

Photometrische Nitratbestimmung



Einführung

Nitrat – dieses Wort taucht immer im Zusammenhang mit dem Trinkwasser im Sprachgebrauch und in den Medien auf. Es hat oft einen negativen Beigeschmack, weil zu hohe Nitratwerte gesundheitsschädlich sein können.

Nitrat als Anion (NO_3^-) gehört zu den wasserlöslichen Salzen der Salpetersäure, die natürlicherweise im Boden vorkommen. Für die Organismen ist Stickstoff als Bestandteil der DNA essentiell. Nitrat dient den Pflanzen als Nährstoff. Daher ist in Düngemitteln meist Nitrat enthalten. In Regionen mit hohem Anteil an Tierhaltung in der Landwirtschaft entstehen riesige Mengen an Tiergülle, die ihrerseits auch Stickstoff enthält. Deshalb kann die Gülle erneut als Dünger auf dem Feld ausgebracht werden. So gelangt der Stickstoff in den Boden und weiter ins Grundwasser. In Deutschland werden ca. 75 % des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen, je nach Region ist der Prozentsatz jedoch unterschiedlich. Im Kreis Kleve entsteht das Trinkwasser zu 97 % aus Trinkwasserbrunnen und resultiert daher aus Grundwasser.

Nach der Trinkwasserverordnung werden bis 50 mg/l Nitrat im Trinkwasser als unbedenklich eingestuft. Die Gefährdung durch hohe Nitratwerte trifft dabei hauptsächlich Neugeborene und Babys im ersten Lebensjahr. Säuglinge produzieren weniger Magensäure als ältere Kinder und besitzen dadurch ein anderes Mikrobiom im Darm. Dadurch kann eine hohe Nitratexposition im Darm zur Reduktion zu Nitrit führen. Nitrit gelangt ins Blut und sorgt dafür, dass der rote Blutfarbstoff Hämoglobin zu Methämoglobin oxidiert wird. Methämoglobin kann jedoch keinen Sauerstoff binden, die Säuglinge können nicht genügend Sauerstoff durch ihre Atmung ins Blut aufnehmen (Säuglingscyanose bzw. „blue infant syndrome“). Mit zunehmenden Lebensstagen nimmt bei den jungen Säuglingen der Anteil an fetalem Hämoglobin, kontinuierlich ab und erreicht mit ca. 6 Lebensmonaten die Werte eines Erwachsenen. Erwachsene besitzen zudem einen hohen Spiegel des Enzyms Methämoglobinreduktase, das die Reduktion von Methämoglobin zu Hämoglobin katalysiert. Dadurch kann sich der Anteil von Methämoglobin im Blut der Neugeborenen noch verstärken.

Wird der Grenzwert des Nitrats im Trinkwasser nicht überschritten, treten die Gefährdungen für die Säuglinge nicht auf.

Nitrat lässt sich auf verschiedene Art und Weise bestimmen: einerseits kann man mit einem Schnelltest, der im Aquarien- oder Laborhandel schnell und günstig zu beziehen ist, innerhalb weniger Minuten die Größenordnung des Nitratgehalts einer Wasserprobe durch eine Farbreaktion abschätzen. Möchte man beispielsweise auf einer Exkursion mit Schülerinnen und Schülern die Wasserqualität bestimmen, eignet sich diese Variante gut zur Messung des Nitratgehalts.

Möchte man aber mit Schülerinnen und Schülern einmal im Labor arbeiten, so empfiehlt es sich, die Nitratgehalte von Wasserproben photometrisch und damit genauer zu detektieren. Leider sind nicht alle Schulen mit einem Photometer ausgerüstet, das auf einer Wellenlänge von 535 nm die Extinktion messen kann, damit ergibt natürlich eine Limitierung.

Beim Vorhandensein eines Photometers ist die hier beschriebene Untersuchung jedoch leicht und einfach durchzuführen, sodass sich auch im Labor ungeübte Lehrkräfte mit ihren Schülerinnen und Schülern an dieser Untersuchung erproben können.

Der Schwerpunkt dieser Untersuchung liegt also im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung, nämlich der Durchführung einer Laboruntersuchung, der Erhebung von Daten und deren Auswertung nach Abschluss.

