

# Unterrichtseinheit Stickstoff

Autoren: Vincent Kalesse & Rebecca Krawetzke (2012)

## Inhaltsverzeichnis

1	Unterrichtseinheit zum Thema Stickstoff.....	2
1.1	Organisatorisches.....	2
1.2	Vermittlung von Grundwissen .....	2
1.2.1	Stickstoffvorkommen .....	2
1.2.2	Stickstoffkreislauf.....	3
1.2.3	Verwendungsmöglichkeiten von Stickstoff .....	3
1.2.4	Haber-Bosch-Verfahren.....	4
1.2.5	Düngemittelproblematik .....	5
1.2.6	Lösungsansätze .....	8
1.3	Arbeitsblatt .....	9
1.4	Versuchsaufbau.....	9
1.5	Diskussion/Rollenspiel.....	10
1.5.1	Aufbau.....	10
1.5.2	Einstieg.....	11
2	Zusammenfassung.....	11

# 1 Unterrichtseinheit zum Thema Stickstoff

## 1.1 Organisatorisches

Die Unterrichtseinheit richtet sich an Schüler der Oberstufe in einem Gymnasium, da die Thematik um Nachhaltigkeit und Umwelt mehr zu einer höheren Klasse passt.

Die Einheit umfasst zwei Doppelstunden á 90 Minuten. In der ersten Doppelstunde soll ein umfangreiches Grundwissen vermittelt werden, auf dem die zweite Doppelstunde aufbaut. In dieser sollen sich die Schüler durch praktische Arbeiten, Diskussionen und ein Arbeitsblatt ein genaueres Bild von der Stickstoffproblematik machen.

## 1.2 Vermittlung von Grundwissen

Der Grundwissensteil soll in mehrere Unterpunkte aufgeteilt werden. Den Schülern soll zunächst vermittelt werden, was Stickstoff ist und was für eine Rolle er in unserem Leben spielt. Darauf aufbauend sollen der Stickstoffkreislauf und Verwendungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Hauptaugenmerk liegt hierbei auf dem Haber-Bosch-Verfahren und der daraus resultierenden Düngemittelproblematik.

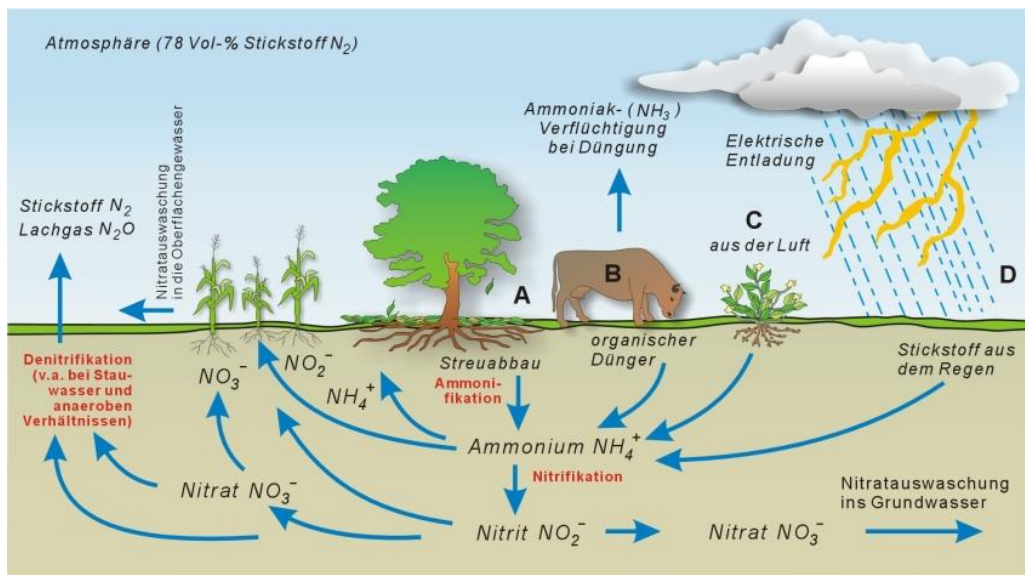
### 1.2.1 Stickstoffvorkommen

Stickstoff kennt man meistens nur aus der Luft, die zu 78% aus Stickstoff besteht. Dabei ist es auch ein Zellbaustein für Mensch, Tier und Pflanze, die es zum Aufbau von Eiweißstoffen benötigen. Aus diesem Grund ist Stickstoff in vielen pflanzlichen Produkten zu finden.

