



**Bündner Naturmuseum**  
**Museum da la natira dal Grischun**  
**Museo della natura dei Grigioni**

Bündner Naturmuseum  
Masanserstrasse 31  
CH-7000 Chur  
Telefon 081 257 28 41  
Telefax 081 257 28 50  
info@bnm.gr.ch  
www.naturmuseum.gr.ch

## Didaktische Unterlagen zur Sonderausstellung:

**Bündner Naturmuseum**  
**Museum da la natira dal Grischun**  
**Museo della natura dei Grigioni**

# GRÜNER KLEE UND DYNAMIT

DER STICKSTOFF UND DAS LEBEN

SONDERAUSSTELLUNG  
IM BÜNDNER NATURMUSEUM  
11. APRIL BIS 26. AUGUST 2018

BÜNDNER NATURMUSEUM  
MASANSERSTRASSE 31  
7000 CHUR

WWW.NATURMUSEUM.GR.CH  
081 257 28 41  
DI-SO, 10-17 UHR

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Allgemeine Informationen zur Sonderausstellung</b> .....	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Rahmenprogramm zur Sonderausstellung</b> .....	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Hintergrundinformationen</b> .....	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>Ideen rund um den Ausstellungsbesuch</b> .....	<b>18</b>
	5.1 Vor- und Nachbereitung .....	18
	5.2 In der Ausstellung .....	20
<b>6.</b>	<b>Museumskoffer</b> .....	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>Auftragsblätter</b> .....	<b>22</b>
	7.1 «Stickstoff im Alltag» .....	22
	7.2 «Grüner Klee & Dynamit» .....	23
	7.3 «Lückentext» .....	23
	7.4 «Stickstoff ist und hat » .....	24
	7.5 «Stickstoff-Kreislauf» .....	25
	7.6 «Ein kleines Stickstoff-Rätsel» .....	26
	7.7 «Beobachtungsprotokoll Kristall» .....	27
	7.8 «Richtig oder falsch?» .....	28
<b>8.</b>	<b>Lösungen zu den Auftragsblättern</b> .....	<b>29</b>
<b>9.</b>	<b>Ausmal-Kreislauf</b> .....	<b>30</b>
<b>10.</b>	<b>Allgemeine Fragen zur Sonderausstellung</b> .....	<b>31</b>
<b>11.</b>	<b>Allgemeine Fragen zur Sonderausstellung (Lösungen)</b> .....	<b>37</b>
<b>12.</b>	<b>Medienliste</b> .....	<b>39</b>

### Hinweis:

Diese Unterlagen stehen auf unserer Webseite [www.naturmuseum.gr.ch](http://www.naturmuseum.gr.ch) unter Museumspädagogik/Didaktisches zum kostenlosen Downloaden als pdf-Datei zur Verfügung. Preis beim Kauf der Druckversion an der Museumskasse: Fr. 7.--



# 1. Einleitung

## Allgemeine Informationen

### Öffnungszeiten des Bündner Naturmuseums:

Dienstag bis Sonntag 10 – 17 Uhr

Montag geschlossen

- ⇒ Bitte **melden** Sie Ihren Museumsbesuch telefonisch an. Wir versuchen damit, 'Überbelegungen' der Ausstellungen zu verhindern. Besten Dank.
- ⇒ Schulklassen und Lehrpersonen, die den Ausstellungsbesuch im Museum vorbereiten, haben **freien Eintritt!**
- ⇒ Besuchen Sie uns auch unter **[www.naturmuseum.gr.ch](http://www.naturmuseum.gr.ch)**.

### ⇒ **Bitte beachten:**

- Falls Sie Ihre Schülerinnen und Schüler zeichnen oder schriftliche Aufträge lösen lassen möchten, verlangen Sie bitte **Unterlagen** und **Klappstühle** bei der Kasse. Dort erhalten Sie auch Papier und Blei- oder Farbstifte.
- **Bitte die Schülerinnen und Schüler nie direkt auf den Ausstellungsmöbeln schreiben lassen!**
- Bei der Anmeldung Ihres Besuches angeben, ob Sie den **Museumskoffer** (S 21) während Ihres Besuches nutzen möchten!

### **Museumspädagogischer Dienst:**

Von Montag bis Donnerstag steht Ihnen der Museumspädagoge Flurin Camenisch für Fragen, Anregungen, Beratungen etc. gerne zur Verfügung.

Telefon: 081/ 257 28 41

E-Mail: [flurin.camenisch@bnm.gr.ch](mailto:flurin.camenisch@bnm.gr.ch)

### **Impressum:**

Die Texte stammen hauptsächlich von der Universität Augsburg und dem Carl Bosch Museum Heidelberg und aus dem Buch «Stickstoff – ein Element schreibt Weltgeschichte» und wurden ergänzt durch das Team des Naturmuseums Solothurn und durch den Museumspädagogen des Bündner Naturmuseums.

*Es ist ausdrücklich erlaubt, die Unterlagen für Schulzwecke zu kopieren!*



## 2. Allgemeine Informationen zur Sonderausstellung

### Der Stickstoff und das Leben

Stickstoff ist geruchlos, farblos und er lässt uns in seiner reinen Form sogar ersticken – daher auch sein Name. Und trotzdem: Ohne ihn läuft nichts! Er ist Bestandteil unserer DNA und Proteine, kommt im Chlorophyll vor und lässt Ernten wachsen. Und er ist Grundbaustein für Sprengstoff!

Die Ausstellung «Grüner Klee und Dynamit – Der Stickstoff und das Leben» beleuchtet die verschiedenen Gesichter des Stickstoffs und geht auf seine Bedeutung ein, seine ökologische Problematik und seine politische Relevanz. Die Ausstellung ist eine Produktion des Wissenschaftszentrums Umwelt der Universität Augsburg und des Carl Bosch Museums und wurde gefördert durch die Klaus Tschira Stiftung und aus Mitteln der High-Tech-Offensive Zukunft Bayern.

### Verschiedene Facetten des Stickstoffs

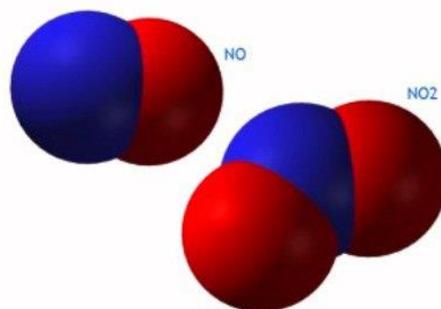
In der Sonderausstellung «Grüner Klee und Dynamit» werden die Besucher auf die spannende Reise durch die Geschichten des Stickstoffs mitgenommen. Dabei erleben sie diesen aussergewöhnlichen Stoff in all seinen Facetten: Einmal erscheint der Stickstoff als geliebter Kunstdünger, ein anderes Mal als Sprengstoff. Interaktive Elemente verhelfen, diesen wichtigen Stoff für uns begreifbar zu machen.

### Vom Mittelalter bis in die heutige Gegenwart

Während es früher Salpeterer waren, die in mittelalterlichen Ateliers unter erschwerten Bedingungen kleine Mengen an verwertbarem Stickstoff gewonnen haben, wird heute mithilfe moderner Hochtechnologie Stickstoff in fast unbegrenzten Mengen produziert. Die Haber-Bosch-Synthese verhalf dem Menschen plötzlich, Stickstoffdünger aus reinem Stickstoff und Wasserstoff herzustellen – eine Erfindung, die oft als wichtigste des 20. Jahrhunderts bezeichnet wird. Denn sie ermöglichte bessere Ernten und damit einhergehend ein Bevölkerungswachstum, wie es ohne dieses Verfahren nicht denkbar gewesen wäre.

### Bitte beachten:

Zur Sonderausstellung gibt es eine Internetseite mit Ausstellungstexten und weiteren Informationen: [www.stickstoffausstellung.de](http://www.stickstoffausstellung.de)



### 3. Rahmenprogramm zur Sonderausstellung

Mittwoch, 25. April 2018, 18.00 Uhr

**Abend-Führung durch die Sonderausstellung**

Mittwoch, 2. Mai 2018, 19.30 Uhr

**Vortrag zum Thema «Wie beeinflusst Stickstoff die Artenvielfalt?»**

mit Seraina Bassin, Agroscope, Reckenholz Zürich

Sonntag, 13. Mai 2018, ab 10.00 Uhr

**Internationaler Museumstag:**

**Veranstaltungen zum Thema: Stickstoff – weltbewegend!**

Tagesprogramm auf [www.naturmuseum.gr.ch](http://www.naturmuseum.gr.ch)

Dienstag, 5. Juni 2018, 18.00 Uhr

**Abend-Führung durch die Sonderausstellung**

Mittwoch, 18. Juli 2018, 12.30–13.30 Uhr

**Rendez-vous am Mittag im Bündner Naturmuseum**

Führung durch die Sonderausstellung

Montag, 6. August 2018, 18.00 Uhr

**Abend-Führung durch die Sonderausstellung**

Sonntag, 26. August 2018, 11.00 & 14.00 Uhr

**Finissage der Sonderausstellung «Stickstoff» mit Führungen**

*Weitere Informationen zu den Anlässen werden unter [www.naturmuseum.gr.ch](http://www.naturmuseum.gr.ch) und in der Tagespresse bekannt gegeben.*



## 4. Hintergrundinformationen

### Stickstoff – Eigenschaften und Vorkommen

Stickstoff, ein chemisches Element mit der Abkürzung N für Nitrogenium (lateinisch) im Periodensystem, ist mit 78 Volumenprozent ein wesentlicher Bestandteil unserer Luft und in der Natur in grosser Menge vorhanden. Trotzdem können wir reinen Stickstoff nicht einatmen. Daher rührt auch sein Name Stick-Stoff. Stickstoff ist farb- und geruchlos und weder für Pflanzen noch für uns Menschen direkt nutzbar. Der weit verbreitete und in grossen Mengen vorhandene, nichtreaktive reine Stickstoff der Luft muss zuerst in reaktiven, gebundenen Stickstoff umgewandelt werden. Stickstoffverbindungen sind ganz wesentlich für viele biologische Prozesse.

Der Luftstickstoff existiert in einer Form von zweiatomigen Molekülen ( $N_2$ ) mit einer sehr stabilen Bindung. Die Bindung der beiden Moleküle kann in der Natur nur durch die hohe Energie von Blitzen oder durch Bakterien aufgebrochen werden. Letztere besitzen ein Enzym namens Nitrogenase, welches dazu verhilft, den reinen Stickstoff in einen reaktiven Stickstoff umzuwandeln. Und erst wenn Stickstoff aus der Luft chemisch gebunden ist, gelangt er in den Kreislauf des Lebens. Alle Lebewesen benötigen zum Aufbau ihrer organischen Struktur und zur Aufrechterhaltung der Lebensprozesse Stickstoff.

Es gibt grob unterteilt zwei «Formen» von Stickstoff:

- nichtreaktiver Stickstoff oder reiner Stickstoff ( $N_2$ ): vor allem in der Luft in grosser Menge vorhanden, für uns in dieser Form nicht nutzbar, da Bindung der beiden N-Moleküle sehr stark und stabil ist. Daher ist reiner Stickstoff reaktionsträge mit wenig Neigung, mit anderen Stoffen zu reagieren. Deshalb wird er gerne als Schutzgas bei der Konservierung eingesetzt.
- Reaktiver Stickstoff oder gebundener Stickstoff (in einer Stickstoffverbindung): bildet die Grundlage für weitere Stickstoffverbindungen und ist für das Leben essentiell. Er ist ein Bestandteil unseres genetischen Informationsträgers DNA, in Proteinen, in den Sauerstofftransportern des Blutes (Hämoglobin) und im Muskelgewebe (Myoglobin) vorhanden. Bei Pflanzen sorgt die Stickstoffverbindung für das Blattgrün: Leidet die Pflanze an Stickstoffmangel, so werden ihre Blätter gelb. Auch Gesteine können Stickstoff beinhalten wie zum Beispiel das Mineral Nitratin. Zudem konsumieren wir viele Stickstoffverbindungen in Alkaloiden wie zum Beispiel Koffein, Nikotin und in anderen Genuss-, Sucht- und Arzneimitteln. Alkohol ist eines der wenigen Genussmittel, welches ohne Stickstoff auskommt.

Der natürlichen Umwandlung von nichtreaktivem zu reaktivem Stickstoff mithilfe von bestimmten Bakterien oder über die Entladung von Gewittern sind von Natur aus vorgegebene Grenzen gesetzt. Reaktiver Stickstoff, auf natürliche Art gewonnen, ist ein limitierender Faktor und entscheidet massgeblich über das Gedeihen von Lebewesen, insbesondere von Pflanzen.

### Nitrat – ein Beispiel für eine reaktive Stickstoffverbindung

Nitrat ( $NO_3$ ) ist ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen und bestimmt ihr Wachstum. Der Mensch nimmt ihn mit verschiedenen Gemüsesorten auf. Nitrat ist zugleich ein Stoffwechselprodukt des menschlichen Organismus: Es wird täglich vom Körper selbst (endogen) gebildet, und zwar in ähnlichen Mengen wie die durchschnittliche Zufuhr via Nahrung und Trinkwasser.



