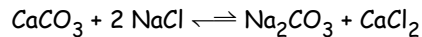


Kalk

Sodaherstellung

Soda Na_2CO_3 wird in der Glasproduktion verwendet und mit Hilfe des Solvay-Verfahrens (auch Ammoniak-Soda-Verfahren genannt) gewonnen. Es wurde 1865 von Ernest Solvay entwickelt und löste das bis dahin verwendete Leblanc-Verfahren ab. Der Prozess geht von den billigen und in grossen Mengen vorhandenen Rohstoffen Kalk und Kochsalz aus, jedoch läuft die Reaktion zu Soda nicht freiwillig ab, denn das Gleichgewicht der Reaktion liegt links:



Im Solvay-Verfahren wird sie aber über folgenden Umweg realisiert:

1.)	Der Kalk wird gebrannt.	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
2.)	Das CO_2 wird zusammen mit NH_3 in eine konzentrierte Kochsalzlösung eingeleitet. Hierbei fällt NaHCO_3 aus, das von der entstehenden Salmiaklösung getrennt wird.	$\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
3.)	Das NaHCO_3 wird auf ca. 200 °C erhitzt, wobei Wasser und CO_2 entweichen. Übrig bleibt dann das Produkt Soda. Dieser Vorgang wird als "Calcinieren" bezeichnet.	$2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
4.)	Im vierten Schritt wird NH_3 wiedergewonnen und Schritt 2 zugeführt, es ist ein Kreislauf entstanden.	$2 \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} \rightarrow 2 \text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5.)	Werden alle Reaktionsgleichungen addiert (die 2. Gleichung muss doppelt gezählt werden), so ergibt sich nach Kürzung daraus folgende Gleichung, die die Umkehrung des natürlichen Reaktionsweges darstellt.	$\text{CaCO}_3 + 2 \text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$

Die folgenden Aufgaben sind etwas übergreifend angelegt.

a) Die hier verwendeten Namen sind alles Trivialnamen. Notieren Sie zu den Stoffen die chemischen Namen.

CO_2 Kohlenstoffdioxid

NaHCO_3 Natriumhydrogencarbonat

NH_3 Ammoniak

CaCl_2 Calciumchlorid

CaCO_3 Calciumcarbonat

NaCl Natriumchlorid

CaO Calciumoxid

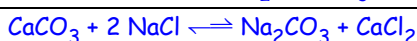
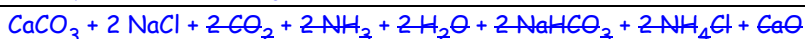
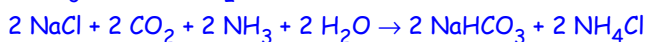
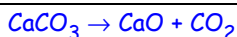
NH_4Cl Ammoniumchlorid

Na_2CO_3 Natriumcarbonat

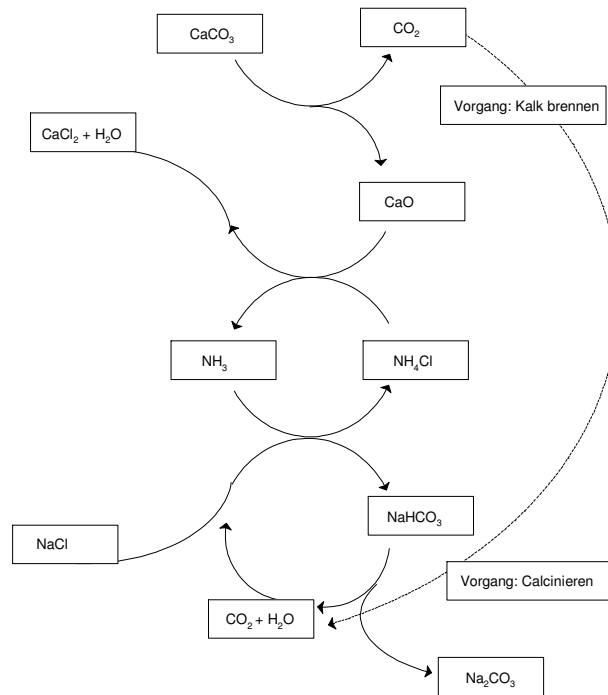
Was ist eine „Salmiak-Lösung“? Als Salmiaklösung wird eine Ammoniumchloridlösung bezeichnet.

b) Bestätigen Sie durch Addition der Reaktionsgleichungen die Korrektheit der Gesamtgleichung. (Gleichung 2 muss doppelt gezählt werden, da in Gleichung 3 zwei NaHCO_3 benötigt werden, die aus Gleichung 2 geliefert werden müssen).

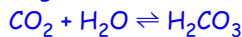
Die linke Seite und die rechte Seite aller Gleichungen werden mathematisch addiert und Stoffe, die links und rechts vorkommen, gekürzt. (Hier durchgestrichen und Gleichung so dargestellt, dass Übereinstimmungen sichtbar werden.)



c) Zeichnen Sie alle 4 Reaktionsgleichungen in Form eines Kreislaufs, so wie Sie das aus der Biologie kennen.

