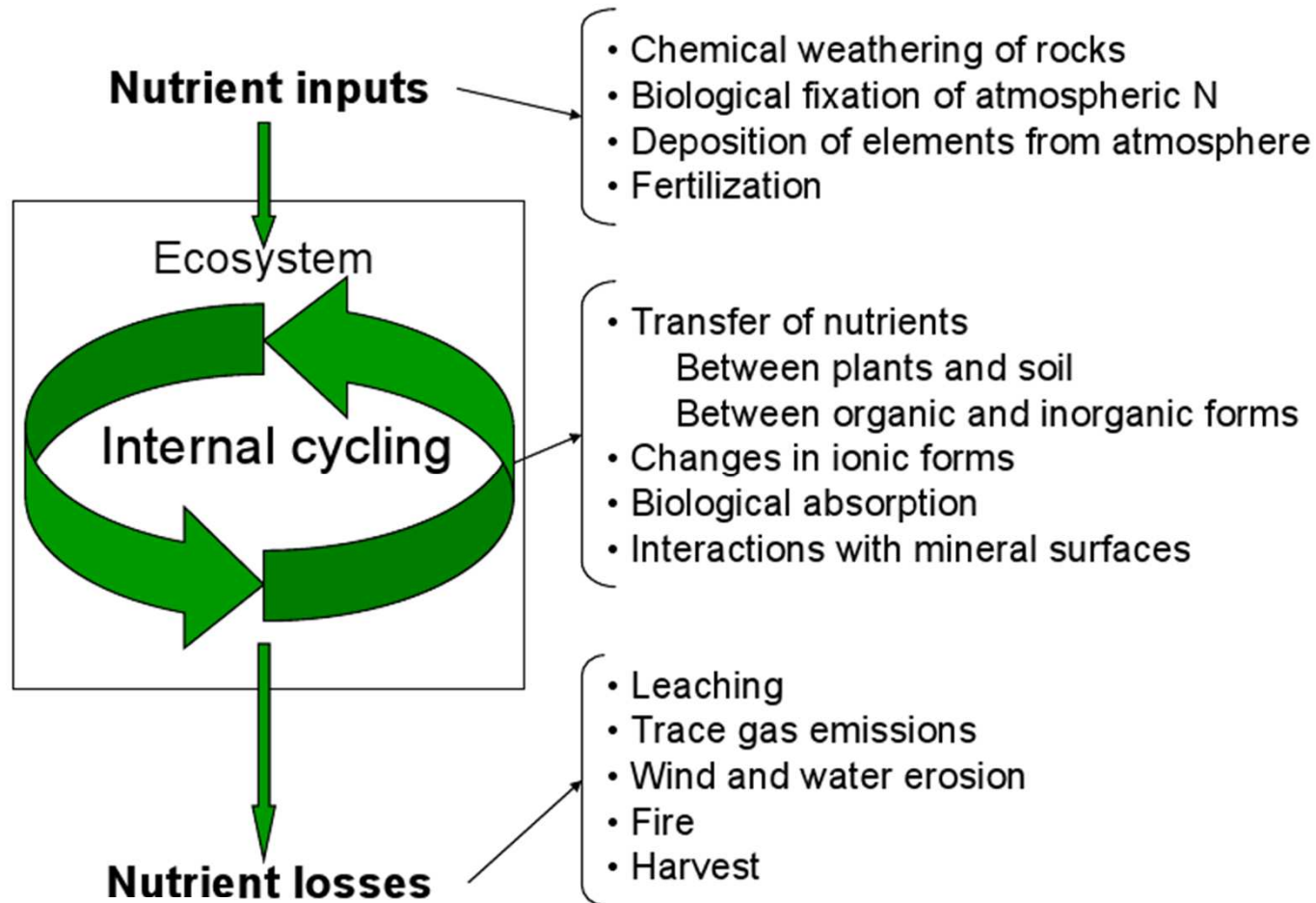


Stickstoff-Kreislauf

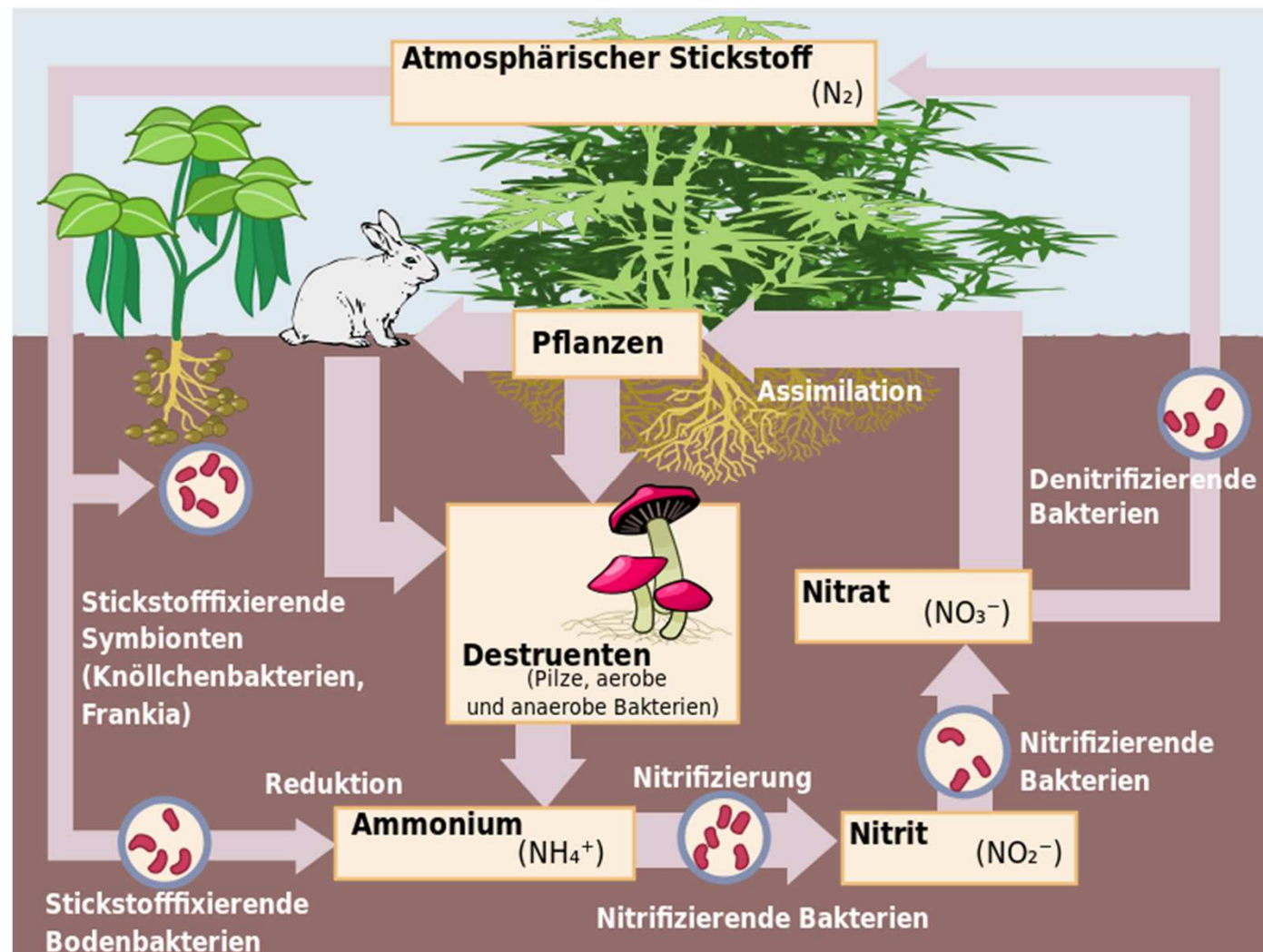


Ökopedologie I + II

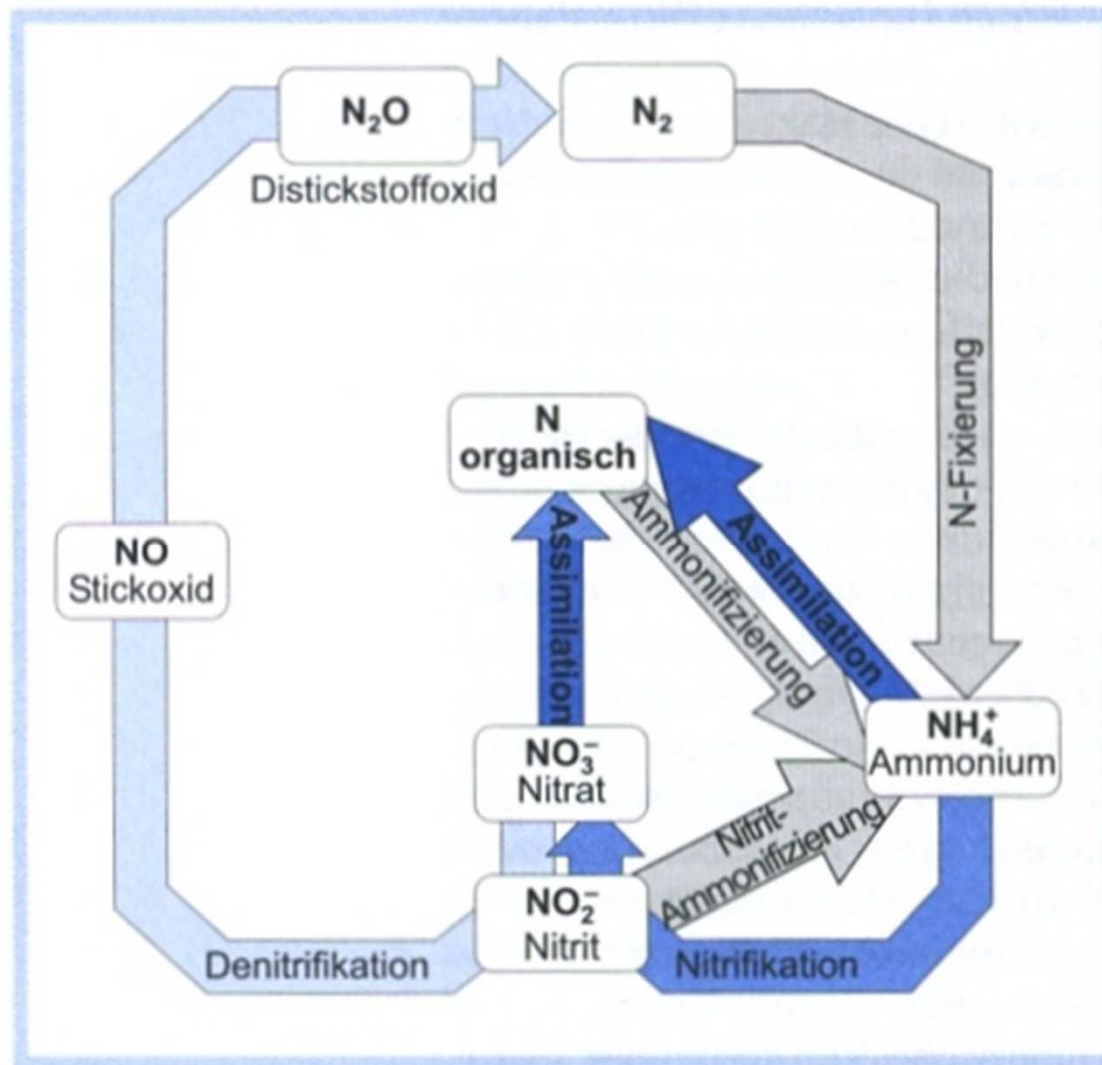
Nährstoffkreislauf in Ökosystemen



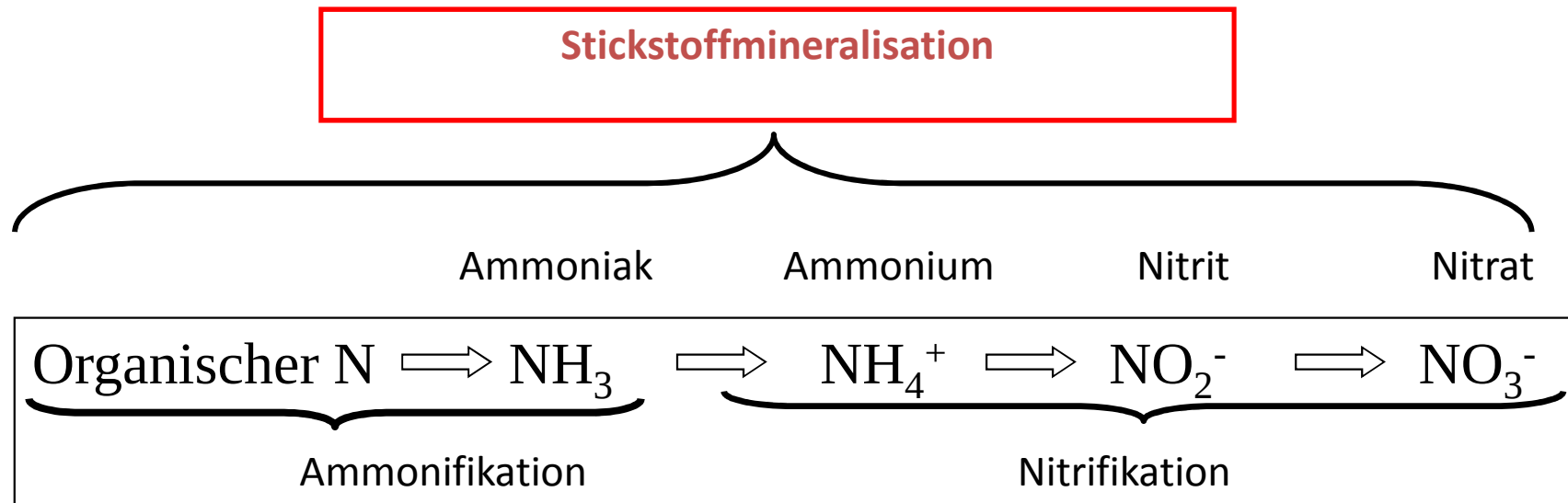
Stickstoffkreislauf