- Ca. 78% der Atemluft als molekularer/elementarer Stickstoff  $N_2$ , sowie in Wasser und Boden
- Zellbaustein für Mensch, Tier und Pflanze (Bestandteil von Aminosäuren, Proteinen, DNS)
- Pflanzen verwerten Nitrat und Ammonium; Tiere und Menschen setzen Eiweiße bzw. Aminosäuren um
- Natürliche Quellen für pflanzenverfügbaren Stickstoff: Stickstoff im Boden durch Bakterientätigkeit; Zersetzung abgestorbener Organismen
- In Gesteinen in Form des Ammonium-Ions  $NH_4^+$

## 1.2.2 Stickstoffkreislauf

Als nächstes soll der Stickstoffkreislauf anhand eines Schaubilds erklärt werden wie z.B.:



© Lernort **Boden**, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) 2006. Alle Rechte vorbehalten.

Abbildung 1: Stickstoffkreislauf

- Transfer von Stickstoff in und aus der Atmosphäre v.a. als  $N_2$
- Emission bei Düngerproduktion: Lachgas ( $N_2O$ )
- Stickstofffluss durch Verflüchtigung von Ammonium und teilweise Rückführung auf die Erdoberfläche durch Niederschläge
- Rückführung von Stickstoff: durch biologische Stickstoffbindung und Fixierung durch atmosphärische Prozesse (Gewitter, UV)
- Denitrifikation: Umwandlung des (im Nitrat) gebundenen Stickstoffs zu molekularem Stickstoff  $N_2$  durch bestimmte Bakterien; Freisetzung des gebundenen Stickstoffs

## 1.2.3 Verwendungsmöglichkeiten von Stickstoff

Mit Hilfe einiger Bilder und gegebenenfalls Anschauungsmaterial sollen die verschiedenen Stickstoffprodukte vorgestellt werden. Als Anschauungsmaterial kämen z.B. Feuerwerkskörper, Zigaretten, Tabletten oder Dünger in Frage. Die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten sollen nur kurz angerissen werden, denn der Fokus liegt auf dem Einsatz von Düngemitteln.

### Sprengstoff

- Salpeter (Trivialname einiger häufig vorkommender Nitrate, z.B. Ammoniumnitrat)

- Schwarzpulver, Nitroglycerin

### **Flüssigstickstoff**

- In der Lebensmittelindustrie z.B. zum Schockgefrieren, um die Struktur zu erhalten (z.B. bei Beeren) oder zur Gefriertrocknung (-> quasi unbegrenzt haltbar, z.B. löslicher Kaffee und Tee, Trockenmilch)
- In der Medizin z.B. zur Konservierung von Gewebeproben oder Samenzellen, zur Warzenentfernung

### **Medizin**

- Nitroglycerin-Tabletten bei Herzproblemen
- Lachgas legal: als Narkosemittel in geringen Mengen schmerzstillend, in hohen Dosen betäubend
- Lachgas nicht legal: Droge/Rauschmittel

### **Düngemittel**

- Stickstoff als wichtigster Pflanzennährstoff, der hohen Ertrag sichert
- Weltweite jährliche Herstellung von 100 Millionen Tonnen mineralischem Stickstoff  
-> dazu Einsatz von 200 Millionen Tonnen Erdöl
- Ca. 30-50% der landwirtschaftl. Erträge auf Nutzung mineralischer Dünger zurückzuführen; fast die Hälfte der Weltbevölkerung wird mit Hilfe der Dünger ernährt
- Bei der Düngung entsteht Lachgas ( $N_2O$ )
- Steigender Nahrungsmittelbedarf (v.a. in Entwicklungsländern) und damit notwendige Intensivierung des Landwirtschaft

#### **1.2.4 Haber-Bosch-Verfahren**

In diesem Abschnitt soll kurz auf das Haber-Bosch-Verfahren eingegangen werden, das zur Düngemittelherstellung dient.

