SCHOOL-SCOUT.DE

**Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form**

# Auszug aus:

*Nachweis von Ammoniumkationen im Dünger mit der 2-4-Alle-Methode*

**Das komplette Material finden Sie hier:**

School-Scout.de

# Nachweis von Ammoniumkationen im Dünger mit der 2-4-Alle-Methode

Torsten Witteck, Bielefeld Ingo Eilks, Bremen

**Niveau:** Sek. II

**Dauer:** 2–3 Stunden

**Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler[1] können …

- die Brønsted-Säure-Base-Theorie anwenden, die Übergänge von Protonen in der Säure-Base-Chemie erläutern und Hydroxid-Anionen mithilfe von Universalindikatorpapier nachweisen.
- zu einer gegebenen Problemstellung wissenschaftliche Fragen formulieren, einen geeigneten Versuch entwickeln, planen und selbstständig durchführen, Beobachtungen und Ergebnisse protokollieren und auswerten.
- gesundheitliche Gefahren durch verschiedene Stoffe einschätzen, diskutieren und bewerten.
- chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen und erklären.
- Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen herstellen und Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt übersetzen.
- den Verlauf und die Ergebnisse eigener Arbeit dokumentieren und situationsgerecht und adressatenbezogen präsentieren und fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren, eigene Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und Einwänden vertreten.
- Arbeit im Team selbstkritisch reflektieren, planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren.
- fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten nutzen, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen.
- chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge einbinden und Lösungsstrategien entwickeln und anwenden.

**Der Beitrag enthält Materialien für:**

✓ Offene Unterrichtsformen (2-4-Alle-Methode) ✓ Schülerarbeitsblätter

✓ Lernerfolgskontrolle



[1] Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

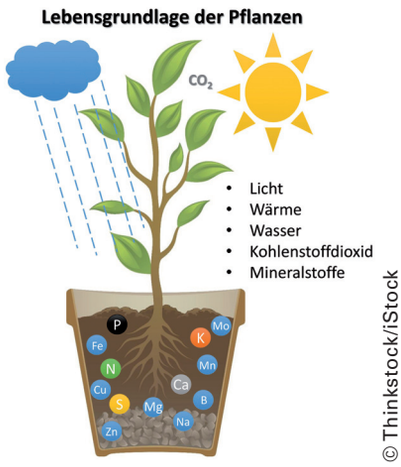
II/D

## Hintergrundinformationen

Die Lebensgrundlagen von Pflanzen sind neben Licht, Wärme, Wasser und Kohlenstoffdioxid auch bestimmte Mineralstoffe. Für ein gutes Wachstum, insbesondere in künstlichen Umgebungen, sind Dünger für das Wachstum von Pflanzen von besonderer Bedeutung.

Auf Flächen, auf denen Pflanzen absterben und die Verrottungsprodukte dem Boden wieder zur Verfügung stehen, sind Mineralstoffe aus den alten Pflanzen für neue Pflanzen wieder verfügbar.

In der Landwirtschaft oder im kleinen Maßstab, etwa Blumentöpfen und Balkonkästen, werden die Pflanzen allerdings geerntet bzw. vollständig entfernt. Das hat zur Folge, dass die lebensnotwendigen Mineralstoffe nicht mehr für die Bildung neuer Pflanzen zur Verfügung stehen. Die Böden würden folgendermaßen veröden, wenn nicht Mineralien über Mineraldünger dem Boden zugeführt würden.




© Thinkstock/iStock

Abb. 1: Lebensgrundlagen der Pflanzen

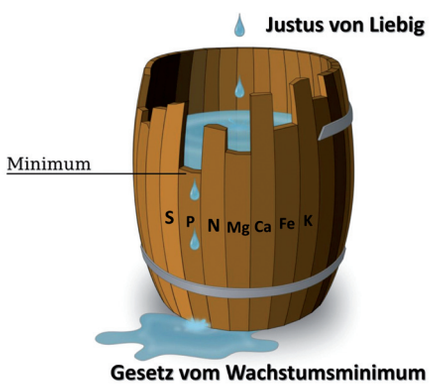



Abb. 2: Liebig-Tonne

**Justus von Liebig** (1803–1873) entdeckte, dass die für das Wachstum notwendigen Nährsalze für die Aufnahme durch Pflanzen in einem ganz bestimmten Verhältnis vorliegen müssen. Liebig entdeckte allerdings auch, dass der in der geringsten Menge vorhandene Stoff die Entwicklung und das Wachstum der Pflanzen begrenzt. Wenn ein Salz in einem geringeren Anteil vorhanden ist, kann es nicht durch den Überschuss eines anderen Salzes ersetzt werden. Dieser Zusammenhang wird als das **Gesetz vom Wachstumsminimum** bezeichnet. Die **Liebig-Tonne** stellt das Gesetz grafisch dar (Abbildung 2). Das heißt, dass es insbesondere für die Landwirtschaft wichtig ist zu wissen, welche Mineralstoffe sich im Dünger befinden müssen, um eine optimales Pflanzenwachstum zu gewährleisten.

Die sich unter verschiedenen Ionen im Dünger befindlichen Ammoniumkationen sind ein wichtiger Mineralstoff für das Wachstum von Pflanzen. Diese können in üblichen Düngerzusammensetzungen in der Regel nachgewiesen werden. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, Ammoniumkationen nachzuweisen. Z. B. kann dies direkt aus der Substanz durch Erhitzen geschehen. Beim Erhitzen zersetzen sich die Ammoniumsalze und es bildet sich Ammoniak. Ammoniak kann dann mittels Indikatorpapier nachgewiesen werden

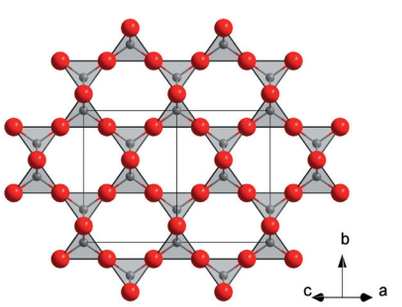



Abb. 3: Struktur des Cristobalits

$$(NH_4)H_2PO_4 \xrightarrow{\Delta} NH_3\uparrow + H_3PO_4$$

Eine weitere Möglichkeit ist der Nachweis durch Neßlers-Reagenz. Zu einer Düngerprobe wird etwas des Neßlers-Reagenz und ebenfalls etwas Natronlauge gegeben. Hierbei bildet sich das Iodsalz der Millonschen Base. Eine Braunfärbung oder ein brauner Niederschlag weist die Anwesenheit von Ammoniumionen nach. In der Millonschen Base ist jedes Stickstoffatom tetraedrisch von vier $Hg^{2+}$-Kationen umgeben. Es liegt ein dreidimensionales Gitter des Cristobalit-Typs vor (s. Abbildung 3). In den Hohl-

räumen befinden sich die Iodidionen und Hydratwasser. Die Raumnetzstruktur ist die Anti-Cristobalit-Struktur, hier wird Quecksilber durch zwei Stickstoff-Liganden linear koordiniert.

$$2\ [HgI_4]^{2-}{}_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)} + 4\ OH^-{}_{(aq)} \rightarrow \underset{\text{orange/braun}}{[Hg_2N]I_{(s)}\downarrow} + 4\ H_2O_{(l)} + 7\ I^-{}_{(aq)}$$

Für die Praxis existieren auch Schnelltests. Mit einem Schnelltest lässt sich schnell und einfach ein Ergebnis ermitteln. Ein weiterer Nachweis ist die Berthelot-Reaktion. Die Reaktion läuft bei einem pH-Wert von 13 ab, sodass das Gleichgewicht auf der Seite von Ammoniak liegt. Das Ammoniak reagiert dann mit Hypochlorit zu Monochloramin.

Folgende Reaktion läuft bei einem pH-Wert von 13 ab:

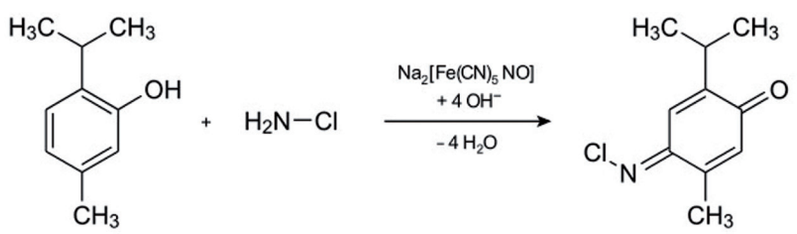
$$NH_4^+ + OH^- \leftrightarrows NH_3 + H_2O$$

Das Gleichgewicht liegt auf der Seite von Ammoniak.

