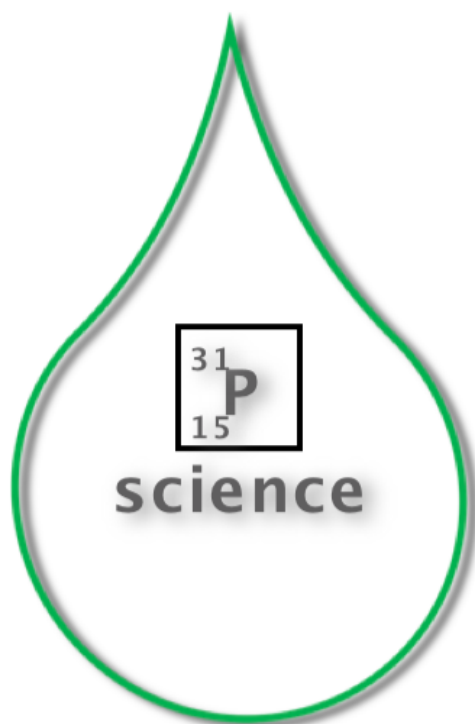


Phosphor Rückgewinnung-
Angewandte Umwelttechnik
im Schülerlabor



Arbeitsmaterial



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

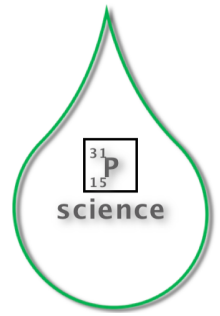
Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Laufzettel	2
S-16/00: Herzlich Willkommen	3
Geräteliste	4
S-17/01: Phosphat-Teststäbchen	6
S-17/02: Nachweis von Phosphat-Ionen mit dem Colortest	9
S-17/03: Titration von Phosphorsäure	12
S-18/01: Verschiedene Flockungsmittel	16
S-18/02: Phosphatnachweis im Boden	19
S-18/03: Phosphatnachweis mit Silbernitrat in Pflanzenasche	22
S-19/01: Pflanzenwachstumstest Kresse	25
S-19/02: Pflanzenwachstumstest Bohnen	28
S-19/03: Klärschlamm reinigen	31
S-20/01: Rückgewinnungsverfahren mittels Budenheimer CO₂ Verfahren	34
S-20/02: Rückgewinnungsverfahren mittels Stuttgarter Verfahren	40
S-20/03: Rückgewinnungsverfahren mittels PEARL Verfahren	45
S-20/04: Rückgewinnungsverfahren mittels LEACHPHOS-Verfahren	50
S-20/01: Rückgewinnungsverfahren mittels Budenheimer CO₂ Verfahren	55
S-20/02: Rückgewinnungsverfahren mittels Stuttgarter Verfahren	60
S-20/03: Rückgewinnungsverfahren mittels PEARL Verfahren	65

Einleitung

In diesem Dokument finden Sie alle Unterrichtsmaterialien. Sie finden zunächst einige Materialien aus dem Schülerlabor wie Laufzettel oder Gerätelisten und ein Anschreiben. Anschließend finden Sie alle Versuche. Diese sind wie folgt aufgebaut: Versuchsanschreibung/Anleitung, Aufgaben zu dem Versuch und deren Lösungen. Bei den Verfahren finden Sie zusätzlich eine Anleitung im E-Mail Format. Bei den Verfahren wird bei den vorderen mit Klärschlamm gearbeitet und bei den letzten ohne eben diesen.

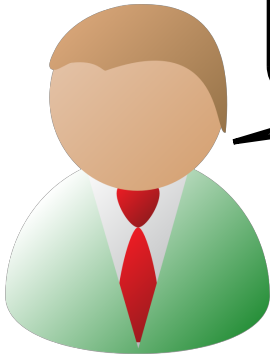
Laufzettel



T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

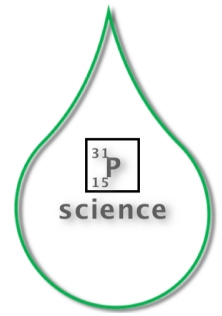
Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de



**Tragen Sie bitte jeden durchgeführten Versuch in die folgende Tabelle ein!
Achten Sie bitte darauf, dass Sie Versuch 17-02 durchführen.**

Versuch	Durchgeführt?

**An die
Forscherinnen und Forscher**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-16/00

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

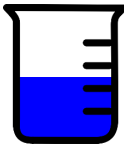


Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-16/00: Herzlich Willkommen

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

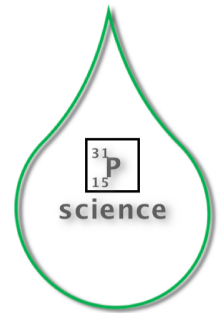
hier erhalten Sie Ihre Aufträge und Vorlage, mit der Sie die Versuche bitte auswerten. Wenn Sie Schwierigkeiten haben, nutzen Sie die bereitliegenden Tippkarten. Je mehr gefüllte Symbole auf der Tippkarte abgebildet sind, desto mehr Tipps gibt es. In der Tabelle finden Sie eine Erläuterung. Wenn diese Ihnen nicht helfen, fragen Sie bitte das Laborpersonal! Wir freuen uns auf Ihre Ergebnisse!

Symbol	Auskunft
	Diese Tippkarte hilft beim Aufbau oder der Durchführung.
	Diese Tippkarte zeigt Versuchsergebnisse und beantwortet Fragen
	Diese Tippkarte hilft dabei das Auswertungsheft auszufüllen oder gibt Zusatzinformationen.

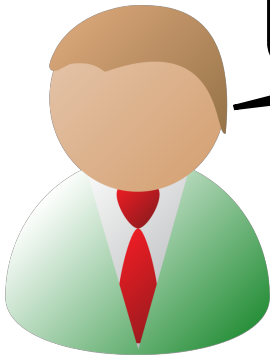
Ich wünsche Ihnen viel Erfolg!



T. Phos

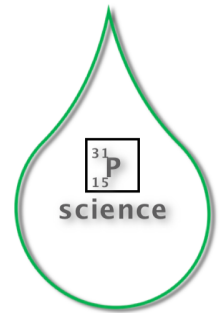


Geräteliste

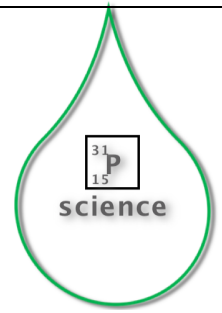


Bevor Sie beginnen, können Sie hier sehen, wie die verschiedenen Laborgeräte aussehen!

Becherglas	Spatel	Reagenzglas	Erlenmeyerkolben
Glasstab	Trichter mit Filterpapier	Petrischale	Rührfisch
Messzylinder	Objektträger	Pipette	Pinzette



Reagenzglasständer	Messkolben	Stativ mit Klemme	Stopfen
Tiegelzange	Nutsche mit Saugflasche	Bürette	pH-Sonde/Elektrode
Heizplatte/Magnetrührer	Photometer	Druckreaktor	Dosiereinheit
MColortest	Teststäbchen	Nudelpresse	PEARL Prozessanlage



**An die
Quantitative Analytik
- im Hause -**

Kunde

Eigen

Zeichen

S-17/01

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-17/01: Phosphat-Teststäbchen

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

wir haben neuartige Teststäbchen entwickelt, um Phosphat-Konzentrationen zu messen. Sie sollen die ersten Tests übernehmen und den Phosphatgehalt in Gemüsepulvern untersuchen!

Sie erhalten Reagenzgläser und einen kleinen Löffelspatel sowie die Teststreifen. Verwenden Sie für jede Probe zu Vergleichszwecken immer 15 ml destilliertes Wasser und den kleinen Löffel, den Sie mit Gemüsepulver füllen.

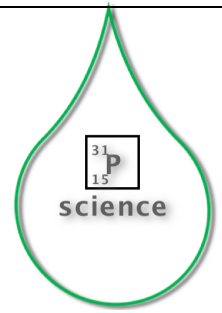
Bestimmen Sie, wie viel Phosphat die verschiedenen Gemüsesorten enthalten. Untersuchen Sie drei Gemüseproben. Ordnen Sie diese der Reihenfolge nach. Bewerten Sie die Eignung der Teststäbchen auf Grundlage Ihrer Erfahrung!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

S-17/01 Phosphat Teststäbchen



Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen.

T. Phos
Vorstand

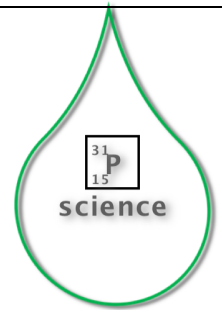
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Bestimmen Sie, wie viel Phosphat die verschiedenen Stoffe enthalten. Ordnen Sie diese der Reihenfolge nach.

Gemüse	Phosphatmenge (ppm)	Rang

Bewerten Sie bitte die Eignung der Teststäbchen auf Grundlage Ihrer gemachten Erfahrung!



S-17/01 Phosphat Teststäbchen Lösung

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen.