Stickstoffkreislauf



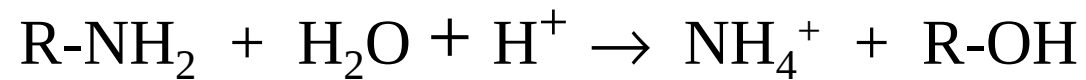
Ammonifikation und Nitrifikation



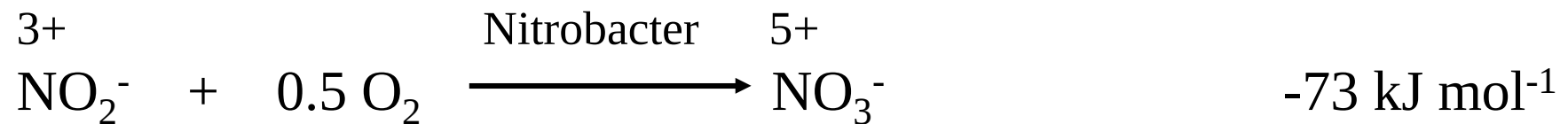
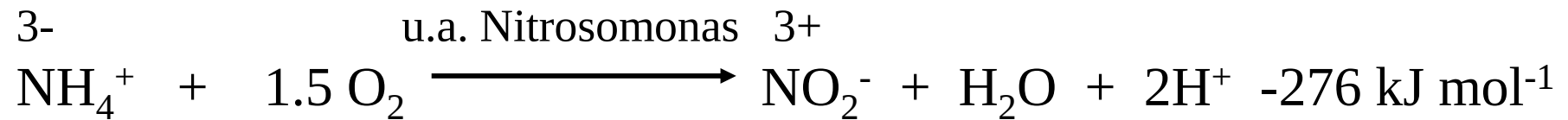
→ Mineralisationsleistung abhängig von Bodenversauerung, Humusgehalt, Klima, Streuqualität etc.

Ammonifikation

→ Überführung von Stickstoff aus hochpolymeren Eiweißstoffen
(Proteine) in Ammonium



Autotrophe Nitrifikation



Chemoautotrophe Bakterien:

- **geringe autotrophe Nitrifikation in sauren Böden** aufgrund von Hemmung durch Protonen, Aluminium, Tannine, Polyphenole

