



Ionenaustauscher

Von Vera Hickethier



Gliederung

- Ionenaustauscher, was ist das?
 - Stoffvielfalt der Ionenaustauscher
 - Aufbau von Ionenaustauschern
- Wie funktioniert ein Ionenaustauscher?
- Gleichgewichtsreaktion
- Verwendung von Ionenaustauschern
 - Demineralisieren von Wasser
 - Zeolithe als Ionenaustauscher
- Ionenaustauschermembran
- Quellenangabe



Ionenaustauscher, was ist das?

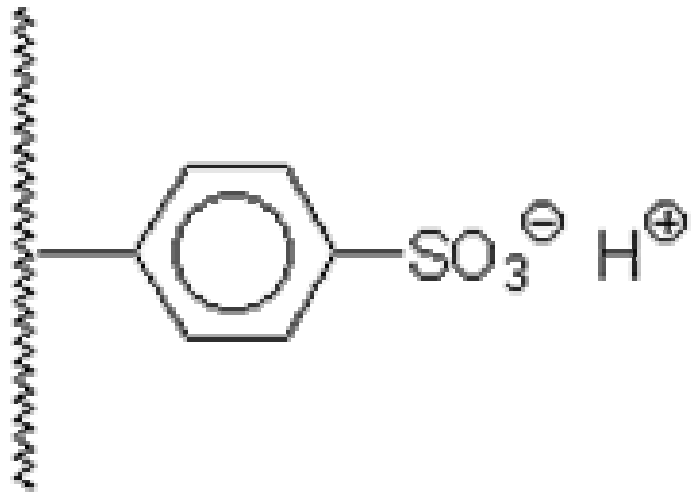
- im allgemeinen feste Stoffe, die aus einer Elektrolytlösung positive oder negative Ionen aufnehmen
- Unterscheidung in Kationen - und Anionenaustauscher
- **Kationenaustauscher** tauschen gelöst vorliegende Kationen (positiv geladene Ionen) gegen andere Kationen aus.
 - **Kationen sind mobil, Anionen stationär und wasserunlöslichen**
- **Anionenaustauscher** tauschen Anionen (negativ geladene Ionen) gegen andere Anionen aus.
 - **Kationen sind stationär, Anionen sind mobil**

Stoffvielfalt der Ionenaustauscher

- Ionenaustauscher sind keiner bestimmten Stoffgruppe zuzuordnen.

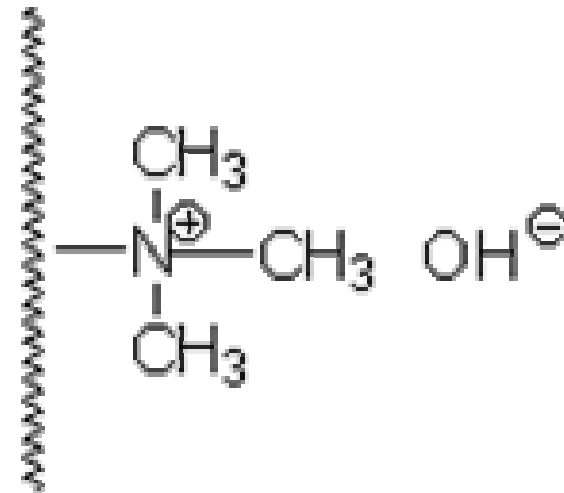
	natürlich	künstlich
anorganische Ionenaustauscher	Zeolithe (z. B. Chabasit, Erionit, Mordenit) Tonminerale (z. B. Beidellit, Kaolinit) Aluminiumoxid	Zeolithe (z. B. Sasil(R)) Tonminerale (z. B. Montmorillonit)
organische Ionenaustauscher	(faulendes) Holz Chitosan Chlorophyll Polygalacturon- säure Huminsäuren	Kunstharz- Ionenaustauscher sulfonierte Kohlen

Aufbau von Ionenaustauschern



*Kationenaustauscher
(KAT)*

fkt. Gruppen.: Carboxyl- oder
Sulfonsäuregruppen (- COOH, -
 SO_3H)



*Anionenaustauscher
(AAT)*

fkt. Gruppen: Meist
Ammoniumgruppen $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$

Beispiel:

- Kationaustascher- Reaktion
- Protonen gegen Na^+ -Ionen ausgetauscht
- Aus dem Austauscher fließt eine Säurelösung



- Anionenaustauscher- Reaktion
- Hydroxid-Ionen gegen Cl^- -Ionen ausgetauscht
- Aus dem Austauscher fließt eine Laugenlösung.