## Die Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren

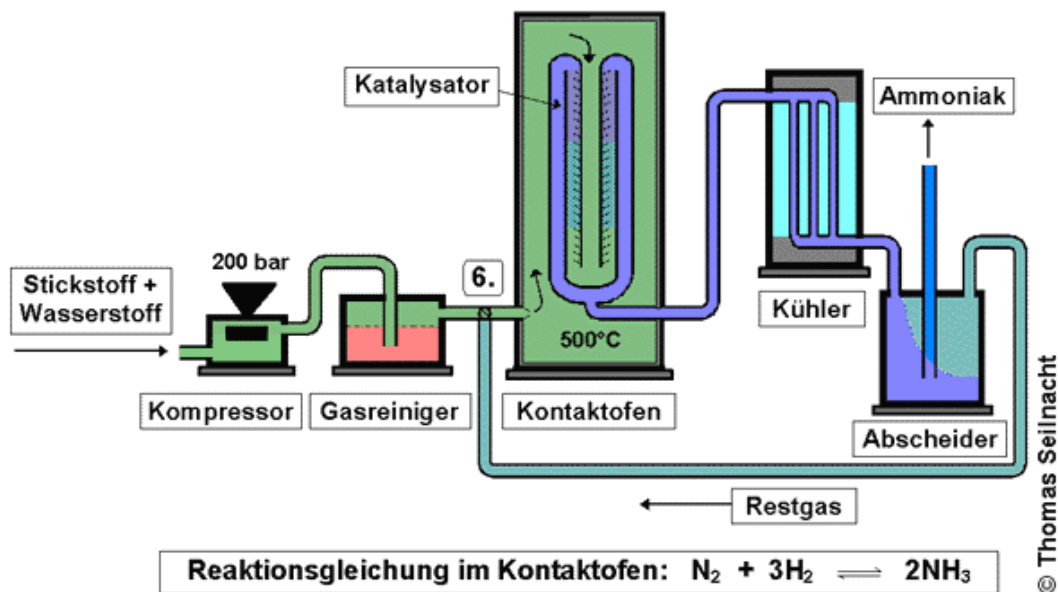


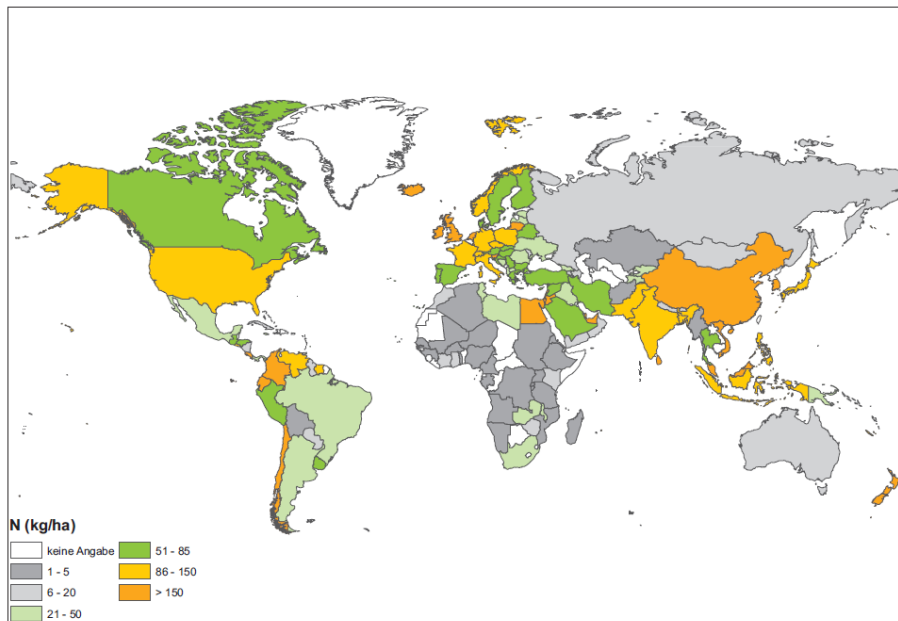
Abbildung 2: Schema des Haber-Bosch-Verfahrens