## Stickstoffkreislauf

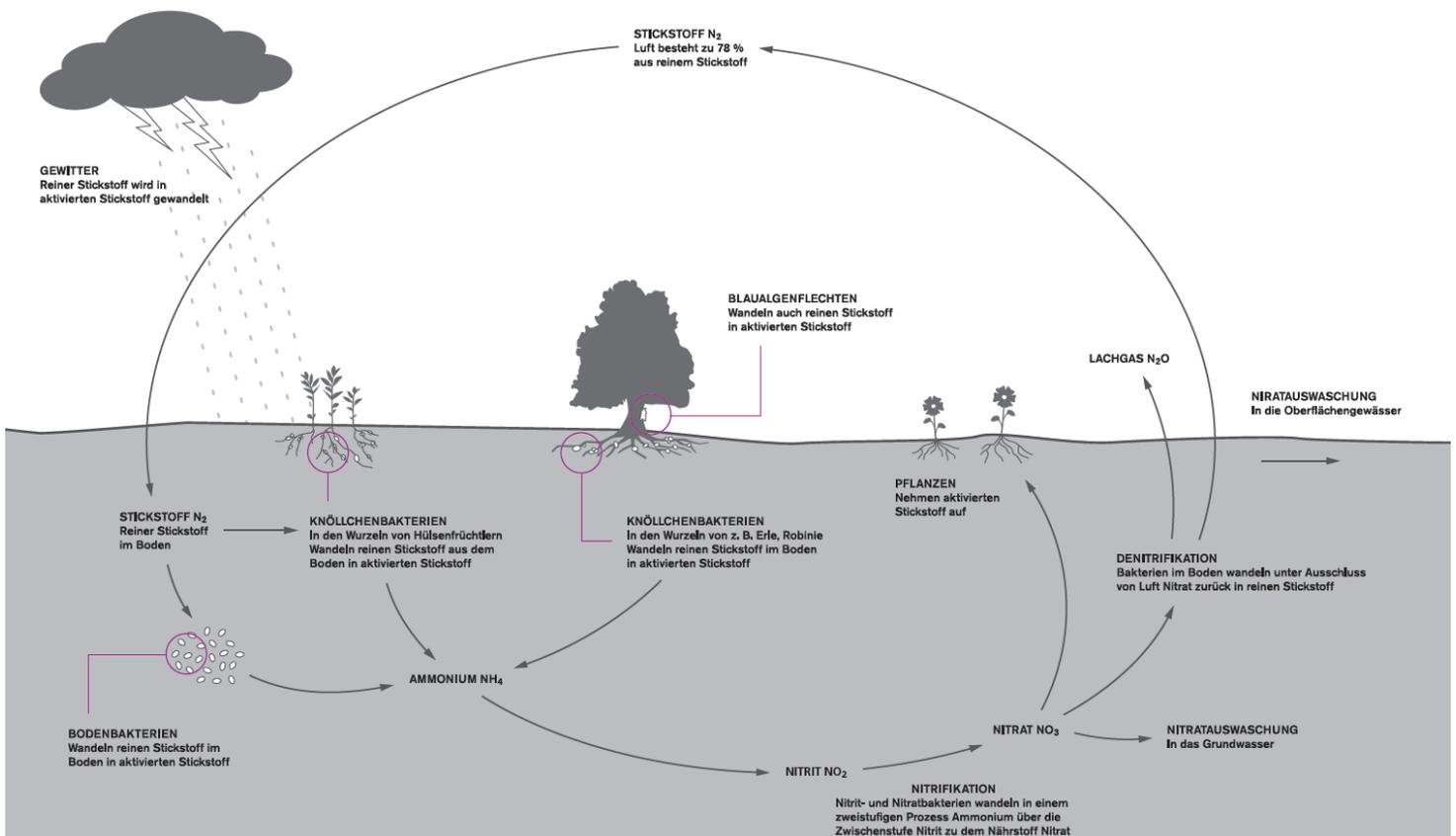
Stickstoff ist in der Atmosphäre zu 78 Volumenprozent vorhanden, dies ist der sogenannte nicht reaktive Stickstoff mit zwei, aneinander gebundenen Stickstoffatomen. Diese Form des Stickstoffs reagiert mit kaum einem anderen chemischen Element. Die starke Bindung kann durch die grosse Energieentladung bei Gewittern aufgetrennt werden. So können sich die getrennten Atome wieder mit anderen Elementen verbinden. Dieser reaktive Stickstoff gelangt auch in den Boden. Im Boden wird Stickstoff in Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) umgewandelt. Dies geschieht mithilfe von bestimmten Bakterien. Bei der anschliessenden Nitrifikation oxidiert Ammonium zu Nitrit und weiter zu Nitrat.

Durch den Abbau von organischem Material (Kot und abgestorbene Organismen) entsteht ebenfalls Ammonium. Reaktiver Stickstoff ist wichtiger Treibstoff für das Wachstum von Pflanzen. Und weil er nur in kleinen Mengen zur Verfügung steht, gilt er als limitierender Faktor, also jenem Faktor, der das Wachstum beschränkt: Wenn wenig reaktiver Stickstoff vorhanden ist, dann wächst die Pflanze, selbst bei reichlichem Überfluss an anderen wichtigen Elementen, nur spärlich.

Bei der Denitrifikation, also der Umkehrung des Prozesses, entsteht insbesondere unter sauerstoffarmen Bedingungen wiederum nicht reaktiver, reiner Stickstoff ( $\text{N}_2$ ). Denitrifizierende Bakterien sorgen also für die Rückführung des Stickstoffs in die Atmosphäre. Es entsteht dabei auch Lachgas. Dieses gehört nicht nur zu den psychoaktiven und schmerzstillenden Substanzen, sondern auch zu den Treibhausgasen. Es hat eine 298 Mal grössere Treibhausgaswirksamkeit als  $\text{CO}_2$  und darf daher in der Klimadiskussion nicht vernachlässigt werden. Die Landwirtschaft trägt erheblich zu den Lachgas-Emissionen bei, Verbrennungsprozesse steuern ebenfalls dazu bei.

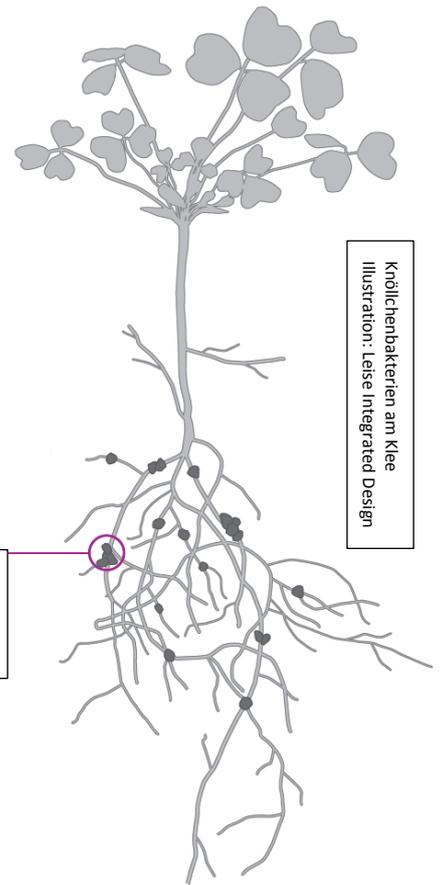
Und was an reaktivem Stickstoff weder von der Pflanze aufgenommen noch zurückgeführt wird, gelangt ins Wasser und wirkt dort weiter...

Der Weg des Stickstoffs  
 Grafik: Leise Integrated Design; abgeändert



## Stickstoff und der Klee

Klee – davon gibt es über 240 Arten – gehört zur Gruppe der Hülsenfrüchte (Leguminosen), die die Fähigkeit besitzen, mit Bakterien eine Symbiose einzugehen. In den Kleewurzeln sammeln sich Knöllchenbakterien an. Diese werden von der Pflanze mit Zucker und Nährstoffen ernährt und erhalten von ihr ein Milieu mit einer ausgewogenen Sauerstoffsättigung. Denn da sind die Bakterien sehr empfindlich! Im Gegenzug dazu haben Bakterien ein Enzym, die Nitrogenase, welches sie befähigt, den reinen Stickstoff zu fixieren und in reaktiven Stickstoff zu verwandeln, das der Pflanze als Dünger wieder zugutekommt. Überschüssiges Ammonium wird als Ammoniak der Umgebung abgegeben. Dieser Prozess der natürlichen Fixierung mithilfe von Bakterien läuft bei Raumtemperatur und normalem Druck ab – eine Meisterleistung der Natur, die der Mensch bis heute nicht mit so wenig Energie nachahmen konnte!



### KNÖLLCHENBAKTERIEN

In den Wurzeln der Klees wandeln Knöllchenbakterien reinen Stickstoff im Boden in aktivierten Stickstoff.

Übrigens wird Klee bereits seit dem 17. Jahrhundert zur Gründüngung angebaut, um die Ernten signifikant zu erhöhen. Auch andere Hülsenfrüchte wie Sojabohnen, Luzerne und Ziersträucher wie der Gemeine Goldregen oder die Lupine erfüllen diese Funktion als Stickstoffumwandler und erhöhen den Stickstoffgehalt im Boden.

Die Bakterien schaffen es, weltweit etwa 100 Millionen Tonnen Stickstoff aus der Luft auf die Erde zu holen. Und das haben Bakterien bereits vor etwa 2.5 Milliarden Jahren geschafft und tun es heute noch – ein Prozess, der für die gesamte Evolution entscheidend war.

## Die Gelbflechte und der Stickstoff

Flechten bestehen aus Pilzen und Algen oder auch Bakterien. Sie leben in einer engen Symbiose, sind also direkt voneinander abhängig und bilden ein Gesamtwerk in verschiedenen Formen und Farben. Dabei suchen sie Halt an Mauern oder Holzstämmen, sind jedoch keine Parasiten und verursachen keine Schäden. Sie binden sehr viel Kohlenstoffdioxid und Stickstoff aus der Luft. Die Gelbflechten beispielsweise kommen häufig in Gebieten mit Tierhaltung vor, weil sie von der hohen Belastung der Luft mit Stickoxiden profitieren. Sie gehören damit zu den wenigen Flechten, welche sich in den letzten Jahren rasch ausbreiten konnten. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden sie gerne auch als Bioindikatoren benützt, um daraus etwas über die Entwicklung des Stickoxid- und CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Luft aussagen zu können. Aber ein *> Gute-Luft-Anzeiger <* ist die Gelbflechte nicht wirklich.



### Gelbflechte

Bild: Silvan Thüring, Naturmuseum Solothurn

Übrigens: Auch Brombeere und Brennnessel sind Stickstoff-Anzeiger; sie gedeihen dort gut, wo es viel Stickstoff im Boden gibt.

**Gewusst dass...  
... auch Regenwürmer Stickstoff produzieren?**  
Ihr Kot ist mir Stickstoff angereichert.  
Ihre Häufchen enthalten fünfmal mehr Stickstoff, siebenmal mehr Phosphor und sogar elfmal mehr Kalium als ihre Umgebung! Der Regenwurm ist also eine natürliche Stickstoffmaschine, die die Erde düngt und somit Pflanzen besser gedeihen lässt.



## Der Mensch und der Stickstoff

Auch wir Menschen benötigen Stickstoff. Wir nehmen ihn über Proteine – das sind ebenfalls Stickstoffverbindungen – zu uns. Etwa ein Gramm Stickstoff pro Kilogramm Körpergewicht wird täglich benötigt. Als Abfallprodukt entsteht bei manchen Menschen auch Ammoniak, der mit dem Schweiß ausgeschieden wird. Er sorgt für den stechenden Geruch!

## Verwendung von Stickstoff

Stickstoff und dessen Verbindungen sind Grundbausteine für verschiedene Produkte. So ist er im Sprengstoff in Form von Salpeter, Schwarzpulver oder Nitroglycerin vorhanden. Letzteres dürfte vor allem aus der Medizin wegen seiner gefässerweiternden Wirkung bekannt sein. Flüssigstickstoff wird häufig in der Lebensmittelindustrie verwendet wie zum Beispiel beim Schockgefrieren, um die Struktur zu erhalten, wie dies bei Beeren gemacht wird oder zur Gefriertrocknung wie für den löslichen Kaffee. Gefriertrocknung ist eine schonende Art und Weise, Objekte zu trocknen. Dieses Verfahren ist nicht nur bei Lebensmittel von Nutzen, sondern auch bei Museumsobjekten. Einige Insekten können vor dem Zerfall bewahrt werden, indem sie gefriergetrocknet werden. In der Medizin wird Flüssigstickstoff zur Konservierung von Gewebeproben oder zur Warzentfernung eingesetzt.

Aus dem Alltag kennen wir die Lakritze, welche als Würze die Stickstoffverbindung Salmiak beinhaltet oder Bitter Lemon, welches in geringen Mengen die Stickstoffverbindung Chinin enthält. Dieses fluoresziert im UV-Licht! Andere Alkaloide, meist bitter schmeckende Abwehrstoffe von Pflanzen, sind auch Bestandteil im Koffein oder im Schmerzmittel Morphin.

Stickstoff ist aber vor allem ein wichtiger und beliebter Pflanzennährstoff und deshalb wichtiger Bestandteil von Dünger. Gerade im Zusammenhang mit der wachsenden Weltbevölkerung und dem damit einhergehenden steigenden Nahrungsmittelbedarf ist dies eine wichtige Motivation für die Forschung.

## Überall ist Stickstoff im Spiel...

Bilder: Silvan Thüring, Naturmuseum Solothurn



## Abbau und Herstellung von Stickstoff – früher und heute

### Die Salpeterer

Bereits im 17. Jahrhundert gab es erste Eingriffe in den Stickstoffkreislauf, indem gezielt Klee angebaut wurde. Mit diesem Vorgehen wurde der Stickstoffgehalt im Boden um einiges erhöht. Dies bedeutete eine höhere Ernte und somit vollere Mägen für mehr Menschen.

Der Mangel an reaktivem Stickstoff zeigte sich aber insbesondere im 19. Jahrhundert, als die Bevölkerung auch aufgrund der Industrialisierung rasant anzusteigen begann und dadurch vermehrt Nahrungsengpässe entstanden.

Auch die Ernte von Salpeter aus Wänden (Mauersalpeter) oder der Abbau aus Gesteinsschichten (Chile-Salpeter) war vor allem von 1500 bis 1850 eine Art, um an gebundenen, reaktiven Stickstoff zu gelangen. Salpeter – «Sal petrae» – steht für Felsensalz und ist die älteste und natürlichste Form von gebundenem Stickstoff, die der Mensch kennt. Er ist geeignet zur Weiterverarbeitung zu Dünger und für Sprengstoff.

Es gibt verschiedene Salpeter-Arten: Eine davon ist der **Mauersalpeter**. Dieser entsteht oftmals mithilfe von Bakterien in Ställen, wo Ammoniumnitrat, meist aus Kot und Urin, in die Mauern dringt und dort kristallisiert. Der Mauersalpeter sieht aus wie Schimmel, ist jedoch rein anorganisch, also kein Pilz. Der Kristall ist auch nicht zu verwechseln mit Kochsalz, denn der Kristall hat die Form von Spriessen und nicht die Würfelstruktur des Salzes. Früher gab es eigens die Salpeterer, die den Salpeter als Grundbaustein für weitere Zwecke suchten, ernteten und weiterverarbeiteten. Um Schiesspulver oder Dynamit zu erhalten, musste das gewonnene Calciumnitrat in Kaliumnitrat umgewandelt werden. Dies bewerkstelligten sie, indem sie mit Pflanzenasche das fehlende Kalium beifügten. Als Produkt daraus resultierte dann unter anderem der für Schiesspulver geeignete Salpeter. Fügte man diesem Gemisch noch Kohle und Schwefel hinzu, erhielt man Schwarzpulver, den ältesten Explosivstoff.