LABORSICHERHEIT

Für diese Untersuchung werden einige Chemikalien benötigt. Bei den meisten handelt es sich um so genannte „bulk chemicals“, also Verbindungen, die normalerweise zum Standard einer Chemiesammlung gehören und dort sicher anzutreffen sind. Sulfanilsäure und Naphtylamin sind hingegen nicht immer in einer Schule anzutreffen, diese Chemikalien müssen vorher im Chemikalienhandel beschafft werden.

Einige der Chemikalien bedürfen des vorsichtigen Umgangs, was deren Handhabung und Entsorgung angeht. Naturwissenschaftlich vorgebildete Lehrer können jedoch dieses Experiment in der Schule mit Schülerinnen und Schülern durchführen, sofern normale Laborstandards eingehalten werden (Schutzkleidung, fachgerechte Handhabung und Entsorgung der Chemikalien).

Zink und Naphtylamin gehören nach dem Experiment in die Chemikalienentsorgung und NICHT in den Abfluss.

TIPPS UND TRICKS

Es empfiehlt sich, das zur Verfügung stehende Zeitbudget vorher gut abzuschätzen. Es ist möglich, dass die Schülerinnen und Schüler alle Chemikalienlösungen selbst herstellen, die Standards vorbereiten und auch selbstständig die Eichkurve zur Nitratbestimmung erstellen. Wenn die Lerngruppe alle Arbeiten selbst durchführen soll, müssen mindestens 3 Doppelstunden veranschlagt werden.

Steht weniger Zeit zur Verfügung, kann die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern Arbeit gestaffelt abnehmen, beispielsweise die Standards herstellen, die Eichkurve im Vorfeld berechnen oder sogar die benötigten Chemikalienlösungen mischen. In der am wenigsten Zeit benötigenden Variante sind alle Lösungen gemischt, und die Schülerinnen und Schüler führen nur noch die eigentliche Bestimmung ohne die Messung der Standards durch. In diesem Falle muss die Lerngruppe nur noch ihre Wasserproben 1:10 verdünnen.

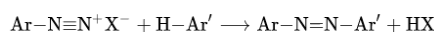
Es empfiehlt sich in jedem Falle, die Wasserproben unverdünnt und mit Verdünnung 1:10 durchlaufen zu lassen, da manche Photometer hohe Extinktionswerte nicht messen können und demzufolge nur verdünnte Proben reliable Ergebnisse liefern. Verwendbar sind alle Oberflächengewässer (weiß man schon vorher, dass ein hoher Nitratwert anzutreffen wird, kann auch 1:100 verdünnt werden), selbst Mineralwässer können getestet werden. Wichtig ist es in jedem Fall, dass die Naphtylaminlösung verschlossen, am besten dunkel und nicht zu lange aufbewahrt wird, da sie mit der Zeit eine violette Farbe annimmt. Wichtig ist noch zu erwähnen, dass alle Glasgefäße sauber sein müssen und am allerbesten vor der Nutzung mit destilliertem Wasser ausgespült werden, da bekanntlich auch Leitungswasser bisweilen hohe Nitratkonzentrationen enthält. Hier soll das eigentliche Ergebnis der Wasserprobe nicht verfälscht werden.

CHEMIE DER UNTERSUCHUNG IN KURZFORM

Zunächst wird ein alkalisches Milieu durch die Zugabe von NaOH hergestellt. Durch die Zugabe von Zink werden die Nitrationen zu Nitrit reduziert.

Im nächsten Schritt reagieren in saurer Lösung (Essigsäurezugabe) die Nitrit-Ionen mit Sulfanilsäure zu einem Diazoniumsalz ($\text{Ar-N}_2^+ \text{X}^-$). Ar steht für eine organische Arylgruppe und X^- für ein unbestimmtes Anion.

Schließlich entsteht durch die Zugabe von α – Naphtylamin über eine Azo-Kupplung der rotviolette Farbstoff.



Es ist vermutlich nicht zielführend, die Schülerinnen und Schüler in die Chemie dieser Verbindungen einzuführen, sondern der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Durchführung, der Auswertung und der anschließenden Interpretation.



Einstieg

Der Einstieg kann erfolgen, indem die Lehrkraft einen Artikel aus der Rheinischen Post vom 21.6.21 vorlegt. Im Zuge der Corona-Pandemie haben viele Menschen beschlossen, den eigenen Garten verstärkt zu nutzen. Kennen sie auch die Qualität des darin verwendeten Gießwassers? Insbesondere Nitrat kann sich hier als Problem erweisen. Daher ist es gut, den Nitratgehalt einer Wasserprobe zu bestimmen. Dies kann recht einfach selbst durchgeführt werden.