T. Phos
Vorstand

Nach dem Eintauchen färben sich die Pads der Teststäbchen je nach Phosphatgehalt rosa bis grau

Leobener Straße
28359 Bremen

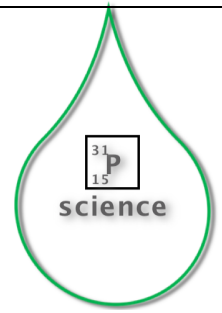
Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Bestimmen Sie, wie viel Phosphat die verschiedenen Stoffe enthalten. Ordnen Sie diese der Reihenfolge nach.

Variiert nach Sorte des Gemüses und der genauen Menge, die gewählt wurde. Es soll ein Gefühl dafür entwickelt werden, worin Phosphat enthalten ist.

Bewerten Sie bitte die Eignung der Teststäbchen auf Grundlage Ihrer gemachten Erfahrung!

Die Teststäbchen eignen sich bei richtiger Anwendung für einen schnellen Vergleich, wenn der Phosphatgehalt in der Reichweite des Tests liegt. Für genaue Ergebnisse sollten andere Tests gewählt werden.



An die
Quantitative Analytik
- im Hause -

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Kunde

Eigen

Zeichen

S-17/02

Datum

1. September

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-17/02: Nachweis von Phosphat-Ionen mit dem Colortest

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

wir haben den Auftrag bekommen, die Phosphatmenge in verschiedenen Abwasserproben zu bestimmen! Diese Wasserproben (1-4) erhalten Sie von uns.

Nutzen Sie hierfür unseren Colortest. Verwenden Sie die Kurzanleitung, die Sie auf dem Colortest finden. Sie benötigen neben dem Colortest nur einige Pipetten. Wenden Sie den Colortest auf jede Probe an und notieren Sie die Ergebnisse.

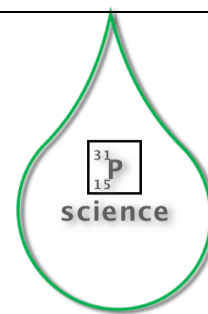
Bitte beachten Sie, dass Sie mit dem Colortest nur den Phosphor-Gehalt der Wasserproben messen können. Wie Sie den Phosphor-Gehalt in den Phosphat-Gehalt umrechnen, erfahren Sie in der E-Mail.

Notieren Sie Ihre die Werte und errechnen Sie mit Hilfe der Umrechnungstabelle in der E-Mail den Phosphatgehalt. Stellen Sie eine Hypothese auf, worauf dieser Nachweis beruht.

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.



S-17/02 Nachweis von Phosphat-Ionen mit dem Colortest

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen anhand einer vollständigen Messung.

T. Phos
Vorstand

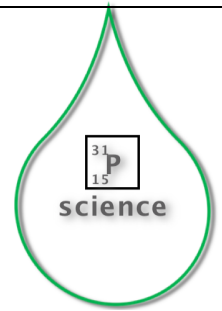
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Notieren Sie die ermittelten Werte der Proben und berechnen Sie den Phosphatgehalt.

Probe	Phosphorgehalt mg/l	Phosphatgehalt mg/l	Rang
A			
B			
C			
D			

Stellen Sie eine Hypothese auf, worauf dieser Nachweis beruht!



S-17/02 Nachweis von Phosphat-Ionen mit dem Colortest Lösung

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen anhand einer vollständigen Messung.

Bei richtiger Durchführung verfärben sich alle Proben bläulich, sobald das Pulver hinzugefügt wurde.

Die Intensität ist in Abhängigkeit des Phosphatgehalts.

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Notieren Sie die ermittelten Werte der Proben und berechnen Sie den Phosphatgehalt.

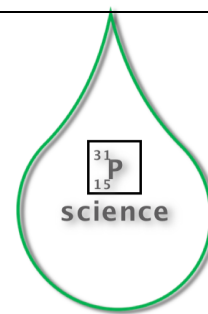
Probe	Phosphorgehalt mg/l	Phosphatgehalt mg/l	Rang
A		0,2	
B		0,4	
C		1	
D		1,2	

Dies gilt, wenn die Lösungen, wie vorgeschlagen angesetzt wurden. Hierbei kann es durch das Messgerät an sich oder durch kleine Ungenauigkeiten in der Arbeitsweise oder beim Ablesen zu Fehlern kommen. Bei großen Abweichungen sollte der Versuch mit der jeweiligen Probe wiederholt werden.

Stellen Sie eine Hypothese auf, worauf dieser Nachweis beruht!

Der Nachweis beruht auf der Stärke der Blaufärbung. Es handelt sich um semi-quantitatives kolorimetrisches Verfahren.

Bei dem Nachweis bildet sich ein blauer Molybdänoxidhydroxid Komplex.



An die
Quantitative Analytik
- im Hause -

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Kunde

Eigen

Zeichen

S-17/03

Datum

1. September

S-17/03: Titration von Phosphorsäure

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

wir würden gerne mehr über die wichtigsten Anwendungen des Phosphats neben dem Dünger wissen. Phosphate werden genutzt, um Phosphorsäure (H_3PO_4) herzustellen. Sie wird zum Beispiel in der Lebensmittelindustrie als Zusatzstoff E 338 oder in Cola als Säuerungsmittel eingesetzt verwendet.

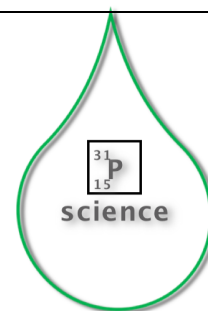
Wir möchten mehr über die Phosphorsäure erfahren. Daher sollen Sie eine Titration durchführen. Als Chemikalien erhalten Sie Phosphorsäure (0,1 mol/L) und Natronlauge (NaOH; 0,3 mol/L) sowie passende Indikatoren.

Wir schicken Ihnen eine exakte Anleitung der Titration via E-Mail. Zeichnen Sie bitte den pH-Wert alle 30 Sekunden auf. Nennen Sie bitte die charakteristischen Reaktionsgleichungen und verdeutlichen Sie sich, was an den Äquivalenzpunkten passiert.

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit



S-17/03 Titration von Phosphorsäure

Stellen Sie eine Hypothese auf, wie viel Natronlauge (0,3 mol/L) Sie benötigen, um den ersten Äquivalenzpunkt zu erreichen.

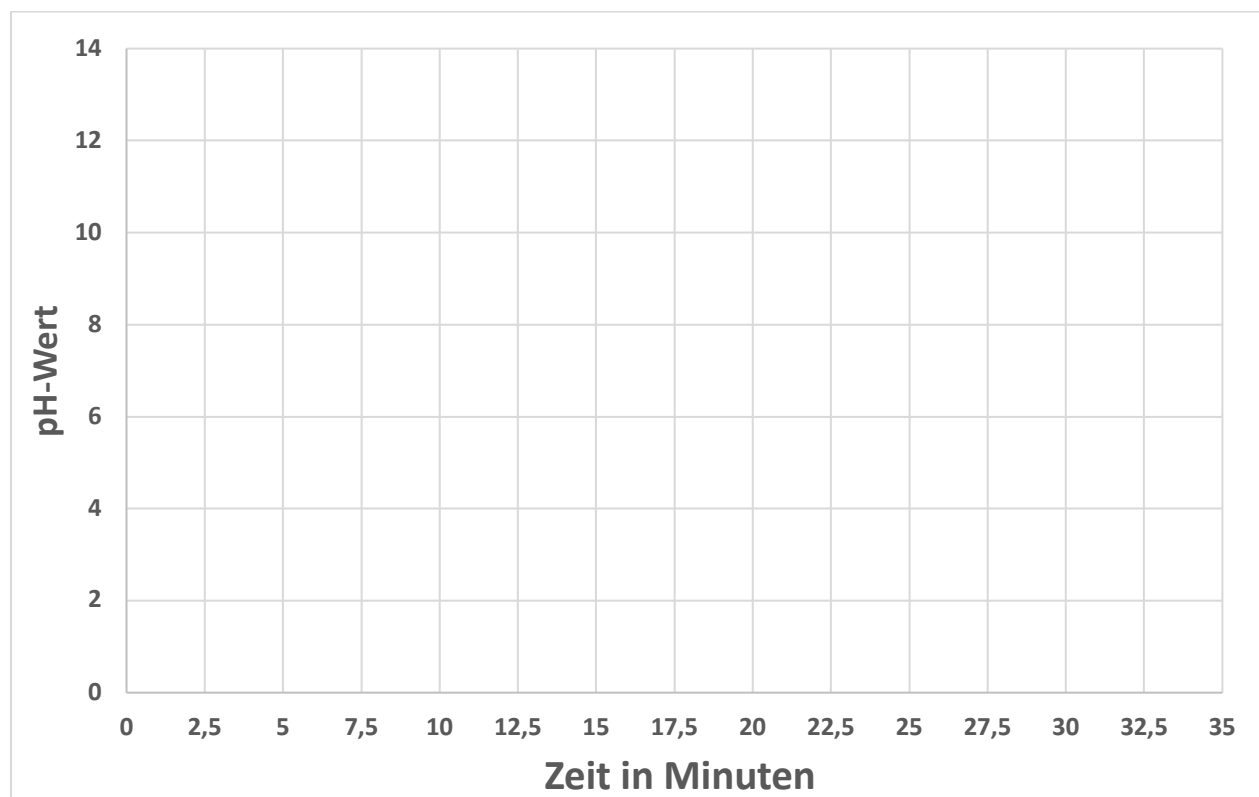
T. Phos
Vorstand

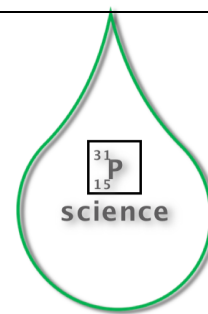
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen beim Hinzugeben der Natronlauge.