Heterotrophe Nitrifikation

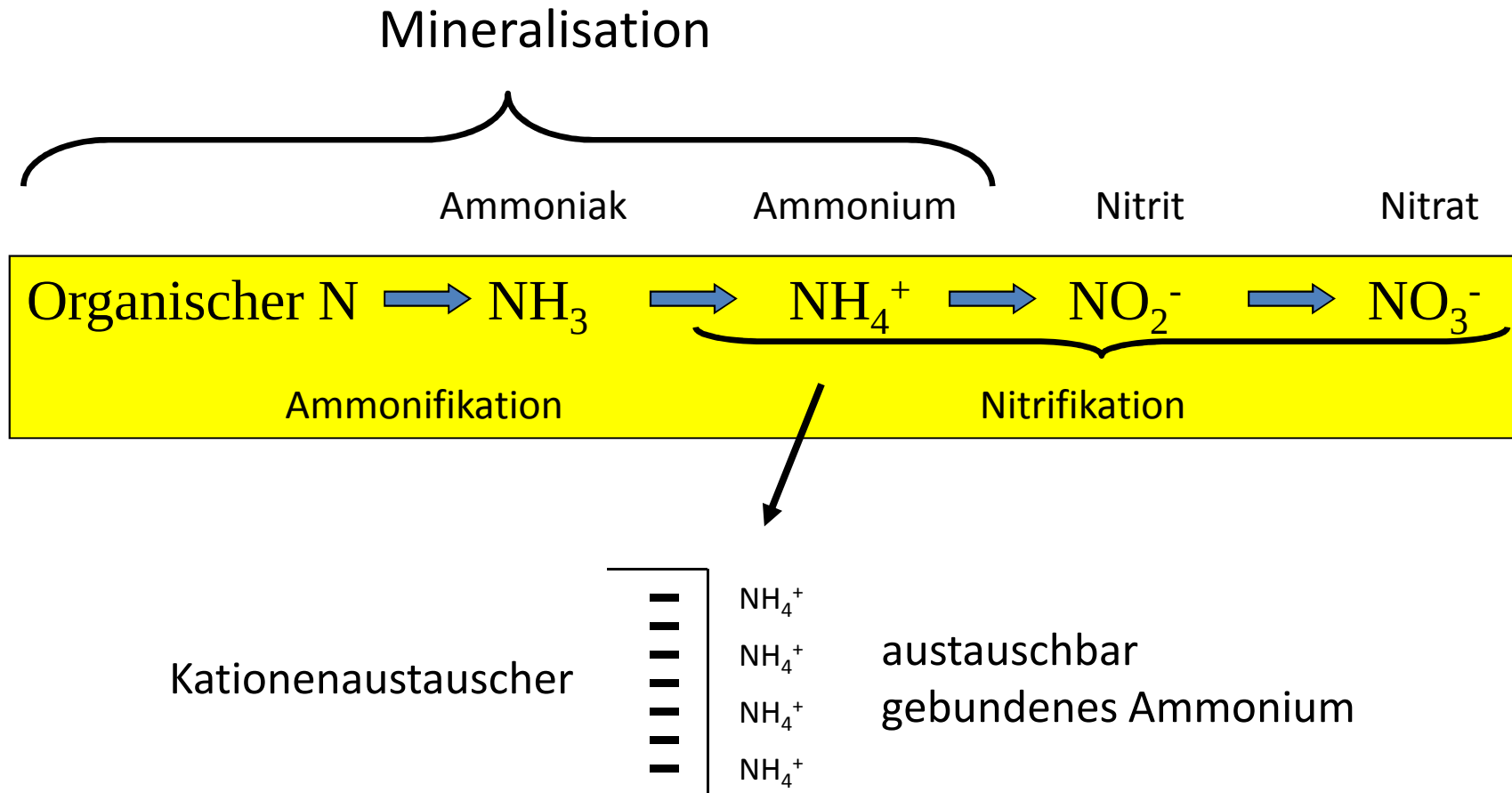
Bei der heterotrophen Nitrifikation wird Nitrat direkt aus Eiweißstoffen gebildet.



- säuretolerante, chemoheterotrophe Organismen
(einige Bakterien und Pilze)
- bei niedrigen pH-Werten

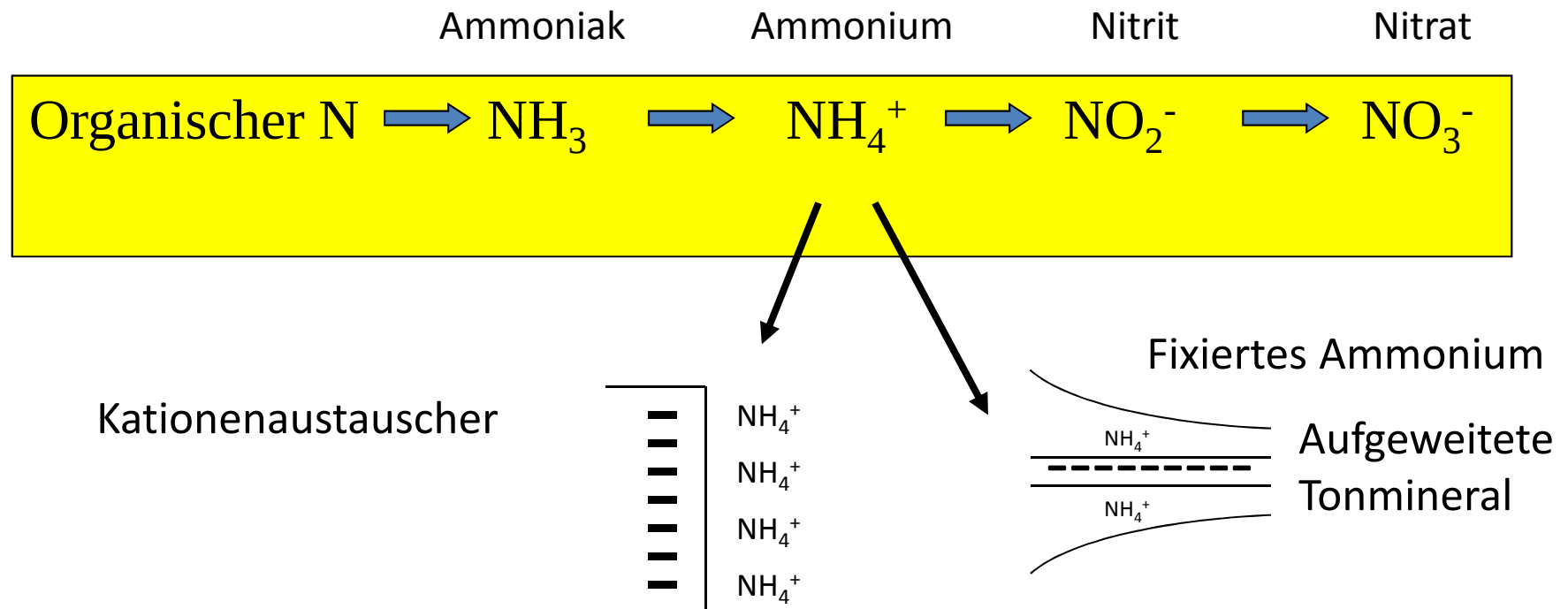
Fixierung von Ammonium am Kationenaustauscher

