

Versuchsprotokoll – Ionenaustauscher

Präparat: $\text{Ni}(\text{SCN})_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$

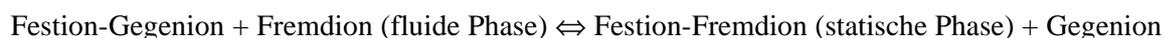
Name: Ondrej Burkacky

Theorie

Ionenaustauscher ist eine Sammelbezeichnung für anorganische oder organische, meist in Körnerform vorliegende Feststoffe, die aus Elektrolytlösungen positive oder negative Ionen aufnehmen und dafür eine gleichwertige Menge Ionen gleichen Vorzeichens abgeben.

Der Ionenaustauscher besteht vorwiegend aus einem hochmolekularen dreidimensionalen wasserunlöslichen Gerüst (z.B. einem Kunstharz), das natürliche Ankergruppen (z.B. $-\text{SO}_3^-$ oder $-\text{NH}_3^+$) enthält. An diese Ankergruppen sind Gegenionen (z.B. H_3O^+ oder OH^-) locker gebunden und können gegen andere gleichgeladene Ionen ausgetauscht werden.

Der Austausch beruht auf dem *Nernstschen Verteilungssatz*, der besagt, daß das Verhältnis der Konzentrationen eines sich zwischen zwei Phasen verteilenden Stoffes im Gleichgewichtszustand bei gegebener Temperatur konstant ist. In der Ionenaustauschersäule gibt es auch zwei Phasen: eine statische und eine fluide, wobei die statische durch das Gerüst mit umhüllender Hydrathülle gebildet wird. Nun verteilt sich der durch den Ionenaustauscher geschickte Stoff gemäß dem Verteilungsgesetz zwischen der fluiden und der statischen Phase, was von folgender Gleichgewichtsreaktion beschrieben wird:



Ob das Gleichgewicht von dieser Reaktion auf der rechten Seite liegt, wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- Fremdelektrolytkonzentration: je höher desto mehr wird das GG nach rechts verschoben
- Wertigkeit der Gegenionen: je höher die Ladung desto GG weiter rechts
- Größe des Gegenions im solvatisiertem Zustand: je größer die Solvathülle eines Ions ist, desto schwächer ist die Bindung mit dem Festion. Somit werden Ionen, die eine hohe Polarisierbarkeit und eine kleine Solvathülle besitzen, bevorzugt aufgenommen.
- Temperatur
- Oberfläche des Festkörpers

Durch die säulenförmige Konstruktion des Ionenaustauschers wird das ausgetauschte Ion aus dem Gleichgewicht entfernt und dieses wird somit nach rechts verschoben.

Wie gut sich ein bestimmter Ionenaustauscher für ein bestimmtes Ion eignet, wird durch den *Selektivitätskoeffizienten* angegeben:

$$K_D = \frac{[\text{M}^+]}{[\text{H}^+]} \frac{IAT}{Lsg.} \quad \text{Kationenaustauscher} \quad \text{bzw.} \quad K_D = \frac{[\text{M}^-]}{[\text{OH}^-]} \frac{IAT}{Lsg.} \quad \text{Anionenaustauscher}$$

Die Selektivität kann durch eine Verlängerung der Austauschersäule erhöht werden.

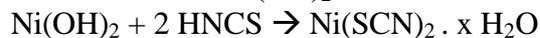
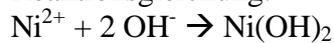
Eine weitere Eigenschaft eines Ionenaustauschers ist seine Kapazität. Diese wird mit mol H^+ / g_{Austauscher} angegeben. Ist die Kapazität groß, können mehr Ionen ausgetauscht werden.

Verwendung des Ionenaustauschers

- Wasserenthärtung (man ersetzt das im Wasser enthaltene Ca und Mg durch Na-Ionen)
 - Beseitigung der permanenten Härte des Wassers
- Herstellung von schwerzugänglichen Säuren (z.B. HNCS)
- Trennung von Seltenerdmetallen und der Lanthanoide bzw. Actinoide
- Isotopentrennung

Ni(SCN)₂ · x H₂O

Reaktionsgleichung:



Ni(OH)₂ stellt man sich durch Vermischen von 6,5 g NiCl₂ mit NaOH her. Der dabei gebildete Niederschlag von Ni(OH)₂ wird abgenutscht.

Leitet man nun 9,71 g KCN (in 200 ml H₂O gelöst) durch einen Ionenaustauscher und tropft die aus diesem austretende HSCN dem Ni(OH)₂ zu, bildet sich allmählich Ni(SCN)_x · x H₂O.

Führt man diesen Vorgang bei ca. 15°C durch, scheiden sich große grüne Kristalle von Ni(SCN)₂ · 4 H₂O ab. Oberhalb von 15°C sollte sich nach Eindampfen und Trocknen Ni(SCN)₂ · 0,5 H₂O, ein gelbes Pulver, das beim Erhitzen auf 150°C wasserfrei wird, bilden. Es entsteht dann ein dunkelschokoladenfarbendes Pulver.

Bestimmung der Kapazität eines Ionenaustauschers

Die Kapazität war bereits bekannt, hier eine theoretische Vorgangsweise. Der Ionenaustauscher wird zunächst mit HCl beladen und dann bis zur neutralen Reaktion mit H₂O gewaschen. Anschließend wird NaCl durch den Ionenaustauscher geschickt, und zwar bis zur neutralen Reaktion, also bis alle H⁺-Ionen ausgetreten sind. Die so erhaltene Lösung wird mit NaOH titriert und somit der Gehalt an Protonen bestimmt. Dieser entspricht der Kapazität des Ionenaustauschers.

Berechnungen

Kapazität des Ionenaustauschers: 0,149 mol

Man nimmt sicherheitshalber nur 0,1 mol an, um einen vollständigen Umsatz sicherzustellen.

d.h. Kapazität: 0,1 mol → 0,1 molare KSCN-Lsg. → 0,05 mol Ni²⁺

M_{KSCN} = 97,1 g/mol

Ausgangslösung: 0,5 molare KSCN-Lsg. ≡ 48,55 g/l ; benötigt wird ein Fünftel also 200 ml → 9,71 g / 0,2 l ≡ 0,1 mol KSCN

Ni: 0,05 mol NiCl₂ werden benötigt; M(NiCl₂) = 129,5988 g/mol → 0,05 mol NiCl₂ ≡ 6,5 g

Es werden also 9,71 g KSCN in 0,2 l Wasser gelöst und 6,5 g NiCl₂ mit NaOH zu Ni(OH)₂ verarbeitet.

Ausbeute

theoretisch: 0,05 mol Ni(SCN)₂; M(Ni(SCN)₂) = 174,69 g/mol → 0,05 mol ≡ 8,7325 g

praktisch: Glas leer: 15,8 g; Glas voll: 21,8 g → Δ = 6g ≡ 0,034 mol → Ausbeute: 68%

Toxikologie

NiCl₂: giftig sensibilisierend

R 25-43

S 24-37-45

NaOH: ätzend

R 34

S 26-36/37/39-45

KSCN: gesundheitsschädlich

R 20/21/22-32

S 13