Wie funktioniert ein Ionenaustauscher?

Beladung

- Prinzip: "**Der Stärkere verdrängt den Schwächeren**"
- Methode: die höherwertigen Ionen verdrängen die niederwertigen Ionen = **Beladung**
- Fachbegriff für diese Rangfolge bzw. Verdrängungsvorgänge heißt **Selektivität**

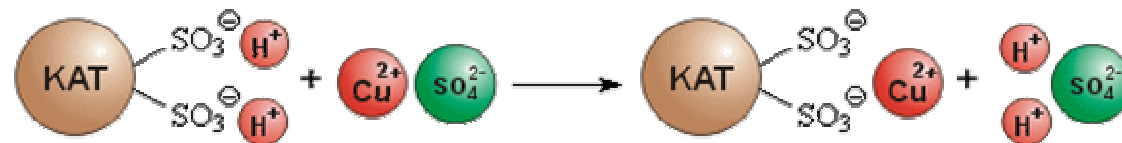


Regeneration

- Gesetz der Natur: "**Viele Schwächere verdrängen einen Stärkeren.**"
- Methode: einige selektive Ionen werden durch viele weniger selektive Ionen verdrängt = **Regeneration.**


Beispiele für Beladen und Regenerieren

Beladen eines Ionenaustauschers mit Kupfer-Ionen



Regenerieren eines zuvor beladenen Ionenaustauschers mit Schwefelsäure



- 
- Unter **gleichrangigen Ionen** verdrängt das Ion mit der höheren Molekularmasse (M), das Ion mit niedrigerer Molekularmasse.

 - Beispiel:
K⁺ (m = 39 g/mol) verdrängt Na⁺ (m = 23 g/mol)



Gleichgewichtsreaktion

- Vorgang des Ionenaustausches ist reversibel.
- Es findet gleichzeitig Hin- und Rückreaktion statt.
- chemisches Gleichgewicht
- Hinreaktion (Beladung) findet freiwillig statt.
- Rückreaktion (Regeneration) wird erzwungen.



Verwendung von Ionenaustauschern

Beispiele:

- **Herstellung von demineralisiertem Wasser:**

Mit Hilfe von Kationen- und Anionentauschern werden unerwünschte Salze aus dem Wasser entfernt.

- **In Geschirrspülmaschinen:**

Es werden Ionenaustauscher verwendet, um die Maschine vor Ca^{2+} und Mg^{2+} -Ionen zu schützen (Kesselstein)

Diese Ionen werden durch Na^+ - Ionen ersetzt.

1. Beispiel: Demineralisierung von Wasser

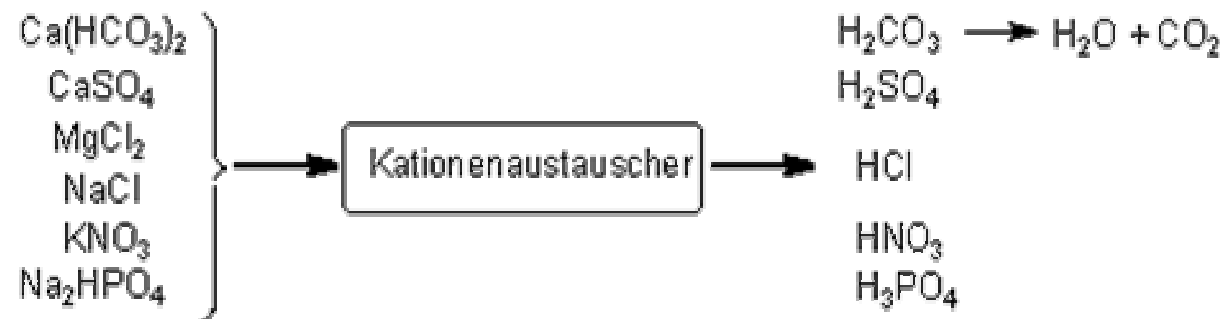
- Bei der Demineralisierung werden sämtliche im Wasser gelösten Salze (Mineralien) in zwei Schritten entfernt.