Auch aus Stallerde wurde Salpeter gewonnen. Dafür zogen die Salpeterer im 17. und 18. Jahrhundert von Hof zu Hof. Mit dem technischen Fortschritt verlor dieser Beruf Anfang des 19. Jahrhunderts an Bedeutung.

*Mauersalpeter entsteht durch eine Auskristallisierung von tierischen Exkrementen und Mörtel.*



Bild: Leise Integrated Design

## Salpeter-Vorkommen auf der Welt

An der Westküste Südamerikas wurden anfangs 19. Jahrhundert reichhaltige Vorkommen an Salpeter entdeckt. Er wurde nach seinem Fundort benannt: also Chile-Salpeter. Das Interesse der Europäer war gross, denn mit diesem Salpeter konnten etliche Mengen an Mineraldünger, Sprengstoff und Munition hergestellt werden. Die salpeterhaltigen Schichten wurden freigesprengt und kleingeschlagen, um den beliebten Stoff in grossen Mengen zu exportieren.

Die Vorkommen in Südamerika waren von so grossem Bedarf, dass die Länder Chile, Peru und Bolivien im Streit um Abbaugelände in den Jahren 1879 bis 1884 Krieg führten. Dieser endete mit einer Niederlage von Peru und Bolivien. Seither hat Bolivien keinen Zugang mehr zum Meer.

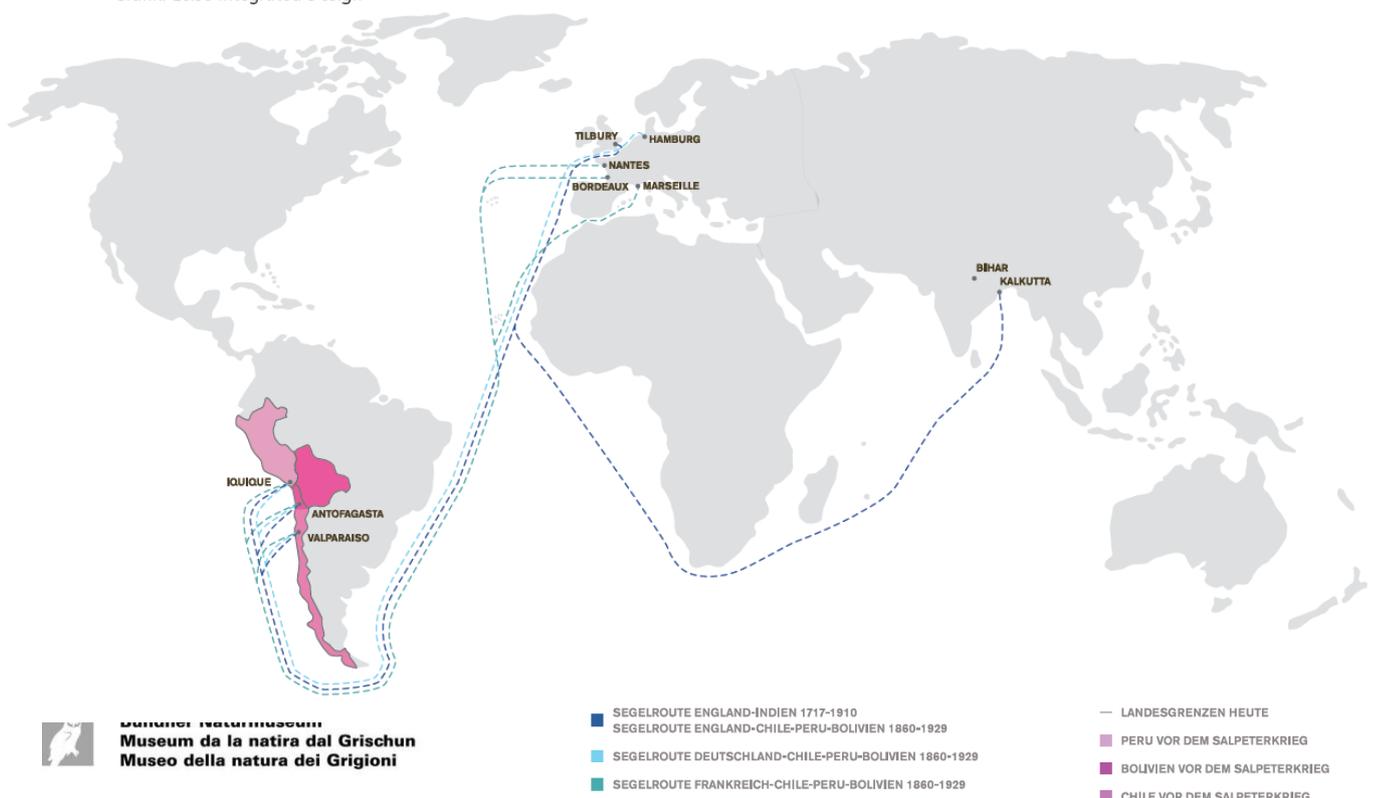
Auch Vogelkot diente als Dünger: Die Inkas bauten den Kot von Seevögeln ab und erhielten den Guano – ein feinkörniges Gemenge mit sehr viel reaktivem Stickstoff und Phosphor. Die Inkas verehrten sogar einen Guano-Gott namens Huamancantac. Diesen natürlichen Dünger entging auch den Europäern nicht: Anfang des 19. Jahrhunderts importierten sie grosse Mengen davon.

Auch in Teilen Ostindiens reicherte sich Salpeter in der Erde an. Insbesondere die arme Kaste der Nunyahs gewann diesen Stoff aus der Erde verlassener Siedlungen und alter Friedhöfe. Der Salpeter wurde dann nach Europa verschifft.



Guano – Vogelkot aus Südamerika  
Bild: Pilar Olivares

Weltkarte: Salpeter segelt um die Welt  
Grafik: Leise Integrated Design



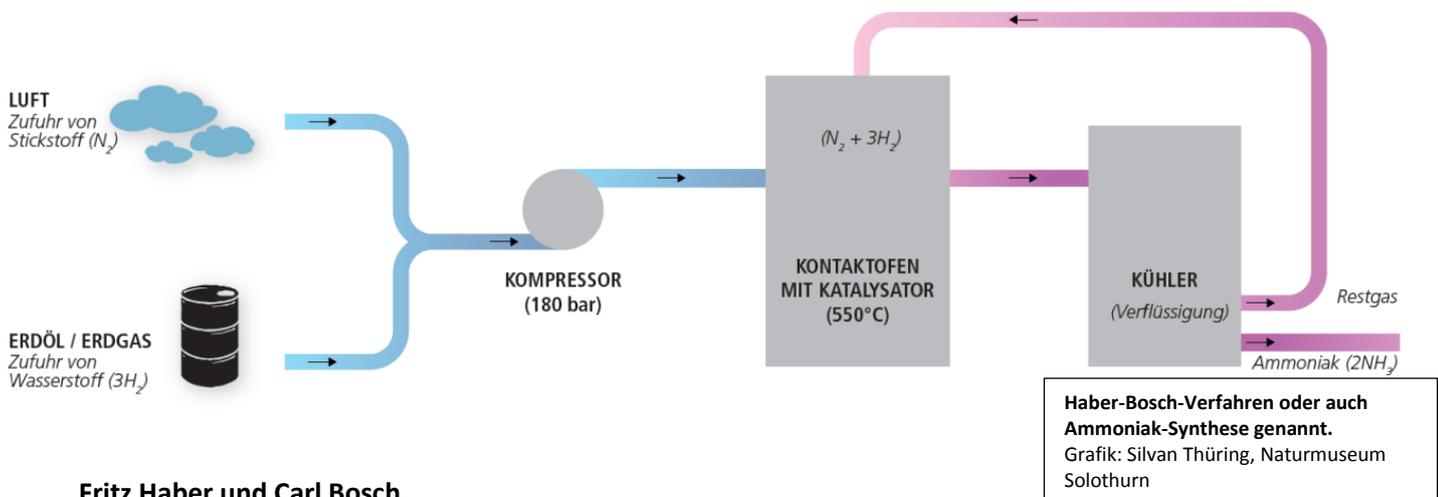
## Das Haber-Bosch-Verfahren

Nahrungsknappheit war der Antrieb zur Erforschung von Verfahren, um künstlichen Stickstoff herzustellen. Wegen Ernteeinbussen und der wachsenden Bevölkerung wurde der Ruf laut nach einem Mittel, um Ernten ergiebiger zu machen. Dass dabei nebst dem Dünger auch Treib- und Sprengstoff resultierten, war eher eine «willkommene» Nebenwirkung.

Bis zum 9. September 1913 stammte fast der gesamte reaktive Stickstoff aus natürlichen Prozessen. Der grösste Teil wurde von Bakterien gebildet. Es gab aber immer Forscher, die sich dieser Thematik annahmen und Verfahren entwickelten wie zum Beispiel das Lichtbogen-Verfahren, das Kalkstoff-Verfahren oder die Trockendestillation von Kohle, die aber nie wirklich für eine effiziente Stickstoffgewinnung reichten. Erst das Haber-Bosch-Verfahren ermöglichte es, künstlichen Stickstoff in grossen Mengen herzustellen. Und mit diesem neuen Verfahren verloren die anderen Methoden an Bedeutung, wie auch der Import von Salpeter aus anderen Ländern.

Beim Haber-Bosch-Verfahren wird in einem Reaktionsrohr unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur aus Luftstickstoff mithilfe von Wasserstoff (aus Erdöl oder Erdgas) Ammoniak hergestellt, der dann zu Kunstdünger etc. weiterverarbeitet werden kann. Die chemische Gleichung für die Ammoniak-Synthese lautet:  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ , also reiner Stickstoff plus Wasserstoff ergibt Ammoniak.

Mit dem Haber-Bosch-Verfahren werden heute zusätzlich zu den natürlichen Vorgängen rund 100 Millionen Tonnen Stickstoff fixiert. Dieser wird hauptsächlich zu Kunstdünger weiterverarbeitet. Das enorme Bevölkerungswachstum der letzten 100 Jahre wäre ohne das Haber-Bosch-Verfahren nicht möglich gewesen. Umweltwissenschaftler haben errechnet, dass 40 Prozent der aktuell lebenden Menschen ohne die Ammoniak-Synthese nicht ernährt werden könnten. Aber auch dieses Verfahren kommt nicht ohne Erdgas, also einer nicht erneuerbaren Energie, aus...



### Fritz Haber und Carl Bosch



**Fritz Haber (1868 – 1934)** war ein ehrgeiziger und grosser Chemiker, aber auch ein «Zwiespältiger». Er war massgeblich beteiligt an der Entwicklung des Haber-Bosch-Verfahrens aber auch des «Haber'schen Tötungsprodukt», welches die Wirksamkeit von Giftgasen misst. Dieser Forschungszweig war hauptsächlich Grund für die Trennung von seiner Frau Clara, selbst eine Chemikerin. Fritz Haber erhielt 1918 den Nobelpreis für Chemie für seine Forschungen zur Synthese von Ammoniak.

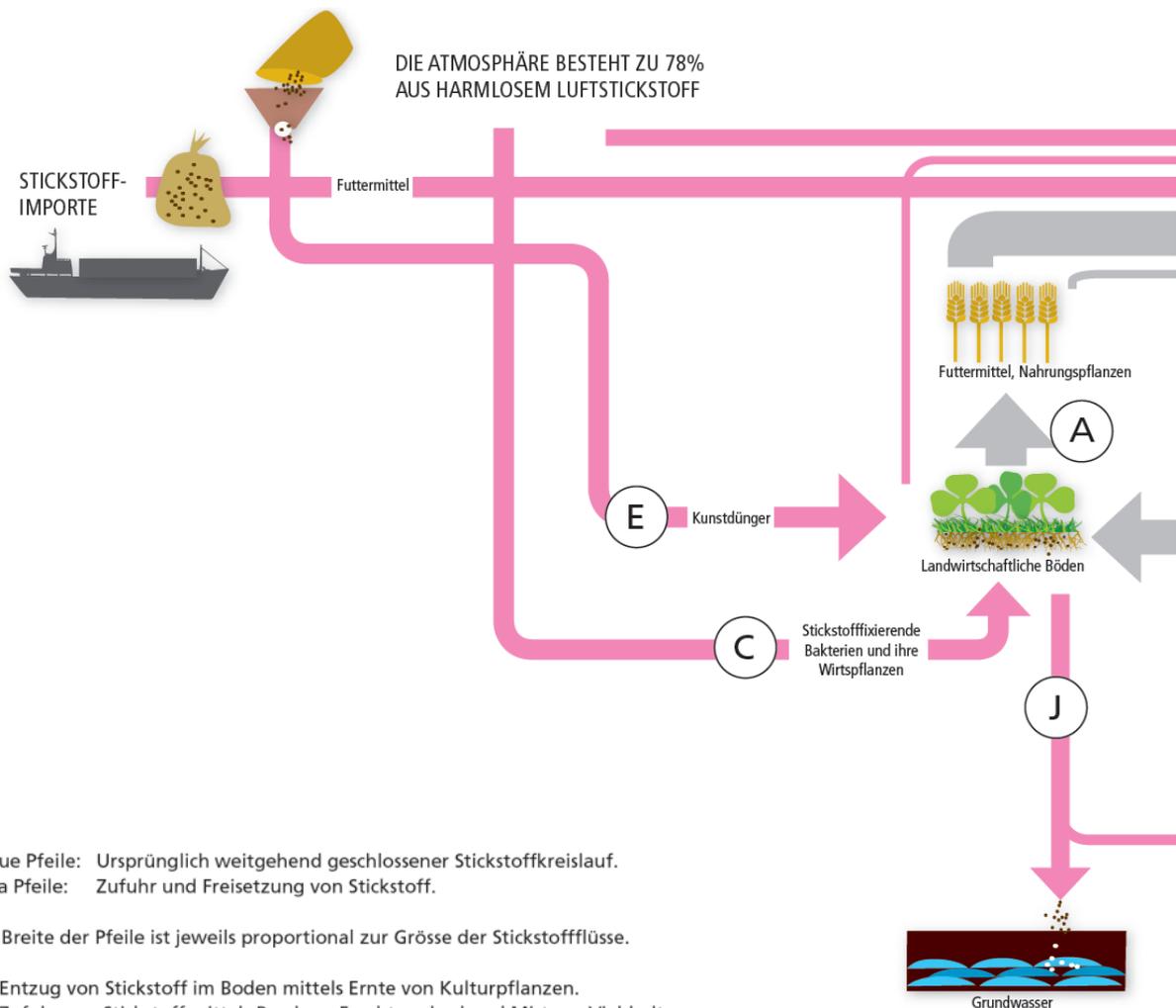
**Carl Bosch (1874 – 1940)**, ebenfalls ein renommierter Chemiker, entwickelte zusammen mit seinem Team von 1909 bis 1913 das Haber-Bosch-Verfahren. Er war daneben auch ein begeisterter Schmetterlingssammler und Hobby-Astronom. Seine Sammlungsaktivität war ihm sehr viel wert: Er bezahlte denn auch Leute, wenn sie seltene Käfer und Schmetterlinge brachten. Seine Schmetterlings-, Käfer- und Moossammlung wurde dem Naturmuseum Senckenberg vermacht. Carl Bosch erhielt 1931 den Nobelpreis für Chemie.





