

Infokasten: Lithiumgewinnung

Mobile Geräte wie Smartphones und Tablets sind heute kaum noch aus dem Alltag wegzudenken. Auch Elektroautos werden immer wichtiger, weil sie eine Alternative zu Fahrzeugen mit Benzin oder Diesel sind. Für all diese Anwendungen braucht man einen wichtigen Rohstoff: Lithium. Dieses Element steckt vor allem in Batterien. Es gehört zu den Alkalimetallen und hat besondere Eigenschaften, die es bis heute für Batterien unverzichtbar macht.

Lithium wird heute meist aus Gestein abgebaut, zum Beispiel in Australien oder China. Außerdem kann man es aus salzhaltigem Wasser in großen Salzseen gewinnen, etwa in Chile oder Argentinien. Diese Methoden sind jedoch problematisch für die Umwelt: Sie verbrauchen viel Wasser, verursachen einen hohen Kohlenstoffdioxid-Ausstoß und schädigen Lebensräume von Tieren und Pflanzen.



Salzsee (gemeinfreies Bild von pexels.com)

Da der Bedarf an Lithium weiter steigen wird, sucht man nach besseren Methoden zur Gewinnung. Eine neue Möglichkeit ist die sogenannte „Direct Lithium Extraction“ (DLE). Dabei wird Lithium direkt aus heißem Wasser tief unter der Erde gewonnen. Dieses Wasser enthält viele gelöste Salze von Alkali- und Erdalkalimetallen und wird „geothermale Sole“ genannt.

Ein wichtiger Forschungsstandort ist der Oberrheingraben. Dort gibt es große Lithiumvorkommen und bereits Geothermiekraftwerke. Diese fördern das heiße Wasser an die Oberfläche, um Energie zu gewinnen. Aus dieser Sole kann man anschließend gezielt Lithium-Ionen herausfiltern.

Hierfür nutzt man unter anderem Aluminiumhydroxid, ein in Wasser unlösliches Salz. Aluminiumhydroxid eignet sich zur Lithiumextraktion, da es im Kristallgitter von Aluminiumhydroxid kleine Hohlräume gibt, in die Lithium-Ionen eingebaut werden können.

Die heiße Sole wird in großen Rohren durch Aluminiumhydroxid-Granulat gepumpt. Dabei werden die Lithium-Ionen in die Lücken im Kristallgitter des Aluminiumhydroxids eingebaut. Anschließend werden die mit Aluminiumhydroxid gefüllten Rohre mit einem Lösemittel durchgespült, womit die Lithium-Ionen wieder aus dem Kristallgitter von Aluminiumhydroxid herausgelöst werden. Damit kann man selektiv Lithium gewinnen

Versuch 1

Extraktion von Lithium-Ionen mit Aluminiumhydroxid

In folgendem Experiment soll untersucht werden, ob sich Aluminiumhydroxid als Extraktionsmittel für Lithium-Ionen eignet.

Materialien

- Glaswanne
- 25-mL-Becherglas
- 100-mL-Becherglas
- Heizplatte
- Thermometer
- Glastrichter
- Uhrglas
- Rührfisch
- Spatel
- Waage
- Messzylinder
- Filterpapier