1. Stufe der Entsalzung

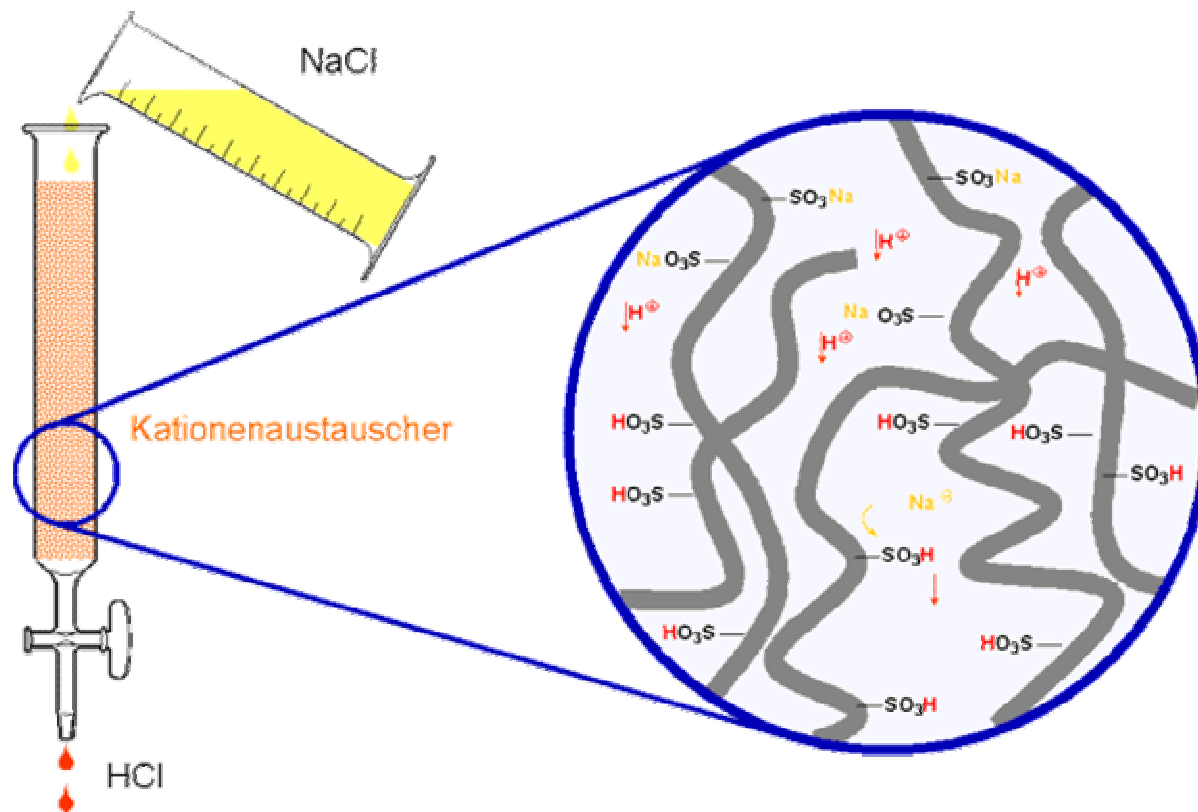
Kationenaustauscher:

Es werden alle Kationen gegen Protonen ausgetauscht, wobei freie Mineralsäuren gebildet werden.

(Entbasung)



Kationenaustauscher:



das Polymer tauscht Natrium-Ionen aus der Lösung gegen Protonen aus.

Aus einer Kochsalzlösung entsteht dabei verdünnte Salzsäure.

- Das nach dem Kationenaustausch säure- und CO₂-haltige Wasser wird durch Einblasen von Frischluft entgast und somit weitgehend von gelöstem CO₂ befreit.

2. Stufe der Entsalzung

Anionenaustauscher:

Die Anionen der entstandenen Säuren werden gegen Hydroxid- Ionen ausgetauscht.