## Probleme mit dem Stickstoff

Heute wird zirka zehnmal mehr reaktiver Stickstoff freigesetzt als dies noch vor 100 Jahren der Fall war. Fakt ist auch, dass «neuer Stickstoff» in den Kreislauf gelangt, sei dies künstlicher Art über das Haber-Bosch-Verfahren oder natürlicher Art über den vermehrten Anbau von stickstoffbindenden Pflanzen wie Klee. Der erhöhte Bedarf hat mit der Intensivierung der Landwirtschaft zu tun und mit dem erhöhten Fleischkonsum. Andererseits wird auch vermehrt Stickstoff durch Verbrennungsprozesse aufgrund erhöhter Mobilität wieder in den Kreislauf abgegeben. Diese Eingriffe in den Stickstoffkreislauf haben Auswirkungen: Neben positiven Folgen wie der Ernteertragssteigerung werden auch negative Folgen sichtbar. Es sind dies einerseits gesundheitsschädigende Wirkungen, die wir direkt spüren. Andererseits sind es Auswirkungen auf verschiedene sensible Ökosysteme. Die Schwierigkeit dagegen zu steuern liegt darin, dass der einmal verfügbare reaktive Stickstoff ganz unterschiedliche Stickstoffverbindungen an ganz unterschiedlichen Orten eingeht – und nicht immer dort, wo er willkommen ist.



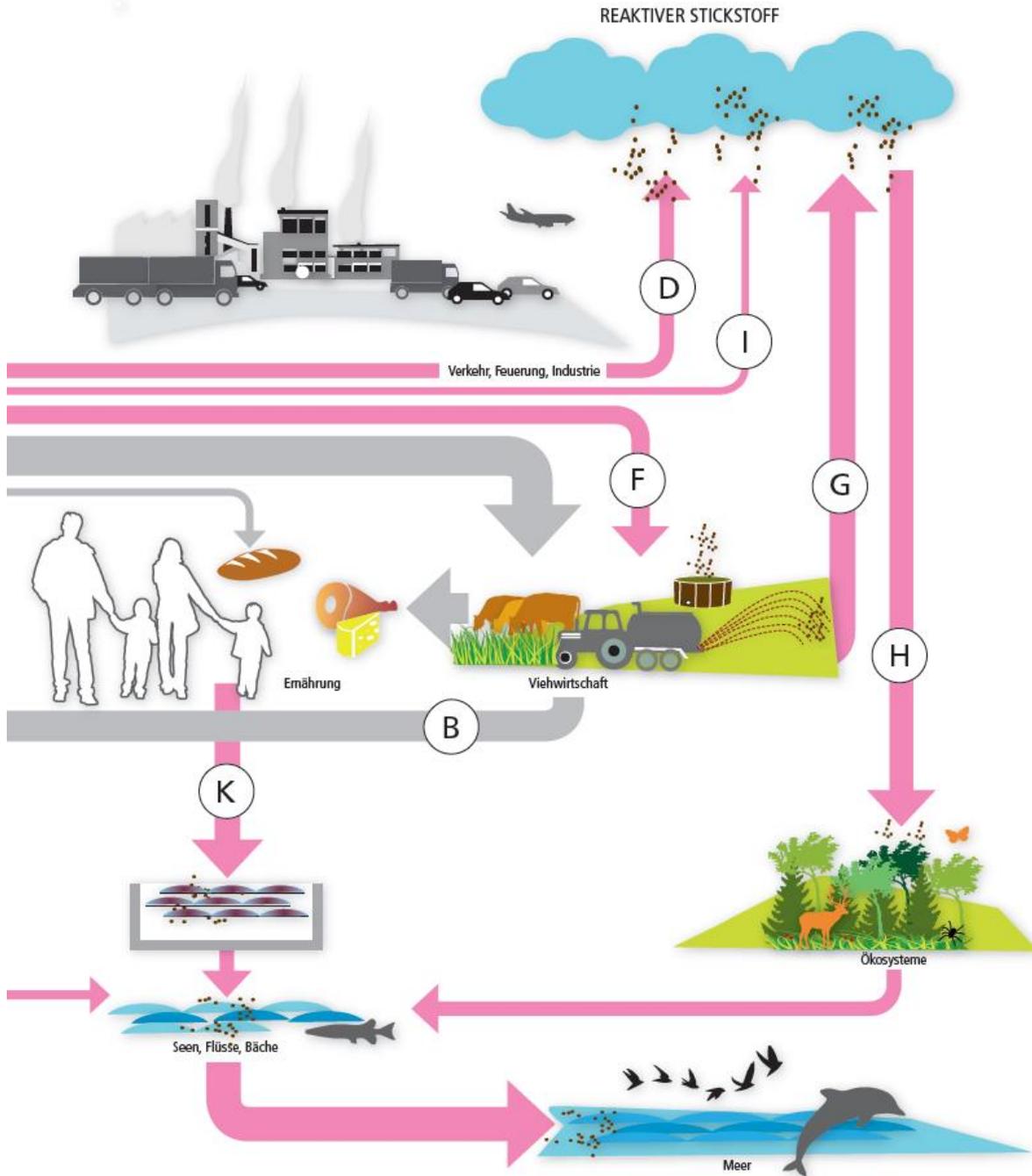
Graue Pfeile: Ursprünglich weitgehend geschlossener Stickstoffkreislauf.  
Rosa Pfeile: Zufuhr und Freisetzung von Stickstoff.

Die Breite der Pfeile ist jeweils proportional zur Grösse der Stickstoffflüsse.

- A Entzug von Stickstoff im Boden mittels Ernte von Kulturpflanzen.
- B Zufuhr von Stickstoff mittels Brachen, Fruchtwechsel und Mist aus Viehhaltung.
- C Anbau von Leguminosen mit ihren stickstofffixierenden Helfern.
- D Entstehung von Stickstoffverbindungen durch Verbrennen von Holz, Kohle, Gas und Erdöl.
- E Import von Kunstdünger. Der Pfeil entspricht 52'000 Tonnen Stickstoff pro Jahr.
- F Import von Futtermittel.
- G Entweichen von Ammoniak in die Atmosphäre.
- H Stickstoff gelangt flächendeckend auf die Böden und somit auch in sensible Ökosysteme.
- I Ein Teil entweicht aus den Böden als Lachgas.
- J Nitrat, das nicht aufgenommen wird, wird ins Grund- oder Oberflächenwasser abgeschwemmt.
- K Nur ein Teil des Stickstoffs wird aufgenommen resp. in Kläranlage entfernt. Rest fliesst ins Meer.



Stickstoffkreislauf – heute zu einem offenen Kreislauf geworden.  
 Grafik: BAFU, Ruth Schürmann; abgeändert



## **Stickoxide und Nitrat: Folgen für die Gesundheit**

Für die Gesundheit sind speziell die gasförmigen Stickoxide und deren Beteiligung an der Bildung des bodennahen Ozons von Bedeutung. Insbesondere im Winter kann die Luftverschmutzung Grenzwerte überschreiten, wenn Staubemissionen durch den Verkehr und durch Verbrennungsprozesse verursacht, erhöht sind und die Luftmassen stagnieren.

Ebenso ist die Nitratbelastung von Trinkwasser und anderen Lebensmitteln von Bedeutung. Nitrat gelangt insbesondere durch intensive Landwirtschaft in die Böden und Gewässer. Nur gerade rund 30 Prozent des auf Äcker ausgebrachten Stickstoffs wird von den Pflanzen aufgenommen. Der Rest bleibt im Boden oder gelangt ins Wasser oder wieder in die Luft. Erst als bei Kindern, die in der Nähe von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen aufwuchsen, Fälle von Methämoglobinämie auftauchten, wurde dies mit der hohen Nitratkonzentration in Zusammenhang gebracht. Erhöhte Nitratwerte können zu erhöhtem Methämoglobin führen, welches eine Sauerstoff-Unterversorgung zur Folge haben kann.

## **Folgen für Ökosysteme**

Ein Nährstoffüberfluss im Boden hat Auswirkungen auf die Vegetation: Es führt zu einer Verminderung der Artenvielfalt und zu einer Wucherung der stickstoffliebenden Pflanzen- und Tierarten. Moore und Magerrasen, in welchen speziell stickstoffarme Bedingungen herrschen, sind durch überhöhte Stickstoffeinträge über die Luft, den Regen und der Böden stark bedroht.

Mit Stickstoff angereicherte Gewässer weisen rasch einen starken Algenwuchs auf. Das regelmässige Absterben der kurzlebigen Algen führt zudem zu einer ständig wachsenden Menge toter organischer Substanz. Dieser Schlamm benötigt zu seiner Zersetzung viel Sauerstoff, der wiederum anderen Lebewesen fehlt. Dieser Zustand verändert das Ökosystem in einer Art, dass kaum mehr etwas anderes wachsen kann. Derartige eutrophe Gewässer können im schlimmsten Fall zu Totzonen werden und haben Auswirkungen bis in die Meere und Küstengewässer.

## **Ammoniak und die Landwirtschaft**

Tiere produzieren Abfall, viele Kühe und Schweine produzieren viel Gülle. In einem Stall entweicht viel Ammoniak in die Luft, in einer Offenstallhaltung ist dies ebenso der Fall, nur verteilt sich der Ammoniak auf eine grössere Fläche. Aus Güllefässern stinkt es nicht nur, sondern es wird auch viel Ammoniak in die Luft abgegeben. Der gesamte Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft in der Schweiz beträgt 100.000 Tonnen pro Jahr, davon sind rund 50.000 Tonnen Ammoniak. Dieser Wert soll in Zukunft halbiert werden.

Von der Gülle gibt es nicht nur Ammoniak-Emissionen sondern ebenfalls Lachgas – ein Treibhausgas, das zur Klimaerwärmung beiträgt und zudem die Ozonschicht schädigt.

### **Ein paar Zahlen...**

- *Heute wird zehnmal mehr reaktiver Stickstoff freigesetzt als um 1900.*
- *Nur 30 % des auf Äcker ausgebrachten Düngers werden von Pflanzen aufgenommen.*
- *43,2 Millionen Tonnen Stickstoff gelangen jährlich weltweit über Flüsse ins Meer.*
- *153 Millionen Tonnen Ammoniale entstehen durch das Haber-Bosch-Verfahren. Davon werden 90% als Dünger verwendet.*
- *40 % der heutigen Weltbevölkerung könnten heute ohne das Haber-Bosch-Verfahren nicht ernährt werden.*



## Mögliche Lösungsansätze

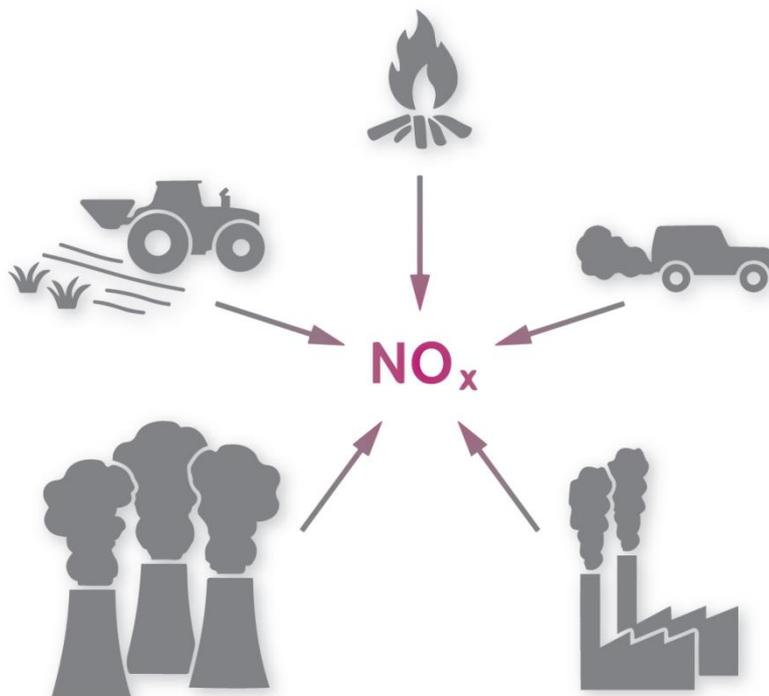
Eines der ersten erkannten Probleme im Zusammenhang mit Stickstoff war dasjenige des Nitrats im Grundwasser. Deshalb wurden Grenzwerte beispielsweise für den Nitratgehalt im Trinkwasser festgelegt, oder auch für die Luftqualität. Dies geschah auch zur Sicherheit der Luftqualität. Auch wird vermehrt in den technischen Fortschritt in Richtung Klimaverträglichkeit investiert. Mit Erfolg: Der Ausstoss des schädlichen Stickstoffdioxids geht tendenziell zurück und bei allfälligen Überschreitungen von Grenzwerten kommen weitere definierte Massnahmen zum Zug.

Während laut Umweltstatistik die Stickoxidwerte aus dem Verkehr und der Industrie immer noch hoch sind, sind sie aufgrund von technischen Verbesserungen doch rückläufig. Hingegen ist die Ammoniak-Emission aus der Landwirtschaft kaum rückläufig. Massnahmen zur Ammoniak-Verminderung in der Landwirtschaft reichen von technischen Anpassungen beim Ausbringen der Gülle (Gülledrill oder Schleppschlauchverteiler), bei der Gülle-Lagerung (abdecken), bei der Ausrichtung des Laufstalls (Schatten führt zu einer verminderten Ammoniak-Verflüchtigung), über die Fütterung des Viehs (weniger Kraftfutter) bis hin zu Verbesserung der Abflusseigenschaften des Bodens. Solche Projekte werden vermehrt lanciert und auch finanziell unterstützt.

