

# Für Lehrkräfte **Rückgewinnung von Phosphor aus Abwässern**

## Modul 1

### Ziel: Extraktion von Struvit

### Einleitung

Urin, ein Produkt der menschlichen Ausscheidung, ist Bestandteil von kommunalen Abwässern. Urin ist eine der reichsten und am besten zugänglichen Quellen von **Phosphor** und **Stickstoff** zur Herstellung von Struvit. Das Mineral wird in der Gegenwart von Magnesium durch eine Fällungsreaktion bei basischem pH-Wert gewonnen (siehe Reaktion unten).

Fällungsreaktion von Struvit:



Durch den Versuch können Schüler:innen die Fähigkeiten entwickeln, mit wissenschaftlichen Geräten richtig und sicher umzugehen, Beobachtungen zu machen und genau definierte wissenschaftliche Verfahren durchzuführen. Darüber hinaus wird die Fähigkeit der Schüler:innen entwickelt, im Team zu arbeiten, komplexe Aufgaben zu lösen, an der Entwicklung eines Projekts teilzunehmen, zu verschiedenen Zeiten verschiedene Rollen zu übernehmen, eigene Ideen einzubringen und auf die Ideen anderer zu reagieren.

### Benötigte Materialien:









#### Liste der Materialien und Geräte (Laborausstattung):

- Becherglas, 500 ml
- Spatel
- Trichter
- Erlenmeyerkolben, 500 ml
- Präzisionswaage (Messgenauigkeit 0,01g)
- Magnetrührer
- Magnetrührstäbchen (Rührfisch)
- Universeller pH-Indikator / pH-Meter
- Filterpapier
- Schutzbrille und Handschuhe



## Für Lehrkräfte Rückgewinnung von Phosphor aus Abwässern

Liste der Reagenzien:

Reagenzien	Formel		Masse (g) oder Konzentration (M)
Natriumhydroxid	NaOH		0,5 M
Harnstoff (Urea)	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O		10 g
Natriumbikarbonat	NaHCO <sub>3</sub>		1,05 g
Natriumsulfat-Decahydrat	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	  	1,60 g
Ammoniumchlorid	NH <sub>4</sub> Cl		0,65 g
Natriumchlorid	NaCl		2,60 g
Kaliumphosphat, monobasisch	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		0,48 g
Kaliumphosphat, dibasisch	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>		0,60 g
Calciumchlorid-Dihydrat	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O		0,19 g
Destilliertes oder demineralisiertes Wasser			
Magnesiumsulfat	MgSO <sub>4</sub>		0,25 g/L

# Für Lehrkräfte Rückgewinnung von Phosphor aus Abwässern

## Versuchsanleitung:

Handschuhe und Schutzbrille tragen.

### I. Darstellung von synthetischem Urin

1. 10 g Harnstoff in das Becherglas überführen und 100 ml destilliertes oder demineralisiertes Wasser zugeben;
2. Das Becherglas auf den Magnetrührer stellen und eine Rührgeschwindigkeit von 100 bis 300 U/min einstellen;
3. Unter Rühren die Reagenzien in den angegebenen Mengen und der angegebenen Reihenfolge zugeben;
4. 400 ml Wasser zugeben und warten, bis das Reaktionsgemisch vollständig gelöst hat;

\*Die angegebenen Mengen ergeben 500 ml synthetischem Urin.

### II. Ausfällung des Struvits

5. Magnesiumsulfat abwiegen und zur Lösung geben;
6. Den pH-Wert mit dem Universalindikator oder mit einem pH-Messgerät kontrollieren; Bis zu einem pH-Wert von 8 unter Rühren 1/2 Tropfen NaOH 0,5 M zutropfen. Der optimale Bereich zur Struvitausfällung liegt zwischen 8,0 und 8,5. Die Lösung mindestens 1 bis 2 Stunden rühren lassen. Nach etwa 3 Stunden beginnt der Niederschlag auszufallen.
7. Das Reaktionsgemisch mit Filterpapier filtrieren, um den Niederschlag abzutrennen. Den Niederschlag bei Raumtemperatur trocknen.
8. Das Struvit zur Aufbewahrung in einen sauberen, trockenen Behälter überführen (Abbildung 1).



**Abbildung 1.** Struvit, das nach der Fällungsreaktion bei alkalischem pH-Wert und in Gegenwart von  $Mg^{2+}$  erhalten wird.

## Für Lehrkräfte **Rückgewinnung von Phosphor aus Abwässern**

### Zusätzliche Sicherheitshinweise:



Vorsicht bei der Handhabung der NaOH-Lösung.

### Empfehlungen:

- pH-Wert vor und nach der Zugabe von NaOH überprüfen. Der optimale pH-Bereich liegt zwischen 8 und 8,5.
- das Aussehen des Niederschlags vor der Filtration überprüfen. Er sollte als amorpher weißer Feststoff vorliegen (siehe Abbildung 1).
- das Aussehen des Niederschlags nach dem Trocknen überprüfen. Es sollte sich um ein homogenes weißes Pulver handeln.

### Video-Tutorial:

Ein Video-Tutorial steht unter folgendem YouTube-Link zur Verfügung:

<https://youtu.be/9fOs9uVqx0o>

### Fragen:

1. Wie sieht der Niederschlag nach dem Trocknen aus?

**A:** Struvit ist ein amorpher, weißer Feststoff.

2. Warum wird ein Rührer verwendet?

**A:** Der Magnetrührer wird verwendet, um die Reaktanten schneller zu lösen und über lange Zeit eine gleichmäßige Durchmischung zu gewährleisten, die die Ausfällung von Struvit unterstützt.

3. Wozu wird Natriumhydroxid (NaOH)-Lösung eingesetzt?

**A:** Natriumhydroxid wird gebraucht, um den pH-Wert der Lösung anzupassen. So kann der ideale pH-Wert zur Ausfällung von Struvit eingestellt werden.