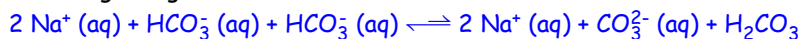


d) Welche Säure-Base-Reaktion läuft in Schritt 2 ab. Formulieren Sie die Antworten in 2 Schritten (2 Reaktionsgleichungen). Stellen Sie sich die Frage, wer denn hier die Base und wer die Säure ist? Ersichtlich ist, dass aus NH_3 das NH_4^+ wird, damit ist NH_3 die Base. Wer ist die Säure? CO_2 in Wasser ergibt nach $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ Kohlensäure, damit ist H_2CO_3 die Säure und es ergeben sich folgende 2 Schritte:



In hoch konzentrierten Lösungen fallen dann die entsprechenden Salze aus.

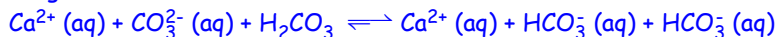
e) Auch hinter Schritt 3 verbirgt sich eine Säure-Base-Reaktion. Welche Säure-Base-Reaktion läuft hier ab? Formulieren Sie die Reaktionsgleichung. Notieren Sie mit dem Reaktionspfeil die Gleichgewichtslage. Begründen Sie kurz.



Hydrogencarbonat als Ampholyt reagiert hier als Säure und als Base in einer Bergaufreaktion. Die Kohlensäure zerfällt (wie immer) zu CO_2 und H_2O .

f) Eine ähnliche Reaktion wie Schritt 3 haben wir bei der Kalkerosion kennengelernt. Wo sind hier die Parallelen zu erkennen?

Bei der Kalkerosion wird Kalk (Ca^{2+} und CO_3^{2-}) mit Kohlensäure aufgelöst, was „hartes Wasser“ erzeugt.

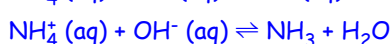
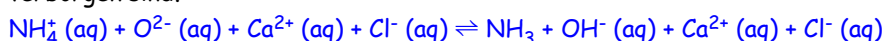


Dies ist die zu e) identische Reaktionsgleichung.

g) Schritt 3 dürfte „eigentlich gar nicht funktionieren“. Warum ist die Reaktion aus Sicht des Prinzips von LeChâtelier doch möglich?

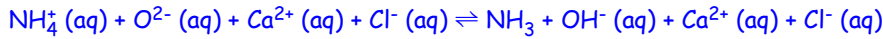
Beim Calcinieren (Schritt 3) wird auf 200°C erhitzt, damit Wasser und CO_2 entweichen. Der Entzug der Stoffe erzeugt eine Verschiebung des links liegenden Gleichgewichts gegen rechts. Damit wird die Reaktion möglich bzw. erzwungen.

h) Bei Schritt 4 handelt es sich eindeutig um eine Säure-Base-Reaktion. Hier sind jedoch 2 Säure-Base Schritte zusammengefasst. Notieren Sie die beiden Reaktionsgleichungen, die hinter Schritt 4 verborgen sind.



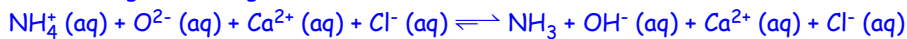
i) Die in h) formulierten Reaktionsgleichungen sollen auf die Gleichgewichtslage mit Hilfe des Systems der „stärkeren und schwächeren“ Säuren und Basen untersucht werden. Notieren Sie für beide Reaktionsgleichungen die Stärken der Säuren und Basen in Form der pKs und pKb-Werte. Beurteilen Sie mit Hilfe der Werte, auf welcher Seite das Gleichgewicht liegt.

Hinweis: Schreiben Sie nicht wild alle pKs/pKb Daten auf, das gibt ein wüstes Durcheinander, sondern bestimmen Sie zuerst, welches Teilchen die Säure ist (dazu gehört dann der pKs-Wert und nicht der pKb-Wert) und welches die Base ist (pKb-Wert, der sich errechnen lässt). Ordnen Sie dann die Seiten nach „schwächere und stärkere“ und geben Sie für beide Gleichungen die Gleichgewichtslage an.



Säure	Base	Base	Säure
pks 9.21	pKb -10	pKb 4.97	pks 24
Tabelle	14-24	14-9.21	Tabelle (OH ⁻ als Säure)
stärkere	stärkere	schwächere	schwächere

Das Gleichgewicht liegt auf der Seite der schwächeren Säuren und Basen, hier also rechts.



Säure	Base	Base	Säure
pks 9.21	pKb -1.74	pKb 4.97	pks 15.74
Tabelle	14-15.74	14-9.21	Tabelle (H ₂ O als Säure)
stärkere	stärkere	schwächere	schwächere

Das Gleichgewicht liegt auf der Seite der schwächeren Säuren und Basen, hier also rechts.