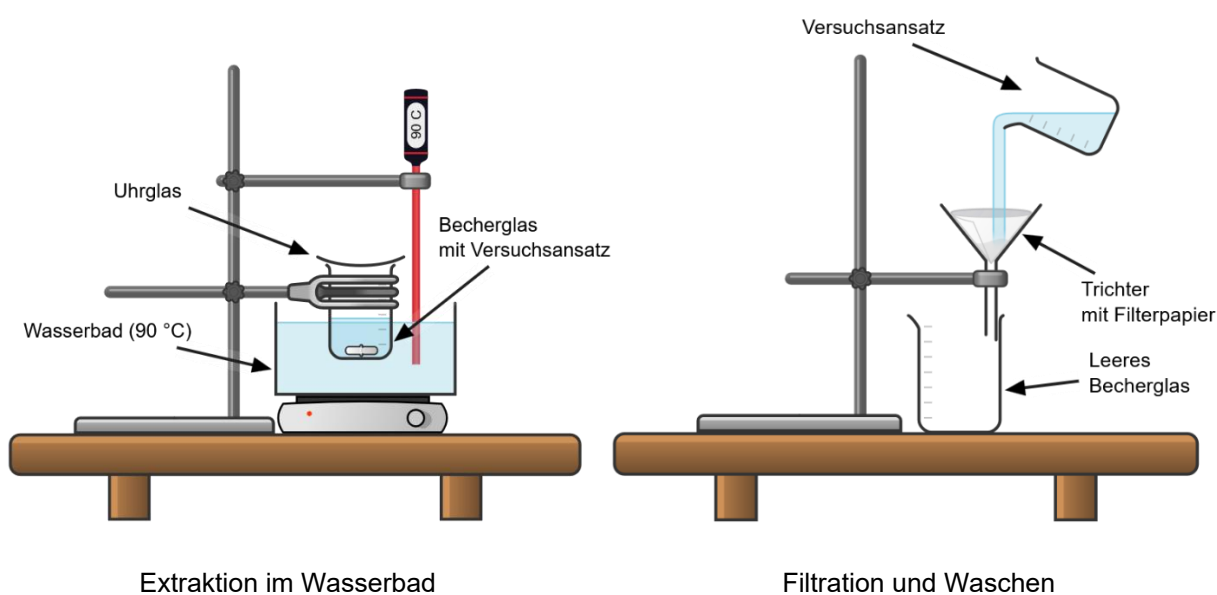
Chemikalien

- Aluminiumhydroxid
- Lithiumchlorid 
- VE-Wasser

Schutzausrüstung



Versuchsaufbau



Durchführung

Bereite das Wasserbad vor. Achte darauf, dass das Thermometer die vorgegebene Temperatur von 90 °C anzeigt.

Herstellung einer Lithiumchlorid-Lösung

- Wiege mit Hilfe der Feinwaage 1,7 g Lithiumchlorid ab.
- Miss mit dem Messzylinder 10 mL destilliertes Wasser ab und gib es ebenfalls in das kleine Becherglas.
- Spanne das Becherglas mit der Stativklemme bereits in das Wasserbad, gib den Rührfisch hinzu und lasse die Lösung zunächst etwas umrühren, damit sich das Lithiumchlorid löst.

Zugabe des Adsorptionsmittels

- Miss mit Hilfe des Wiegeschälchens 0,5 g Aluminiumhydroxid ab und gib es in das Becherglas.
- Lege ein Uhrglas auf das Becherglas.
- Lasse den Versuchsansatz für 45 Min. bei 90 °C rühren.

Abfiltrieren und Waschen

- Spanne den Glastrichter in die Vorrichtung und lege das Filterpapier hinein.
- Positioniere ein 100-mL-Becherglas darunter.
- Befeuchte das Filterpapier mit etwas destilliertem Wasser.
- Kippe nun nach und nach den gesamten Inhalt aus dem Becherglas mit der Suspension (= Versuchsansatz) in den Trichter.
- Hinweis: Spüle den Bodensatz mit etwas destilliertem Wasser heraus.
- Wasche das Filtrat zwei Mal mit VE-Wasser. Dabei sollte das Filtrat im Filter erneut aufgewirbelt werden.

Auswertung

Eine gängige Methode, um zu testen, ob Lithium-Ionen vorhanden sind, ist die Flammenfärbung. Bei positivem Lithium-Ionennachweis färbt sich die Flamme des Brenners typischerweise karminrot. Natrium-Ionen färben die Flamme leuchtend orange.