Tragen Sie den pH-Wert über die Zeit auf.





Nennen Sie bitte die Reaktionsgleichungen an den Äquivalenzpunkten.

Reaktion 1: _____

T. Phos
Vorstand

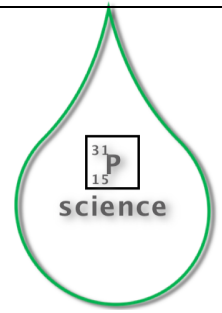
Reaktion 2: _____

Leobener Straße
28359 Bremen

Reaktion 3: _____

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Erklären Sie, was an einem Äquivalenzpunkt passiert.



S-17/03 Titration von Phosphorsäure LÖSUNG

Stellen Sie eine Hypothese auf, wie viel Natronlauge (0,3 mol/L) Sie benötigen, um den ersten Äquivalenzpunkt zu erreichen.

Eine Hypothese ist zunächst nicht gerichtet. Eine sinnvolle Schätzung sollte entweder einem Drittel des Volumens an Phosphorsäure ausgehen oder von demselben Volumen.

T. Phos
Vorstand

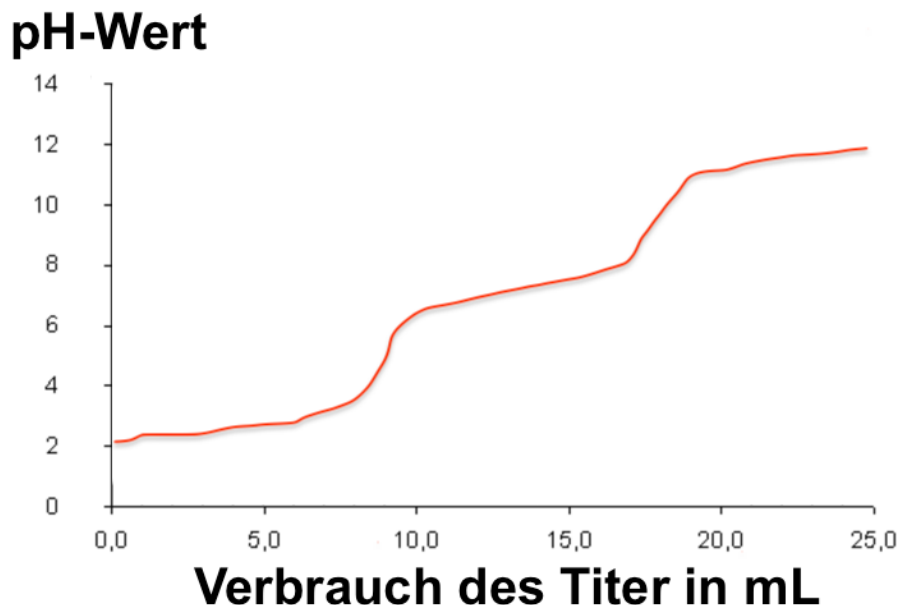
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Telefax (0421) 5768968
eMail t.phos@p-science.de

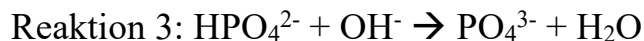
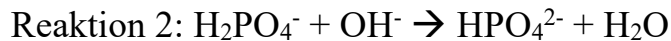
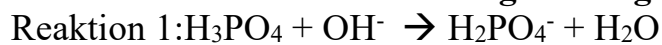
Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen beim Hinzugeben der Natronlauge.

Der pH-Wert wird in Abhängigkeit der zugegeben Menge Natronlauge steigen.

Tragen Sie den pH-Wert über die Zeit auf (idealtypisch).

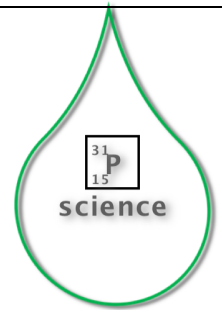


Nennen Sie bitte die Reaktionsgleichungen an den Äquivalenzpunkten.



Erklären Sie, was an einem Äquivalenzpunkt passiert.

An einem Äquivalenzpunkt ist die Stoffmenge von Säure und Base gleich. Die Phosphorsäure besitzt drei Äquivalenzpunkte. Die Äquivalenzpunkte liegen bei den pH-Werten 4,7, 9,8 und 12,7.



**An die
Qualitative Analytik
- im Hause -**

T. Phos
Vorstand

Kunde

Zeichen

Datum

Eigen

S-18/01

1. September

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-18/01: Verschiedene Flockungsmittel

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

in einem Klärwerk werden sogenannte Flockungsmittel benutzt, um aus Abwasser Phosphat als Feststoff zu erhalten. Flockungsmittel sind meist Pulver und sie besitzen eine große Oberfläche. Auf der Oberfläche kann das Phosphat adsorbieren, das heißt sich anlagern. Bitte probieren Sie verschiedene Flockungsmittel aus.

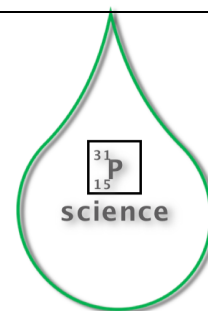
Sie erhalten eine Probe, die Phosphat enthält, und drei Flockungsmittel. Nehmen Sie für jedes Reagenzglas 10 ml Probe und eine Spatelspitze des jeweiligen Flockungsmittels. Verschließen Sie das Reagenzglas und schütteln Sie kurz. Beschriften Sie bitte jedes Reagenzglas mit dem Flockungsmittel.

Beurteilen Sie die Eignung der Flockungsmittel, indem Sie eine Hierarchie aufstellen. Geben Sie die Reaktionsgleichung der Reaktion von Eisenchlorid (FeCl_3) und Natriumdihydrogenphosphat (NaH_2PO_4) an.

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.



Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen für eine Probe.

T. Phos
Vorstand

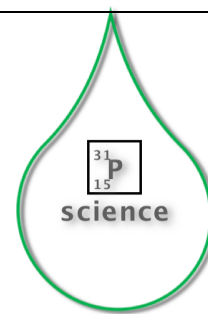
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beurteilen Sie abschließend die Eignung der von Ihnen eingesetzten Flockungsmittel, indem Sie eine Hierarchie aufstellen.

Probe	Flockungsmittel	Rang
1		
2		
3		
4		

Geben Sie die Reaktionsgleichung von Eisenchlorid (FeCl_3) und Natriumdihydrogenphosphat (NaH_2PO_4) an.



Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen für eine Probe.

T. Phos
Vorstand

Alle vorgeschlagenen Flockungsmittel bilden nach dem Schütteln und flocken und erfüllen ihren Zweck.

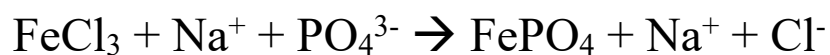
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

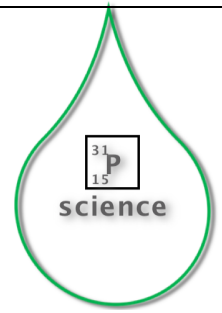
Beurteilen Sie abschließend die Eignung der von Ihnen eingesetzten Flockungsmittel, indem Sie eine Hierarchie aufstellen.

Die Hierarchie ist subjektiv und dient lediglich dessen, dass die Lernenden sich die Ergebnisse genau anschauen; theoretisch können auch unterschiedliche Versuchsergebnisse die Wahl beeinflussen.

Geben Sie die Reaktionsgleichung von Eisenchlorid (FeCl₃) und Natriumdihydrogenphosphat (NaH₂PO₄) an.



**An die
Qualitative Analytik
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-18/02

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-18/02: Phosphatnachweis im Boden

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

für uns ist es wichtig, Phosphate im Boden nachweisen zu können. So können wir später prüfen, in welchen Gebieten Phosphatgestein zu finden ist. Zum Ausprobieren haben wir eine Bodenprobe für Sie vorbereitet.

Mischen Sie 10 g der Bodenprobe mit 50 ml der Kaliumchlorid-Lösung (0,125 mol/L) in einem Erlenmeyerkolben und schütteln Sie für ca. eine Minute. Stellen Sie ein Filtrat her und füllen Sie damit ein Reagenzglas zur Hälfte. Geben Sie 0,5 ml Molybdat-Vanadat-Reagenz hinzu. Bei Anwesenheit von Phosphat färbt sich die Lösung deutlich gelb.

Untersuchen Sie die Bodenprobe und fertigen Sie eine Skizze an. Erstellen Sie Bericht. Erklären Sie den Unterschied zwischen qualitativen und quantitativen Nachweisen.

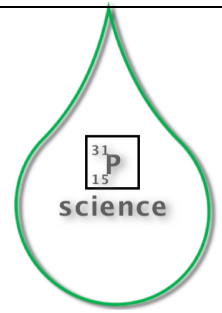
Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

S-18/02 Phosphatnachweis im Boden

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen.



