



Begleitheft für Lehrkräfte

Der Stickstoffproblematik auf der Spur! (Musterlösungen und Zusatzmaterial)

Kontakt

Universität Osnabrück

Didaktik der Chemie
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück

Prof. Dr. Marco Beeken
marco.beeken@uos.de
Telefon: 0541 969-3378

M. Ed. Frauke Brockhage
frauke.brockhage@uos.de
Telefon: 0541 969-2351



Universität Vechta

Driverstr. 22
49377 Vechta

Prof. Dr. Verena Pietzner
verena.pietzner@uni-vechta.de
Telefon: 04441 15 270



Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Carl-von-Ossietzky-Straße 9 – 11
26129 Oldenburg

M. Ed. Mientje Lüsse
mientje.luesse@uol.de
Telefon: 0441 798-3720



Der Stickstoffproblematik auf der Spur!

Experiment 1.1: Ammonium-Nachweis im Düngemittel.....	4
Experiment 1.2: Nitrat-Nachweis im Düngemittel	5
Zusatzmaterial zu Station 1: Vorbereitung der Düngerprobe	7
Experiment 2.1: Adsorption von Ammonium- und Nitrat-Ionen im Boden .	8
Experiment 2.1: Nitratentfernung durch Ionenaustausch	10
Zusatzmaterial zu Station 2: Herstellung der Wasserprobe	11
Vertiefung 3.1: Wie viel Nitrat nehme ich auf?	12
Experiment 5: Stickoxid- Nachweis im Marmeladenglas	14
Experiment 6.1: Abgasnachbehandlung nach dem SCR- Verfahren	16
Experiment 7: Stickoxide vs. Pflanzen	18
Zusatzmaterial zu Station 7: Herstellung des Saltzmann- Reagenzes	20
Experiment 8: Mein Stickstoff - Fußabdruck	22
Vertiefung A: Teilflächenspezifische Düngung	24
Vertiefung B: Manipulation bei Diesel - Abgasen.....	25

Experiment 1.1: Ammonium-Nachweis im Düngemittel

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Beobachtung

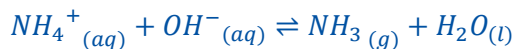
Notiere kurz deine Beobachtungen bei der Durchführung des Experiments mit der Blind-, der Vergleichs- und der Düngerprobe.

Bei der Blindprobe kann keine Verfärbung des pH-Papiers beobachtet werden und es behält eine gelb-orange Färbung. Bei der Vergleichs- und Düngerprobe verfärbt es sich tiefblau.

Auswertung

Ziehe aus deinen Beobachtungen begründete Schlussfolgerungen bezüglich der Anwesenheit von Ammonium im untersuchten Düngemittel.

Die Blaufärbung des pH-Papiers deutet auf die Bildung von Ammoniak hin, das sich aus der Reaktion von Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen bildet.



Aufsteigendes Ammoniakgas reagiert mit dem feuchten pH-Papier alkalisch, was durch die blaue Färbung angezeigt wird. Ein Vergleich mit der ammoniumhaltigen Vergleichsprobe unterstützt diesen Nachweis.

Experiment 1.2: Nitrat-Nachweis im Düngemittel

Arbeitsblatt - Musterlösung

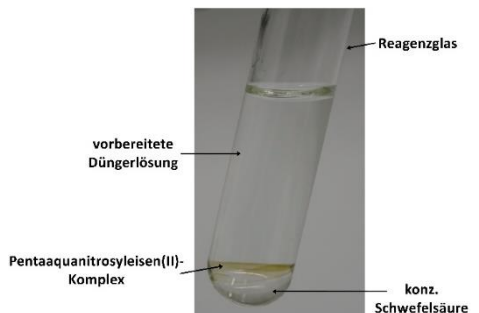
Name:

Datum:

Beobachtung

Notiere kurz deine Beobachtungen. Skizziere außerdem das Ergebnis der positiven Ringprobe mit Beschriftung (*Pentaaquanitrosyleisen(II)-Komplex*, *vorbereitete Düngelösung*, *Reagenzglas*, *konz. Schwefelsäure*).