➡ Austauschbar gebundenes Ammonium ist pflanzenverfügbar



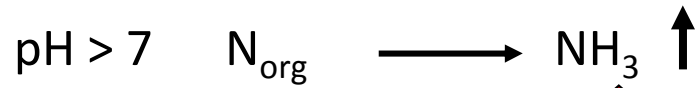
Fixierung von Ammonium an Tonmineralen

➡ Fixiertes Ammonium ist nicht pflanzenverfügbar



NH₃ Freisetzung

Unter alkalischen Bodenbedingungen kann Ammoniak im Boden nicht im Wasser gelöst werden, es entweicht in die Atmosphäre.



Ammoniak

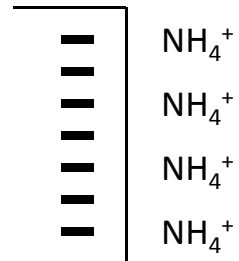
Ammonium

Nitrit

Nitrat



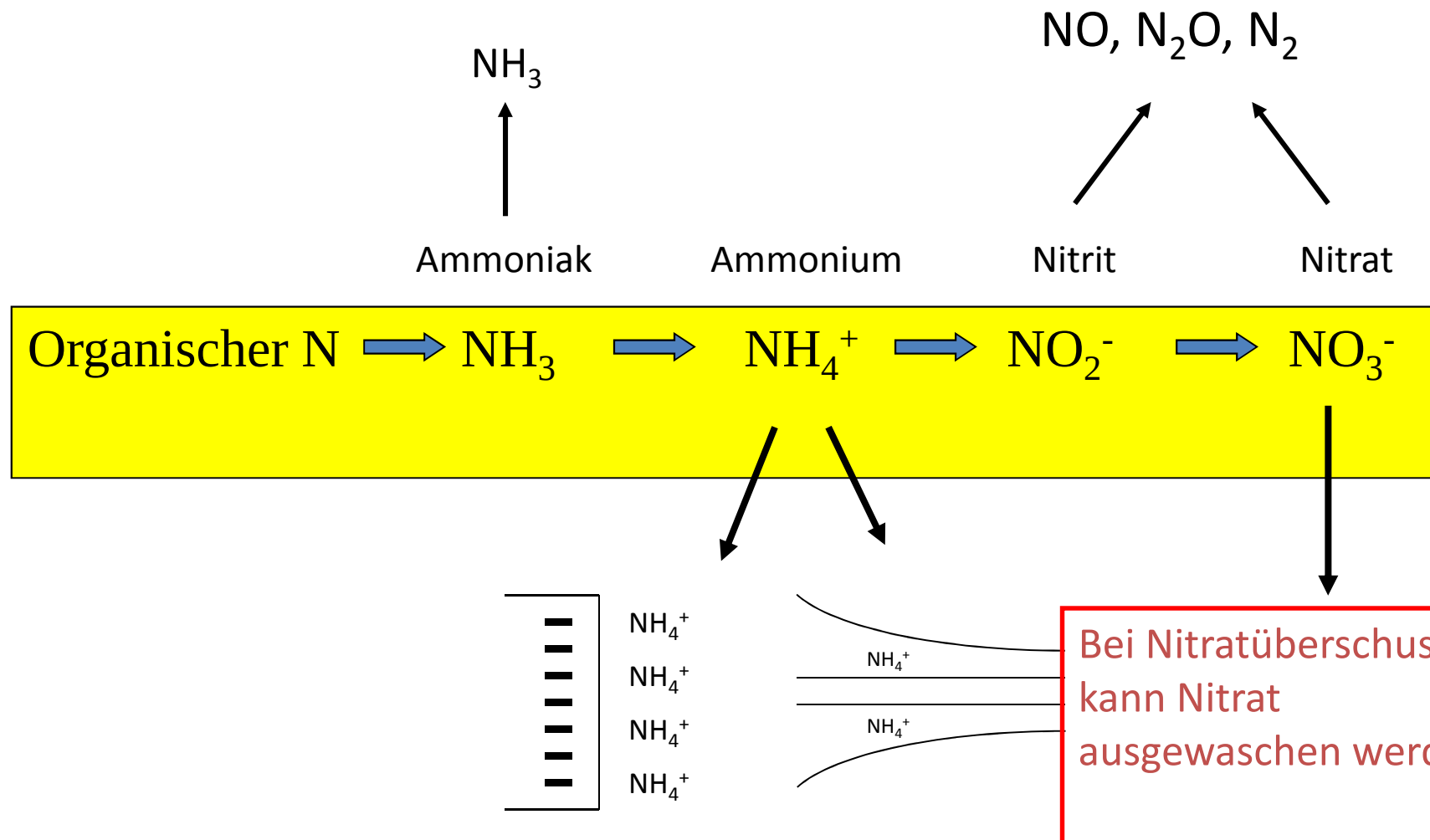
Kationenaustauscher



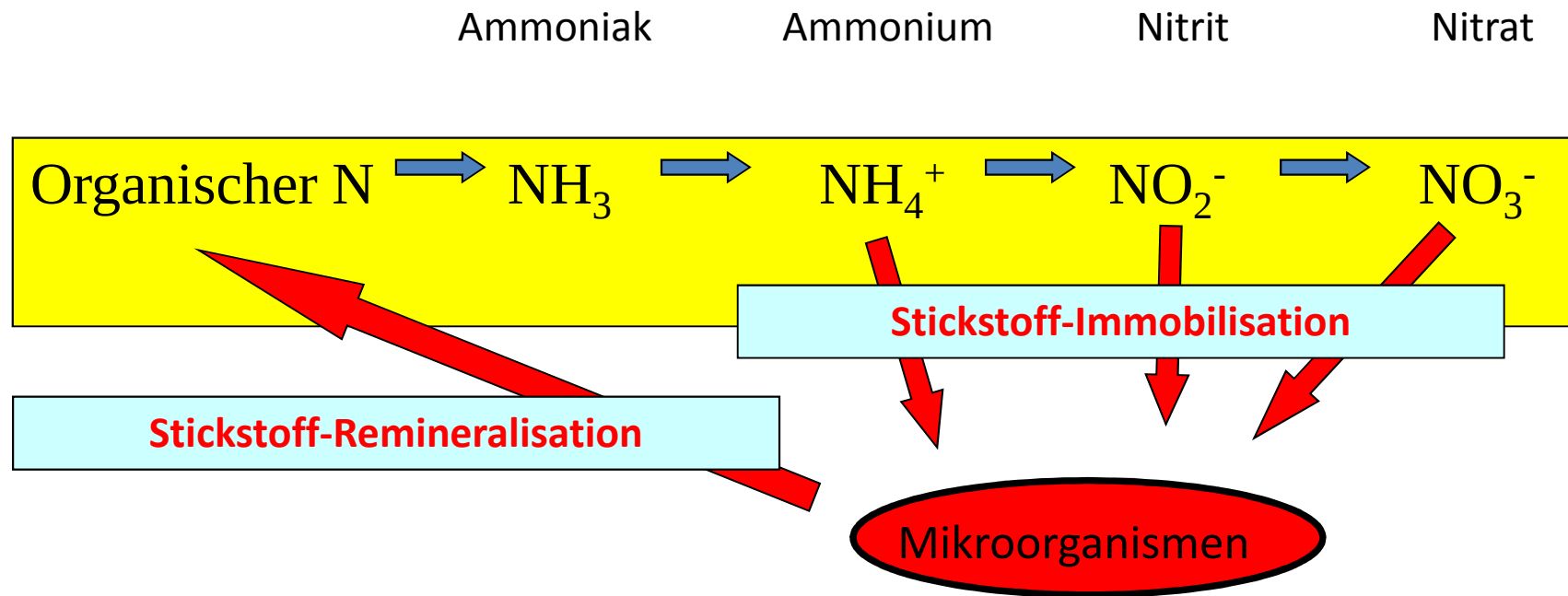
Fixiertes Ammonium

Aufgeweitetes
Tonmineral

Unter anaeroben
Bedingungen wird Nitrit und
Nitrat reduziert
(Denitrifikation)



Immobilisierung und Mobilisierung