Konventionelle Dünger sind nicht geschützt vor mikrobiellen und enzymatischen Umsetzungsvorgängen im Boden. Zudem sind sie wasserlöslich, was zu grossen Verlusten führt. Zur Verminderung der Verluste gibt es Forschungsversuche, die darauf abzielen, in einer Hülle geschützten Dünger zu entwickeln.

Fairerweise muss auch gesagt werden, dass zwar sehr wohl viel mehr reaktiver Stickstoff in den Kreislauf gelangt und die Tendenz immer noch steigend ist, dass aber auch mehr Stickstoff fixiert wird als früher.

**Fazit:** Während es vor 100 Jahren darum ging, Grenzen zu überwinden, wird es in Zukunft auch darum gehen, dass wir uns selber Grenzen setzen. Dort nämlich, wo die natürlichen Grenzen überschritten wurden.



Die grössten Stickoxid (NO<sub>x</sub>) Produzenten  
Grafik: Leise Integrated Design

## 5. Ideen rund um den Ausstellungsbesuch

### 5.1 Vor- und Nachbereitung

#### Erdbeerglace-Experiment (in der Schule)

Kaue ein Kilogramm frische Erdbeeren – am besten pflückst du sie von einem Erdbeerefeld in deiner näheren Umgebung – und wasche sie gründlich.

Gib zirka ein Liter Rahm dazu und mixe das Ganze in einer grossen Schüssel. Füge genügend Zucker hinzu, so dass deine Creme leicht übersüsst schmeckt.

Lege deine Schutzbrille auf und giesse nun vorsichtig eine kleine Portion flüssigen Stickstoff dazu. Rühre nun kräftig. Achtung: Deine Creme schäumt dabei stark auf und kühlt unter einer Nebeldecke ab. Den Vorgang wiederholst du einige Male und rührst dabei immer schön. Nur so erhältst du eine cremige Konsistenz. Und fertig ist dein Erdbeerglace! Zur Dekoration eignen sich ein paar frische Erdbeerschnitze oder einige Smarties. Falls dein Eis die Festigkeit verliert: Gib einfach nochmals etwas Flüssigstickstoff bei. *Übrigens:*

Flüssigstickstoff ist unbedenklich zu geniessen!

Idee: [www.experimentalchemie.de](http://www.experimentalchemie.de)



Erdbeer-Eis  
Bild: TheCulinaryGeek

#### Ballon-Experiment (in der Schule)

Nimm ein offenes Zehn-Liter-Dewargefäss und fülle es mit drei Liter Flüssigstickstoff. **Achtung:** Trage dabei eine Schutzbrille! Blase einige Ballone auf und lege sie in das mit Stickstoff gefüllte Gefäss. Was jetzt passiert: Die Ballone schrumpfen und knistern dabei deutlich.

Nimm die Ballone nun mit einer Zange wieder aus dem Flüssigstickstoff und lege sie auf einen Tisch. Was jetzt passiert: Sie blasen sich laut knisternd wieder auf. Vergleicht man nun die Elastizität der Ballone vor und nach dem Experiment, so muss man überraschenderweise feststellen, dass diese nach wie vor gleich ist!

Was man dazu wissen muss: Indem die Ballone in den rund minus 196 Grad Celsius kalten Flüssigstickstoff gelegt werden, kühlen diese sich rasch und stark ab. Die in den Ballonen gefangene Atemluft verflüssigt sich dabei und wird beim Erwärmen wieder gasförmig. Dieser Vorgang ist möglich, da der Sauerstoff bei minus 182 Grad Celsius und der Stickstoff bei minus 196 Grad Celsius flüssig wird.

Idee: [www.seilnacht.com](http://www.seilnacht.com)

#### Nitrat-Experiment

Suche Daten über das Trinkwasser (von wo stammt dein Trinkwasser, wo wird es gefasst etc.) und insbesondere über den Nitratgehalt (<http://trinkwasser.ch>).

Miss dann den Nitratgehalt des Trinkwassers selbst mithilfe von Nitrat-Teststäbchen. Vergleiche den Wert mit dem Toleranzwert von 40 Milligramm pro Liter, der in der Schweiz nicht überschritten werden sollte.



Mit den Nitrat-Teststäbchen lassen sich auch viele andere Dinge auf ihren Nitratgehalt prüfen: (v.o.) Leitungswasser, Regenwasser, Salatblatt. Bild: Silvan Thüring, Naturmuseum Solothurn

## Kristalle züchten

Urea oder Harnstoff, wie die Substanz auch genannt wird, ist eine weisse, kristalline und ungiftige Stickstoffverbindung. Urea wird gerne als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt. In der Pharmazie und Kosmetika wird Urea oft als feuchtigkeitsspendendes Mittel eingesetzt – wirf mal einen genaueren Blick auf eine Handcreme.

Stellt man aus Urea eine sogenannte gesättigte Urea-Lösung her, wachsen daraus Kristalle – vor allem wenn das Wasser nach und nach verdunstet.

Für die gesättigte Urea-Lösung nimmt man einen Esslöffel Urea und löst dieses in zwei Esslöffel warmem Wasser unter Rühren auf. Vielleicht bemerkst du, dass sich dabei die Lösung ziemlich abkühlt? Dies ist ein chemischer Effekt: Zum Auflösen der Ureakörner wird Energie benötigt, die als Wärme der Flüssigkeit entzogen wird. Als Folge davon kühlt sich die Lösung ab. Wer farbige Kristalle möchte, kann einige Tropfen Lebensmittelfarbe hinzufügen.

Nun gib vier Tropfen Spülmittel hinzu. Fertig ist die Kristalllösung! Diese Urea-Lösung gibst du nun in ein kleines, nicht zu hohes Gefäss (z.B. eine Tasse oder ein Schüsselchen). Man kann nun mit Löschpapier, Kaffeefilterpapier etc. dem werdenden Kristall eine Form geben. Rolle, falte oder schneide das Papier ein. Schau, dass es mehr als eine Lage Papier ist, damit es die Lösung gut aufsaugen kann. In die Lösung getaucht, saugt sich das Material voll: Beim Verdunsten entstehen in kürzester Zeit wunderschöne Kristalle.

Fülle dazu das Beobachtungsprotokoll (Aufgabe 7.7, Seite 27) aus.



Eingefärbte Urea-Kristalle

Bild: Silvan Thüring, Naturmuseum Solothurn

## Feuchtigkeitspflegende Urea-Creme herstellen (in der Schule)

Urea eignet sich für Cremes und Salben, da es bei trockener Haut hilft und Juckreiz lindert. Auf vielen pflegenden Produkten ist daher der Vermerk «mit Urea» aufgedruckt. Urea ist die wissenschaftliche Bezeichnung für Harnstoff, der früher aus Pferde-Urin gewonnen wurde, heute aber längst in grossen Mengen künstlich hergestellt wird. Urea klingt wohl auch angenehmer als Harnstoff...

Urea ist ein natürlicher Bestandteil des Körpers und hilft der Haut, Feuchtigkeit zu binden. Über den Schweiß gelangt Urea in die oberen Hautschichten und sorgt dafür, dass die Haut schön geschmeidig bleibt und nicht austrocknet. Salben mit Urea angereichert, können der Haut fehlendes Urea spenden und lassen die Haut wieder feuchter und geschmeidiger werden.

Salben und Cremes lassen sich auch selbst herstellen. Das dazu nötige Material gibt es in der Apotheke, Drogerie oder im Reformhaus. Für eine Urea-Creme braucht es eine Fettphase, eine Wasserphase und einen Emulgator. Der Emulgator verbindet Fett und Wasser, so dass eine cremartige Struktur entsteht. Für die Haltbarkeit werden am besten natürliche Konservierungsstoffe beigegeben.

Für einen feinen Duft sorgen ein paar Tropfen eines ätherischen Öles. Für den gewünschten feuchtigkeitsspendenden Effekt sorgen fünf bis zehn Prozent Urea.

Genaue Rezepte gibt es im Internet zuhauf! Folgende Seite bietet genaue Mengenangaben, Anleitungen und weitere inspirierende Rezepte: <http://heilkraeuter.de/salben/index.htm>.



## 5.2 In der Ausstellung

Die Ausstellung ist von der Thematik her eher auf die Mittel- und Oberstufe ausgerichtet. Und trotzdem lassen sich auch für die unteren Stufen einzelne Aspekte aus der Ausstellung und dem Koffer entnehmen und vertiefen.

### Kindergarten und Unterstufe

Einstieg: Wir atmen Stickstoff ein und aus. Aber Stickstoff ist wie die restliche Luft unsichtbar. Wieviel Stickstoff in unserer Luft drin ist, kann mit dem Auftrag 4 «Luft» mit Lego-Bausteinen gemeinsam nachgebaut werden.

Stickstoff begegnet uns vielerorts im Alltag. Auf diesen Aspekt kann im Auftrag 2 «Stickstoff im Alltag» eingegangen werden. Am meisten wird er als Dünger und als Sprengstoff eingesetzt. Gemeinsam kann man in der Ausstellung auf Stickstoff-Suche gehen (evtl. mit Bildkarten aus dem Auftrag 1 «Suchbilder»). In der Erde, im Gestein, im Vogelkot, in der Pflanze, in uns Menschen etc. ist Stickstoff drin.

Stickstoff ist ein natürlicher Stoff, was mithilfe des Auftrags 3 «Stickstoff-Kreislauf» gezeigt werden kann oder mit dem Arbeitsblatt 7.5. aus diesen Unterlagen Seite 25.

Wenn eine Pflanze zu wenig Stickstoff hat, werden die Blätter gelb und sie stirbt mit der Zeit ab. Deshalb hat man ein Verfahren entwickelt, das künstlich Stickstoff herstellen kann (Haber-Bosch-Verfahren). Welche Probleme kann es geben, wenn wir der Natur künstlich viel mehr Stickstoff begeben, als sie braucht? Anhand einer Diskussionsrunde diese Thematik abrunden.

### Mittelstufe

Selbständiger Rundgang durch die Ausstellung, um die erste Neugierde zu stillen oder mit den Suchbildern aus dem Auftrag 1.

Gemeinsam den Stickstoff-Kreislauf legen (Auftrag 3).

Postenarbeit mit den Aufträgen «Stickstoff im Alltag» (Auftrag 2), «Luft» (Auftrag 4), «Landwirtschaft» (Auftrag 6), «Nitrat-Versuch» (Auftrag 7) oder dem Stickstoff-Rätsel (S. 26). Abschluss mit dem Auftrag 5 «TV-Sendung 'Arena'» oder dem Auftrag 11 «Wahr oder falsch».

### Oberstufe

Einstieg mit einer Fragerunde: Wo gibt es Stickstoff? Mithilfe des Materials aus den Aufträgen 2 «Stickstoff in Alltag» und Auftrag 4 «Luft» Wissen zusammentragen.

Postenarbeit mit den Aufträgen «Forscherfragen» (Auftrag 8), «Lachgas» (Auftrag 9), «Periodensystem» (Auftrag 10), «Ein kleines Stickstoff-Rätsel» (S. 26) oder «Wahr oder falsch» (Auftrag 11).

Zur Vertiefung können auch die Fragen zur Sonderausstellung genutzt werden (S. 31). Es lohnt sich, vor dem Museumsbesuch eine Auswahl zu treffen.



## 6. Museumskoffer

Der Museumskoffer kann im Museum während des Besuchs benutzt, aber nicht in die Schule ausgeliehen werden. Gehen Sie bitte behutsam mit den Materialien um! Nach Gebrauch gesamtes Material sorgfältig in der Kiste versorgen und allfällige Schäden oder Verluste an der Kasse melden. Vielen Dank!

### Übersicht über die Aufträge im Museumskoffer

Nr.	Auftrag	Inhalt	Stufe
1	Suchbilder	Nimm ein Bild und suche den Ausschnitt in der Ausstellung.	Kiga/US/MS/OS
2	Stickstoff im Alltag	Stelle die Verbindung zwischen Gegenstand und Stickstoff her.	MS/OS
3	Stickstoff-Kreislauf	Lege den Stickstoff-Kreislauf nach.	US/MS/OS
4	Luft	Finde heraus, aus welchen Bestandteilen unsere Luft zusammengesetzt ist und baue diese mit Lego-Bausteinen nach.	US/MS/OS
5	TV-Sendung «Arena»	Schlüpfe in eine Rolle und vertrete deine Ansichten in der Sendung «Arena».	MS/OS
6	Landwirtschaft	Ordne die Objekte den Stickstoff-Herstellern zu.	MS/OS
7	<del>Nitrat-Versuch</del>	<del>Miss den Gehalt an Nitrat in unterschiedlichem Wasser. (→ Teststreifen bei der Kasse abholen)</del>	MS/OS
8	Forscherfragen	Forsche in der Ausstellung und beantworte dazu die Fragen.	MS/OS
9	Lachgas	Ordne verschiedene Treibhausgase ihren Verursachern zu.	MS/OS
10	Periodensystem	Suche den Stickstoff im Periodensystem und beschreibe seine Eigenschaften.	MS/OS
11	Wahr oder falsch	Entscheide, ob die Aussage stimmt oder nicht.	MS/OS
12	<del>Gewitter-Experiment</del>	<del>Stelle gemäss Anleitung einen Blitz nach (nur für Lehrperson).</del>	US/MS/OS

#### Ausserdem im Museumskoffer:

- Modell eines Stickstoff-Moleküls

#### Bemerkung:

Die Aufträge beinhalten meist mehrere Fragen. Für die Stufe Kiga empfiehlt sich jeweils nur die erste Aufgabe zu lösen und dies am besten gemeinsam. Höhere Stufen können die Aufträge in Gruppen bearbeiten und selbständig korrigieren.

#### Zusätzliches Material in der Ausstellung

- diverse Filme
- interaktive Stationen (Airbag, Riechstationen, Binokulare)
- Labortisch, um Blitze zu erzeugen
- Vergleich von ungedüngtem und gedüngtem Wasser



## 7. Auftragsblätter

### 7.1 «Stickstoff im Alltag»

MS/OS

Nicht nur in der Luft macht der Stickstoff 78 Volumenprozent aus; auch sonst ist er in vielen Dingen, denen wir in unserem Alltag begegnen, vorhanden. Seine Verbindungen machen Lebensmittel haltbarer oder schmackhafter oder sorgen für Bombenstimmung an einer Party.

- In welcher Art ist in den abgebildeten Objekten Stickstoff enthalten?