Chemietechniker Hans Josef Beutler untersucht eine Brunnenwasserprobe im Labormobil vom VSR-Gewässerschutz.
Foto: Anja Roth

Straelen. Wer seine Gemüsepflanzen mit Wasser aus dem eigenen Brunnen gießen möchte, sollte auf Nummer sicher gehen. Der VSR-Gewässerschutz ist am 30. Juni auf dem Markt.



Für Gartenbesitzer wird Brunnenwasser immer wichtiger. Gerade in der Corona-Pandemie haben viele Menschen die Freude am Gemüsebau entdeckt und festgestellt, dass das Planschbecken den Besuch im Freibad ersetzen kann. „Bevor jedoch das Wasser aus dem eigenen Brunnen zum Gießen von Gemüse oder zum Planschen verwendet wird, raten wir dringend zu einer Untersuchung, um Gesundheitsgefahren auszuschließen“, so Susanne Bareiß-Gilzow, Vorsitzende des VSR Gewässerschutz. Das Grundwasser könne durch die intensive Landwirtschaft mit Nitrat und Pestiziden belastet sein. Eine weitere Gefahr stellten Krankheitserreger dar, die durch verschiedene Einflüsse ins Brunnenwasser geraten können.

Die gemeinnützige Organisation VSR Gewässerschutz bietet am Mittwoch, 30. Juni, auf dem Marktplatz in Straelen eine Untersuchung des eigenen Brunnenwassers an. Wasserproben können von 10 bis 12 Uhr am Labormobil bei Chemietechniker Hans Josef Beutler und Milan Toups abgegeben werden. Eine Grunduntersuchung auf den Nitrat-, Säure- und Salzgehalt wird gegen eine Kostenbeteiligung von zwölf Euro angeboten. Diese Untersuchung wird bereits vor Ort vorgenommen, so dass die Bürger ihre Ergebnisse schon gegen Ende der Aktion abholen können. Unter Einhaltung der Corona-Maßnahmen ist auch dieses Jahr wieder eine ausführliche Beratung am Informationsstand möglich. Gegen eine weitere Kostenbeteiligung werden die Wasserproben auf weitere Parameter und Bakterien untersucht. Das Team vom VSR-Gewässerschutz erstellt nach dieser Analyse ein ausführliches Gutachten, das dann nach zwei bis drei Wochen mit der Post zugesendet wird.



Sozialform

Für die Durchführung sind sowohl Partnerarbeit als auch die Arbeit in Kleingruppen am besten geeignet.



Kompetenzerwerb gemäß Kernlehrplan NRW Biologie / Chemie für Sek II

E2 Wahrnehmung und Messung

Beobachtungen und Messungen, auch mithilfe komplexer Apparaturen, sachgerecht erläutern.

E4 Untersuchungen und Experimente

Experimente mit komplexen Versuchsplänen und -aufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien (Sicherheit, Messvorschriften, Variablenkontrolle, Fehleranalyse) durchführen.

E5 Auswertung

Daten und Messwerte qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.

Die Schülerinnen und Schüler führen eine Untersuchung zum Nitratgehalt verschiedener Wasserproben durch, erstellen eine Eichgerade und leiten daraus die Nitratkonzentration einer Wasserprobe ab. Sie interpretieren die erhaltenen Nitratwerte in Bezug auf die Verwendung der jeweiligen Wasserprobe im eigenen Garten.



Zusätzliches Material

Nitratstudie des BUND (Zusammenhang Landwirtschaft, Nitrat und Grundwasser)

<https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/nitrat-im-trinkwasser/>



Quellen

Rheinische Post: Umweltaktion in Straelen. Brunnenwasser kann in Straelen getestet werden. Verfügbar unter: https://rp-online.de/nrw/staedte/geldern/der-verein-vsr-gewaesserschutz-bietet-in-straelen-am-30-juni-tests-an_aid-59987651 (12.07.2021)

Pfeiffer, S. & Pecher, K. (1997): Experimentelle aquatische Chemie. Spektrum, Heidelberg.

Chemie.de: Lunges Reagenz. Verfügbar unter:

https://www.chemie.de/lexikon/Lunges_Reagenz.html
(12.7.2021)