Links: Keine Flammenfärbung, mittig: Natrium-Ionen, rechts: Lithium-Ionen

Materialien

- Gasbrenner
- Kunststofflöffel
- Spatel
- Pasteurpipette

Chemikalien

- verd. Salzsäure (1 M) 
- Filtrat aus Versuch 1
- Magnesiumband 

Durchführung

- Stelle die rauschende Flamme beim Gasbrenner ein.
- Entnimm mit einem Spatel das Filtrat aus Versuch 1 und gib es in den Löffel.
- Gib mit der Pipette 3 mL verdünnte Salzsäure hinzu.
- Lege vorsichtig ein Stück Magnesiumband in den Löffel und tropfe erneut einige Tropfen verdünnte Salzsäure darauf. Hinweis: Gasentwicklung!
- Halte nun den Löffel unter die Luftzufuhr und beobachte, was du siehst.

Beobachtung

Versuch 2

Extraktion von Lithium-Ionen mit Magnesiumhydroxid

Um zu beweisen, dass Aluminiumhydroxid ein geeignetes Adsorptionsmittel für die selektive Lithium-Ionen-Gewinnung ist, diese also nicht an jedes beliebige Hydroxid binden, soll eine Blindprobe mit Magnesiumhydroxid gemacht werden.

Materialien

- Glaswanne
- 25-mL-Becherglas
- 100-mL-Becherglas
- Heizplatte
- Thermometer
- Glastrichter
- Uhrglas
- Rührfisch
- Spatel
- Waage
- Messzylinder
- Filterpapier

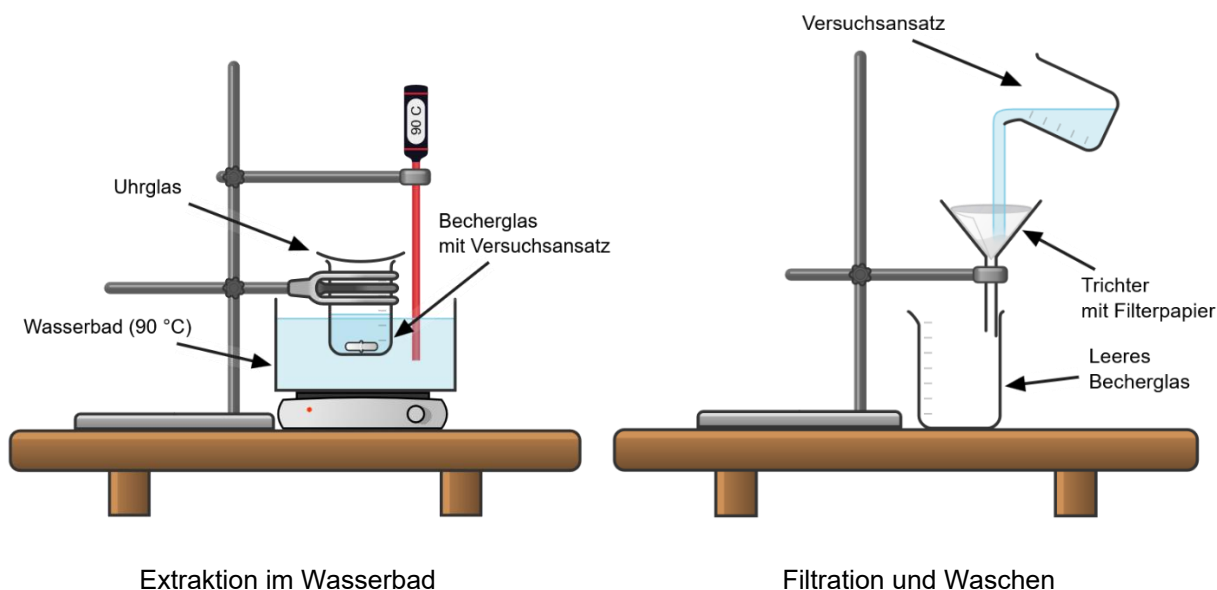
Chemikalien

- Magnesiumhydroxid
- Lithiumchlorid 
- VE-Wasser

Schutzausrüstung



Versuchsaufbau



Durchführung

Bereite das Wasserbad vor. Achte darauf, dass das Thermometer die vorgegebene Temperatur von 90 °C anzeigt.