Bei der Versuchsdurchführung mit der Blindprobe ist keine Veränderung zu beobachten und die Lösung bleibt klar. Sowohl bei der Durchführung mit der Vergleichs- und der Düngerprobe bildet sich zwischen der Schichtgrenze ein dunkler Ring.



Auswertung:

Ziehen aus deinen Beobachtungen begründete Schlussfolgerungen bezüglich der Anwesenheit von Nitrat im untersuchten Düngemittel.

Die untersuchte Düngerprobe enthält Nitrat, da der Nachweis mit der Ringprobe positiv war. An der Schichtgrenze zwischen Düngerprobenlösung und konz. Schwefelsäure findet eine Redoxreaktion statt, wobei Stickstoffmonoxid gebildet wird. Dieses reagiert mit überschüssigen, mit Wasser komplexierten Eisen(II)-Ionen zu einem bräunlich gefärbten Pentaaquanitrosyleisen(II)-Komplex.

Begründe kurz, warum die gewünschte Reaktion in destilliertem Wasser nicht zu beobachten ist.

Der bräunlich gefärbte, stickstoffhaltige Pentaquanitrosyleisen(II)-Komplex an der Schichtgrenze kann nur gebildet werden, wenn in der Probelösung Nitrat enthalten ist. Da destilliertes Wasser kein Nitrat enthält, bleibt die Lösung auch nach Zugabe der konz. Schwefelsäure klar.

Zusatzmaterial zu Station 1: Vorbereitung der Düngerprobe

Materialien

- 2 Bechergläser (500 mL)
- Löffelspatel
- Filter mit Filterpapier
- Plastikflasche
- Wägeschälchen
- Waage

Chemikalien

- Dünger, fest
- Destilliertes Wasser

Aufbau und Durchführung

1. 20 g der Düngerprobe werden in 400 mL destilliertem Wasser gelöst.
2. Falls die Lösung trüb ist, wird diese vor der Analyse filtriert.
3. Eine Plastikflasche wird mit dem Namen der Düngerprobe beschriftet und die Düngerlösung in die Flasche überführt.



Deutschland:

EG-DÜNGEMITTEL	
NPK-Dünger, N+P ₂ O ₅ +K ₂ O+MgO+S, 15+6+12I+2+9I, mit Spurennährstoffen. Für die Anwendung im Gartenbau.	
15% N	Gesamtstickstoff
6,5% N Nitrostickstoff, 8,5% N Ammoniumstickstoff	
6% P ₂ O ₅	neutral-ammoniumlösliches und wasserlösliches Phosphat:
4,8% P ₂ O ₅ wasserlösliches Phosphat	
12% K ₂ O	wasserlösliches Kaliumoxid
2% MgO	Gesamt-Magnesiumoxid:
1,6% MgO wasserlösliches Magnesiumoxid	
9% S	Gesamt-Schwefel:
7,2% S wasserlöslicher Schwefel	
0,02% B	Gesamt-Bor
0,01% Zn	Gesamt-Zink
Chloridarm.	
Nettogewicht:	3 kg
Deutsche Raffinerie-Warenzentrale GmbH, Rutenweg 51 – 53, D-60323 Frankfurt a. M.	
Gefahrstoffverordnung: Düngemittel mit Ammoniumnitrat, Gruppe OII.	

Abbildung 1: Beispiel eines festen Düngers (Volldünger blau) mit Nährstoffzusammensetzung

Experiment 2.1: Adsorption von Ammonium- und Nitrat- Ionen im Boden

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Beobachtung

Notiere kurz deine Beobachtungen in untenstehender Tabelle.

Mögliche Werte könnten sein:

	Ammoniumgehalt in mg/L	Nitratgehalt in mg/L
Vor der Filtration	50	250
Nach der Filtration	25	250

Auswertung

Vergleiche die gemessenen Werte und schätze ein, wie gut Ammonium- und Nitrat-Ionen vom Boden adsorbiert werden. Ziehe Schlussfolgerungen für eine eventuelle Ammonium- und Nitratbelastung des Grundwassers.