(**Entsäuerung**)

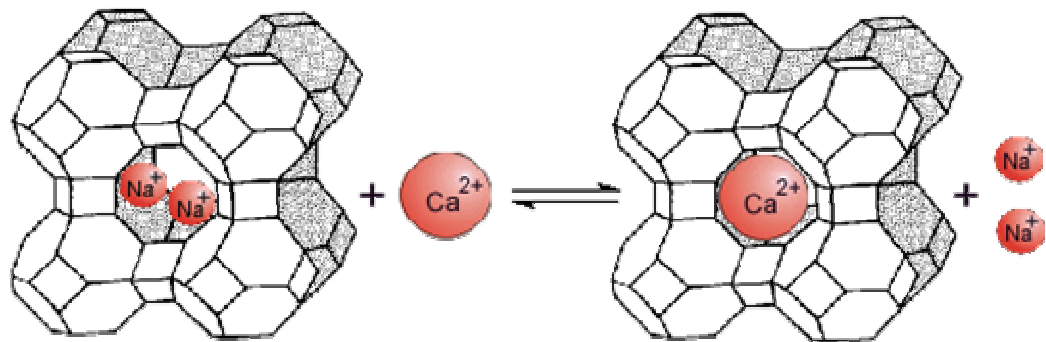




2. Beispiel: Zeolithe als Ionenaustauscher

- Zeolith (griech. zeo = ich siede; lithos = Stein), siedender Stein.
- Zeolithe sind wasserunlöslich
- Sie kommen in der Natur vor, lassen sich aber auch synthetisch herstellen.

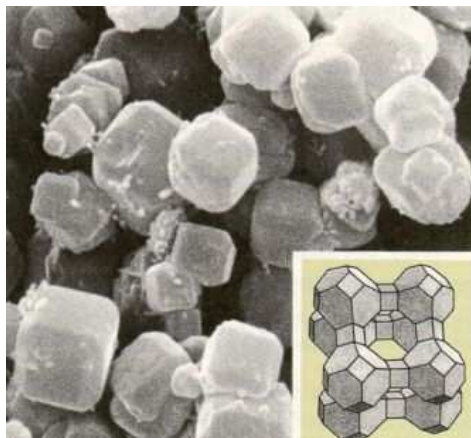
- Charakteristisches Merkmal:
ein dreidimensionales Kristallgitter, die von **Hohlräumen** (Poren und Kanäle) durchsetzt ist.
- Zeolithe sind Kationenaustauscher
- Sasil (R) ist mit Natrium-Ionen beladen, die es gegen Calcium- und Magnesium-Ionen austauschen kann.