T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Fertigen Sie eine Skizze an.

Erstatten Sie bitte Bericht – konnten Sie Phosphat im Boden nachweisen?

ja

☐

nein

☐

Erklären Sie den Unterschied von qualitativen und quantitativen Nachweisen.

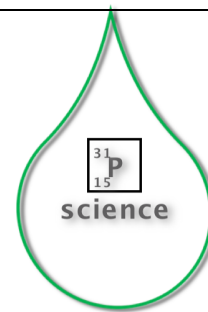
S-18/02 Phosphatnachweis im Boden Lösung

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen.

Nach Zugabe der Molybdat-Vanadat-Reagenz färbt sich die Lösung deutlich gelb.

Fertigen Sie eine Skizze an.

Siehe Tippkarten



T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

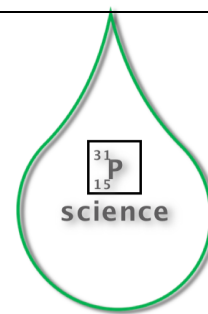
Erstatten Sie bitte Bericht – konnten Sie Phosphat im Boden nachweisen?

In der Regel ist dies möglich.

Erklären Sie den Unterschied von qualitativen und quantitativen Nachweisen.

Während die quant. Analytik untersucht, wie viel einer Substanz enthalten ist, prüft die qual. Analytik, ob eine Substanz (oder welche Substanz) enthalten ist.

**An die
Qualitative Analytik
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-18/03

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-18/03: Phosphatnachweis mit Silbernitrat in Pflanzenasche

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

wir fragen uns, ob man das Phosphat in Pflanzen nachweisen kann. Da das mit einer Pflanze schwierig ist, haben wir die Asche einer Kartoffel vorbereitet.

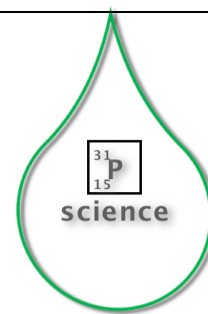
Füllen Sie einen Teelöffel der Asche in ein Becherglas und geben Sie 20ml Schwefelsäure (0,5mol/L) hinzu. Rühren Sie dabei mit dem Glasstab. Filtrieren Sie in ein Becherglas. Geben Sie einen Teil des Filtrats in ein Reagenzglas. In das Reagenzglas geben Sie 5 Tropfen Silbernitrat (0,1 mol/L). Geben Sie danach 3-5 Tropfen Salpetersäure (0,1 mol/L) hinzu, bis der Niederschlag verschwunden ist.

Protokollieren Sie Ihre Beobachtungen und fertigen Sie eine Skizze an. Nennen Sie bitte die Reaktionsgleichung der Reaktion von Natriumphosphat (Na_3PO_4) und Silbernitrat (AgNO_3).

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.



S-18/03 Phosphatnachweis mit Silbernitrat aus Pflanzenasche

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen.

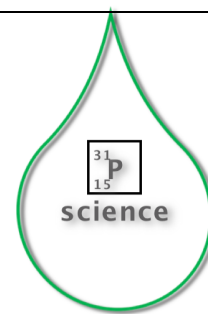
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Fertigen Sie eine Skizze an.

Nennen Sie bitte die Reaktionsgleichung der Reaktion zwischen Natriumphosphat (Na_3PO_4) und Silbernitrat (AgNO_3).



S-18/03 Phosphatnachweis mit Silbernitrat aus Pflanzenasche **LÖSUNG**

Beschreiben Sie bitte zunächst Ihre Beobachtungen.

Nach der Zugabe von Silbernitrat färbt sich die Lösung deutlich milchig gelb. Dieser Niederschlag verschwindet durch die Zugabe von Salpetersäure.

T. Phos
Vorstand

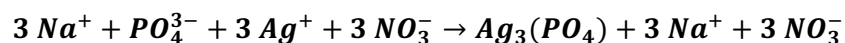
Leobener Straße
28359 Bremen

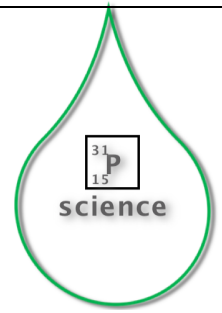
Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Fertigen Sie eine Skizze an.

Siehe Tippkarten

Nennen Sie bitte die Reaktionsgleichung der Reaktion zwischen Natriumphosphat (Na_3PO_4) und Silbernitrat (AgNO_3).





**An die
Forschungsabteilung Pflanzenwachstum & Abwasserreinigung
- im Hause -**

T. Phos
Vorstand

Kunde

Zeichen

Datum

Eigen

S-19/01

1. September

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-19/01: Pflanzenwachstumstest Kresse

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

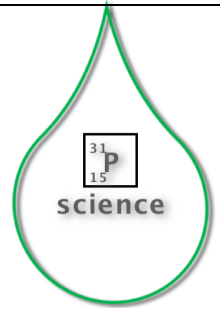
wir wollen Phosphat für Pflanzendünger recyceln. Daher soll untersucht werden, wie Pflanzen auf einen Phosphatmangel reagieren. Setzen Sie einen Wachstumstest mit Kresse an. Wenn Sie den Versuch vorbereitet haben, bekommen Sie von unserem Laborpersonal fortgeschrittene Tests zum Vergleich.

Erarbeiten Sie diesen Wachstumstest selbst – nutzen Sie dafür pro Ansatz einen gefüllten kleinen Löffel Kresse-Samen, 30 ml der Düngerlösung, bzw. 30 ml Wasser.

Erklären Sie zunächst den Sinn eines Wachstumstests. Beschreiben Sie Unterschiede der erhaltenen Proben und erklären Sie diese. Sollten keine Proben vorhanden sein, nutzen Sie die die Fotos in den Tipps.

Viel Erfolg

T. Phos



S-19/01 Pflanzenwachstumstest Kresse

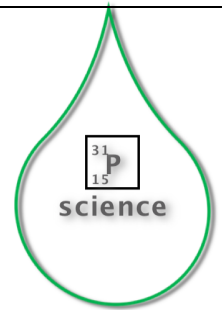
Erklären Sie das Prinzip des Pflanzenwachstumstests.

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben und erklären Sie die Differenzen der beiden Proben.



S-19/01 Pflanzenwachstumstest Kresse Lösung

Erklären Sie das Prinzip des Pflanzenwachstumstests.

Der Pflanzenwachstumstest beruht auf dem Vergleich zwischen einer Probe mit Nährstoffzufuhr (in Form von Dünger) und einer Probe ohne Nährstoffzufuhr. Durch das Ausschließen eines Faktors – den Nährstoffen – kann gezeigt werden, wie Pflanzen (hier Kresse/Bohnen) auf diesen Mangel reagieren.

T. Phos
Vorstand

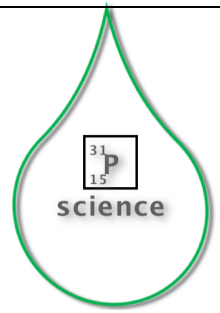
Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben und erklären Sie die Differenzen der beiden Proben.

Siehe Tippkarten

**An die
Forschungsabteilung Pflanzenwachstum & Abwasserreinigung
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-19/02

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-19/02: Pflanzenwachstumstest Bohnen

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

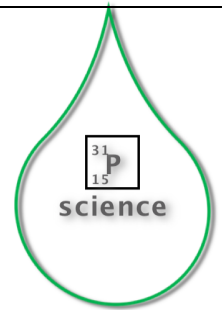
wollen wir Phosphor für Pflanzendünger recyceln. Daher soll untersucht werden, wie Pflanzen auf einen Phosphatmangel reagieren. Setzen Sie einen Wachstumstest mit Kresse an. Wenn Sie den Versuch vorbereitet haben, bekommen Sie von unserem Laborpersonal fortgeschrittene Tests zum Vergleich.

Erarbeiten Sie diesen Wachstumstest selbst – nutzen Sie dafür pro Topf 2 Bohnen und 30ml Wasser. Zusätzlich erhalten Sie gedüngten und ungedüngten Boden.

Erklären Sie zunächst das Prinzip eines Wachstumstests. Beschreiben Sie Unterschiede der erhaltenen Proben und skizzieren Sie jeweils ein Blatt. Sollten keine Proben vorhanden sein, nutzen Sie die Fotos in den Tipps.

Viel Erfolg

T. Phos

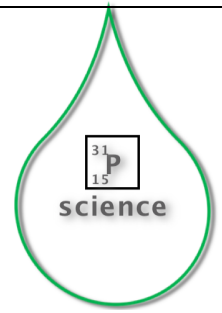


Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben Sie die Differenzen der beiden Proben.

Skizzieren Sie jeweils ein Blatt.

Bohnenblatt mit Düngemitteln	Bohnenblatt ohne Düngemittel



S-19/02 Pflanzenwachstumstest Bohne Lösung

Erklären Sie das Prinzip des Pflanzenwachstumstests.