Durch den Kies-Sand-Filter wird die Konzentration an Ammonium-Ionen der Wasserprobe verringert. Dabei wirken Kies und Sand als Adsorbentien. Deswegen bleibt ein Teil der gelösten Ammonium-Ionen an der Feststoffoberfläche der Kies- und Sandschicht haften. Dieser Vorgang wird als Adsorption bezeichnet.

Im Gegensatz zu Ammonium wird Nitrat von den Kies- und Sandteilchen nicht adsorbiert. Daher ändert sich die Konzentration der Nitrat-Ionen

nach dem Durchlaufen des Kies-Sand-Filters nicht. Deswegen besteht die Gefahr, dass Nitrat im Laufe der Zeit mit dem Sickerwasser ins Grundwasser gelangt.

Experiment 2.1: Nitratentfernung durch Ionenaustausch

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Beobachtung

Notiere kurz deine Beobachtungen in untenstehender Tabelle.

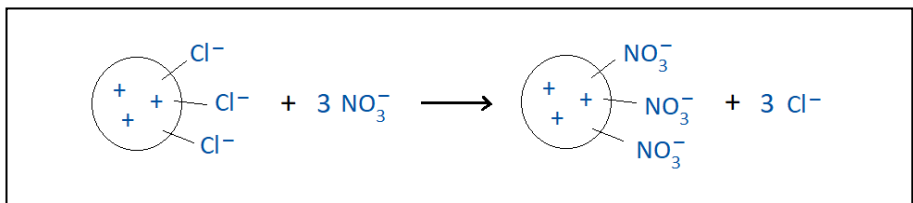
Mögliche Werte könnten sein:

	Nitratgehalt in mg/L
Vor der Behandlung mit dem Ionenaustauscher	250
Nach der Behandlung mit dem Ionenaustauscher	0

Auswertung


Formuliere die schematische Entsalzung mithilfe der Informationen und der Auswertung für diesen Versuch.

Hinweis: Bei diesem Versuch wurde ein Anionenaustauscher in Cl^- -Form verwendet, sodass die Chlorid-Ionen des Ionenaustauschers mit den Nitrat-Ionen der Wasserprobe ausgetauscht werden.



Zusatzmaterial zu Station 2: Herstellung der Wasserprobe

Sicherheitshinweise

Name	Gefahrensymbol	Signalwort	Hinweise
Ammoniumnitrat		Achtung	<ul style="list-style-type: none">• Kann Brand verstärken; wirkt als Oxidationsmittel.• Verursacht schwere Augenschäden.

Materialien

- Verschließbare Flasche
- Messkolben mit Stopfen (1000 mL)
- Wägeschälchen
- Waage
- Spatel

Chemikalien

- Ammoniumnitrat
- Destilliertes Wasser

Aufbau und Durchführung

1. Die Flasche wird mit „Wasserprobe“ beschriftet.
2. Es werden 0,3 g Ammoniumnitrat abgewogen und in den Messkolben gegeben.
3. Der Messkolben wird bis zur 1000 mL-Markierung mit destilliertem Wasser aufgefüllt und das Ammoniumnitrat durch Schwenken gelöst.
4. Die Lösung wird in die Flasche „Wasserprobe“ gegeben.

Anmerkung: Die Wasserprobe enthält auf diese Weise 300 mg/L Ammoniumnitrat (67,5 mg/L Ammonium und 232,5 mg/L Nitrat).

Vertiefung 3.1: Wie viel Nitrat nehme ich auf?

