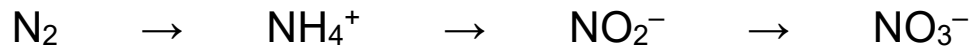


Stickstoff-Atom-Kreislauf

Aufgaben:

Stickstoff-Atome kommen in sehr vielen organischen Stoffen der Biomasse vor z. B. in Aminosäuren, Kernbasen oder Porphyrinringen (Cytochrom c, Häm, Chlorophyll).

- 1 Beschriften Sie die folgenden Stoffe mit ihren Namen und ergänzen Sie die Oxidationszahlen der Stickstoff-Atome.



- 2 Skizzieren Sie ein Schema für den Stickstoff-Atom-Kreislauf mit den Komponenten Stickstoff-Fixierung, Nitrifikation und Denitrifikation. Verwenden Sie dafür die Informationen in M1 und M2, u. a. die anorganischen Formeln.
- 3 Konsumenten verwenden pflanzliche Biomasse als Stickstoff-Atom-Quelle. Überschüssige Stickstoff-Atome geben sie ab.
Erstellen Sie unter Einbeziehung der Informationen aus M1 und M3 ein Schema für den Weg der Stickstoff-Atome von der Aufnahme stickstoffhaltiger Verbindungen durch die Pflanze bis zum Abbau durch Destruenten.
- 4 Erläutern Sie das ökologische Problem, das sich aus der Denitrifikation ergibt.
- 5 Recherchieren Sie, welche Rolle Blitze bzw. das Haber-Bosch-Verfahren im Stickstoff-Atom-Kreislauf spielen, und berichten Sie kurz darüber.
- 6 Schmetterlingsblütler wie Bohne, Erbse oder Lupine bilden an ihren Wurzeln Knöllchen aus, in denen symbiotische Stickstoff-Fixierer (z. B. die Bakterien-Gattung *Rhizobium*) leben.
Nennen Sie zwei Vorteile, die sich aus dem Einsatz von Schmetterlingsblütlern in der Landwirtschaft ergeben.
- 7 Ammonium- und Nitrat-Verbindungen, wie sie in Kunstdünger verwendet werden, sind in der Regel gut wasserlöslich.
Erläutern Sie kurz die Problematik, die sich daraus für Gewässer-Biotope und deren Biozönosen ergeben kann. Stellen Sie dazu ggf. eigene Recherchen an.

Materialien:

M1 Pflanzen und heterotrophe Organismen

78 % der Atmosphäre bestehen aus elementarem Stickstoff (N_2 ; „Luftstickstoff“); er ist extrem reaktionsträge. Die weitaus meisten Organismen sind deshalb darauf angewiesen, ihren Bedarf an verwertbaren Stickstoff-Atomen aus stickstoffhaltigen Verbindungen zu decken. Pflanzen nutzen im Bodenwasser gelöste Ammonium- (NH_4^+), Nitrit- (NO_2^-) oder Nitrat-Ionen (NO_3^-). Heterotrophe Organismen wie Tiere oder Pilze nutzen stickstoffhaltige organische Stoffe aus der Nahrung als Stickstoff-Atom-Quelle.

M2 Prokaryoten

Unter den Prokaryoten gibt es im Boden lebende Spezialisten mit Besonderheiten des Stickstoffwechsels:

Stickstoff-Fixierung: Stickstoff-Fixierer nehmen elementaren Stickstoff aus der Luft auf, binden ihn mit Hilfe eines besonderen Enzyms, der Nitrogenase, an organische Stoffe und reduzieren die Stickstoff-Atome dabei unter hohem Energieaufwand, wobei Aminogruppen bzw. Ammonium-Ionen gebildet werden. Beispiele dafür sind bestimmte Cyanobakterien (aerob) und Clostridien (anaerob).