Der Pflanzenwachstumstest beruht auf dem Vergleich zwischen einer Probe mit Nährstoffzufuhr (in Form von Dünger) und einer Probe ohne Nährstoffzufuhr. Durch das Ausschließen eines Faktors – den Nährstoffen – kann gezeigt werden, wie Pflanzen (hier Kresse/Bohnen) auf diesen Mangel reagieren.

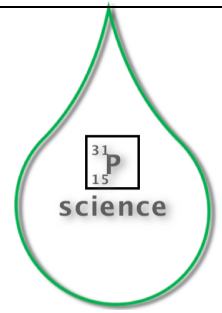
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben und erklären Sie die Differenzen der beiden Proben.

Siehe Tippkarten



**An die
Forschungsabteilung Pflanzenwachstum & Abwasserreinigung
- im Hause -**

Kunde

Eigen

Zeichen

S-19/03

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-19/03: Klärschlamm reinigen

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

wir wollen Phosphate aus Klärschlamm zurückgewinnen. Dabei handelt es sich um eine Mischung von organischen Resten, Schwermetallen und verschiedenen anderen Substanzen, die in Wasser gelöst sind. Für Sie haben wir Klärschlamm als Modell vorbereitet. Versuchen Sie bitte dieses Klärschlammmodell so weit wie möglich zu reinigen, sodass Sie eine klare Lösung erhalten!

Nutzen Sie dafür die Geräte, die Sie am Platz finden. Sie müssen nicht alle benutzen! Seien Sie kreativ! Sie haben 10 Minuten Zeit – stoppen Sie nach dem Lesen die Zeit mit der Stoppuhr! Beschriften Sie Ihre gereinigte Probe! Lassen Sie bitte Ihre gereinigte Probe stehen, damit Sie mit anderen Teams verglichen werden kann.

Beschreiben Sie Ihre Reinigungsschritte und listen Sie Ihre benutzen Geräte auf. Stellen Sie eine Hypothese auf, wie sich ein besseres Ergebnis hätte erzielen lassen.

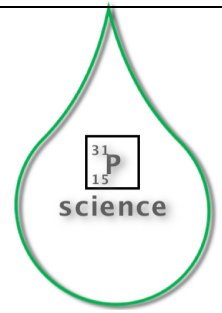
Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

S-19/03 Klärschlamm reinigen

P-science · Postfach 99 04 40 · 28334 Bremen



Beschreiben Sie bitte Ihre Reinigungsschritte.

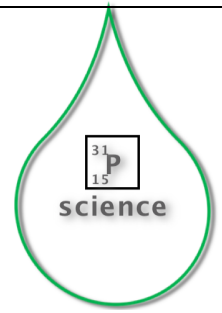
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Ihre Geräteliste:

Stellen Sie eine Hypothese auf, wie sich ein besseres Ergebnis erzielen lassen könnte.



S-19/03 Klärschlamm reinigen LÖSUNG

Beschreiben Sie bitte Ihre Reinigungsschritte.

individuell

Ihre Geräteliste:

Individuell

Stellen Sie eine Hypothese auf, wie sich ein besseres Ergebnis erzielen lassen könnte.

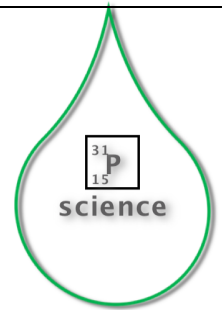
Das beste Ergebnis lässt sich vermutlich mit einer Nutsche und einer anschließenden Filtration erzielen.

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/01

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/01: Rückgewinnungsverfahren mittels Budenheimer CO₂ Verfahren

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind drei Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen mit Hilfe des Gases Kohlenstoffdioxid aus einer Klärschlammlösung Phosphat zurückgewinnen.

Notieren Sie Ihre Durchführung in eigenen Worten. Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:****forschungsabteilung@zukunft.de****Senden****Betreff:****S 20-01 Budenheimer CO₂ Verfahren****Von/CC****B****I****U**

Liebe Kollegen und Kolleginnen

Leaching

- Sie finden eine Sodamaxx-Flasche mit einer KlärschlammLösung (Phosphat-Konzentration von $c = 1000 \text{ mg/L}$). Schütteln Sie die Flasche gründlich und achten Sie darauf, dass der Schraubverschluss sauber ist. Bestimmen Sie den pH-Wert.
- Schrauben Sie die Flasche in den Sodamaxx und senken Sie mittels Hüben (1 Hub alle 10 Sekunden) den pH-Wert auf unter 4,5. Nach jeweils ca. 3-4 Hüben muss die Flasche entlüftet werden. Dazu wird der kleine Hebel betätigt, der sich an dem Sodamaxx befindet. Dann wird fortgesetzt. Nutzen Sie maximal 10 Hübe! Kontrollieren Sie zwischenzeitlich immer wieder den pH-Wert. Dazu müssen Sie die Flasche belüften und abschrauben.

Filtration

- Entnehmen Sie ca. 150 mL des Gemisches. Zur Trennung von Fest und Flüssig können Sie filtrieren oder die Nudelpresse mit einem Filterpapier nutzen. Sie können auch beides nutzen. Für die Nudelpresse gießen Sie die KlärschlammLösung durch die Nudelpresse in ein weiteres Becherglas. Drücken Sie den Klärschlamm erst nach dem Durchlaufen der Flüssigkeit **einmal** kräftig aus! Eventuell müssen Sie noch einmal mit einem Trichter und Filterpapier filtrieren. Entsorgen Sie den festen Klärschlamm im Abfall. Prüfen Sie den pH-Wert! Sie benötigen 100 mL klare Lösung, um weiterzuarbeiten.

Kristallisation

- Stellen Sie 100 ml des feststoff-freien Filtrats in dem Becherglas auf eine Rührplatte. Rühren Sie, indem Sie einen Rührfisch nutzen. Messen Sie ständig den pH-Wert. Rührfisch und pH-Sonde dürfen sich nicht berühren!
- Stellen Sie durch Zugabe von Natronlauge (1 mol/L) einen pH-Wert von 7 ein.
- Geben Sie Kalkwasser (gesättigt) hinzu, bis ein pH-Wert von 9 erreicht ist. Wenn die Lösung sich milchig trüb färbt, stellen Sie den Rührer aus und warten, bis sich der weiße Feststoff abgesetzt hat.
- Filtrieren Sie die Lösung vorsichtig in ein sauberes Becherglas.
- Das Produkt ist Calciumphosphat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest wie zuvor an.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

T. Phos

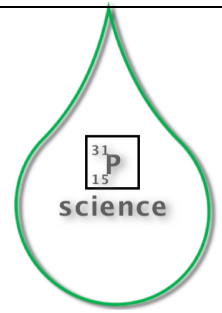
PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

T. Phos

Vorstand

Leobener Straße
28359 BremenTelefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/01 Budenheimer Verfahren



Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Filtration	
3. Kristallisation	
4. Quantifizierung	

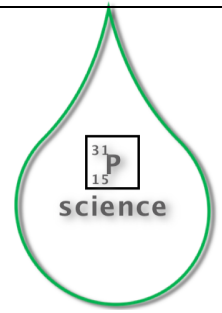


Tabelle 2. Postfach 99 04 40 · 28334 Bremen

Wichtige Messwerte	
Startkonzentration Phosphat	1000 mg/L
pH-Wert (Start)	
Hubzahl	
pH-Wert nach Entnahme von 150ml	
I. pH-Wert nach Zugabe von Natronlauge	
I. pH-Wert nach Zugabe von Kalkwasser	
pH-Wert im Filtrat	

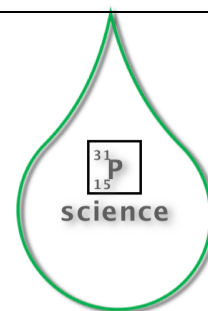
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben Sie den pH-Wert über den Verlauf des Versuchs.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Hier einige Hinweise:

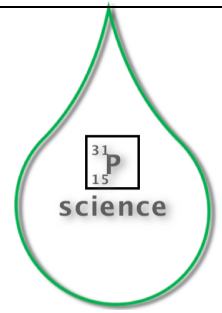
- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablesen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Ausbeute in Prozent	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	



S-20/0X Verfahren Lösung

Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

Siehe Anleitung

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 2.

Abhängig von den Messwerten – Richtwerte können der Anleitung entnommen werden.

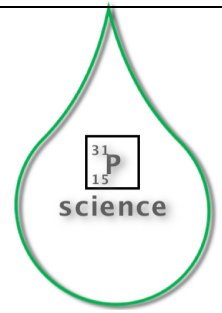
Beschreiben Sie den pH-Wert über den Verlauf des Versuchs.

Der pH-Wert wird zunächst beim LEACHING gesenkt, sodass sich das Phosphat löst. Folgend wird durch die Zugabe der pH-Wert wieder deutlich auf über 10 erhöht. Der pH-Wert durchläuft somit eine Reichweite von ca. pH 10

Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Siehe Beispielrechnung

**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/02

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/02: Rückgewinnungsverfahren mittels Stuttgarter Verfahren

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind drei Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen das Stuttgarter Verfahren nachempfinden und aus einer KlärschlammLösung Phosphat zurückgewinnen.