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Berechne deine tägliche Nitrat-Aufnahme anhand folgender Tabelle:

Lebensmittel	Nitrat-Gehalt pro kg	Deine tägliche Aufnahme / kg	Nitrat-Aufnahme / mg
Gemüse mit hohem Nitrat-Gehalt (z.B. Salat, Spinat, Grünkohl, Weißkohl, Chinakohl, Wirsing, Rote Beete, Radieschen)	Ca. 1.500 mg	0,1	150
Gemüse mit mittlerem Nitrat-Gehalt (z.B. Karotten, Kohlrabi, Sellerie, Blumenkohl, Lauch, Auberginen, Zucchini)	Ca. 750 mg	0,2	150
Gemüse mit geringem Nitrat-Gehalt, Obst, Getreide und Kartoffeln (z.B. Erbsen, Gurken, Grüne Bohnen, Paprika, Tomaten, Rosenkohl, Zwiebeln)	Ca. 150 mg	0,3	45
Käse, Buttermilch und Joghurt (z.B. Tilsiter, Edamer oder Gouda)	Ca. 30 mg	0,32	9,6
Fleisch	Ca. 15 mg	0,3	4,5
Trinkwasser	Ca. 12 mg	2	6

$$\cdot \quad = \quad 365 \text{ mg}$$

Schätze die Höhe deiner täglichen Nitrataufnahme hinsichtlich der Richtwerte der WHO ein. Beschreibe, wie Verbraucher ihre Nitrataufnahme reduzieren können.

Das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit nennt einige Möglichkeiten, wie Verbraucher die Aufnahme von Nitrat beeinflussen können:

- Gemüse kaufen, das nicht in Gewächshäusern, sondern im Freiland herangezogen wird, da dort generell weniger Nitrat enthalten ist.
- Gemüse aus dem eigenen Anbau am Abend ernten, nicht am Morgen.
- Nitratärmere Gemüsesorten kaufen
- Generell auf eine abwechslungsreiche Gemüseauswahl achten.
- Nitratreiche Speisen mit Lebensmitteln kombinieren, die viel Vitamin C enthalten, da Vitamin C die Bildung von Nitrosaminen hemmt.
- Gemüse gründlich waschen und nitratreiche Bestandteile wie Stängel, Blattrippen und äußere Hüllblätter entfernen.
- Gemüse blanchieren oder kochen und das Kochwasser entfernen, da Nitrat wasserlöslich ist.

Experiment 5: Stickoxid- Nachweis im Marmeladenglas

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Beobachtung

Notiere kurz deine Beobachtungen und ergänze die Tabelle.

Beim Abbrennen der untersuchten Gegenstände sowie beim Plasmafeuerzeug bilden sich braune Gase, welche sich im Marmeladenglas sammeln. Sobald die Teststäbchen in das Marmeladenglas gehalten werden, färbt sich das Feld für Nitrat pink.

Mögliche Werte:

Untersuchter Gegenstand	Gemessener Nitratwert (in mg/L)
Kerze/Teelicht	50
Wunderkerze	> 500
Plasmafeuerzeug	250
...	...
...	...

Auswertung

Sortiere anhand deiner Beobachtungen die untersuchten Gegenstände entsprechend ihrer Stickoxid-Emission. (1 = höchste Emission, 5 = geringste Emission)

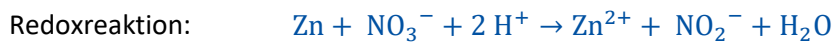
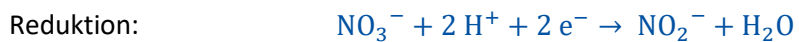
1. Wunderkerze
2. Plasmafeuerzeug
3. Kerze/Teelicht

4. ...

5. ...

Zusatzaufgabe (Ab Klasse 11)

Um die entstehenden Nitrate nachzuweisen, werden diese auf dem Teststäbchen im sauren Milieu mit elementarem Zink zu Nitrit reduziert. Stelle die Redoxgleichung (samt Teilgleichungen) für die Reaktion auf.



Experiment 6.1: Abgasnachbehandlung nach dem SCR- Verfahren

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Beobachtung

Notiere kurz deine Beobachtungen und ergänze die Tabelle.