Nitrifikation: Nitrifikanten nehmen Ammonium-Ionen (bzw. Ammoniak NH_3) auf und oxidieren sie schrittweise zunächst zu Nitrit-Ionen (NO_2^-) und schließlich zu Nitrat-Ionen (NO_3^-). Beispielsweise vollziehen Bakterien der Gattung *Nitrosomonas* den ersten Schritt und scheiden Nitrit-Ionen aus, die von Bakterien der Gattung *Nitrobakter* aufgenommen, zu Nitrat-Ionen oxidiert und dann ausgeschieden werden. Beide Schritte verlaufen exotherm und dienen der Versorgung der Bakterien mit Energie.

Denitrifikation: Denitrifikanten nehmen Nitrat-Ionen auf und verwenden sie als Elektronen-Akzeptor bei der Zellatmung anstelle von Sauerstoff („Nitrat-Atmung“). Dabei entsteht u. a. Luftstickstoff, der abgegeben wird. Ein Beispiel dafür ist das heterotrophe Bakterium *Pseudomonas stutzeri*.

M3 Ammonifikation

Bei Tieren erfolgt die Ausscheidung überschüssiger Stickstoff-Atome z. B. in Form von Harnstoff ($H_2N-CO-NH_2$) oder Harnsäure ($C_5H_4N_4O_3$; ein Purin und damit ähnlich aufgebaut wie die Kernbasen Adenin und Guanin). Diese Stoffe werden von Destruenten (Bakterien) abgebaut, wobei Ammoniak (NH_3) bzw. Ammonium-Ionen freigesetzt werden.

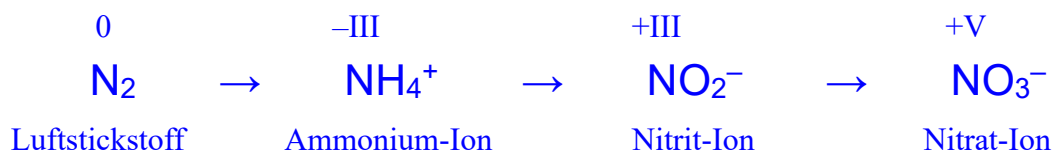
Hinweise für die Lehrkraft:

Dieses Arbeitsblatt ist **ausschließlich für den eA-Kurs** konzipiert. Mit ihm erarbeiten die Kursteilnehmer die Komponenten und die Zusammenhänge im Stickstoff-Atom-Kreislauf.

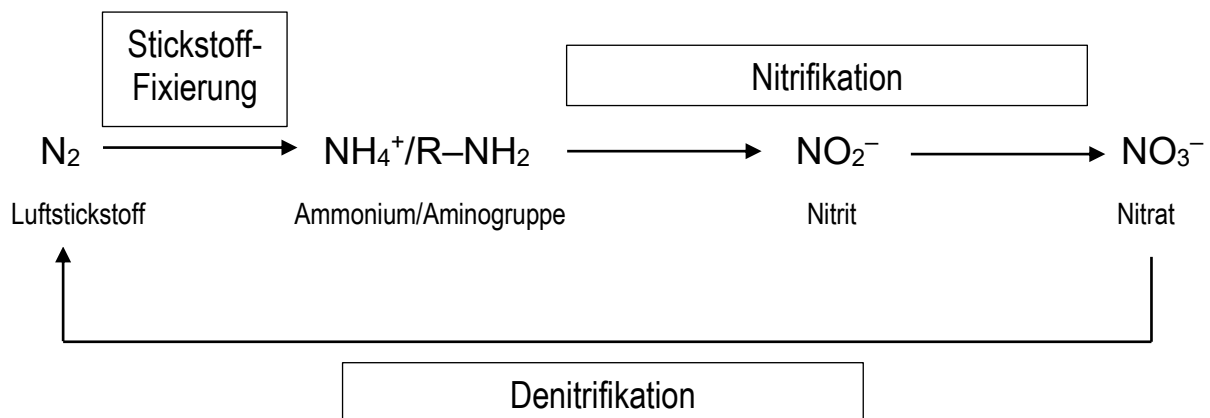
Der LehrplanPLUS nennt hierbei keine konkreten Fachbegriffe, die Lehrkraft entscheidet, welche der in den Materialien genannten Begriffe zum Lerninhalt erhoben werden sollen. Es sollten nur wenige sein, denn die Kursteilnehmer sollten die Grundzüge des Kreislaufs mit seinen Redoxreaktionen sowie die enorme Rolle der Nitrifikaten verstehen, anstatt zu viele Details auswendig zu lernen.