Notieren Sie Ihre Durchführung in eigenen Worten. Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:**

forschungsabteilung@zukunft.de

Senden**Betreff:**

S 20-02 Stuttgarter Verfahren

Von/CC**B****I****U**

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

Leaching

- In der Probenflasche befindet sich eine Klärschlammlösung (Phosphat- Konzentration von $c = 1000 \text{ mg/L}$). Schütteln Sie diese & entnehmen Sie 150 mL. Bestimmen Sie den pH-Wert. Versetzen Sie anschließend die Klärschlammlösung mit Schwefelsäure (1 mol/L) bis ein pH-Wert zwischen 3-4 eingestellt ist. Rühren Sie dabei mit dem Glasstab um. Prüfen Sie den pH-Wert.

Filtration

- Zur Trennung von Fest und Flüssig können Sie filtrieren oder Sie nutzen die Nudelpresse mit einem Filterpapier. Sie können auch beides nutzen. Für die Nudelpresse gießen Sie die Klärschlammlösung durch die Nudelpresse in ein weiteres Becherglas. Drücken Sie den Klärschlamm erst nach dem Durchlaufen der Flüssigkeit **einmal** kräftig aus! Eventuell müssen Sie noch einmal mit einem Trichter und Filterpapier filtrieren. Entsorgen Sie den festen Klärschlammrest im Abfall. Prüfen Sie den pH-Wert! Sie benötigen 100 mL klare Lösung, um weiterzuarbeiten.

Kristallisation

- Stellen Sie das feststoff-freie Filtrat in dem Becherglas auf eine Rührplatte und rühren Sie, indem Sie einen Rührfisch nutzen. Messen Sie ständig den pH-Wert. Rührfisch und pH-Sonde dürfen sich nicht berühren!
- Geben Sie zunächst 1 ml Zitronensäure (0,1 mol/L) hinzu, um Schwermetalle zu binden.
- Geben Sie danach zur Vorbereitung der Fällung je 5 ml des Fällmittels 1 und 2 in die Lösung.
- Erhöhen Sie den pH-Wert auf über 9 durch Zugabe von Natronlauge (1 mol/L). Wenn die Lösung sich milchig trüb färbt, stellen Sie den Rührer aus und warten Sie, bis sich der weiße Feststoff abgesetzt hat.
- Filtrieren Sie die Lösung vorsichtig in ein sauberes Becherglas.
- Das Produkt ist Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat MgNH_4PO_4).

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest wie zuvor an.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

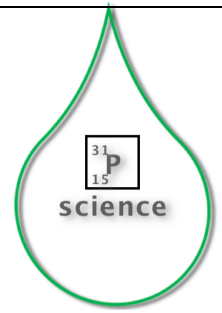
T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

T. Phos

Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen
Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 – 5768968
eMail t.phos@p-science.de



S-20/02 Stuttgarter Verfahren

Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Filtration	
3. Kristallisation	
4. Quantifizierung	

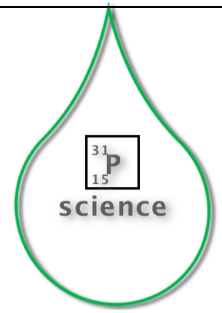


Tabelle 2. Postfach 99 04 40 · 28334 Bremen

Wichtige Messwerte	
Startkonzentration Phosphat	1000 mg/L
pH-Wert (Start)	
pH-Wert nach Schwefelsäure Zugabe	
pH-Wert nach Entnahme von 150ml	
I. pH-Wert nach Zugabe der Fällmittel I+II	
I. pH-Wert nach Zugabe von Natronlauge	
pH-Wert im Filtrat	

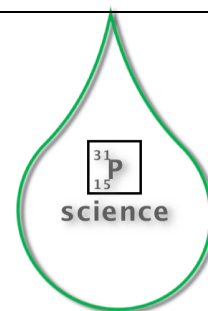
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben Sie den pH-Wert über den Verlauf des Versuchs.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Hier einige Hinweise:

- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

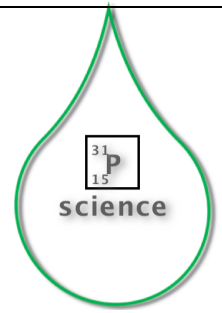
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablezen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Ausbeute in Prozent	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	

**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/03

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/03: Rückgewinnungsverfahren mittels PEARL Verfahren

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind drei Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen das PEARL Verfahren nachempfinden und aus einer Klärschlammlösung Phosphat zurückgewinnen.

Notieren Sie Ihre Durchführung in eigenen Worten. Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:**

forschungsabteilung@zukunft.de

Senden**Betreff:**

S-20/03 PEARL Verfahren

Von/CC**B****I****U**

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

Leaching

- Sie finden eine Flasche mit einer Klärschlammlösung. Diese hat eine Phosphat- Konzentration von $c = 1000 \text{ mg/L}$. Schütteln Sie diese & entnehmen Sie 300 ml. Bestimmen Sie den pH-Wert. Versetzen Sie anschließend die Klärschlammlösung mit Schwefelsäure ($0,5 \text{ mol/L}$) bis ein pH-Wert zwischen 3-4 eingestellt ist. Rühren Sie dabei mit dem Glasstab um. Prüfen Sie den pH-Wert.

Filtration

- Zur Trennung von Fest und Flüssig können Sie filtrieren oder Sie nutzen die Nudelpresse mit einem Filterpapier. Sie können auch beides nutzen. Für die Nudelpresse gießen Sie die Klärschlammlösung durch die Nudelpresse in ein weiteres Becherglas. Drücken Sie den Klärschlamm erst nach dem Durchlaufen der Flüssigkeit **einmal** kräftig aus! Eventuell müssen Sie noch einmal mit einem Trichter und Filterpapier filtrieren. Entsorgen Sie den festen Klärschlamm im Abfall. Prüfen Sie den pH-Wert! Sie benötigen 250 mL klare Lösung, um weiterzuarbeiten.

Kristallisation

- Erhöhen Sie den pH-Wert im feststoff-freien Filtrat auf 10,5 durch die Zugabe von Natronlauge (1 mol/L , ca. 2 mL).
- Füllen Sie das feststoff-freie Filtrat in den Kunststoffreaktor, der an einem Stativ befestigt ist. Der Reaktor besitzt unten eine Dosiereinheit mit einem 2-Wege-Hahn und einem Auslass.
- Füllen Sie je eine Spritze mit je 5 ml des Fällmittels 1 und 2. Setzen Sie die erste Spritze auf die Dosiereinheit von unten auf, öffnen Sie den Hahn und spritzen Sie das Fällmittel 1 von unten langsam in den Reaktor. Schließen Sie den Hahn und setzen Sie nun die Spritze mit Fällmittel 2 auf und wiederholen Sie den Vorgang. Ziehen Sie nun einmal eine Spritze mit Luft auf und geben Sie diese in die Leitung, damit diese frei wird. In der Lösung bildet sich ein weißer Feststoff. Warten Sie bis sich der weiße Feststoff abgesetzt hat.
- Das Produkt ist Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat, MgNH_4PO_4).
- Stellen Sie einen Trichter mit Filterpapier in ein Becherglas. Lassen Sie das Produkt mit der Lösung über den Ablass an der Dosiereinheit **unten** in einen Trichter mit Filterpapier laufen.

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest wie zuvor an.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

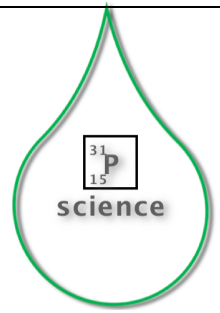
T. Phos

Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Fax (0421) 218 - 5768968

eMail t.phos@p-science.de



Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

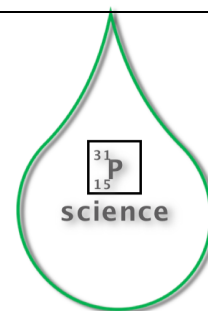
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Filtration	
3. Kristallisation	
4. Quantifizierung	



Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Hier einige Hinweise:

- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

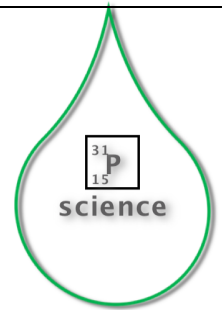
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablesen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Ausbeute in Prozent	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	

**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**



Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/04

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/04: Rückgewinnungsverfahren mittels LEACHPHOS-Verfahren

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind drei Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen den LEACHPHOS-Prozess nachempfinden und aus einer Klärschlammmasche Phosphat zurückgewinnen.

Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Ordnen Sie die drei Schritte den Abläufen zu, die Sie erledigen. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:**

forschungsabteilung@zukunft.de

Senden**Betreff:**

S-20/04 Anleitung LEACHPHOS

Von/CC**B*****I*****U**

Liebe Kollegen und Kolleginnen

Leaching

- Sie finden 200 mL einer Klärschlammasche Suspension (Phosphatkonzentration $c = 1000 \text{ mg/L}$).
- Stellen Sie das Becherglas mit der Klärschlammasche Suspension auf eine Heizplatte und geben Sie einen Rührfisch hinzu. Lassen Sie langsam rühren und geben Sie Schwefelsäure (2 mol/L) hinzu, bis ein pH-Wert von 2,5 oder niedriger eingestellt ist (ca. 3-5 mL). Notieren Sie den genauen pH-Wert. **Achtung:** pH-Elektrode und Rührfisch dürfen sich nicht berühren.

Filtration

- Geben Sie das Gemisch in einen Trichter mit Faltenfilter und fangen Sie das Filtrat in einem sauberen Becherglas auf. Das Filtrat muss klar und frei von Schwebstoffen sein. Arbeiten Sie mit **100 mL** weiter. Sollten Sie Problem bei der Reinigung haben, nutzen Sie eine Nutsche. Hierfür nehmen Sie die angeschlossene Saugflasche und setzen eine Nutsche mit Filterpapier auf die Saugflasche. Schalten Sie den Wasserstrahl ein und geben Sie vorsichtig die Lösung durch die Nutsche. Halten Sie die Nutsche dabei gut fest.
- Sie können die übrige Klärschlammasche und die Filter im Hausmüll entsorgen.
- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1 mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest an. Beachten Sie bei der Berechnung, dass Sie nur mit 100 mL weiterarbeiten!

Kristallisation

- Stellen Sie Ihr Becherglas mit 100 mL feststofffreiem Filtrat auf eine Rührplatte und rühren Sie mit einem Rührfisch. Versetzen Sie nun 100 mL des feststoff-freien Filtrats mit Natronlauge (1 mol/L) bis ein pH-Wert von 7 erreicht ist. **Achtung:** pH-Elektrode und Rührfisch dürfen sich nicht berühren.
- Geben Sie Kalkwasser (ca. 9-12 mL) hinzu, bis ein pH-Wert von 9 oder höher erreicht ist. Es bildet sich ein weißer Feststoff.
- Filtrieren Sie die Lösung, bis diese klar ist. Das Produkt ist Calciumphosphat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. Eventuell muss das Filtrat erneut verdünnt werden.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

T. Phos

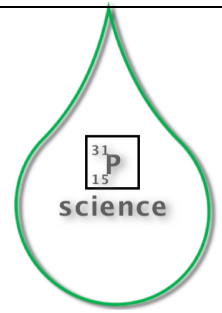
PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

T. Phos

Vorstand

Leobener Straße
28359 BremenTelefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 – 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/04 LEACHPHOS Verfahren



Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Filtration	
3. Kristallisation	
4. Quantifizierung	

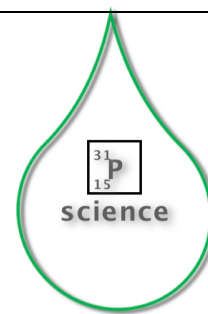


Tabelle 2.

Wichtige Messwerte	
Startkonzentration Phosphat	1000 mg/L
pH-Wert (Start)	
pH-Wert nach Schwefelsäure Zugabe	
pH-Wert nach Entnahme von 100ml	
Phosphatkonzentration nach Filtration	
I. pH-Wert nach Zugabe von Natronlauge	
I. pH-Wert nach Zugabe von Kalkwasser	
pH-Wert im Filtrat	

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben Sie den pH-Wert über den Verlauf des Versuchs.

Berechnen Sie die Menge an Phosphat, die Sie aus dem Filtrat lösen konnten, indem Sie den Colortest verwenden.

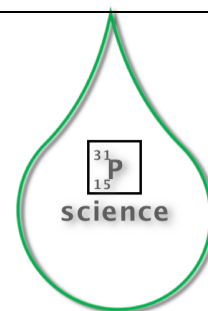
Hier einige Hinweise:

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablezen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Aus der Asche gelöstes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Prozentualer Anteil	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	

Berechnen Sie die Menge an Phosphat, die Sie zurückgewinnen konnten, indem Sie den Colortest verwenden.

Hier einige Hinweise:

- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

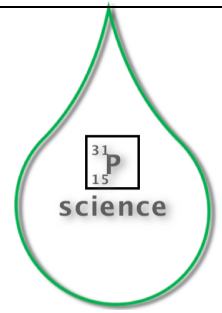


T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablesen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Herausgelöstes Phosphat	Zuvor errechneter Wert	20 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus 1. Messung und zweiter Messung in absoluten Zahlen	10, 79 mg	
Prozentualer Anteil	Errechnen des proz. Anteils	54%	



**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**

Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/01

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/01: Rückgewinnungsverfahren mittels Budenheimer CO₂ Verfahren

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind vier Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen mit Hilfe des Gases Kohlenstoffdioxid aus einer Klärschlammlösung Phosphat zurückgewinnen. Den zweiten Schritt haben wir dabei schon für Sie übernommen!

Notieren Sie Ihre Durchführung in eigenen Worten. Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:**

forschungsabteilung@zukunft.de

Senden**Betreff:**S 20-01 Budenheimer CO₂ Verfahren**Von/CC****B***I*U

Liebe Kollegen und Kolleginnen

Leaching

- Sie finden eine Sodamaxx-Flasche mit einer gereinigten Klärschlammlösung (Phosphat-Konzentration von $c = 1000 \text{ mg/L}$). Schütteln Sie die Flasche gründlich und achten Sie darauf, dass der Schraubverschluss sauber ist. Bestimmen Sie den pH-Wert.
- Schrauben Sie die Flasche in den Sodamaxx und senken Sie mittels Hüben (1 Hub alle 10 Sekunden) den pH-Wert auf unter 4,5. Nach jeweils ca. 3-4 Hüben muss die Flasche entlüftet werden. Dazu wird der kleine Hebel betätigt, der sich an dem Sodamaxx befindet. Dann wird fortgesetzt. Nutzen Sie maximal 10 Hübe! Kontrollieren Sie zwischenzeitlich immer wieder den pH-Wert. Dazu müssen Sie die Flasche belüften und abschrauben.

Kristallisation

- Geben Sie 100 mL des feststoff-freien Filtrats in ein Becherglas und stellen Sie es auf eine Rührplatte. Rühren Sie, indem Sie einen Rührfisch nutzen. Messen Sie ständig den pH-Wert. Rührfisch und pH-Sonde dürfen sich nicht berühren!
- Stellen Sie durch Zugabe von Natronlauge (1 mol/L) einen pH-Wert von 7 ein.
- Geben Sie Kalkwasser (gesättigt) hinzu, bis ein pH-Wert von 9 erreicht ist. Wenn die Lösung sich milchig trüb färbt, stellen Sie den Rührer aus und warten, bis sich der weiße Feststoff abgesetzt hat.
- Filtrieren Sie die Lösung vorsichtig in ein sauberes Becherglas.
- Das Produkt ist Calciumphosphat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest wie zuvor an.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

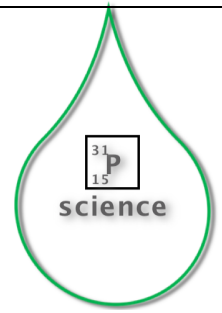
T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

T. Phos

Vorstand

Leobener Straße
28359 BremenTelefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de



S-20/01 Budenheimer Verfahren

Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

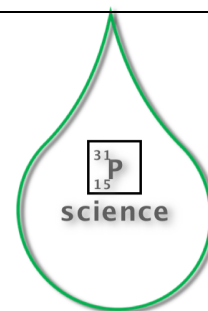
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Kristallisation	
3. Quantifizierung	



Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Hier einige Hinweise:

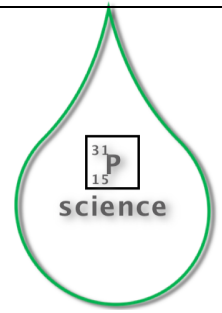
- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablesen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Ausbeute in Prozent	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	



**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**

Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/02

Datum

1. September

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/02: Rückgewinnungsverfahren mittels Stuttgarter Verfahren

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind vier Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen das Stuttgarter Verfahren nachempfinden und aus einer Klärschlammlösung Phosphat zurückgewinnen. Den zweiten Schritt haben wir dabei schon für Sie übernommen!

Notieren Sie Ihre Durchführung in eigenen Worten. Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:**

forschungsabteilung@zukunft.de

Senden**Betreff:**

S 20-02 Stuttgarter Verfahren

Von/CC**B***I*U

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

Leaching

- In der Probenflasche befindet sich eine gereinigte Klärschlammlösung (Phosphat- Konzentration von $c = 1000 \text{ mg/L}$). Schütteln Sie diese & entnehmen Sie 100 mL. Bestimmen Sie den pH-Wert. Versetzen Sie anschließend die Klärschlammlösung mit Schwefelsäure (1 mol/L) bis ein pH-Wert zwischen 3-4 eingestellt ist. Rühren Sie dabei mit dem Glasstab um. Prüfen Sie den pH-Wert.

Kristallisation

- Stellen Sie das feststoff-freie Filtrat in dem Becherglas auf eine Rührplatte und rühren Sie, indem Sie einen Rührfisch nutzen. Messen Sie ständig den pH-Wert. Rührfisch und pH-Sonde dürfen sich nicht berühren!
- Geben Sie zunächst 1 ml Zitronensäure ($0,1 \text{ mol/L}$) hinzu, um Schwermetalle zu binden.
- Geben Sie danach zur Vorbereitung der Fällung je 5 ml des Fällmittels 1 und 2 in die Lösung.
- Erhöhen Sie den pH-Wert auf über 9 durch Zugabe von Natronlauge (1 mol/L). Wenn die Lösung sich milchig trüb färbt, stellen Sie den Rührer aus und warten Sie, bis sich der weiße Feststoff abgesetzt hat.
- Filtrieren Sie die Lösung vorsichtig in ein sauberes Becherglas.
- Das Produkt ist Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat MgNH_4PO_4).