Nachdem die Harnstofflösung erhitzt wurde, färbt sich das pH-Papier durch das aufsteigende Ammoniak blau. Die im Anschluss durch den Versuchsaufbau geleiteten Gase (Stickoxide und Luft) färben das Saltzman-Reagenz leicht rosa, was auf eine geringe Stickoxid-Konzentration hinweist. Die Blindprobe ohne Ammoniak-Zufuhr ergibt eine deutlich intensivere Pink-Färbung, also eine höhere Stickoxid-Konzentration in den Gasen.

	Färbung des Saltzman-Reagenzes
Mit erhitzter Harnstofflösung	Leicht rosa
Blindprobe	Pink

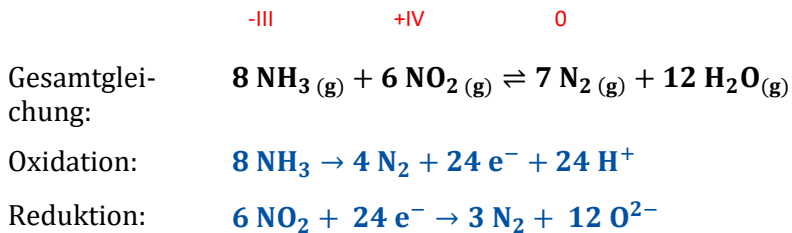
Auswertung

Erläutere, welche Schadstoffe mithilfe des SCR-Katalysators reduziert werden können und welche nicht. Nehme hierbei Bezug auf die Temperaturabhängigkeit der Katalysatorwirkung und auf den Verbrauch der Harnstofflösung.

Mithilfe des SCR-Katalysators können Stickoxide zu molekularem Stickstoff reduziert werden, sodass die Stickoxid-Konzentration deutlich sinkt. Am effektivsten ist der SCR-Katalysator bei Temperaturen von 170 °C bis 300 °C, da durch das 1:1-Verhältnis von NO und NO₂ nur geringe Mengen der Harnstofflösung zur Umsetzung notwendig sind. Weitere Schadstoffe wie beispielsweise Kohlenstoffdioxid, Kohlenwasserstoffe oder Feinstaub können nicht durch den SCR-Katalysator reduziert werden.

Zusatzaufgabe (ab Klasse 12)

Stelle anhand der Oxidationszahlen beide Teilgleichungen der folgenden am SCR-Katalysator stattfindenden Redoxreaktion auf. Begründe anhand der Teilgleichungen, woher die Bezeichnung „Selektive Katalytische Reduktion“ stammt.



Bezeichnung: Bei der Reaktion am SCR-Katalysator werden die unerwünschten Stickoxide (hier Stickstoffdioxid) zu unschädlichem molekularem Stickstoff reduziert.

Experiment 7: Stickoxide vs. Pflanzen

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Beobachtung

Notiere kurz deine Beobachtungen. Beachte dabei sowohl das Aussehen der Pflanzen als auch die Farbe der zugesetzten Lösung.

Nach Zugabe des Stickoxid-Gases verfärbt sich die Kresse braun und fällt in sich zusammen. Am Gefäßrand des Schnapdeckelglases sammelt sich Wasser. Das Moos verfärbt sich ebenfalls leicht braun. Die Lösung nimmt in dem Schnapdeckelglas mit Moos nach Zugabe des Saltzman-Reagenzes eine leichte Violettfärbung an, in dem Schnapdeckelglas mit Kresse verfärbt sie sich stark violett.

Auswertung

Begründe anhand der Beobachtungen, welche Pflanzen sich zur Luftreinigung eignen und welche Pflanzen durch die Stickoxid-Belastung beschädigt werden. Nimm dabei Bezug zur Information auf Seite 1.

Moose sind - wie der Versuch zeigt - in der Lage, die Stickoxidkonzentration zu verringern, da sie die Stickoxide aus der Luft mithilfe ihrer großen Blattoberfläche als Nährstoff nutzen können. Bei zu hohen Stickoxidkonzentrationen sind Stickoxide jedoch auch schädlich für Moose, was an der Braunfärbung ebendieser zu erkennen ist. Die Verringerung der Stickoxidkonzentration durch Kresse ist vergleichsweise gering. Darüber hinaus ist die Schädigung der Kresse, insbesondere der Wasserverlust, deutlich höher, was sich durch das Zusammenfallen der Kresse sowie durch das Ansammeln des Wassers am Gefäßrand zeigt.