- Nach Fritz Haber und Carl Bosch; um 1910 entwickelt
- Zur Herstellung von Kunstdünger und Sprengstoff
- Synthese von Salpeter aus Luftstickstoff und Erdöl oder Erdgas (als Wasserstoffquelle) unter hohem Druck
- Bindung des Luftstickstoffs; Vereinigung mit Wasserstoff zu Ammoniak
- Bei hoher Temperatur (300-500 °C/500-600 °C) und hohem Druck (200 bar) in Gegenwart eines Katalysators (meist reduziertes Eisen)
- Verhältnis Wasserstoff und Stickstoff 3:1
- Reaktion:  $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$
- Nitratdünger entsteht dann durch Oxidation von Ammoniak zu Nitrat -> dabei: Emission von  $CO_2$  und  $N_2O$  -> Treibhausgase

### 1.2.5 Düngemittelproblematik

Dieser Abschnitt ist gleichzeitig der Schwerpunkt des Grundwissensteils.

Hier wird den Schülern aufgezeigt, dass durch Stickstoffdünger zahlreiche Umweltprobleme entstehen können. Dazu soll auf einer Karte der globale Einsatz von Düngemitteln veranschaulicht werden.



**Abbildung 3: Weltweite Stickstoffdüngung 2007**

Anschließend werden die Probleme der Überdüngung erörtert, welche u.a. den Beitrag zum Klimawandel, die Eutrophierung von Gewässern und den Verlust der Biodiversität umfassen.

### **Beitrag zum Klimawandel**

- Reaktive Stickstoffverbindungen (Stickoxide, Ammoniak) gelangen in die Atmosphäre und tragen zur Zerstörung der Ozonschicht bei
- Distickstoffmonoxid/Lachgas  $N_2O$  hat eine fast 300-mal so starke Treibhauswirkung wie  $CO_2$
- Lachgasemissionen zu 70% aus der Landwirtschaft (v.a. durch Stickstoffdünger)
- In die Atmosphäre emittiertes Lachgas bleibt dort ca. 100 Jahre
- Stickstoffeinträge in die Waldökosysteme -> Bakterien in Waldböden nehmen Stickstoff auf und können weniger Methan ( $CH_4$ ) binden -> nochmalige Verstärkung des Klimawandels
- Stickstoff als Quelle für sauren Regen (-> Minderung von Pflanzenwachstum, Korrosion an Gebäuden): v.a.  $NO$  (Stickstoffmonoxid), welches bei Verbrennung von Brennstoffen freigesetzt wird -> Reaktion mit Wasser zu Salpetersäure  $HNO_3$
- Stickstoffoxide sind Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung in den unteren Atmosphärenschichten -> schädigt Pflanzen

## **Schadstoff in der Luft**

- Erhöhte Stickstoffkonzentrationen: Reizung der Schleimhäute, begünstigen Atemwegserkrankungen
- Bildung von bodennahem Ozon: Reizungen der Schleimhäute, Atemwege; Beeinträchtigung der Lungenfunktion
- Stickstoffverbindungen auch am Abbau der stratosphärischen Ozonschicht beteiligt: UV Strahlung -> Hautkrebserkrankungen