NO_3^- in Böden

- Schnelle Immobilisierung durch Mikroorganismen und Pflanzen
- Wird durch Denitrifizierer zu NO_x , N_2O und N_2 reduziert
- Mobiler in Bodenlösung als NH_4^+
- Wird aus dem Boden ins Grundwasser gewaschen
- Kann in stark verwitterten Böden an Anionen-Austauscher sorbieren

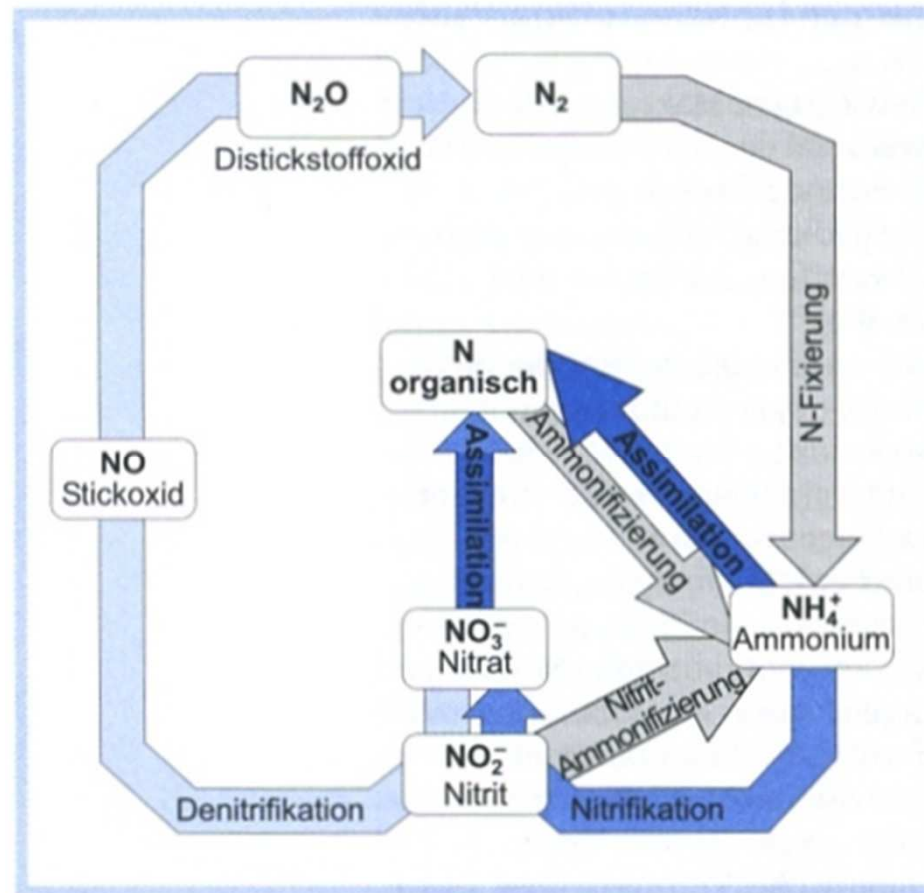
NH_4^+ in Böden

- Schnelle Immobilisierung durch Mikroorganismen
- Aufgenommen durch Pflanzen
- Gebunden an Ionen-Austauscher → bioverfügbar
- Fixiert in Tonen → nicht bioverfügbar
- Stabilisiert in organischer Substanz → nicht verfügbar
- Umgewandelt zu Ammoniak (NH_3) → in Atmosphäre
- Durch Bakterien zu Nitrat (NO_3^-) oxidiert

N-Spurengase

- N-Spurengase machen meist weniger als 10% der N-Verluste aus Ökosystemen aus
- Haben große Auswirkung auf Atmosphäre
- Ammoniak reagiert mit Säuren in der Troposphäre und reduziert Säuregrad von Regen
- NO_x sind sehr reaktiv, Lebensdauer von < 1 Tag, zerstören Ozonschicht
- N_2O Lebensdauer von 150 Jahren, 150 x Adsorptionskapazität von CO_2 , reduziert zu NO_x

Denitrifikation und Nitrat-Ammonifikation im Stickstoffkreislauf



Denitrifikation

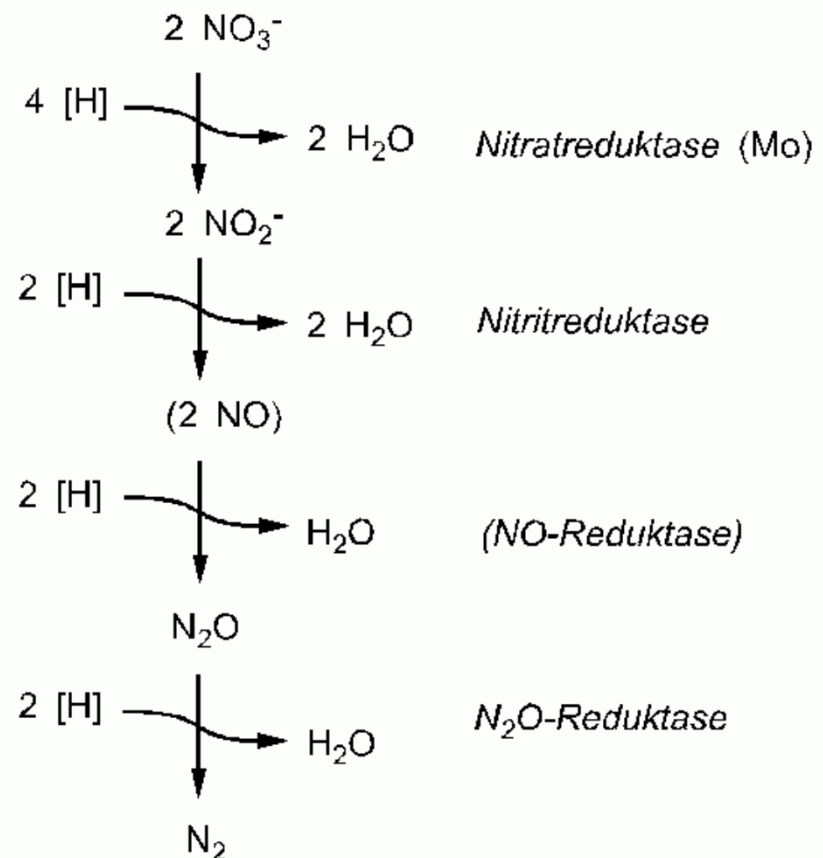
- liefert 90% der Energie der Oxidation von O_2

➡ „Nitratatmung“

Reduktionsäquivalente, die bei der Oxidation organischer Verbindungen entstanden sind, werden auf oxidierten Stickstoff übertragen, wobei Energie gewonnen wird.

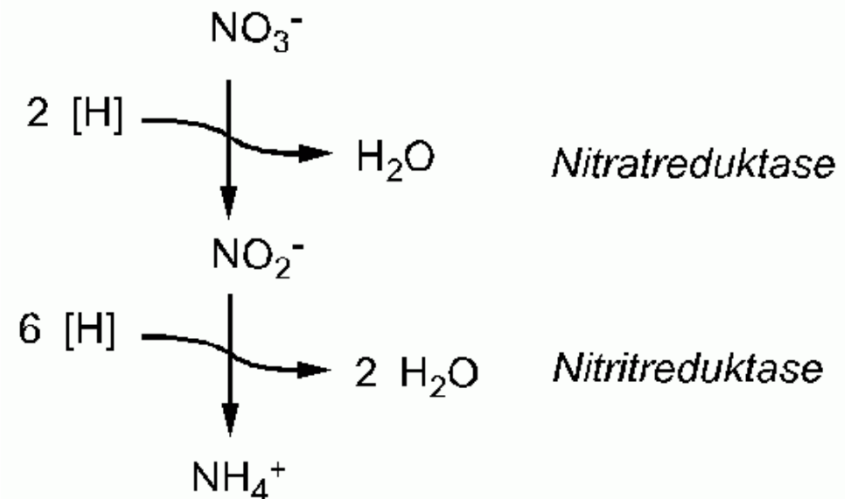
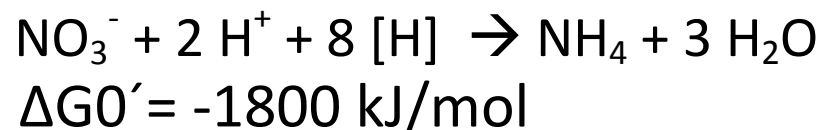


$$\Delta G_0' = -2715 \text{ kJ/mol}$$

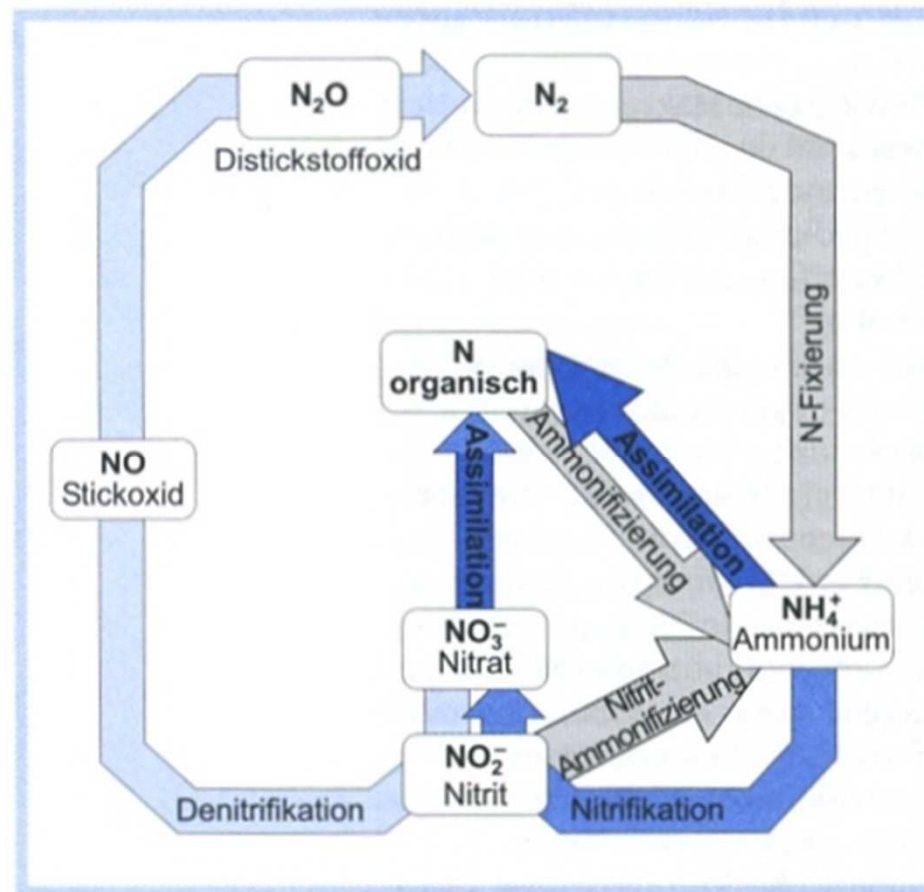


Nitrat-Ammonifikation

- Durch strikte und fakultative Anaerobier
- Reduktionsäquivalente, die bei der Oxidation organischer Verbindungen entstanden sind, werden auf oxidierten Stickstoff übertragen, wobei Energie gewonnen wird.



Stickstofffixierung in Stickstoffkreislauf

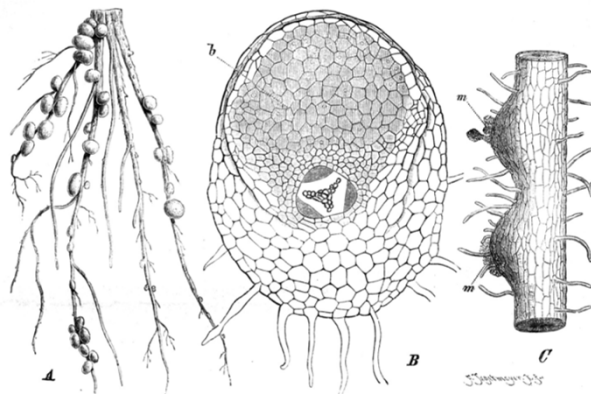


Stickstofffixierung

- Luft enthält 78% N_2
 - Dreifachbedingung in N_2 zu brechen ist energieaufwendig (942 kJ/mol)
 - Enzym (Nitrogenase) ist sauerstoffempfindlich
- ➡ Heterocysten



Quelle	Anteil [%]
Biologische Fixierung	60
Haber-Bosch-Verfahren	30
Verbrennung/Blitz	10



Arten der biologischen Stickstofffixierung

Symbiotic

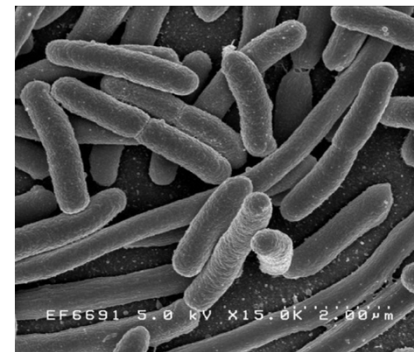
- Legumious + rhizobium
- Non-leguminous woody plants + Frankia (temperate/ forests)
- Azolla (water fern) and Anabaena ssp.

Free-living (asymbiotic)

- Cyanobacteria
- Azotobacter

Associative

- Rhizosphere- Azospirillum
- Lichens-cyanobacteria
- Leaf nodules



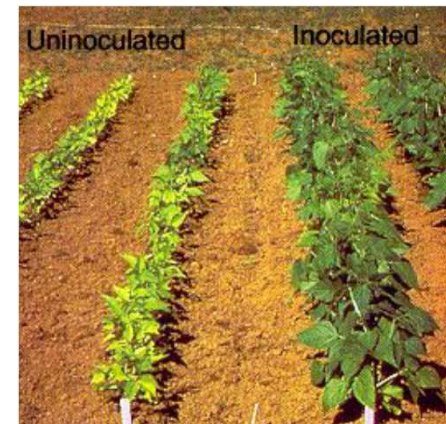
Symbiotische Stickstofffixierung

Symbiotic N fixation (Rhizobium)

- 15% of species can form nodules
- Rhizobium: gram-, rod shaped, aerobic, heterotrophs
- Specificity between strain and plant

Benefits to host plant

- Fixed N from the atmosphere
- Production of bioactive growth-stimulating hormones that expand root architecture
- Benefits to bacterium
- Habitat free of competition
- Steady supply of photosynthate carbon



Zusammenfassung