→ Wähle aus folgenden Begriffen aus (Mehrfachnennungen sind möglich):

Konservierungsstoff, Inhaltsstoff, kosmetischer Zusatzstoff, medizinischer Zusatzstoff, Sprengstoff, Treibgas

- Hat es Dinge dabei, die keinen Stickstoff beinhalten?

- Mach dir Gedanken, diskutiere mit anderen und notiere deine Schlüsse.



## 7.2 «Grüner Klee & Dynamit»

US/MS/OS

Schau dir die beiden Bilder der Ausstellung an. Was genau sagen 'Grüner Klee' und 'Dynamit' aus und was haben sie mit der Stickstoff-Thematik zu tun?



.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....

## 7.3 «Lückentext»

MS/OS

Versuche die Lücken mit den richtigen Worten zu füllen:

Stickstoff wird im Periodensystem mit ..... abgekürzt. Die Luft besteht zu .....

Volumenprozent aus reinem Stickstoff. Diese Form ist nicht ....., im

Gegensatz zu Ammoniak oder Nitrat – Formen des reaktiven Stickstoffs.

Natürlicherweise sind es ..... und ....., welche

reinen Stickstoff in reaktiven Stickstoff umwandeln können. Heute wird Stickstoff

zusätzlich durch die ..... – Synthese hergestellt. Künstlich hergestellter

Stickstoff wird insbesondere zu ..... weiterverarbeitet und in zweiter

Linie für ..... Die zunehmende Menge an reaktivem Stickstoff im

Boden, Gewässer und in der Luft führt immer mehr zu Problemen wie

.....  
.....



## 7.4 «Stickstoff ist und hat ...»

os

Lies die Eigenschaften durch und unterstreiche, was für den Stickstoff gilt  
(Mehrfachnennungen sind möglich):

### Stickstoff...

... hat die Abkürzung S | St | N | Sti.

... hat die Farbe rot | gelb | weiss | ist farblos.

... stinkt fürchterlich | riecht nach Bittermandeln | ist geruchlos | nur Tiere riechen ihn.

... ist vor allem gasförmig | flüssig | fest vorhanden.

... hat seinen Namen, weil das Einatmen von reinem Stickstoff uns ersticken würde | weil seine atomare Anordnung an Gesticktes erinnert.

... verbindet sich gerne mit sich selber | Sauerstoff | Wasserstoff | gar nicht.

... ist reichlich | kaum vorhanden.

... kann reaktiv | nicht reaktiv sein.

... ist deutlich in höheren | gleichen | niedrigeren Mengen vorhanden als vor hundert Jahren.

... wird natürlich | künstlich hergestellt.

Nun überlege dir noch ein kleines Rätsel und lass es von der Klasse beantworten:

.....

.....



## 7.5 «Stickstoff-Kreislauf»

MS/OS

Schau dir das Bild an. Zeichne nun den Stickstoffkreislauf skizzenhaft nach.

- Wer kann den nicht reaktiven Stickstoff in reaktiven Stickstoff umwandeln?

Kreise diese Quellen ein.

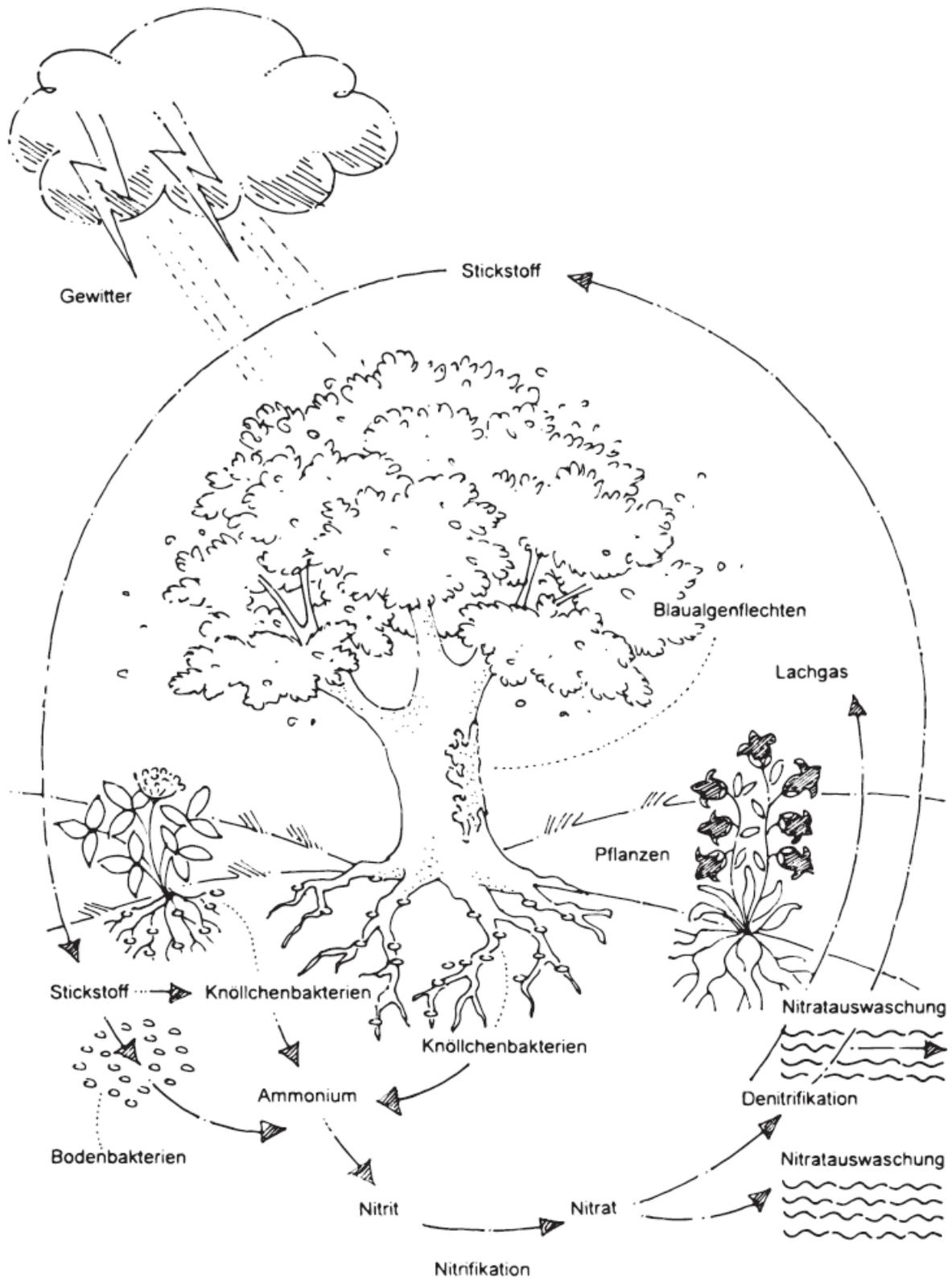


Illustration: Maja Bläsi

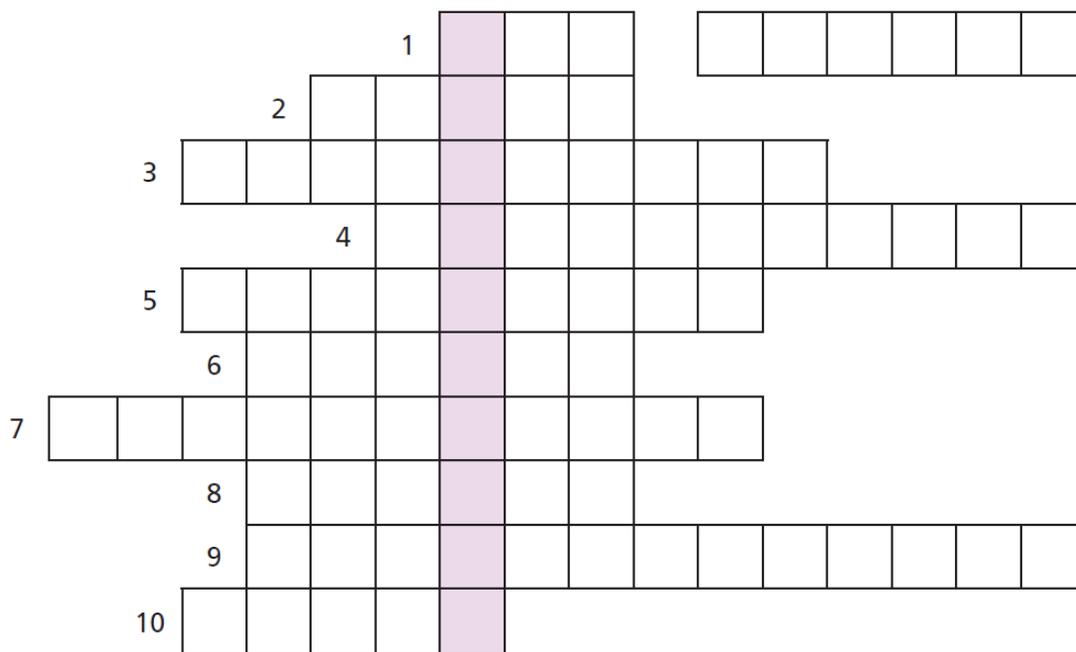


## 7.6 «Ein kleines Stickstoff-Rätsel»

MS/OS

Lies die Sätze und schreibe deine Antwort in die vorgesehenen Kästchen (ä wird als ae geschrieben).

1. Salpeter leitet sich vom lateinischen ... ab und heisst so viel wie Felsensalz.
2. Inkas düngten ihre Pflanzen damit...
3. In den Wurzeln der Leguminosen siedeln sich ....-Bakterien an.
4. Mit dem Haber-Bosch-Verfahren wird Stickstoffdünger und ... hergestellt.
5. Auch wir Menschen benötigen Stickstoff, den wir zum Beispiel über Fleisch in Form von ... aufnehmen.
6. Bestimmte Bakterien und .... können auf natürliche Weise Luftstickstoff in reaktiven Stickstoff umwandeln.
7. Bakterien besitzen dieses Enzym zur Stickstofffixierung.
8. Diese Stickstoffverbindung gelangt ins Grundwasser und kann schwerwiegende Krankheiten auslösen.
9. Die grösste Bedrohung für Ökosysteme in Seen, Flüssen und im Meer ist neben der Überfischung die ... .
10. Er ist einer der Erfinder der technischen Ammoniak-Synthese, welche Weltgeschichte schrieb.



Lösungswort:

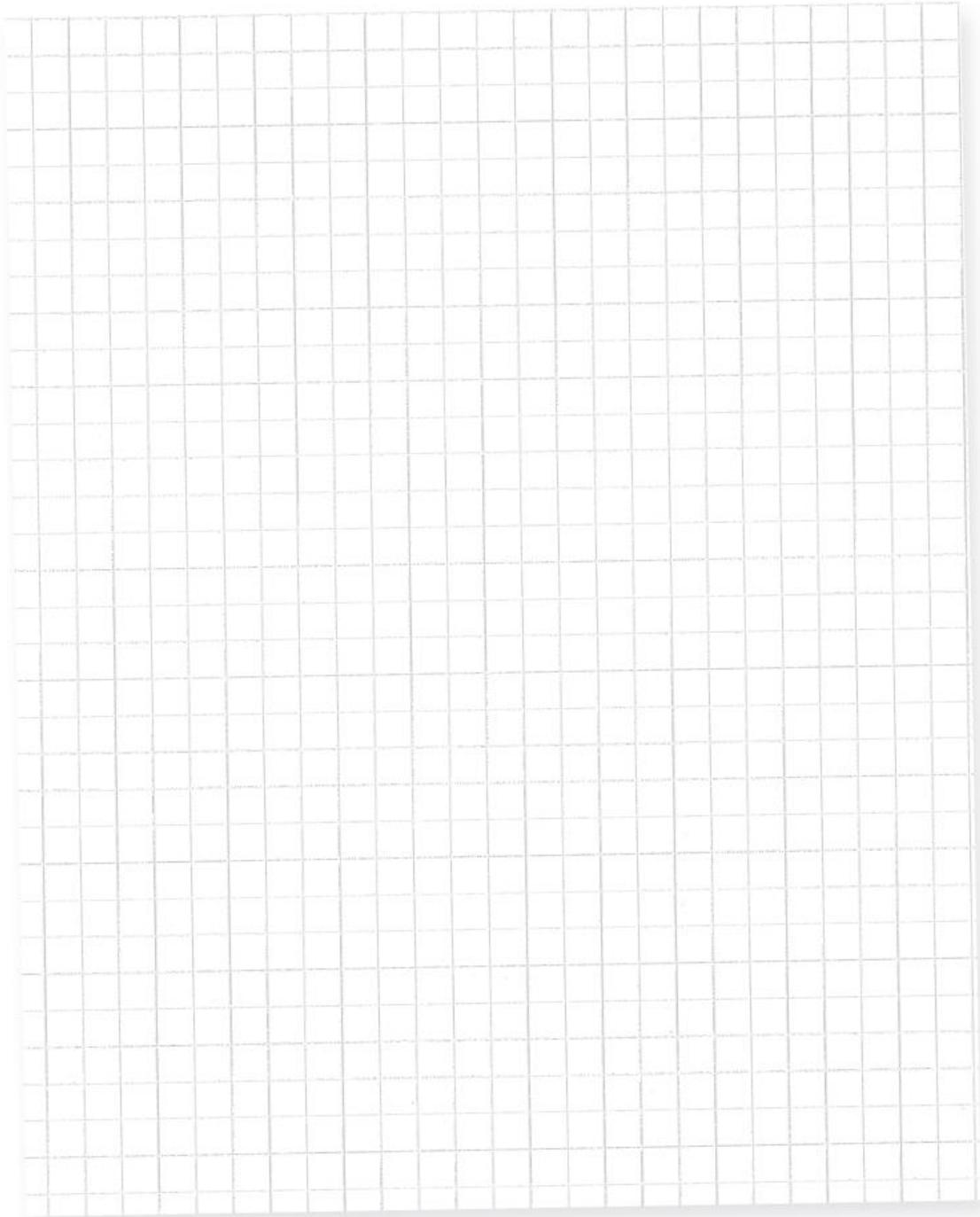
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## 7.7 «Beobachtungsprotokoll Kristall»

Mithilfe von künstlicher Urea lassen sich innerhalb kürzester Zeit Kristalle züchten.  
Siehe dazu die Anleitung auf der Seite 19.

Beschreibe und dokumentiere mit Zeichnungen oder Fotos den Zustand deines Kristalls.  
Beginne mit dem Protokoll nach 10 Minuten und führe es weiter nach 30 Minuten, 1 Stunde,  
2 Stunden, 12 Stunden, 24 Stunden und 48 Stunden.

- Welche Beobachtung war für dich die Eindrücklichste und weshalb?



## 7.8 «Richtig oder falsch?»

Lies die Aussagen und entscheide, ob sie stimmen oder nicht. Wenn sie stimmen, male das Kästchen grün an, wenn nicht rot.

Die Antworten findest du in der Sonderausstellung.

	richtig	falsch
1. Früher wurde Salpeter aus Südamerika und Indien importiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Zuviel Nitrat ist gesundheitsschädigend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Nur gerade Knöllchenbakterien können den reinen N in reaktiven N umwandeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Bei Verbrennungsprozessen entsteht auch Stickstoff in Form von Stickoxiden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mauersalpeter ist rötlich gefärbt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reiner Stickstoff ist farblos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Alkohol enthält keinen Stickstoff (N).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Das Haber-Bosch-Verfahren erzeugt Lachgas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Pflanzen brauchen Stickstoff, sonst werden ihre Blätter gelb.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Stickstoff ist zu 50% in der Luft vorhanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Zuviel Luftstickstoff ist gesundheitsschädigend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ohne Haber-Bosch-Verfahren hätte es keine Kriege gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Salpeter ist der Grundbaustein für Dünger und Sprengstoff	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Wir produzieren mehr reaktiven Stickstoff als 1900.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Mit Kunstdünger lässt sich auch Kunst machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Wir können nie genug haben an Stickstoff.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Pflanzen können nur wenig Stickstoff aufnehmen, der Rest wird ins Grundwasser ausgeschwemmt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Nitrat ist eine Stickstoffverbindung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 8. Lösungen zu den Auftragsblättern

### 7.1 «Stickstoff im Alltag»

(von links nach rechts)

- Kaffeekapseln > Konservierungsstoff, Inhaltsstoff
- Geschirr aus Melaminharz > Melamin ist eine Stickstoffverbindung in Kunstharzen
- Lakritze > geschmacklicher Zusatzstoff: Salmiak (Ammoniumchlorid) als Würze
- Urea-Handcreme > Urea als kosmetischer oder medizinischer Zusatzstoff
- Fleisch > Inhaltsstoff in Proteinen
- Uhu-Kleber > Inhaltsstoff (Nitrocellulose)
- Gefriergetrocknete Erdbeeren > Konservierung mittels Gefriertrocknung
- Fertig-Salat > Konservierungsstoff in Schutzatmosphäre
- Cervelat > Konservierungsstoff, Geschmack, Farbe
- Nitroglycerin-Tablette > medizinischer Zusatzstoff
- Kunstdünger > Inhaltsstoff in Düngung
- Rahm-Dose > Treibgas
- Schokolade > Inhaltsstoff Theobromin (Stickstoffverbindung) in Kakaobohne
- Tischbombe > Sprengstoff
- Äpfel > Schutzatmosphäre bei Lagerung
- Zigaretten > geschmacklicher Zusatzstoff, medizinischer Zusatzstoff (Ammoniumchlorid) für eine schnellere Wirkung des Nikotins im Körper

Nein, in allen Objekten ist entweder Stickstoff drin oder er wird benötigt, um die Ware zu konservieren.

### 7.2 «Grüner Klee & Dynamit»

Der grüne Klee ist eine Pflanze, die mithilfe von Knöllchenbakterien Stickstoff fixieren kann. Die Pflanze ist sehr stickstoffreich und deshalb eine gute Futterpflanze. Sie bereichert den Boden zusätzlich mit reaktivem Stickstoff. Grüner Klee steht ebenfalls fürs Leben, denn Stickstoff ist essentiell für viele biologische Prozesse. Dynamit als Sprengstoff besteht aus Salpeter – einer Stickstoffverbindung. Reaktiver Stickstoff ist also nicht nur die Basis für den Dünger, sondern auch für Sprengstoffe und Munition. Sprengstoffe dienen aber nicht nur im Krieg, sondern auch für Bauzwecke (Tunnelbau, Gewinn von Rohstoffen aus der Erde).

### 7.3 «Lückentext»

N | 78 | reaktiv | Blitze | Bakterien | Ammoniak | Düngemittel | Sprengstoff | Eutrophierung, Nitrat im Trinkwasser, Lachgas Emission, Verminderung der Artenvielfalt, Verschwinden von sensiblen Ökosystemen wie Moore und Magerrasen, Stickoxidbelastung der Luft.

### 7.4 «Stickstoff...»

... hat die Abkürzung N.

... ist farblos.

... ist geruchlos.

... ist vor allem gasförmig vorhanden.

... hat seinen Namen, weil das Einatmen von reinem Stickstoff uns ersticken würde.

... verbindet sich gerne mit sich selber.

... ist reichlich vorhanden (aber nur in reiner Form, reaktiver Stickstoff war einst sehr begrenzt vorhanden).

... kann reaktiv und nicht reaktiv sein.

... ist deutlich in höheren Mengen vorhanden als vor hundert Jahren.

... wird natürlich und künstlich hergestellt.

### 7.5 «Stickstoff-Kreislauf»

Gewitter, Knöllchenbakterien, Cyano-Bakterien in Blaualgenflechten

### 7.6 «Ein kleines Stickstoff-Rätsel»

1. SAL PETRAE 2. GUANO 3. KNOELLCHEN 4. SPRENGSTOFF 5. PROTEINEN 6. BLITZE  
7. NITROGENASE 8. NITRAT 9. UEBERDUENGUNG 10. HABER **LÖSUNGSWORT: SALPETERER**

### 7.7 «Beobachtungsprotokoll»

Die Kristalle bilden sich bereits nach kürzester Zeit!

### 7.8 «Richtig oder falsch»

Richtig: 1, 2, 4, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 17 / Falsch: 3, 5, 8, 10, 11, 12, 16, 18



## 9. Ausmal-Kreislauf

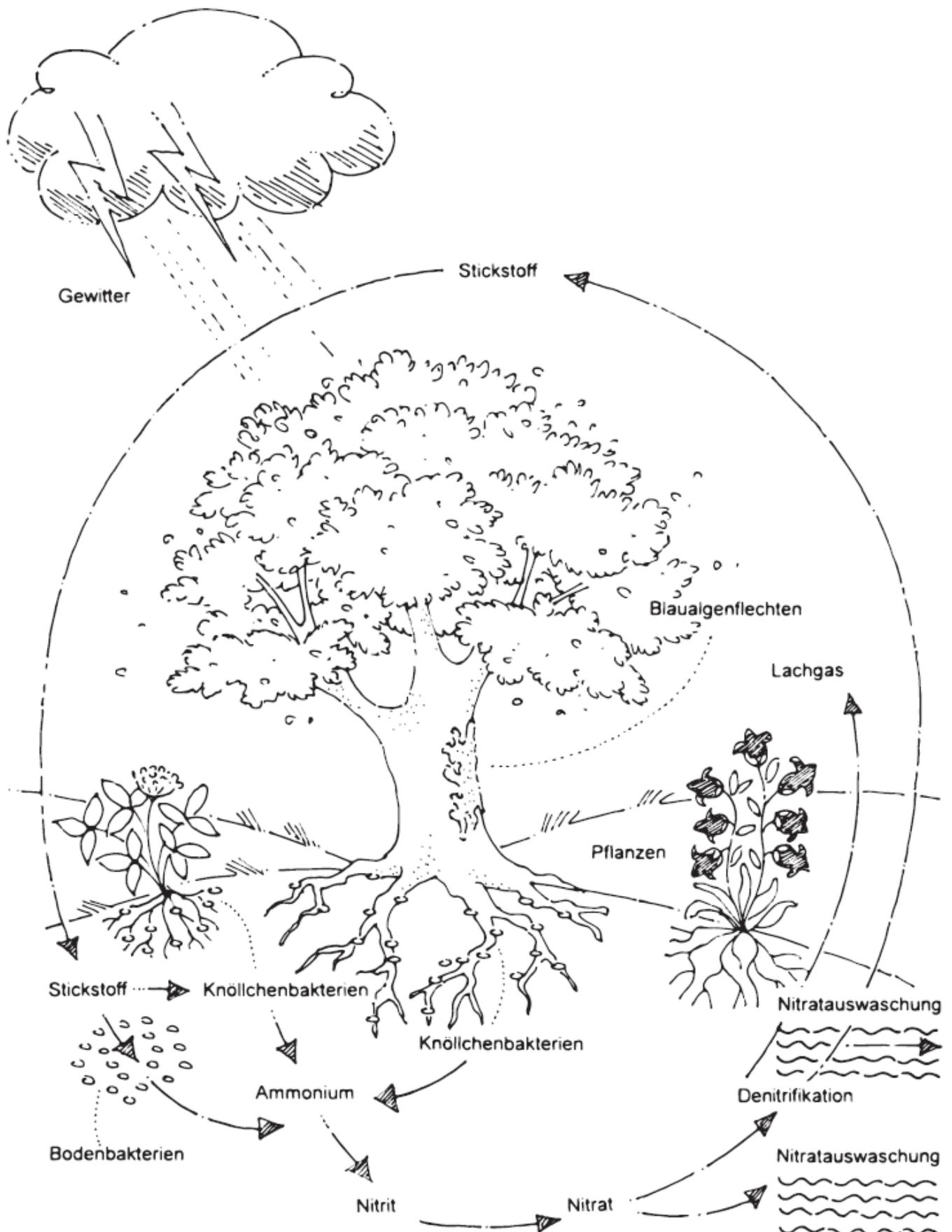


Illustration: Maja Bläsi



## 10. Allgemeine Fragen zur Sonderausstellung

Die Ausstellung besteht aus verschiedenen thematischen Inseln. Die Kapitelnummern und die Überschriften sind angegeben.

Die folgende Fragensammlung kann individuell angepasst oder gekürzt werden. Die Lösungen findet man auf Seite 37.

### Kapitel 1: Stickstoff – ein Lebenselixier

1. Gib die beiden Stickstoff-Sorten an.

.....

2. Welcher der beiden Stickstoff-Sorten ist in unserer Atemluft?

.....

3. Gib an, wieviel Stickstoff in den folgenden Materialien oder Artikeln vorkommen:

Gewei: .....      Luft: .....      Fleisch: .....      DNA: .....

Grüne Holunderblätter: .....      Lachgas: .....      Dünger: .....

### Kapitel 2: Kein Leben ohne Stickstoff

4. Stickstoff ist ein Grundbaustein des Lebens. Was würde es ohne Stickstoff nicht geben?

.....

5. Wie heisst das Molekül, das Bakterien verwenden, um nichtreaktiven in reaktiven Stickstoff zu verwandeln?

.....

6. Wie viele Millionen Tonnen Stickstoff können Bakterien jährlich aus der Luft auf die Erde ‚holen‘?

.....

### Kapitel 3: Wie der Stickstoff in die Pflanzen kommt.

7. Wie kann reaktiver Stickstoff natürlicherweise entstehen?

.....



8. Wie nennt man die Bakterien, die als Untermieter in den Wurzeln der Pflanzen leben?

.....

9. Betrachte den natürlichen Stickstoffkreislauf: Wie nennt man den Prozess, wenn aus Ammonium schlussendlich Nitrat (wichtiger Nährstoff) entsteht?

.....

10. Wie nennt man den entgegengesetzten Prozess (Nitrat zu reinem Stickstoff)?

.....

11. Weshalb ist Klee so beliebt?

.....

**Kapitel 4: Stickstoff riechen / Kapitel 5 Stickstoff essen / Kapitel 6: Achtung Drogen**

12. Welche Aussage ist richtig? Streiche die falschen durch.

Reiner Stickstoff ist geruchsarm / Jasmin enthält Indol / Riechsalz riecht nach Bananen / Lakritz (Bärenreck) enthält als Würze Salmiak / Salmiak kann Entzündungen des Rachens auslösen

13. Wovor schützen Alkaloide die Pflanzen?

.....

14. Wo finden wir in unserem Alltag Alkaloide?

.....

15. Welche Alkaloide erzeugen Rauschzustände? Nenne zwei.

.....

16. Was haben Alkaloide mit Stickstoff zu tun?

.....

17. Wozu wird Morphin in der Medizin eingesetzt?

.....



## Kapitel 7: Salpeter

18. Was bedeutet das Wort ‚Salpeter‘ genau?

.....

19. Mauersalpeter nennt man auch .....

20. Welche Pflanzen zeigen an, dass der Boden viel Salpeter enthält?

.....

21. Wie wird Salpeter gebildet?

.....

## Kapitel 8: Guano: Der Dünger der Inka

22. Was ist Guano? .....

23. Wo befinden sich die Guano-Inseln?

.....

24. Weshalb ist Guano ein so ausgezeichneter Dünger?

.....

25. Wer war Huamancantac?

.....

## Kapitel 9: Die ungeliebten Sieder / Königswasser

26. Woraus besteht Schwarzpulver?

.....

27. Was machten sogenannte Salpeterer (Salpetersieder)?

.....

.....

28. Um Kaliumnitrat (für Schiesspulver gut geeignet) aus salpeterhaltiger Erde zu erhalten, muss der Erde etwas beigemischt werden. Was ist das?

.....

29. Betrachte das Bild mit den Salpetergärten. Weshalb zogen Salpeterer lieber von Hof zu Hof um Stallerde zu graben, als solche Gärten einzurichten?

.....

30. Woraus besteht das erwähnte Königswasser?

.....

31. Wozu wurde es eingesetzt?

.....

### **Kapitel 10: Schiesspulver**

32. Wie kann Salpetersäure (Ausgangsstoff für viele explosive Stoffe) hergestellt werden?

.....

33. Wie entsteht Nitrocellulose?

.....

34. Wo wird Nitrocellulose auch eingesetzt?

.....

35. Betrachte das Modell einer Fliegerbombe. Was bedeutet die Abkürzung TNT?

.....

36. Wie heisst der Mann, der 1866 das Dynamit erfunden hat? .....

37. Woraus besteht Dynamit?

.....

38. Was versteht man unter einem ‚Bun-Bong-Fei‘?

.....

39. Ammoniumnitrat wird heute vor allem für Sprengungen genutzt. Es enthält wie viel % Stickstoff?

.....

40. Der Stoff wird aber auch als was verkauft? .....

### **Kapitel 11: Salpeter segelt um die Welt**

41. Wo fand man im 19. Jahrhundert reichhaltige Vorkommen von Salpeter?

.....

42. Wozu wurde es nach Europa in grossen Mengen exportiert?

.....

43. Wo fand man auch viel salpeterhaltige Erde? .....

44. Welches Land deckte damit seinen Salpeterbedarf? .....

### **Kapitel 12: Der Wendepunkt: Das Haber-Bosch-Verfahren**

45. Ergänze die fehlenden Wörter:

Aus ..... wird Kunstdünger hergestellt, der für grössere ..... sorgt. Das enorme Bevölkerungswachstum der letzten 100 Jahren wäre ohne das ..... nicht möglich gewesen. Umweltwissenschaftler haben errechnet, dass ..... der jetzt lebenden Menschen ohne die Ammoniaksynthese, wie das Haber-Bosch-Verfahren auch bezeichnet wird, ..... werden könnten.

46. Bis 1913 konnte man noch keinen Kunstdünger herstellen. Woher stammt der gesamte reaktive Stickstoff auf Erden damals?

.....

47. Was kann man neben Kunstdünger mit dem Haber-Bosch-Verfahren auch noch herstellen?

.....



### Kapitel 13: Eine Erfindung, die den Planeten verändert

48. Das Haber-Bosch-Verfahren wurde als wichtigste Erfindung des 20. Jahrhunderts bezeichnet. Weshalb gilt es als wichtiger als die Erfindung des Computers, Fernsehers, Mobiltelefons oder der Kernenergie?

.....

49. Welche negativen Auswirkungen hat diese Erfindung? Nenne zwei.

.....

.....

.....

50. Was zeigen Gelbflechten an?

.....

51. Dünger aus der Luft. Woraus wird auch reaktiver Stickstoff ausgestossen?

.....

52. Stickoxide sind für uns Menschen gesundheitsschädlich und gelangen durch die Luft als Dünger in verschiedene Lebensräume, die eigentlich nährstoffarm wären. Wie entsteht dieses Oxid?

.....

53. Was kann man aus dem Bild mit der Sojaernte in Brasilien erkennen?

.....

.....

## 11. Allgemeine Fragen zur Sonderausstellung (Lösungen)

1. Nenne die beiden Stickstoff Sorten. *Nichtreaktiver und reaktiver Stickstoff*
2. Welcher der beiden Stickstoff-Sorten ist in unserer Atemluft? *Nichtreaktiver Stickstoff*
3. Gib an, wie viel Stickstoff in den folgenden Materialien oder Artikeln vorkommen:  
*Gewei: 12–15%; Luft: 78%; Fleisch: 17%; DNA: 23%; Grüne Holunderblätter: 3,3%; Lachgas: 64%; Dünger: 13%*
4. Stickstoff ist ein Grundbaustein des Lebens. Was würde es ohne Stickstoff nicht geben?  
*Proteine und DNA*
5. Wie heisst das Molekül, das Bakterien verwenden, um nichtreaktiven in reaktiven Stickstoff zu verwandeln? *Nitrogenase*
6. Wie viele Millionen Tonnen Stickstoff können Bakterien jährlich aus der Luft auf die Erde ‚holen‘?  
*100*
7. Wie kann reaktiver Stickstoff natürlicherweise entstehen?  
*Durch Blitze bei Gewitter und durch Bakterien.*
8. Wie nennt man die Bakterien, die als Untermieter in den Wurzeln der Pflanzen leben?  
*Knöllchenbakterien*
9. Betrachte den natürlichen Stickstoffkreislauf: Wie nennt man den Prozess, wenn aus Ammonium schlussendlich Nitrat (wichtiger Nährstoff) entsteht? *Nitrifikation*
10. Wie nennt man den entgegengesetzten Prozess (Nitrat zu reinem Stickstoff)? *Denitrifikation*
11. Weshalb ist Klee so beliebt?  
*Es ist Glücksbringer (vierblättriges Kleeblatt), Gründünger und Futterpflanze*
12. Welche Aussage ist richtig?  
~~- Reiner Stickstoff ist geruchsarm, Jasmin enthält Indol (richtig), Riechsalz riecht nach Bananen,~~  
~~- Lakritz (Bärenreck) enthält als Würze Salmiak (richtig), Salmiak kann Entzündungen des Rachens auslösen~~
13. Wovor schützen Alkaloide die Pflanzen? *Vor dem Gefressenwerden.*
14. Wo finden wir in unserem Alltag Alkaloide?  
*Im Kaffee (Coffein), im Tonic Water z.B: Bitter Lemon (Chinin)*
15. Welche Alkaloide erzeugen Rauschzustände? Nenne zwei. *Morphin und Psilocybin*
16. Was haben Alkaloide mit Stickstoff zu tun? *Sie enthalten ihn.*
17. Wozu wird Morphin in der Medizin eingesetzt? *Als Schmerzmittel*
18. Was bedeutet das Wort ‚Salpeter‘ genau? *Felsensalz*
19. Mauersalpeter nennt man auch *Calciumnitrat*
20. Welche Pflanzen zeigen an, dass der Boden viel Salpeter enthält? *Brennnessel und Holunder*
21. Wie wird Salpeter gebildet? *Durch Bakterien aus Luft und organischen Materialien (Kot, Urin)*
22. Was ist Guano? *Vogelkot*
23. Wo befinden sich die Guano-Inseln? *Vor der Westküste Südamerikas*
24. Weshalb ist Guano ein so ausgezeichneter Dünger?  
*Er enthält sehr viel aktivierten Stickstoff und Phosphor.*
25. Wer war Huamancantac? *Ein Guano-Gott, der von den Inkas verehrt wurde.*
26. Woraus besteht Schwarzpulver? *Aus Kaliumnitrat (Salpeter), Kohle und Schwefel*
27. Was machten sogenannte Salpeterer (Salpetersieder)?  
*Sie kratzten Mauersalpeter von den Stallwänden und brachen Böden der Ställe und Wohnhäuser auf, um die salpeterhaltige Erde zu gewinnen.*
28. Um Kaliumnitrat (für Schiesspulver gut geeignet) aus salpeterhaltiger Erde zu erhalten, muss der Erde etwas beigemischt werden. Was ist das? *Pflanzenasche*



29. Betrachte das Bild mit den Salpetergärten. Weshalb zogen Salpeterer lieber von Hof zu Hof um Stallerde zu graben, als solche Gärten einzurichten?  
*Das Verfahren um Salpeter zu gewinnen, war mit den Gärten viel aufwändiger und teuer.*
30. Woraus besteht das erwähnte Königswasser?  
*Aus konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Salzsäure*
31. Wozu wurde es eingesetzt? *Um Metallgemische und Legierungen zu trennen*
32. Wie kann Salpetersäure (Ausgangsstoff für viele explosive Stoffe) hergestellt werden?  
*Aus Stickstoff und Wasserstoff lässt sich Ammoniak herstellen und daraus Salpetersäure.*
33. Wie entsteht Nitrocellulose? *Durch Reaktion von Baumwolle mit Salpetersäure*
34. Wo wird Nitrocellulose auch eingesetzt? *Bei der Herstellung von Tischtennisbällen und Klebstoffen*
35. Betrachte das Modell einer Fliegerbombe. Was bedeutet die Abkürzung TNT? *TriNitroToluol*
36. Wie heisst der Mann, der 1866 das Dynamit erfunden hat? *Alfred Nobel*
37. Woraus besteht Dynamit? *Aus Kieselgur (Erde) und Nitroglycerin (Stickstoffverbindung)*
38. Was versteht man unter einem ‚Bun-Bong-Fei‘?  
*Raketenfest in Thailand. Auch für diese Raketen wird Salpeter genutzt.*
39. Ammoniumnitrat wird heute vor allem für Sprengungen genutzt. Es enthält wie viel % Stickstoff? *35*
40. Der Stoff wird aber auch als was verkauft? *Als Dünger*
41. Wo fand man im 19. Jahrhundert reichhaltige Vorkommen von Salpeter? *In Chile*
42. Wozu wurde es nach Europa in grossen Mengen exportiert?  
*Um damit Mineraldünger, Sprengstoff und Munition herzustellen*
43. Wo fand man auch viel salpeterhaltige Erde? *In Ostindien*
44. Welches Land deckte damit seinen Salpeterbedarf? *England*
45. Ergänze die fehlenden Wörter: *Ammoniak, Ernten, Haber-Bosch-Verfahren, 40%, nicht ernährt*
46. Bis 1913 konnte man noch keinen Kunstdünger herstellen. Woher stammt der gesamte reaktive Stickstoff auf Erden damals?  
*Vor allem aus von Bakterien natürlicherweise umgesetzten Stickstoff aus der Luft und dem Boden*
47. Was kann man neben Kunstdünger mit dem Haber-Bosch-Verfahren auch noch herstellen?  
*Melaminharze, Nylon, Klebstoffe und die meisten Sprengstoffe*
48. Das Haber-Bosch-Verfahren wurde als wichtigste Erfindung des 20. Jahrhunderts bezeichnet. Weshalb gilt es als wichtiger als die Erfindung des Computers, Fernsehers, Mobiltelefons oder der Kernenergie? *Weil 40% der Erdbevölkerung gar nicht ernährt werden könnte.*
49. Welche negativen Auswirkungen hat diese Erfindung? Nenne zwei.  
- *Landwirtschaftliche Flächen wurden auf Kosten der Urwälder vergrössert.*  
- *Überdüngung bewirkt, dass reaktiver Stickstoff ins Grundwasser und die Meere gelangt und das Wasser ‚vergiften‘.*  
- *Wenn Dünger abgebaut wird, entsteht Lachgas, das als Treibhausgas extrem wirksam ist.*
50. Was zeigen Gelbflechten an? *Dass viel reaktiver Stickstoff in der Luft liegt.*
51. Dünger aus der Luft. Woraus wird auch reaktiver Stickstoff ausgestossen?  
*Aus Automotoren, Kraftwerken oder Gasboilern.*
52. Stickoxide sind für uns Menschen gesundheitsschädlich und gelangen durch die Luft als Dünger in verschiedene Lebensräume, die eigentlich nährstoffarm wären. Wie entsteht dieses Oxid?  
*Durch hohe Temperaturen verbinden sich Stickstoff mit Sauerstoff zu Stickoxiden.*
53. Was kann man aus dem Bild mit der Sojaernte in Brasilien erkennen?  
*Dank dem Kunstdünger werden nun auch in nährstoffarmen Böden Ackerflächen geschaffen. Dies auf Kosten z.B. von tropischen Regenwäldern und Mooregebieten. Vor allem der Soja- und neu der Palmöl-Anbau bewirkt ein Kahlschlag der tropischen Regenwäldern.*



## 12. Medienliste

### Fachliteratur

- BAFU (2014). **Stickstoff – Segen und Problem**. Umwelt 2/2014.
- ERTL, G. & SOENTGEN, J. (2015): **N Stickstoff – ein Element schreibt Weltgeschichte**  
In der Reihe Stoffgeschichten. oekom Verlag, München 264 S.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015). **Stickstoff**: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem – Kurzfassung. SRU.

### Links

- Internetseite zur Stickstoff-Ausstellung mit Ausstellungstexten und anderen Informationen  
[www.stickstoffausstellung.de](http://www.stickstoffausstellung.de)
- Film mit vielen Experimenten mit flüssigem Stickstoff, Deutsches Museum  
[http://bit.ly/N2\\_Experimente\\_DM](http://bit.ly/N2_Experimente_DM)
- Experimente zum Stickstoff  
[www.experimentalchemie.de](http://www.experimentalchemie.de)
- Experimente zum Stickstoff  
[www.seilnacht.com](http://www.seilnacht.com)
- Film aus der Ausstellung zum Salpetersieden «Salpeter aus dem Schweinestall»  
<http://bit.ly/Salpetersieder>
- Ammoniak-Synthese erklärt und Material dazu  
[www.standort-ludwigshafen.basf.de/group/corporate/site-ludwigshafen/de/about-basf/worldwide/europe/Ludwigshafen/Education/Lernen\\_mit\\_der\\_BASF/Ammoniak-Synthese/Geschichte\\_und\\_Entwicklung](http://www.standort-ludwigshafen.basf.de/group/corporate/site-ludwigshafen/de/about-basf/worldwide/europe/Ludwigshafen/Education/Lernen_mit_der_BASF/Ammoniak-Synthese/Geschichte_und_Entwicklung)
- Allgemeine Angaben zum Trinkwasser  
[www.forum-trinkwasser.de](http://www.forum-trinkwasser.de)
- Kochen mit Flüssigstickstoff  
[http://prodega.transgourmet.ch/documents/workshops/cryocooking\\_de.pdf](http://prodega.transgourmet.ch/documents/workshops/cryocooking_de.pdf)
- Schweizer Molekularkoch Rolf Caviezel  
[www.freestylecooking.ch/molekulare-kueche](http://www.freestylecooking.ch/molekulare-kueche)
- Rezepte mit dem Kisag-Bläser (N<sub>2</sub>O)  
[www.kisag.ch/d/kisag/rezpte/](http://www.kisag.ch/d/kisag/rezpte/)
- Herstellen von Salbe oder Creme mit Urea  
<http://heilkraeuter.de/salben/index.htm>



## Bezugsquellen für Materialien

- **Urea** für Salben gibt es in Apotheken oder Drogerien zu kaufen.  
Urea für Kristall findet man auch im Gartencenter bei den Düngemitteln.
- **Cryocooking-Set** von PanGas und flüssigen Stickstoff kann bei der Growa Bellach oder direkt bei PanGas bestellt werden ([www.pangas.ch](http://www.pangas.ch)). Cryocooking-Set: ca. 720 Franken; 12 Liter liq-N<sub>2</sub>: ca. 70 Franken.
- **Nitrat-Teststreifen** sind bei Laboreinrichtungsgeschäfte oder in der Apotheke erhältlich: ca. 30.-

## Kindersachbücher

- **WAS IST WAS?** Band 48. **Luft und Wasser** (2006)  
Verlag Tessloff, ISBN 978-3-7886-2880-2 (nur über Antiquariat erhältlich)
- ROBERT WINSTON (2018): **Die aufregende Welt der Moleküle**. So spannend kann Chemie sein,  
Dorling Kindersley, München, ISBN: 978-3-8310-2498-8
- DEBBIE SCHWEFER (2015): **Nela forscht - Papa, trinkst du heute eine Tasse Luft?**, Verlag: Debbie  
Schwefer Kinderbuchverlag; 2. Auflage, ISBN-13: 978-3981397420