## **Stickstoff im Wasser**

- Stickstoff wird bei Überschuss aus dem Boden als Nitrat ausgewaschen
- Verunreinigung des Grundwassers und damit Bildung von Nitrat ( $\text{NO}_2$ ) im Trinkwasser -> Krebsgefährdung
- Nitrat im Trinkwasser: wird im Magensaft zu Nitrit umgewandelt und kann dort mit Eiweißabbauprodukten (Aminen) zu Nitrosamin reagieren -> krebserregend!
- Grenzwerte für Trinkwasser wurden eingeführt (bis zu 50 mg/l)
- Grundwasser häufig mit Nitrat belastet (15% der Messstellen über dem von der Trinkwasserverordnung festgesetzten Schwellenwert)
- Überdüngung von Oberflächengewässern mit Nitrat (auch mit Phosphor) -> Nährstoffübersättigung (Eutrophierung)
- Übermäßiges Wachstum von Algen und Cyanobakterien (zusammen: Phytoplankton) -> Abschirmen von Sonnenlicht, Sauerstoffgehalt sinkt
- Im Extremfall: sauerstofffreie, unbelebte Tiefenzonen

## **Verlust der Biodiversität**

- Einseitig hohe Stickstoffversorgung verwerten/tolerieren nur manche Pflanzen
- Stickstoffempfindliche Arten werden verdrängt (Konkurrenzdruck)
- Stickstoffliebende Arten wachsen schneller -> Beschattung der anderen
- Verlust an biologischer Vielfalt
- v.a. in stickstoffempfindlichen Naturräumen (Trockenrasen, Torfmoor, Heiden) -> Vernichtung der standorttypischen Vegetation und der darauf aufbauenden tierischen Nahrungsketten
- Wegfall von artenreichem Grünland -> Lebensgrundlage für Bestäuberinsekten verloren

- Auch einige Schmetterlinge, Regenwürmer und z.B. Pilze (Mykorrhizen) gehen zurück

### **1.2.6 Lösungsansätze**

Hier sollen den Schülern mögliche Alternativen zur Stickstoffdüngung wie z.B. kontrolliert biologischer Anbau und was man global tun müsste, um eine Besserung der derzeitigen Zustände zu erreichen, näher gebracht werden. Im späteren Verlauf der Unterrichtseinheit sollen die Schüler während der Bearbeitung eines Arbeitsblattes herausarbeiten, was sie selber zu dieser Problematik beisteuern können.

- Stickstoff dort reduzieren wo es möglich ist und
- Wo es nicht möglich ist: verantwortungsbewusster und nachhaltiger Einsatz
- Gesamter Stickstoffkreislauf muss betrachtet werden; Sonst: evtl. Anstieg der Stickstoffflüsse an anderer Stelle (Problemverschiebung)
- Landwirtschaftlicher Sektor mit über 57% Hauptquelle reaktiver Stickstoffverbindungen -> in diesem Bereich v.a. Maßnahmen nötig
- Stickstoffeffizienz muss gesteigert werden

### **Ökologischer Landbau**

- Idealbild: Kreislauf, d.h. alle Nährstoffe, die dem Ackerboden durch Abfuhr der Ernte entzogen werden, kommen wieder dorthin zurück
- Verwendung organischer Düngemittel wie Mist, Kompost
- kein Einsatz fossiler Energie nötig
- Einbezug von Leguminosen (Hülsenfrüchte, z.B. Klee, Luzerne); diese können auf natürliche Weise Luftstickstoff binden (quasi natürliches Haber-Bosch-Verfahren):
- Symbiose mit Bakterien an den Wurzeln (Knöllchenbakterien); Bakterien binden den elementaren Luftstickstoff und stellen ihn ihrer Wirtspflanze und dem Boden zur Verfügung
- Leguminosen düngen sich selbst und tragen zur besseren Bodenfruchtbarkeit bei  
-> Ersatz der mineralischen Stickstoffdüngung!!! Weltweit noch kaum genutzte Möglichkeit

### **Besteuerung von Stickstoff**

- Setzt an der Produktion des Düngemittels an
- Spürbare Reaktion nur bei einer Erhebung in spürbarer Höhe