Die Angaben in den Materialien sind bewusst umfangreich angelegt (z. B. mit Namen von Mikroorganismen oder eines Enzyms), um den Umgang mit überbestimmten Angaben im Rahmen der Aufgabenlösung zu üben.

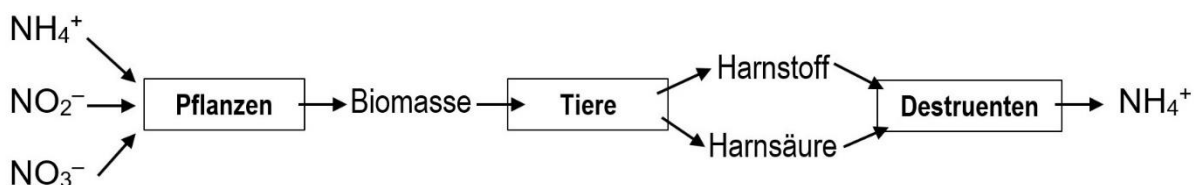
1 Anwendung von Vorwissen aus Chemie:



2 Stickstoff-Atom-Kreislauf, z. B.:



3 Von der Pflanze zu den Destruenten:



4 Denitrifikanten wandeln Stickstoffverbindungen in Luftstickstoff um, der von den meisten Lebewesen nicht genutzt werden kann. Sie verringern damit die Ressourcen an biologisch verwendbaren Stickstoff-Atomen.

5 Durch Blitze werden sehr hohe Energiebeträge freigesetzt, durch die Luftstickstoff mit Sauerstoff reagiert, so dass Stickstoffoxide entstehen, aus denen wiederum Nitrit- und Nitrat-Ionen gebildet werden, die mit dem Regen in den Boden gelangen.

Im Haber-Bosch-Verfahren reagiert unter sehr hohem Energieaufwand Luftstickstoff mit Wasserstoff zu Ammoniak, das als Grundlage zur Herstellung von Kunstdüngern (Ammonium- bzw. Nitratverbindungen) dient.

6 Es muss kein Stickstoff-Dünger ausgebracht werden, was Geld, Arbeitszeit und Energieeinsatz spart.

Dadurch ist auch die Gefahr der Auswaschung stickstoffhaltigen Kunstdüngers geringer.

7 *Dieser Aspekt wird vom LehrplanPLUS nicht verlangt. Die Aufgabe 7 kann deshalb auch weggelassen werden oder dient der **Begabtenförderung**.*

Soweit diese Verbindungen nicht von Pflanzen aufgenommen oder an Bodenbestandteile gebunden werden, werden sie in die Gewässer ausgewaschen, wo sie als Dünger wirken. Dadurch kann es zu massivem Algenwachstum kommen. Die Algen beschatten tiefer angesiedelte Wasserpflanzen, die deshalb weniger Photosynthese betreiben können, so dass weniger Nahrung für Pflanzenfresser zur Verfügung steht.

Nachdem die Algen bis in den Herbst abgestorben und auf den Boden abgesunken sind, werden sie aerob abgebaut. Sobald der Sauerstoff in der Tiefe des Gewässers dadurch aufgebraucht ist, erfolgt der Abbau anaerob, wodurch giftige Stoffe wie Schwefeldioxid oder Ammoniak freigesetzt werden.

Thomas Nickl, Dezember 2024