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest wie zuvor an.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

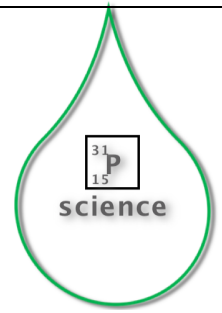
T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

T. Phos

Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen
Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 – 5768968
eMail t.phos@p-science.de



S-20/02 Stuttgarter Verfahren

Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Kristallisation	
3. Quantifizierung	

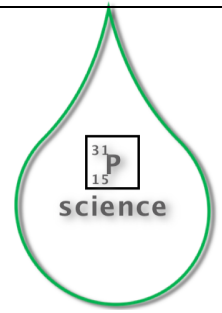


Tabelle 2. Postfach 99 04 40 · 28334 Bremen

Wichtige Messwerte	
Startkonzentration Phosphat	1000 mg/L
pH-Wert (Start)	
Hubzahl	
pH-Wert nach Entnahme von 100ml	
I. pH-Wert nach Zugabe von Natronlauge	
I. pH-Wert nach Zugabe von Kalkwasser	
pH-Wert im Filtrat	

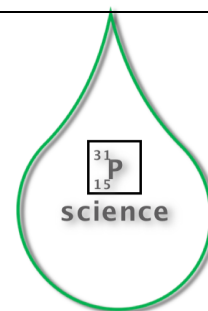
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Beschreiben Sie den pH-Wert über den Verlauf des Versuchs.

[illegible]



Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Hier einige Hinweise:

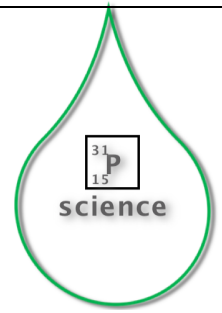
- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablesen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Ausbeute in Prozent	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	



**An die
Forschungsabteilung Verfahrensentwicklung
- im Hause -**

T. Phos
Vorstand

Kunde

Eigen

Zeichen

S-20/03

Datum

1. September

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

S-20/03: Rückgewinnungsverfahren mittels PEARL Verfahren

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

P-science hat den Auftrag erhalten, technische Verfahren zu entwickeln, um Phosphate zurückzugewinnen. Grundlage aller Verfahren ist sind vier Schritte:

1. Leaching: Der pH-Wert wird gesenkt, um Phosphat aus dem Feststoff zu lösen.
2. Filtration: Durch Abtrennen des Feststoffs wird das Filtrat gewonnen.
3. Kristallisation: Durch Fällmittel und pH-Wert-Erhöhung fällt ein Phosphatsalz aus.
4. Quantifizierung: Durch vergleichen des Phosphatgehalts nach der Filtration und nach der Kristallisation den Phosphatgehalt ermitteln.

Unsere Forschungsabteilung hat bereits Ideen gesammelt und gibt Ihnen eine vielversprechende Anleitung, die Sie der E-Mail entnehmen können. Sie sollen das PEARL Verfahren nachempfinden und aus einer Klärschlammlösung Phosphat zurückgewinnen. Den zweiten Schritt haben wir dabei schon für Sie übernommen!

Notieren Sie Ihre Durchführung in eigenen Worten. Kontrollieren Sie während des Verfahrens den pH-Wert und geben Sie an, wie viel Phosphat Sie zurückgewinnen können. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus anderen Verfahren!

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereitgestellten Behälter.

**An:**

forschungsabteilung@zukunft.de

Senden**Betreff:**

S-20/03 PEARL Verfahren

Von/CC**B***I*U

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

Leaching

- Sie finden eine Flasche mit einer gereinigten Klärschlammlösung. Diese hat eine Phosphat- Konzentration von $c = 1000 \text{ mg/L}$. Schütteln Sie diese & entnehmen Sie 250 ml. Bestimmen Sie den pH-Wert. Versetzen Sie anschließend die Klärschlammlösung mit Schwefelsäure ($0,5 \text{ mol/L}$) bis ein pH-Wert zwischen 3-4 eingestellt ist. Rühren Sie dabei mit dem Glasstab um. Prüfen Sie den pH-Wert.

Kristallisation

- Erhöhen Sie den pH-Wert im feststoff-freien Filtrat auf 10,5 durch die Zugabe von Natronlauge (1 mol/L , ca. 2 mL).
- Füllen Sie das feststoff-freie Filtrat in den Kunststoffreaktor, der an einem Stativ befestigt ist. Der Reaktor besitzt unten eine Dosiereinheit mit einem 2-Wege-Hahn und einem Auslass.
- Füllen Sie je eine Spritze mit je 5 ml des Fällmittels 1 und 2. Setzen Sie die erste Spritze auf die Dosiereinheit von unten auf, öffnen Sie den Hahn und spritzen Sie das Fällmittel 1 von unten langsam in den Reaktor. Schließen Sie den Hahn und setzen Sie nun die Spritze mit Fällmittel 2 auf und wiederholen Sie den Vorgang. Ziehen Sie nun einmal eine Spritze mit Luft auf und geben Sie diese in die Leitung, damit diese frei wird. In der Lösung bildet sich ein weißer Feststoff. Warten Sie bis sich der weiße Feststoff abgesetzt hat.
- Das Produkt ist Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat, MgNH_4PO_4).
- Stellen Sie einen Trichter mit Filterpapier in ein Becherglas. Lassen Sie das Produkt mit der Lösung über den Ablass an der Dosiereinheit **unten** in einen Trichter mit Filterpapier laufen.

Quantifizierung

- Ermitteln Sie mit dem Colortest den Phosphatgehalt in dem Filtrat. **ACHTUNG:** Der Colortest kann nur messen, wenn Sie verdünnen. Verdünnen Sie die Phosphatlösung 1:100 – geben Sie 1mL der Phosphatlösung in einen Messkolben und geben Sie 99 mL destilliertes Wasser hinzu. Wenden Sie dann den Colortest wie zuvor an.
- Vereinfacht wird angenommen, dass es sich bei der Differenz aus der Startkonzentration und der zweiten Messung um ausgefallenes Phosphat handelt, das erfolgreich zurückgewonnen wurde.

Viel Erfolg

T. Phos

PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

T. Phos

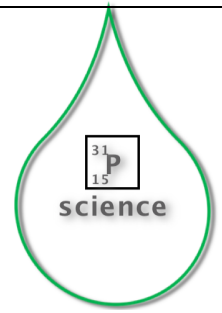
Vorstand

Leobener Straße

28359 Bremen

Fax (0421) 218 - 5768968

eMail t.phos@p-science.de



Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

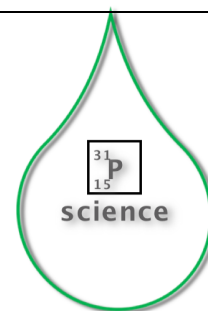
T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Tabelle 1.

	Durchführung
1. Leaching	
2. Kristallisation	
3. Quantifizierung	



Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Hier einige Hinweise:

- Beachten Sie die Umrechnung von Phosphor- zu Phosphatgehalt
- Beachten Sie, dass Sie zuvor 1:100 verdünnt haben

T. Phos
Vorstand

Leobener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 – 63545454
Fax (0421) 218 - 5768968
eMail t.phos@p-science.de

Large empty rounded rectangle for calculations and notes.

Einzelne Messergebnisse	Was ist zu tun?	Beispiel	Eigener Wert
Phosphor Konzentration	Ablesen vom Gerät	3,0 mg/L	
Phosphat Konzentration	Gerätewert mit 3,07 multiplizieren	9,21 mg/L	
Phosphatkonzentration im Filtrat	Zurückrechnung der Verdünnung	921 mg/L	
Zurückgewonnenes Phosphat	Differenz aus Startkonzentration und Phosphatkonzentration im Filtrat in absoluten Zahlen	79 mg	
Ausbeute in Prozent	Errechnen des proz. Anteils	7,9%	

S-20/0X Verfahren Lösung

Beschreiben Sie Ihre Schritte, indem Sie stichpunktartig auflisten, was Sie bei den jeweiligen Schritten tun. Notieren Sie bitte in der zweiten Tabelle die wichtigen Messwerte!

Siehe Anleitung

Tabelle 2.

Abhängig von den Messwerten – Richtwerte können der Anleitung entnommen werden.

Beschreiben Sie den pH-Wert über den Verlauf des Versuchs.

Der pH-Wert wird zunächst beim LEACHING gesenkt, sodass sich das Phosphat löst. Folgend wird durch die Zugabe der pH-Wert wieder deutlich auf über 10 erhöht. Der pH-Wert durchläuft somit eine Reichweite von ca. 10 Größenordnungen.

Berechnen Sie die Menge an zurückgewonnenem Phosphat und füllen Sie die untenstehende Tabelle aus.

Siehe Beispielrechnung