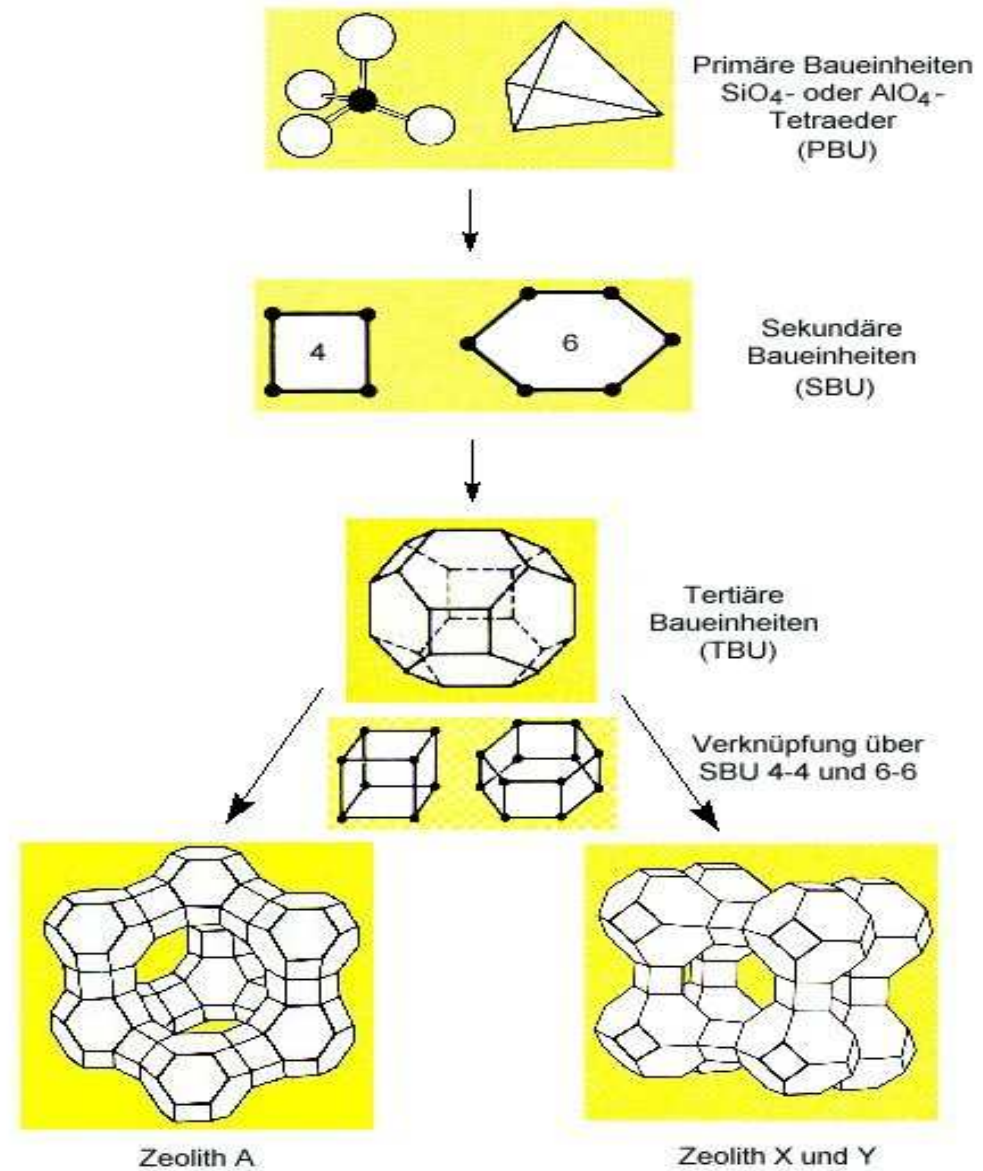
*Ionenaustausch
durch Zeolith A
(Sasil (R))*



Abb.: Modell eines Sasil-Kristalls



Zeolith-Kristalle
(Quelle: Cornelsen)

