

Vorbemerkung: Die Details zur biotischen Stickstoff-Fixierung, zur Nitrifikation und zur Denitrifikation sind für die Abschlussprüfungen nicht relevant. Man sollte bei diesen nur wissen, dass es Bakterien sind, die N_2 fixieren und so über die Nahrungskette für alle Lebewesen nutzbar machen. Andere Bakterien produzieren am Ende aus N-haltigen Verbindungen wieder molekulares N_2 . Der Kreislauf schließt sich.

Ein Stoffkreislauf der Superlative: In der Erdatmosphäre befinden sich 1.000.000.000.000.000 (10^{15}) Tonnen Stickstoff. Er liegt nahezu ausschließlich als molekularer Luftstickstoff (N_2) vor. Trotzdem wurde jedes Stickstoffatom während der Erdgeschichte im Durchschnitt rund 900.000-mal durch Tiere ein- und ausgeatmet, ohne dass eine chemische Veränderung eintrat. Circa 1000-mal wurde jedes Stickstoffatom von Lebewesen in den Organismus eingebaut und wieder ausgeschieden. Ohne eine chemische Mobilisierung des N_2 wäre sämtliches Leben auf der Erde nicht möglich.

1. Vervollständigen Sie mithilfe der unteren Informationen Kästen, Pfeile und Strukturen möglichst präzise.

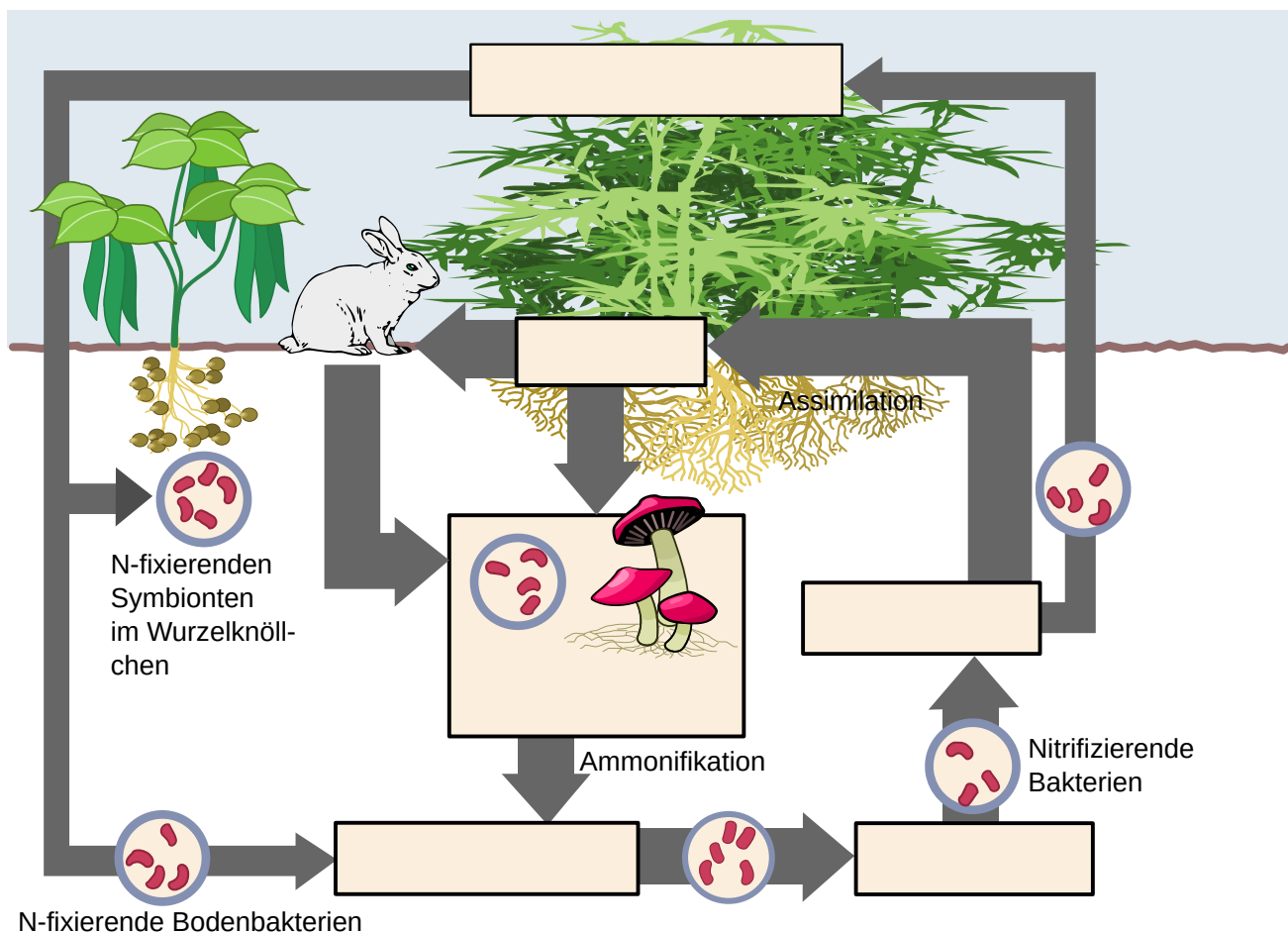


Abb. 1: Der Stickstoffkreislauf (Quelle: commons.wikimedia.org. Autoren: Johann Dréo, Joanjoc, verändert)

Stickstofffixierung

Unter **Stickstofffixierung** versteht man allgemein jegliche Umwandlung des chemisch inerten elementaren, molekularen Stickstoffs (N_2) in andere oxidierte oder reduzierte Formen, also die chemische Erweckung des toten Stickstoffs (N_2).