Der Versuch, in Stuttgart mit Mooswänden die Stickoxidkonzentration zu verringern, ist nach den ersten Erkenntnissen gescheitert. Stelle Hypothesen über mögliche Ursachen auf.

Mögliche Antworten sind:

Einerseits kann die hohe Stickoxidkonzentration am Straßenrand zu einer Schädigung der Pflanzen führen. Andererseits können weitere Umwelteinflüsse wie eine zu starke Sonneneinstrahlung oder zu geringe Regenmengen ebenfalls das Moos schädigen. Dabei ist die Bewässerung der senkrechten Mooswände besonders schwierig (siehe Abbildung 2), sodass das Moos letztendlich austrocknet.

Zusatzmaterial zu Station 7: Herstellung des Saltzmann- Reagenzes

Sicherheitshinweise

Tragen Sie zum Experimentieren eine **Schutzbrille** und **Schutzhandschuhe**!



Name	Gefahrensymbol	Signalwort	Hinweise
Essigsäure		Gefahr	<ul style="list-style-type: none"> • Flüssigkeit und Dampf entzündbar. • Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. • Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
N-(1-Naphthyl)ethylen-diamin Dihydrochlorid		Achtung	<ul style="list-style-type: none"> • Verursacht Hautreizungen und schwere Augenreizung.
Sulfanilsäure		Achtung	<ul style="list-style-type: none"> • Verursacht schwere Augenreizung und Hautreizungen. • Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
Nitrose Gase		Gefahr	<ul style="list-style-type: none"> • Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel • Lebensgefahr beim Einatmen • Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden

			<ul style="list-style-type: none"> • Wirkt ätzend auf die Atemwege
--	--	--	---

Materialien

- Erlenmeyerkolben
- Uhrglas
- Waage
- Spatel
- Messzylinder

Chemikalien

- Sulfanilsäure
- N-(1-Naphthyl)ethylendiamin Dihydrochlorid
- Essigsäure
- destilliertes Wasser

Versuchsdurchführung

Lösen Sie 0,5 g Sulfanilsäure, 0,005 g N-(1-Naphthyl)ethylendiamin Dihydrochlorid und 5 mL Essigsäure in 100 mL destilliertem Wasser im Erlenmeyerkolben. Verschließen Sie den Kolben fest.

Anmerkung: Die Lösung muss frisch angesetzt werden, da bereits geringe Mengen NO_x beispielsweise aus der Luft, zu einer Rotfärbung der Lösung führen. Verschließen Sie daher den Kolben nach jedem Öffnen schnell und fest.



Entsorgung

Reste des Saltzman-Reagenzes dürfen im Abfluss entsorgt werden.

Experiment 8: Mein Stickstoff - Fußabdruck

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Aufgabe 1:

Nenne Aspekte, die einen besonders großen Einfluss auf den Stickstoff-Fußabdruck haben.

- Am meisten Einfluss hat die Ernährung, insbesondere der Konsum von Fleisch
- Mit dem Flugzeug in den Urlaub fliegen
- Fahren von Diesel-Fahrzeugen

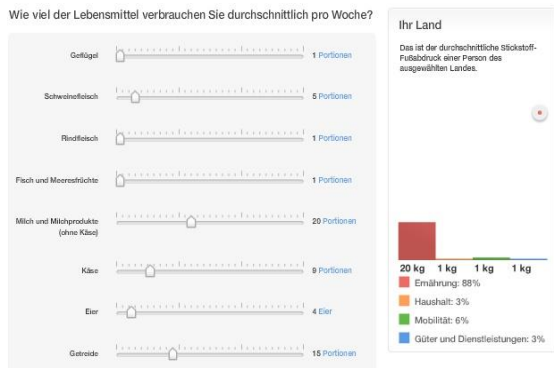


Abbildung 2: Ausschnitt des "N-Calculators" zur Berechnung des persönlichen Stickstoff-Fußabdrucks

Aufgabe 2:

Beschreibe Möglichkeiten, wie du mit deinem persönlichen Lebensstil der Stickstoffproblematik entgegenwirken kannst.

- Vegetarische oder sogar vegane Ernährung
- Verzicht auf Flugverkehr
- Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und Fahrrad

Aufgabe 3:

Diskutiert als Gruppe die Umsetzbarkeit dieser Maßnahmen. Berücksichtigt dabei folgende Fragen:

- Inwiefern lassen sich die Maßnahmen in euren Alltag integrieren?
- Wie wirkt sich das auf eure Lebensqualität aus?
- Worauf könnte man noch achten (Stichwort „Wegwerfgesellschaft“)?

- Konsum regionaler Produkte, um lange Verkehrswege zu vermeiden
- Stickstoff-Fußabdruck lässt sich nicht auf null reduzieren, insbesondere im Bereich der Ernährung
- Verzicht ist möglich (v. a. beim Konsum tierischer Eiweiße), aber fällt nicht immer leicht
- (Fern-)reisen werden ebenfalls häufig als Teil von Lebensqualität angesehen, sollten aber überdacht werden
- „Wegwerfgesellschaft“:
 - Slow Fashion statt Fast Fashion
 - Weniger Lebensmittelverschwendung (in Deutschland fallen jährlich pro Person durchschnittlich 80 kg Lebensmittelabfälle an, ein beträchtlicher Anteil hiervon wäre vermeidbar)
 - Reparatur statt Neukauf

Vertiefung A: Teilflächenspezifische Düngung

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Aufgabe 1:

Für die teilflächenspezifische Düngung gibt es verschiedene Sensortypen unterschiedlicher Hersteller. Eine mögliche Sensortechnik wird im folgenden Video beschrieben.

<https://www.youtube.com/watch?v=06SG1y5QGcw>



Schaut euch als Gruppe das Werbevideo an und beschreibt stichpunktartig, wie teilflächenspezifische Düngung von Stickstoff funktionieren kann.

Über spezifische Stickstoff-Sensoren, die auf dem Dach eines Traktors platziert werden, lässt sich der jeweilige Stickstoffgehalt des Bodens bestimmen. Die erforderliche Düngemenge kann daraufhin spezifisch angepasst werden. Außerdem können ganze Ackerfelder digital erfasst und durch die Entnahme von Bodenproben entsprechende Nährstoffkarten erstellt werden, die z. B. Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumgehalte der einzelnen Teilstücke darstellen. Diese Daten können in die Einstellungen des Düngerverteilers am Traktor eingespeist und die Düngung somit angepasst werden.



Abbildung 3: Traktor mit Stickstoff-Sensor auf dem Dach für eine teilflächenspezifische Düngung (Agricon GmbH)

Vertiefung B: Manipulation bei Diesel – Abgasen

Arbeitsblatt - Musterlösung

Name:

Datum:

Rechercheauftrag: Der Diesel-Abgasskandal

Recherchiere die Funktionsweise der Manipulationssoftware und notiere deine Ergebnisse. Beziehe folgende Begriffe in die Recherche ein: Harnstoff/AdBlue, Prüfstand

Mithilfe einer Manipulationssoftware lässt sich erkennen, ob sich das Fahrzeug im normalen Fahrbetrieb oder im Testbetrieb auf dem Prüfstand befindet. Ist das Fahrzeug auf dem Prüfstand, so wird der Stickoxid-Ausstoß durch ein erhöhtes Einsprühen von Harnstoff beziehungsweise AdBlue reduziert, sodass die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten werden können. Wenn sich das Fahrzeug jedoch im normalen Fahrbetrieb befindet, wird der Harnstoff-Verbrauch durch eine Abschaltvorrichtung verringert, sodass die Stickstoff-Emission den gesetzlichen Grenzwert deutlich überschreitet.