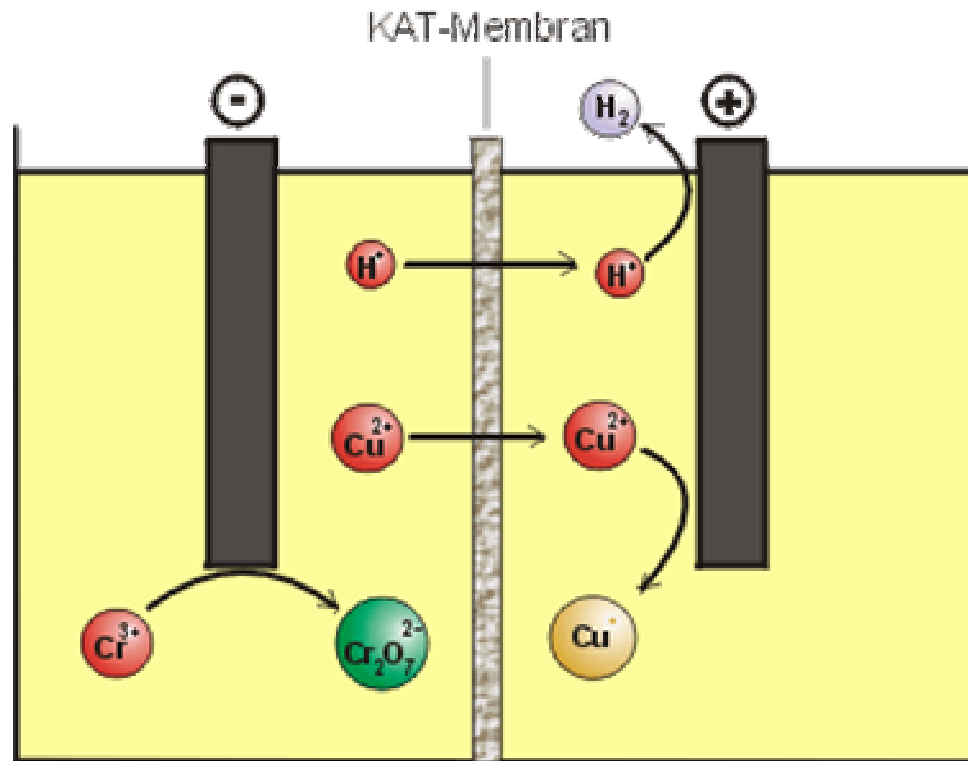




Ionenaustauschermembran

- Ladungsselektiver Filter
- Können nur von Ionen mit einem bestimmten Ladungsvorzeichen passiert werden.
- dünne Folien (Dicke: 20 - 100 Mikrometer)
- „Anionenaustauschermembranen“ sind durchlässig für elektrisch negativ geladene Teilchen (Anionen),
- „Kationenaustauschermembranen“ sind durchlässig für elektrisch positive geladene Teilchen (Kationen).

Elektrochemische Vorgänge:



Regeneration von Chromschwefelsäure

Beispiel:

schwefelsaures Gemisch aus Chrom(III)-Ionen und Kupfer(II)-Ionen

Regeneration:

1. Chrom(III) muss zu Chrom(VI) oxidiert werden.
2. Andere Schwermetall-Ionen müssen abgetrennt werden.



Quellenangabe

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Ionenaustauscher>
- <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/iat/start.htm>
- http://wap.chem.uni-potsdam.de/~thomas/modules.php?op=modload&name=PagEd&file=index&page_id=258
- <http://www.chemgapedia.de/vsengine/tra/vsc/de/ch/4/cm/chemmed.ttra/Vlu/vsc/de/ch/4/cm/phasen.vlu/Page/vsc/de/ch/4/cm/phasen/ionenaustauscher.vscml.html>
- <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/S+WM/Waschmittel/Waschmittel5.htm>
- <http://www.biotech-europe.de/rubric/methoden/methoden/v52.html>
- Buch: Elemente chemie2 (Klett) S.25



- **Versuch:**

- **Gartenerde als Ionenaustauscher**

- Schülerversuch; 15 min.

- **Geräte**

Mittelgroßer Trichter (8 cm Durchmesser), Filterpapier, 2 Reagenzgläser, 2 Bechergläser (100 ml), Magnetrührer, Rührfisch, Tropfpipette.

- **Chemikalien/Materialien**

Kaliumchlorid-Lösung (w = 5 %) (Xn), Ammoniumoxalat-Lösung (w = 3 %) (Xn), destilliertes Wasser.

- **Durchführung**

Schlämme 30 g luftgetrocknete Gartenerde in einem Becherglas mit 50 ml destilliertem Wasser auf und lass dieses Gemisch ca. 2 Minuten rühren. Filtriere anschließend zweimal durch ein doppeltes Faltenfilter, um Trübungen durch kolloid gelöste Stoffe zu verringern. Gib einige ml des Filtrats in ein Reagenzglas und überprüfe mit einer 3%igen Ammoniumoxalat- Lösung die Anwesenheit von Ca^{2+} -Ionen.

Rühre nun, ebenfalls für ca. 2 Minuten, die Gartenerde mit 50 ml einer 5 %igen Kaliumchlorid-Lösung und filtriere wieder. Das Filtrat überprüfst du nun wie zuvor auf Anwesenheit von Ca^{2+} -Ionen.



- Beobachtung

Bei der ersten Überprüfung des Filtrats kannst du keinen weißen Niederschlag erkennen.

Der Nachweis auf Ca^{2+} -Ionen ist negativ.

Bei der zweiten Überprüfung ist die Bildung eines weißen Niederschlags von Calciumoxalat sehr gut zu beobachten.

Der Nachweis auf Ca^{2+} -Ionen ist positiv.

- Ergebnis

Die Ca^{2+} -Ionen werden vom Boden gegen K^+ -Ionen ausgetauscht.