1. Biotische Stickstofffixierung zu Ammoniak/Ammonium

Sie beruht auf das Enzym **Nitrogenase**, das in einigen wenigen Bakteriengruppen vorkommt. Diese leben frei im Boden oder in Symbiose in den Wurzeln bestimmter Pflanzen. Die Stickstofffixierung ist für die Bakterien extrem energieaufwändig, weil das N_2 -Molekül so stabil ist. Pro N_2 werden 18 „Energiewährungseinheiten“ (ATP) „verbraucht“.

Teilgleichung (Reduktion, alkalisch):

2. Abiotische Stickstofffixierung (in der Abbildung oben nicht dargestellt) – unbelebte natürliche Vorgänge

Durch Blitze oder extrem hohen Temperaturen entstehen erst mal Stickoxide (z.B. NO). Diese können mit Wassertröpfchen und Luftsauerstoff zu Salpetersäure reagieren und als Teil des sauren Regens in den Boden gelangen.

Reaktionsgleichung 1 (NO-Bildung):

Reaktionsgleichung 2:

3. Anthropogene (technische) Stickstofffixierung (in der Abbildung oben nicht dargestellt) – Das Haber-Bosch-Verfahren

Reaktionsgleichung :

Nitrifikation (= Nitrifizierung)

Als **Nitrifikation** bezeichnet man die bakterielle Oxidation von Ammoniak (NH_3) bzw. Ammonium-Ionen (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-). Sie besteht aus zwei gekoppelten Teilprozessen: Im ersten Teil wird Ammoniak mit Luftsauerstoff zu Nitrit oxidiert, das im zweiten Teilprozess mit weiterem Luftsauerstoff weiter zu Nitrat oxidiert wird. Beide Teilprozesse liefern für die beteiligten Organismen (ausschließlich Bakterien, z.B. *NITRObacter*, *NITROSOMonas*) ausreichend Energie für Wachstum und andere Lebensvorgänge.

Reaktionsgleichung 1. Teilprozess (sauer) :

Reaktionsgleichung 2. Teilprozess (sauer) :

Gesamtgleichung:

Im Stickstoffkreislauf von Ökosystemen spielt die Nitrifikation eine große Rolle, da sie das durch Destruenten aus abgestorbener Biomasse freigesetzte Ammoniak wieder in Nitrat überführt. So entsteht für Pflanzen stickstoffhaltiger Mineralnährstoff. Diese nehmen nämlich den Stickstoff bevorzugt als Nitrationen auf (**Assimilation**). Die direkte Aufnahme von NH_4^+ - Ionen würde den pH-Haushalt der Pflanze belasten.

Denitrifikation

Unter **Denitrifikation** versteht man die Nutzung von Nitrat (NO_3^-) als Oxidans zur Energiegewinnung, d.h. zur Aufoxidation der Nährstoffe zwecks Energiegewinnung (anstelle von O_2). Der Stickstoff wird hierbei zu N_2 reduziert. Bakterien die zu den **Denitrifikanten** gehören, können auch in Sauerstofffreier Umgebung leben, also unter anoxischen Bedingungen! Als Nährstoffe dienen nicht nur verschiedene organische Stoffe, sondern auch Anorganika wie Schwefelwasserstoff (H_2S). Biochemisch wird das Nitrat dabei in mehreren Teilschritten an entsprechenden Enzymen der Bakterien reduziert. Nitrat dient als Ersatz für Sauerstoff als Elektronenakzeptor, also als Oxidationsmittel (Oxidans)!

Richten Sie jeweils sauer ein! Ausgangsstoff: Vgl. Namen des Enzyms. Produkt: Vgl. Name des nachfolgenden Enzyms.

1. Teilprozess (durch Nitratreduktase)

2. Teilprozess (durch Nitritreduktase)

3. Teilprozess (Stickstoffmonoxid-Reduktase)

4. Teilprozess (Distickstoffmonoxidreduktase)

Bsp. für Gesamtreaktionsgleichung (mit H_2S) im **THIObacillus DENITRificans** (Oxidans: KNO_3 , H_2S wird maximal oxidiert!)

Bietet man Bakterien Alkohol an, arbeiten sie bereitwillig im Klärwerk

Sehr viele Bakterien sind zur Denitrifikation befähigt. Technisch wird die Denitrifikation mittels Bakterien in der **Abwasserreinigung in Kläranlagen** zur Eliminierung von Nitrat eingesetzt. Sie kann auch zur **Entfernung von Nitrat bei der Trinkwassergewinnung** verwendet werden. Als Reduktans (Elektronendonator) wird dabei den Bakterien häufig Alkohol angeboten!

Reaktionsgleichung: