

II.H.39

Chemie bestimmt unser Leben

Phosphat – Düngung und Überdüngung

Ein Beitrag von Hubert Giar, Gießen

Mit Illustrationen von Sylvana R.-E. Timmer



© Animagorafi/Stock

Ursache für Badeverbote an Seen und Stränden an heißen Sommertagen ist oft das großflächige Auftreten von Blaualgen. Das Algenwachstum wird durch die starke Sonneneinstrahlung begünstigt und vor allem durch die Nährstoffe Phosphat und Nitrat in hohen Konzentrationen. Phosphate und Nitrate sind grundsätzlich wichtige und notwendige Nährstoffe für Pflanzen und werden in der Landwirtschaft als mineralischer Dünger im großen Umfang eingesetzt. Mit dem Ausbau der chemischen Abwasserklärung soll die Phosphat-Belastung der Gewässer eingedämmt werden. Die natürlichen Ressourcen an Phosphat, die ohnehin in den nächsten Jahrzehnten zur Neige gehen, werden so geschützt.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 11/12 (G8), 11–13 (G9)

Dauer: 7 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: 1. Naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten und Theorien fachspezifisch beschreiben, erarbeiten und anwenden. 2. Experimente nach Anleitungen durchführen, auswerten und beschreiben. 3. Sachverhalte im naturwissenschaftlichen Kontext bewerten. 4. Einsatz und Wirkung von Stoffen in der alltäglichen Anwendung reflektieren und beurteilen.

Thematische Bereiche: Salze von Sauerstoffsäuren und deren Löslichkeit, Redoxreaktionen, Säure-Base-Reaktionen, Gasgesetze, Kohlenstoffverbindungen, Analyse, Umweltchemie, Wertstoff-Rückgewinnung

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Sv = Schülerversuch

Vorbemerkung

Die GBU für die verschiedenen Versuche finden Sie auf der **CD 78**.

1./2. Stunde

Thema: Gewässergüte

M 1 (Ab)

Eutrophierung

M 2 (Sv)

Sauerstoffsättigung

Sv: Sauerstoffbestimmung nach Winkler

Dauer:

Vorbereitung: 20 min

Durchführung: 40 min

Chemikalien:

- Phosphorsäure (konz.)  
- Stärke-Lösung (1%) 
- Manganchlorid-Lösung
(8 g $\text{MnCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in 10 ml Wasser)   
- Alkalische Kaliumiodid-Lösung
(5 g NaOH und 4 g KI in 10 ml Wasser)  
- Natriumthiosulfat-Lösung (0,01 mol/l)

Geräte:

- Bürette (25 ml)
- Erlenmeyerkolben (250 ml)
- Flasche mit Stopfen für Gewässersprobe (100 ml)
- 2 Spritzen mit Kanülen (Teilung 0,5 ml)

3./4. Stunde

Thema: Phosphat- und Nitrat-Bestimmungen

M 3 (Sv)

Phosphat-Bestimmung

Sv: Fotometrische Bestimmung

Dauer:

Vorbereitung: 20 min

Durchführung: 40 min

Chemikalien:

- Gewässerproben
- dest. Wasser
- 50 mmol/l Kaliumdihydrogenphosphat-Stammlösung (1 mmol/l)
- Schwefelsaure Ammoniumheptamolybdat-Lösung
(1 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ gelöst in 25 ml 40%iger Schwefelsäure) 
- Ascorbinsäure-Lösung (1 g Ascorbinsäure gelöst in 25 ml Wasser)

Geräte:

- 5 Messkolben (50 ml)
- Messzylinder (100 ml)
- 2 Vollpipetten (1 ml)
- 1 Messpipette (10 ml) mit Ansaughilfen
- warmes Wasserbad
- Spektralfotometer mit Küvetten

M 4 (Sv) Nitrat-Bestimmung**Sv: Nitrat-Bestimmung, halbquantitativ****Dauer:** **Vorbereitung:** 20 min **Durchführung:** 30 min

Chemikalien: diverse Gewässerproben dest. Wasser
 Kaliumnitrat-Stammlösung ($\beta(\text{KNO}_3) = 345,5 \text{ mg/l}$)
 Nitrat-Teststäbchen (Nitrate-Strips, 0 bis 200 ppm)

Geräte: 4 Messkolben (50 ml) Vollpipette (25 ml) mit Ansaughilfe

5./6. Stunde**Thema:** Phosphatrückgewinnung**M 5 (Ab) Abwasserklärung und Phosphatrückgewinnung****M 6 (Sv) Phosphat im Abwasser****Sv: Phosphatfällung****Dauer:** **Vorbereitung:** 20 min **Durchführung:** 30 min

Chemikalien: 50 ml Kaliumhydrogenphosphat-Lösung (0,2 mmol/l) als Ersatz für Abwasser
 Eisen(II)sulfat-Lösung (1 g in 20 ml Wasser)
 Schwefelamolybdat-Lösung (1 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ gelöst in 25 ml 40%iger Schwefelsäure)
 Ascorbinsäure-Lösung (1 g Ascorbinsäure gelöst in 25 ml Wasser)
 dest. Wasser

Geräte: warmes Wasserbad Trichter mit Filterpapier
 4 Reagenzgläser (2 Stopfen) großes Reagenzglas (1 Stopfen)
 6 Messpipetten (2 x 10 ml, 4 x 1 ml) mit Ansaughilfen

M 7 (Sv) Phosphatfällung aus Klärschlamm**Sv: Löslichkeit von Aluminiumphosphat****Dauer:** **Vorbereitung:** 20 min **Durchführung:** 20 min

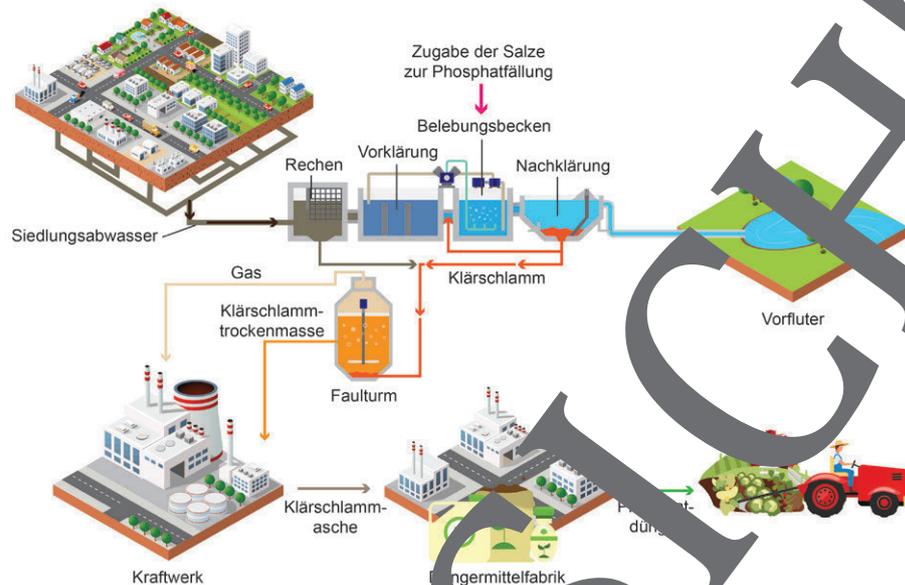
Chemikalien: 2 g Aluminiumphosphat 10 ml Salzsäure (1 mol/l)
 30 ml Natronlauge (1 mol/l)

Geräte: 2 Erlenmeyerkolben (100 ml) Bürette 25 ml
 Trichter mit Filterpapier Waage
 Pipette (10 ml) mit Ansaughilfe

7. Stunde**Thema:** Glyphosat**M 8 (Ab) Glyphosat – vom Nährstoff zum Pflanzengift**

M 5

Abwasserklärung und Phosphatrückgewinnung



Grafik: Sylvana R.-E. Timmer

In der ersten Reinigungsstufe, der mechanischen Klärung, werden grobe Materialien mit einem Rechen entfernt. Die sich im Nachklärbecken absetzenden schlammartigen Schmutzstoffe werden dem Faulturn zugeführt. Im Belebungsbecken wird die biologische Reinigung eingeleitet. Mit dem Eintrag von Luft kommt es zur Massenvermehrung von Mikroorganismen und den Abbau von Stoffen organischen Ursprungs. Es bilden sich Belebtschlammflocken, die sich im Nachklärbecken als Klärschlamm absetzen. Dieser Schlamm wird zum kleinen Teil als Belebtschlamm zur Einleitung der biologischen Reinigung in weiteren Wasser eingesetzt, zum großen Teil wird er in den Faulturn geleitet. Die Fällung von Phosphat erfolgt in der chemischen Klärstufe mit der Zugabe von Eisensalzen und Aluminiumsalzen in das Belebungsbecken. Die in Wasser schwer löslichen Eisen- und Aluminiumphosphate gelangen zusammen mit dem Klärschlamm in den Faulturn. Dort geht der Abbau von organischen Bestandteilen in einem anaeroben Prozess weiter. Dabei bildet sich auch Methan gas. Nach dem Eindicken und Trocknen liegt der Schlamm aus dem Faulturn als Klärschlamm-trockenmasse vor. Diese wird in Kraftwerken der thermischen Verwertung zugeführt. Aus dem Klärschlamm-asche wird der Phosphor in Form von Calciumphosphat zurückgewonnen und zu dem Düngemittel Calciumhydrogenphosphat umgesetzt.

Aufgabe

Das Phosphat gelangt in diesem Beispiel mit dem Siedlungsabwasser in Form von wasserlöslichem Calciumhydrogenphosphat in die Kläranlage. Zur Phosphatfällung wird Aluminiumsulfat-Lösung zugegeben. **Beschreiben** Sie den Weg des Phosphors vom Input in die Kläranlage bis zum Output aus der Düngemittelfabrik. **Geben** Sie dabei die Namen der jeweils vorliegenden Phosphorverbindung an.

Glyphosat – vom Nährstoff zum Pflanzengift

M 8

Glyphosat ist eines der weltweit am häufigsten produzierten und eingesetzten Herbizide. In Deutschland werden derzeit jährlich etwa 5000 Tonnen davon zur Unkrautvernichtung ausgebracht, das sind etwa 40 % der gesamten Herbizidmenge.

Die Applikation des Glyphosats erfolgt in Form verdünnter wässriger Lösungen auf großen Anbauflächen über Parkanlagen bis hin zu Kleingärten. Als sogenanntes Totalherbizid lässt es grundsätzlich alle Pflanzen

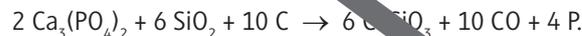


© Kong Ding Chek/E+

absterben. Nur aus gentechnisch verändertem Saatgut entwickeln sich aufgrund einer Resistenz Nutzpflanzen. Die Halbwertszeit des Glyphosats beträgt im Boden durchschnittlich etwa ein Monat, die des Hauptabbauproduktes Aminomethylphosphonsäure ($\text{CH}_2\text{NO}_2\text{P}$) ist deutlich länger. Reste von Glyphosat können in die Nahrungskette gelangen und lassen sich in mehreren Produkten, u. a. in Bier und Honig, nachweisen.

Aufgaben

- Die Synthese des Glyphosats erfolgt im ersten Schritt durch Reduktion von Calciumphosphat bei hohen Temperaturen mit starken Reduktionsmitteln zu elementarem Phosphor:



Aus dem Phosphor wird durch Reaktion mit Chlor Phosphorchlorid gewonnen und durch dessen vollständige Hydrolyse Phosphonsäure (H_3PO_3) (OH).

Formulieren Sie die beiden Reaktionsgleichungen zur Bildung der Phosphonsäure aus Phosphor. Beachte: Hydrolyse ist die Reaktion mit Wasser, es entsteht noch ein weiteres Produkt.

- Die direkte Synthese des Glyphosats erfolgt aus der Phosphonsäure durch Reaktion mit Methanal und der Aminosäure Glycin (Aminoethansäure). Formal erfolgt eine Verknüpfung eines Phosphonsäure-Moleküls und eines Glycin-Moleküls über ein Methanal-Molekül. Diese geht einher mit der Bildung eines Wassermoleküls mit dem Wasserstoff (H^+) aus der Phosphonsäure, der direkt an den Phosphor gebunden ist, einem Wasserstoff (H^+) aus der Aminogruppe des Glycins und dem Sauerstoff (O^{2-}) aus dem Methanal.

Geben Sie die Lewis-Formeln der Phosphonsäure, des Methanals und des Glycins an, ebenso die des Glyphosats (N-(Phosphonomethyl)glycin).

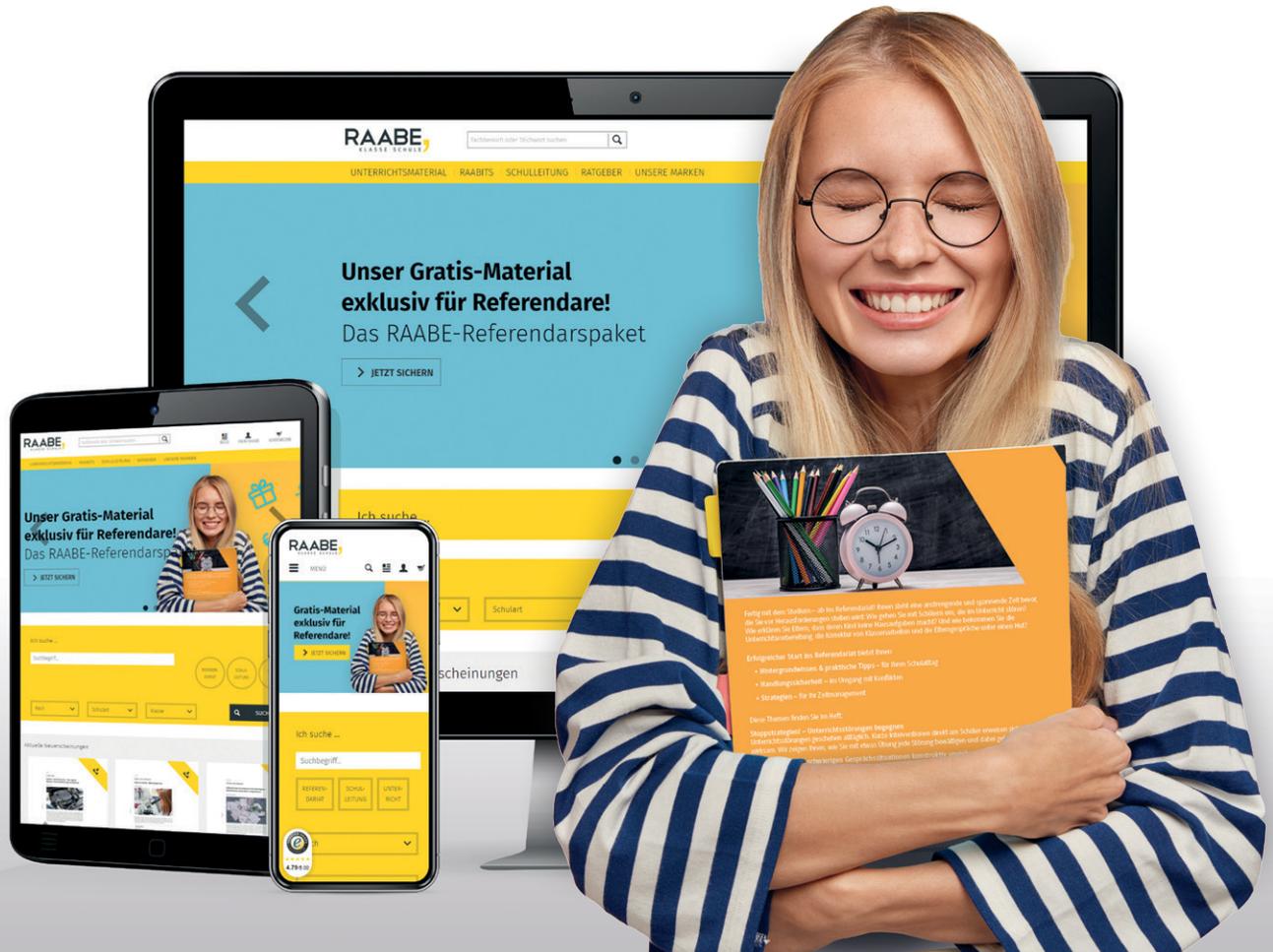
- Das Glyphosat kommt in Form wässriger Lösungen der entsprechenden Ammonium- oder Kalium-Salze im Handel. Je nach dem pH-Wert der Umgebung kommt es zu Veränderungen in der Struktur. Im sauren Bereich liegt nach Abgabe eines Protons aus einer P-OH-Gruppe das Zwitter-Ion vor ($\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$). In saurer Lösung (pH-Wert etwa 1) liegt das Glyphosat als vierprotonige Säure vor, in alkalischer Lösung (pH-Wert etwa 10) als dreifach negativ geladenes Anion vor.

Geben Sie die Lewis-Formeln des Zwitterions, der vierprotonigen Säure und des dreifach negativ geladenen Anions an.

- Geben** Sie die Lewis-Formel des Abbauproduktes Aminomethylphosphonsäure an.

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen
mit bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de