Herstellung einer Lithiumchlorid-Lösung

- Wiege mit Hilfe der Feinwaage 1,7 g Lithiumchlorid ab.
- Miss mit dem Messzylinder 10 mL destilliertes Wasser ab und gib es ebenfalls in das kleine Becherglas.
- Spanne das Becherglas mit der Stativklemme bereits in das Wasserbad, gib den Rührfisch hinzu und lasse die Lösung zunächst etwas umrühren, damit sich das Lithiumchlorid löst.

Zugabe des Adsorptionsmittels

- Miss mit Hilfe des Wiegeschälchens 0,5 g Magnesiumhydroxid ab und gib es in das Becherglas.
- Lege ein Uhrglas auf das Becherglas.
- Lasse den Versuchsansatz für 45 Min. bei 90 °C rühren.

Abfiltrieren und Waschen

- Spanne den Glastrichter in die Vorrichtung und lege das Filterpapier hinein.
- Positioniere ein 100-mL-Becherglas darunter.
- Befeuchte das Filterpapier mit etwas destilliertem Wasser.
- Kippe nun nach und nach den gesamten Inhalt aus dem Becherglas mit der Suspension (= Versuchsansatz) in den Trichter.
- Hinweis: Spüle den Bodensatz mit etwas destilliertem Wasser heraus.
- Wasche das Filtrat zwei Mal mit VE-Wasser. Dabei sollte das Filtrat im Filter erneut aufgewirbelt werden.

Auswertung

Eine gängige Methode, um zu testen, ob Lithium-Ionen vorhanden sind, ist die Flammenfärbung. Bei positivem Lithium-Ionennachweis färbt sich die Flamme des Brenners typischerweise karminrot. Natrium-Ionen färben die Flamme leuchtend orange.



Links: Keine Flammenfärbung, mittig: Natrium-Ionen, rechts: Lithium-Ionen

Materialien

- Gasbrenner
- Kunststofflöffel
- Spatel
- Pasteurpipette

Chemikalien

- verd. Salzsäure (1 M) 
- Filtrat aus Versuch 1
- Magnesiumband 

Durchführung

- Stelle die rauschende Flamme beim Gasbrenner ein.
- Entnimm mit einem Spatel das Filtrat aus Versuch 1 und gib es in den Löffel.
- Gib mit der Pipette 3 mL verdünnte Salzsäure hinzu.
- Lege vorsichtig ein Stück Magnesiumband in den Löffel und tropfe erneut einige Tropfen verdünnte Salzsäure darauf. Hinweis: Gasentwicklung!
- Halte nun den Löffel unter die Luftzufuhr und beobachte, was du siehst.

Beobachtung

Versuch 3

Selektivität der Extraktion von Lithiumionen mit Aluminiumhydroxid

In den anderen Versuchsteilen befinden sich in den Ausgangslösungen neben den hier nicht relevanten Chlorid-Ionen lediglich Lithium-Ionen. Geothermale Solen enthalten jedoch noch viele weitere Ionensorten, insbesondere Natrium-Ionen, welche die Adsorption von Lithium-Ionen beeinflussen. In diesem Versuchsteil soll überprüft werden, wie sich das Extraktionsverhalten ändert, wenn sich zusätzlich noch Natrium-Ionen in der Lösung befinden.

Materialien

- Glaswanne
- 2 x 100-mL-Becherglas
- Heizplatte
- Thermometer
- Glastrichter
- Filterpapier
- Uhrglas
- Rührfisch
- Spatel
- Waage
- Messzylinder