- Besteuerungsform, die an den verursachten Problemen ansetzt:  
Stickstoffüberschusssteuer als Differenz zwischen eingeführtem Stickstoff und dem Stickstoff der in den Ernteprodukten wieder aus dem Betrieb ausgeführt wird
- Grenzwerte setzen, Emissionsobergrenzen, Verpflichtungen zur Minderung der Stickstoffeinträge
- Internationale Abkommen für einzelne Schutzgüter (z.B. Klimarahmenabkommen)

### 1.3 Arbeitsblatt

Das Arbeitsblatt (siehe Ende des Dokuments) dient hauptsächlich dazu, dass die Schüler eigene Lösungsmöglichkeiten zur Stickstoffproblematik erarbeiten. Dazu wird ihnen ein kurzer Text vorgegeben, zu dem sie im Anschluss Fragen beantworten dürfen. Nach Bearbeitung des Arbeitsblattes sollen die Ergebnisse in der Klasse besprochen und die verschiedenen Lösungsansätze zusammengetragen werden. Außerdem sollen auf dem Arbeitsblatt die Werte des folgenden Nitratexperiments eingetragen werden.

Beispiele für Lösungsansätze, die die Schüler in diesem Zusammenhang herausarbeiten sollen, sind:

- Klimaschonendes Handeln: Energie sparen, Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren
- Erneuerbare Energien nutzen
- Landwirtschaftliche Produkte aus biologischem nicht-stickstoffgedüngtem Anbau
- Produkte aus der Region nutzen
- Treibstoff sparen

### 1.4 Versuchsaufbau

Hier soll die Nitratbelastung in Wasser gemessen werden, welche sich mit Hilfe eines simplen Wassertests nachweisen lässt. Dieser Wassertest umfasst neben der Messung von pH-Wert auch einen Nitrat- und Nitrittest und ist im Einzelhandel erhältlich. Die Materialbeschaffung für diesen Versuch hält sich mit dieser Lösung in Grenzen und ist gesundheitlich unbedenklich.

Der Arbeitsauftrag der Schüler ist es die Nitratteststreifen in Wasserproben zu halten und anschließend anhand einer Farbskala den Wert abzulesen. Die von den Schülern gemessenen Werte sollen auf dem Arbeitsblatt eingetragen

werden. Zusätzlich sollen die Schüler bestimmen, ob die Nitratmenge über dem gesetzlich zulässigen Grenzwert für Trinkwasser liegt.

## 1.5 Diskussion/Rollenspiel

### 1.5.1 Aufbau

Die Schüler werden in mehrere Arbeitsgruppen je nach Klassengröße aufgeteilt, denen dann jeweils eine Rolle zugewiesen wird. Damit sich die Schüler besser in ihre Rolle einfinden können, werden ihnen kurze Vorgaben dazu gegeben, welchen Standpunkt ihre jeweilige Rolle vertreten soll. Die Rollen sind:

1. Landwirt
2. Ökolandwirt
3. Greenpeace
4. Vertreter der chemischen Industrie
5. Arzt
6. „Die Natur“

Die Schüler sollen in den Arbeitsgruppen untereinander diskutieren, was für Argumente sie vorbringen wollen. Es gibt bewusst mehr Rollen, die gegen die Stickstoffdüngung argumentieren, da die Schüler am Schluss mitnehmen sollen, dass Überdüngung ein großes Problem darstellt und daher vermieden werden sollte.

Die Arbeitsgruppen sollen folgende Argumente vertreten:

Der Landwirt argumentiert für Notwendigkeit der Mineraldüngung, aber ist sich nicht der Nebenwirkungen der Überdüngung bewusst.

Der Ökolandwirt informiert über alternative Anbaumöglichkeiten mit organischem Dünger.

Greenpeace zeigt die Probleme der Überdüngung und Nitratbelastung der Umwelt auf und was für Folgen entstehen.

Der Vertreter der chemischen Industrie aber argumentiert für die dringende Notwendigkeit der mineralischen Dünger und ist vollkommen davon überzeugt, dass Nitrat keine schädlichen Nebenwirkungen hat.

Der Arzt weiß über alle schädlichen Nebenwirkungen von Nitrat, Nitrit und Nitrosaminen Bescheid und informiert über mögliche daraus resultierende Erkrankungen.

Die Natur beklagt sich über die Verletzung ihres Ökosystems durch den erhöhten Nährstoffeintrag.

### **1.5.2 Einstieg**

Jede Arbeitsgruppe bekommt einen Zettel mit obengenannten Vorgaben zu den jeweiligen Rollen und soll darüber Argumente finden, die sie gegen die anderen Arbeitsgruppen/Rollen vorbringen kann. Der Lehrer gibt zum Einstieg des Rollenspiels eine Hilfestellung vor wie z.B. eine aktuelle Meldung zur Nitratbelastung eines bestimmten Gewässers und dass dort zu hohe Werte aufgetreten sind. Jetzt könnte Greenpeace mit dem Einstieg beginnen bzw. vom Lehrer dazu aufgefordert werden, die besprochenen Argumente vorzutragen. Anschließend wird der Landwirt nach seiner Meinung gefragt und argumentiert z.B., dass ohne Stickstoffdünger seine Pflanzen nicht richtig wachsen. Daraufhin kann der Ökolandwirt ihn vom Gegenteil überzeugen und von alternativen Anbaumethoden erzählen usw.

## **2 Zusammenfassung**

Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es den Schülern die verschiedenen Facetten von Stickstoff zu vermitteln und ihnen vor allem die Stickstoffproblematik näherzubringen. Die Schüler sollen nicht nur über Stickstoff informiert werden, sondern auch zum selbstständigen Denken und nachhaltigem Handeln animiert werden.

Klasse \_\_\_\_\_ Arbeitsblattnr. \_\_\_\_\_

## Biosprit: Umweltschutz?

Biosprit wird aus Biomasse gewonnen und ergänzt herkömmliche Sprit aus fossilen Energieträgern. Es wird als CO<sub>2</sub>-neutral und deshalb klimafreundlich beworben, da das CO<sub>2</sub>, das bei der Verbrennung von Biosprit entsteht, nur das von den Pflanzen durch den Stoffwechsel aufgenommene CO<sub>2</sub> ist. Klimafreundlich mag stimmen, solange man nur den Verbrennungsprozess betrachtet. Dabei ist gerade der Anbau von Energiepflanzen wie Raps und Mais alles andere als gut für die Umwelt, denn durch die Düngung mit stickstoffhaltigem Mineraldünger steigt über den Prozess der Denitrifikation der Ausstoß von Lachgas, welches bekanntermaßen 300mal klimaschädlicher als CO<sub>2</sub> ist. Der weltweite Ausstoß von Lachgas ist seit der vorindustriellen Zeit um 20% gestiegen und das Lachgas bleibt in der Atmosphäre bis zu 100 Jahre bevor es abgebaut wird. 70% des emittierten Lachgases stammen aus der Landwirtschaft und diese Werte werden sicherlich zunehmen, da der Anbau von Energiepflanzen für Biosprit auch in ärmeren Ländern immer mehr zunimmt. In Deutschland kann Biosprit gerade einmal 1-4% der Treibhausgasemissionen einsparen, denn es wird immer noch die gleiche Menge an Sprit benötigt. Nur effizientere Motoren können den Treibhausgasausstoß vielleicht verringern.

➤ Tragen sie Vor- und Nachteile von Biosprit zusammen!

---

---

---

---

---

➤ Was kann jeder einzelne in Hinblick auf den Klimawandel tun?

---

---

---

---

---

### Werte aus dem Nitratwassertest

Tragen Sie hier die Werte aus dem Nitratversuch ein. Der Grenzwert für Trinkwasser liegt bei 50mg/l.

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Nitratwerte				
Grenzwert überschritten? Ja oder Nein?				