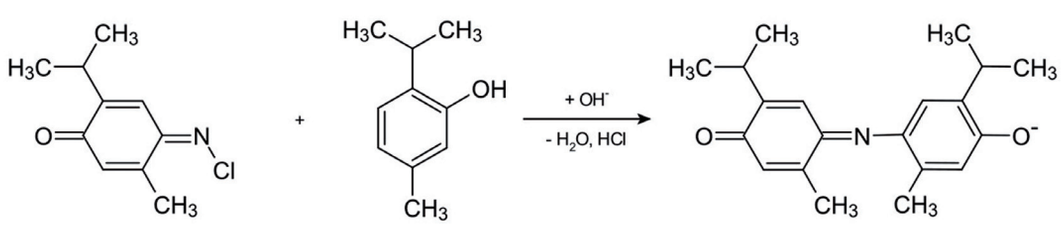
$$NH_3 + OCl^- \rightarrow NH_2Cl + OH^-$$

Ammoniak reagiert mit Hypochlorit zu Monochloramin

Das Monochloramin reagiert dann katalytisch weiter mit Thymol zu *N*-Chlor-2-isopropyl-5-methylchinonmonoimin.




Das *N*-Chlor-2-isopropyl-5-methylchinonmonoimin reagiert mit Thymol weiter zu blauem Indophenol. Die Konzentration lässt sich dann photometrisch bestimmen. Das Extinktionsmaximum liegt bei 690 nm.




Für die Schulpraxis ist ein relativ einfacher Versuch einsetzbar. Eine kleine Menge an Pflanzendünger (fest) wird auf einem Uhrglas platziert. Der Pflanzendünger wird mit Natronlauge beträufelt. Im ersten Schritt reagieren die Ammoniumkationen mit den Hydroxid-Anionen zu Ammoniak.

$$NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightarrow NH_{3\,(g)}\uparrow + H_2O_{(l)}$$

Die gasförmigen Ammoniakmoleküle steigen auf. Ein zweites Uhrglas wird mit einem angefeuchteten Indikatorpapier umgekehrt auf das erste Uhrglas gelegt. Das Ammoniak reagiert mit Wasser zu Ammoniumkationen und Hydroxid-Anionen. Die Hydroxid-Anionen färben das Universalindikatorpapier.

$$NH_{3\,(g)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrows NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

## Hinweise zur Didaktik und Methodik

Ein wichtiger Themenbereich in der Chemie sind Säuren und Basen. Der Nachweis von Ammoniumkationen in einem Pflanzendünger kann in eine Unterrichtsreihe zur Thematik der Säuren und Basen in der Sekundarstufe II integriert und anschließend erarbeitet werden. Der Einstieg in die Thematik der Stunde wird über ein alltägliches Problem vollzogen, da Alltagserscheinungen verlässliche Anknüpfungspunkte für die Lernenden bieten. Als direkter Einstieg wird eine kurze Geschichte durch die Lehrkraft erzählt. Hierbei wird von der Erfahrung mit unterschiedlichen Wohnungspflanzen berichtet. Einige Pflanzen wurden gedüngt, andere Pflanzen hingegen nicht. Die Pflanzen, die gedüngt wurden, zeigten ein besseres Wachstum als die, die nicht gedüngt wurden.

In diesem Zusammenhang kann auch die Brønsted-Theorie wiederholt und vertieft werden, sodass die Schüler die Begriffe Protonendonator, Protonenakzeptor, pH-Wert, Universalindikator, Protolyse etc. erklären können. Diese Begriffe und ihre Bedeutung müssen den Schülern bekannt sein, um den Nachweis von Ammoniumkationen im Düngemittel verstehen zu können. Mit diesem Nachweis wird die Thematik um ein alltagsnahes Beispiel bereichert, welches die Auseinandersetzung mit den Säuren und Basen vertiefen und erweitern soll.



Im Anschluss an die Problembeobachtung (**M 1**) sollen die Lernenden den Nachweis von Ammoniumkationen eigenständig erarbeiten und dabei neues Wissen konstruieren, indem sie sich mit den Lerngegenständen auseinandersetzen. Didaktisch bietet sich die 2-4-Alle-Methode an, um die Inhalte gruppendynamisch und kooperativ zu erarbeiten. Die 2-4-Alle-Methode ist eine Variante der *Pairs-to-Share*-Methode, die in Deutschland als 1-2-4-Alle-Methode bekannt ist (vgl. Witteck & Eilks, 2004, Witteck & Eilks, 2005). Bei der 2-4-Alle-Methode bearbeiten zwei Schülerinnen bzw. Schüler in Partnerarbeit die Problemstellung. Im zweiten Schritt setzen sich zwei Schülerpaare zusammen, vergleichen und besprechen die zuvor erstellten Ausarbeitungen zu viert und erarbeiten eine gemeinsame Deutung. Im dritten Schritt werden die Ergebnisse vorgestellt. Die 2-4-Alle-Methode bietet die Möglichkeiten der systematischen Aktivierung und Einbindung aller Lernenden. Eine Anleitung zur Methodik bietet **M 2**.

Die Schüler sollen herausfinden, wie sich Ammoniumkationen nachweisen lassen. Sie erhalten eine Auswahl an Chemikalien und Geräten, mit denen sie einen Versuch zum Nachweis von Ammoniumkationen im Dünger planen können. Hier sind mehr Chemikalien und Geräte aufgeführt, als für den Versuch nötig sind. Die Lernenden müssen somit eigenständig einen Versuch mit den passenden Chemikalien und Geräten planen. Falls bei der Planung Schwierigkeiten auftreten, erhalten die Schüler ein Ammoniumsalz, das sie auch für eine „Blindprobe“ verwenden können.

Die Lernenden müssen erkennen, dass sie dem Düngemittel Natronlauge zugeben müssen. Möglicherweise werden die Schüler einen Papierstreifen mit Universalindikator direkt auf den mit Natronlauge getränkten Dünger geben. Hierbei werden sie feststellen, dass die Färbung des Universalindikators durch die Natronlauge erfolgt und die Färbung kein Nachweis für Ammoniumkationen ist. Außerdem bilden sich durch Zugabe der Natronlauge Ammoniakmoleküle. Im angepassten Versuch soll der Papierstreifen des Indikators erst angefeuchtet werden, um die Hydroxid-Anionen nachweisen zu können. In der Gesamtbetrachtung lässt sich die Reaktion von Ammoniumkationen mit Natronlauge zu Ammoniakmolekülen festhalten. Die Ammoniakmoleküle reagieren mit den Wassermolekülen im Indikatorpapier zu Hydroxid-Anionen. Die Hydroxid-Anionen werden dann wiederum mit dem Indikator nachgewiesen.

Falls die Schüler zu keiner Lösung gelangen, können sie strukturierte Hilfen einsehen (**M 4, Tippkarten 1 bis 3**). Auf der ersten Tippkarte werden die Chemikalien angegeben, mit denen sich die Ammoniumkationen nachweisen lassen. Auf der zweiten Tippkarte sind die Geräte aufgeführt, mit denen sich eine der möglichen Umsetzungen realisieren lässt. Die dritte Tippkarte gibt eine Versuchsvorschrift an. Spätestens nach dieser Karte können die Schüler den Versuch durchführen, jedoch sollten sie über das Ausprobieren im Sinne des forschenden Lernens selbst zu einer Lösung gelangen.

Hierbei kann offen experimentiert werden, da mit den eingesetzten Stoffen im Wesentlichen gefahrlos umgegangen werden kann.

Im Anschluss an ihre Versuche sollen die Schüler eine Erklärung für den Nachweis der Ammoniumkationen finden. Die Lernenden sollen außerdem ihre Kenntnisse zur Brønsted-Theorie reaktivieren und in den neuen Sachzusammenhang integrieren. Da diese Schritte anspruchsvoll sind, werden hier einige Hilfen angeboten. Die erste Hilfe ist in Form einer unvollständigen Versuchsvorschrift gegeben (**M 3**). Des Weiteren stehen unterschiedliche Karteikarten mit abgestuften Lernhilfen (Tippkarten) zur Verfügung. Die abgestuften Lernhilfen geben schrittweise immer mehr Hinweise zur Lösung einer Lernaufgabe. Diese können als Diskussionsgrundlage in die Vierergruppen gegeben werden (**M 4**), falls eine Schülergruppe weitere strukturierte Tippkarten benötigt. Die Gruppen finden hier Informationen für die Diskussion und Lernkontrolle. Auf der vierten Tippkarte wird die Reaktion der Ammoniumkationen mit Natronlauge beschrieben. Hier sind sowohl die Reaktionsgleichung als auch eine Formeldarstellung der entsprechenden Moleküle aufgeführt. Als weitere Anregung zur Diskussion wird die Reaktion der Ammoniakmoleküle mit den Wassermolekülen angegeben (Tipp 5). Hier sind ebenfalls die Reaktionsgleichung und eine Formeldarstellung der Moleküle aufgeführt. In dieser Arbeitsphase ist u. U. eine Reihe von Lehrerhilfen nötig, die auf Nachfrage der Schüler ausgeteilt werden. Eine Musterlösung, die nur zur Kontrolle oder bei unvorhergesehenen Schwierigkeiten genutzt werden sollte, ist im **Erläuterungen- und Lösungsteil** zu finden. Diese Musterlösung sollte in jedem Fall in der Hausaufgabe eingesehen werden können. So werden die Lerngegenstände vertieft und Schüler, die in der Arbeitsphase ein lückenhaftes Ergebnis erarbeitet hatten, können die eigenen Aufzeichnungen verbessern und vervollständigen.

Nach diesem regen Austausch schließt eine von der Lehrkraft moderierte Besprechung und Reflexion der Tätigkeiten die Stunde ab. Die Ergebnisse werden von den Schülern präsentiert und in der gesamten Lerngruppe diskutiert. Auf der Basis der 2-4-Alle-Methode stellen eine oder evtl. zwei Gruppen ihr Erarbeitetes vor. Die anderen Schüler fragen nach, korrigieren und machen ggf. Ergänzungen. Die Ergebnisse werden auf dem OHP oder mit einer Projektionskamera vorgestellt. Die Präsentation könnte auch mithilfe eines Plakates erfolgen. Am Ende kann das Gesetz vom Wachstumsminium von Justus von Liebig erläutert werden.

### *Durchführung*

Die Lehrkraft erläutert die Problemstellung und die Arbeitsorganisation (**M 1,** Folie und **M 2**). In der ersten Phase werden die Schüler in Kleingruppen zu je zwei Mitgliedern aufgeteilt. Die Schüler erhalten die Arbeitsaufträge und bearbeiten die Problemstellung, das Arbeitsblatt und das Versuchsprotokoll **M 3**. Falls die Schüler keinen sinnvollen Versuch planen können, erhalten sie strukturierte Hilfen in Form von Tippkarten **M 4**, Karten 1–3.

In der zweiten Phase setzen sich je zwei Schülerpaare zusammen, vergleichen und besprechen die zuvor erstellten Ergebnisse. Sollten die Schüler in dieser Phase keine sinnvolle Beschreibung erarbeiten oder sich nicht einigen können, erhalten sie strukturierte Hilfen in Form von Tippkarten **M 4**, Karten 4–5, gegebenenfalls auch weitere individuelle Hilfen. Die Schüler stellen ihre Ergebnisse vor. Im Anschluss kann das Gesetz des Wachstumsminiums mithilfe der Folie **M 5** erläutert werden.

## Literatur

**Witteck, Torsten; Eilks, I.:** Versuchsprotokolle kooperativ erstellen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 2004 15 (82/83), S. 54–56.

In dem Artikel wird das Versuchsprotokoll mit der 1-2-4-Alle-Methode eingeführt. Es wird diskutiert, wie die Schüler ein Versuchsprotokoll im Anfangsunterricht eigenständig erarbeiten können.

**Witteck, Torsten; Eilks, I.:** Die Reaktion von Natrium und Chlor – Mit der 1-2-4-Alle-Methode zur Deutung der Salzbildung, Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 2005 16 (88/89), S. 44–46.

In dem Beitrag wird die Erarbeitung der Salzbildungsreaktion mit der 1-2-4-Alle-Methode vorgestellt.



## Materialübersicht

V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

D = Durchführungszeit Fo = Folie FoVo = Folienvorlage

# Die **Gefährdungsbeurteilung** finden Sie auf **CD 61**.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **M 1** | **Fo** | **Düngemittel** | |
| **M 2** | **FoVo** | **Mit der 2-4-Alle-Methode forschen** | |
| **M 3** | **SV, Ab#** | **Wie kann man Ammoniumkationen im Düngemittel nachweisen?** | |
| | V: 5 min<br>D: 15 min | ❒ Düngemittel<br>❒ Wasser<br>❒ Natronlauge c(NaOH) = 1 mol/l<br>❒ Salzsäure c(HCl) = 1 mol/l<br>❒ Ethanol<br>❒ Essigsäure c($CH_3COOH$) = 1 mol/l<br>❒ entmineralisiertes Wasser (pH 7)<br>❒ Ammoniumsulfat<br>❒ Universalindikatorpapier | ❒ Uhrgläser<br>❒ Spatel<br>❒ Pipette<br>❒ Petrischalen<br>❒ Bechergläser<br>❒ Erlenmeyerkolben |
| **M 4** | **Ab** | **Tippkarten** | |
| **M 5** | **FoVo** | **Gesetz vom Wachstumsminimum** | |

**Die Erläuterungen und Lösungen finden Sie auf Seite 12.**

SCHOOL-SCOUT.DE

**Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form**

# Auszug aus:

*Nachweis von Ammoniumkationen im Dünger mit der 2-4-Alle-Methode*

**Das komplette Material finden Sie hier:**

School-Scout.de