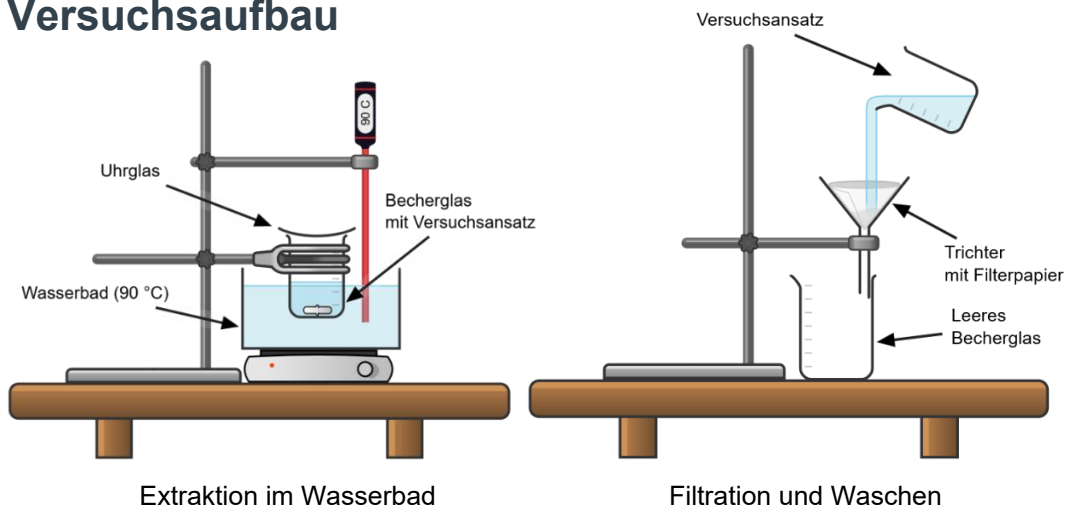
Chemikalien

- Aluminiumhydroxid
- Lithiumchlorid 
- Natriumchlorid
- VE-Wasser

Schutzausrüstung



Versuchsaufbau



Durchführung

Bereite das Wasserbad vor. Achte darauf, dass das Thermometer die vorgegebene Temperatur von 90 °C anzeigt.

Herstellung einer Lithiumchlorid-Lösung

- Wiege mit Hilfe der Feinwaage 4,25 g Lithiumchlorid und 4,25 g Natriumchlorid ab.
- Miss mit dem Messzylinder 50 mL destilliertes Wasser ab und gib es ebenfalls in das kleine Becherglas.
- Spanne das Becherglas mit der Stativklemme bereits in das Wasserbad, gib den Rührfisch hinzu und lasse die Lösung zunächst etwas umrühren, damit sich die Salze lösen.

Zugabe des Adsorptionsmittels

- Miss mit Hilfe des Wiegeschälchens 0,5 g Aluminiumhydroxid ab und gib es in das Becherglas.
- Lege ein Uhrglas auf das Becherglas.
- Lasse den Versuchsansatz für 45 Min. bei 90 °C rühren.

Abfiltrieren und Waschen

- Spanne den Glastrichter in die Vorrichtung und lege das Filterpapier hinein.
- Positioniere ein 100-mL-Becherglas darunter.
- Befeuchte das Filterpapier mit etwas destilliertem Wasser.
- Kippe nun nach und nach den gesamten Inhalt aus dem Becherglas mit der Suspension (= Versuchsansatz) in den Trichter.
- Hinweis: Spüle den Bodensatz mit etwas destilliertem Wasser heraus.
- Wasche das Filtrat zwei Mal mit VE-Wasser. Dabei sollte das Filtrat im Filter erneut aufgewirbelt werden.

Auswertung

Eine gängige Methode, um zu testen, ob Lithium-Ionen vorhanden sind, ist die Flammenfärbung. Bei positivem Lithium-Ionennachweis färbt sich die Flamme des Brenners typischerweise karminrot. Natrium-Ionen färben die Flamme leuchtend orange.



Links: Keine Flammenfärbung, mittig: Natrium-Ionen, rechts: Lithium-Ionen

Materialien

- Gasbrenner
- Kunststofflöffel
- Spatel
- Pasteurpipette

Chemikalien

- verd. Salzsäure (1 M) 
- Filtrat aus Versuch 1
- Magnesiumband 

Durchführung

- Stelle die rauschende Flamme beim Gasbrenner ein.
- Entnimm mit einem Spatel das Filtrat aus Versuch 1 und gib es in den Löffel.
- Gib mit der Pipette 3 mL verdünnte Salzsäure hinzu.
- Lege vorsichtig ein Stück Magnesiumband in den Löffel und tropfe erneut einige Tropfen verdünnte Salzsäure darauf. Hinweis: Gasentwicklung!
- Halte nun den Löffel unter die Luftzufuhr und beobachte, was du siehst.

Beobachtung

Versuch 4 (Lehrerversuch)

Selektive Extraktion von Lithium-Ionen aus „echter“ Sole

Um zu zeigen, dass Aluminiumhydroxid bevorzugt Lithium-Ionen interkaliert, auch wenn die Ausgangslösung eine sehr komplexe Ionenzusammensetzung hat, wie es bei der geothermalen Sole am Oberrheingraben beispielsweise der Fall ist, kann dieser Versuch zusätzlich von der Lehrkraft durchgeführt werden. Da die Kontaktzeit hier allerdings erhöht werden muss, muss das Wasserbad bereits vor Unterrichtsbeginn angesetzt werden bzw. der Versuch vorab durchgeführt werden.

Materialien

- Glaswanne
- 2 x 100-mL-Becherglas
- Heizplatte
- Thermometer
- Glastrichter
- Filterpapier
- Uhrglas
- Rührfisch
- Spatel
- Waage
- Messzylinder

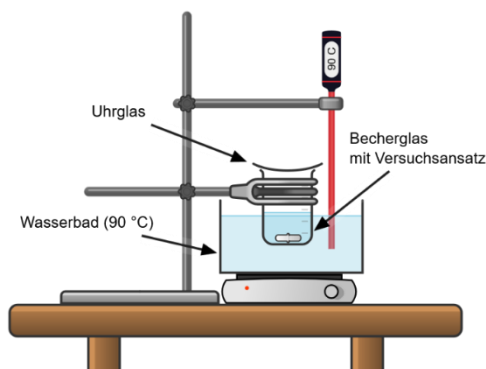
Chemikalien

- Aluminiumhydroxid
- Lithiumchlorid 
- Natriumchlorid
- Kaliumchlorid
- Calciumchlorid-Dihydrat 
- Magnesiumchlorid-Hexahydrat
- Natriumsulfat
- Natriumhydrogencarbonat
- VE-Wasser

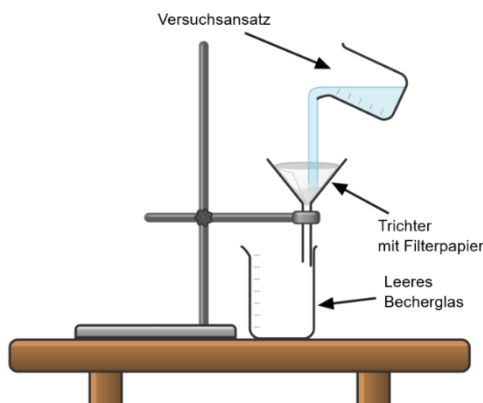
Schutzausrüstung



Versuchsaufbau



Extraktion im Wasserbad



Filtration und Waschen

Durchführung

Bereite das Wasserbad vor. Achte darauf, dass das Thermometer die vorgegebene Temperatur von 90 °C anzeigt.

Herstellung der Sole

- Die folgenden Salze sowie die entsprechende Menge destilliertes Wasser werden einzeln abgewogen und auf 100 mL mit VE-Wasser aufgefüllt.

Menge	Salz	Menge	Salz
11,3 g	NaCl	0,81	MgCl ₂ · 6 H ₂ O
0,39 g	KCl	0,08 g	NaHCO ₃
0,12 g	LiCl	0,21 g	Na ₂ SO ₄
2,16 g	CaCl ₂ · 2 H ₂ O		

Hinweis: der Lösungsvorgang benötigt mehrere Stunden.

Zugabe des Adsorptionsmittels

- 0,5 g Aluminiumhydroxid werden abgewogen und mit 50 mL der Sole in ein 100-mL-Becherglas gegeben.
- Ein Uhrglas wird auf das Becherglas gelegt.
- Der Versuchsansatz wird für 2 h bei 90 °C im Wasserbad gerührt.

Abfiltrieren und Waschen

- Spanne den Glastrichter in die Vorrichtung und lege das Filterpapier hinein.
- Positioniere ein 100-mL-Becherglas darunter.
- Befeuchte das Filterpapier mit etwas destilliertem Wasser.
- Kippe nun nach und nach den gesamten Inhalt aus dem Becherglas mit der Suspension (= Versuchsansatz) in den Trichter.
- Hinweis: Spüle den Bodensatz mit etwas destilliertem Wasser heraus.
- Wasche das Filtrat zwei Mal mit VE-Wasser. Dabei sollte das Filtrat im Filter erneut aufgewirbelt werden.

Auswertung

Die Flammenfärbung wird analog zu V1-3 durchgeführt.

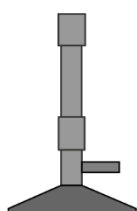
Auswertung und Aufgaben

Versuche 1–4

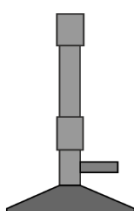
Aufgabe 1: Beschreibe zunächst knapp, was in den jeweiligen Versuchsteilen gemacht wurde. Tausche dich hierfür mit deinen MitschülerInnen aus. (*Gruppenpuzzle*)

V1	
V2	
V3	
V4	

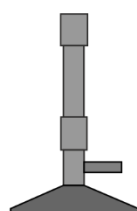
Aufgabe 2: Ihr werdet gemeinsam die Ergebnisse der Flammenfärbungen aller Versuchsteile betrachten. Notiere deine Beobachtungen. Zeichne dafür zunächst die Ergebnisse der Flammenfärbungen in die Abbildung.



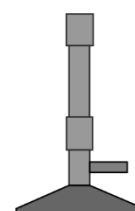
V1



V2



V3



V4

V1	
V2	
V3	
V4	

Aufgabe 3: Unten sind die Kristallstrukturen von Aluminiumhydroxid (a) und Magnesiumhydroxid (b) abgebildet. Erkläre anhand der Strukturen, warum Lithium-Ionen nur in das Kristallgitter von Aluminiumhydroxid eingebaut werden.

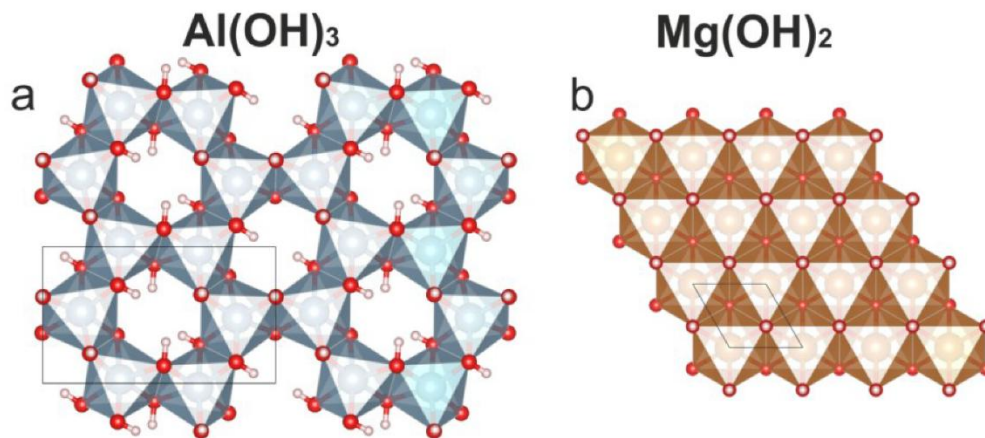


Abbildung aus: Zhitova et al., *Minerals* **2019**, 9(8), 492; <https://doi.org/10.3390/min9080492>
(Creative-Commons-Lizenz)

Aufgabe 4: Erkläre, warum Lithium-Ionen in das Kristallgitter von Aluminiumhydroxid eingebaut werden können, während Natrium-Ionen oder Kalium-Ionen so gut wie überhaupt nicht eingebaut werden.

Aufgabe 5: Bewerte anhand der Ergebnisse des Modellexperiments (V1 – V4), ob Aluminiumhydroxid ein geeignetes Extraktionsmittel für die selektive Lithiumgewinnung im großtechnischen Maßstab ist.