

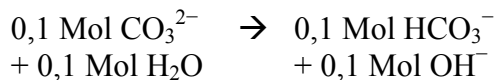
Stundenprotokoll vom Montag, 19. August 2002

Es fehlen: keine

Wir besprechen die Hausaufgabe.

$$pH = pK_s + \lg \frac{c_{CO_3^{2-}}}{c_{HCO_3^-}} \quad \text{Puffergleichung}$$

Wenn Gleichung Nr. 1 vollständig abläuft, dann gilt:



Da wie oben auf dem Zettel angegeben 0,1-molares Natriumcarbonat verwendet wurde, werden 0,1 Mol OH^- produziert, wenn die Reaktion vollständig von links nach rechts abläuft.

Wenn man den negativen, dekadischen Logarithmus der Konzentration der Hydroxidionen nimmt, erhält man den pOH-Wert:

$$\begin{aligned} c(OH^-) &= 0,1 \text{ Mol} = 10^{-1} \text{ Mol} \\ pOH &= -\lg c(OH^-) = 1 \end{aligned}$$

Die Summe des pH- und des pOH-Wertes ergibt immer 14, so dass man nun den pH-Wert errechnen kann:

$$\begin{aligned} pH + pOH &= 14 \\ pH &= 14 - 1 = 13 \end{aligned}$$

So müsste nach vollständiger Dissoziation ein pH-Wert von 13 erreicht werden. Es ist aber nur ein pH-Wert von 11,5 gemessen worden.

Dies liegt daran, dass die obere Reaktion eine Gleichgewichtsreaktion ist. Die produzierten Hydroxidionen reagieren im Gleichgewicht mit gleicher Geschwindigkeit zurück.

Ein Messwert von $pH = 11,5$ (d.h. $pOH = 2,5$) bedeutet, dass $10^{-2,5}$ Mol (= 0,0032 Mol) OH^- in der Lösung vorhanden sind. Somit ist auch klar, dass genau $10^{-2,5}$ Mol CO_3^{2-} mit Wasser reagiert haben.

Da es sich hier um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, darf man nicht glauben, dass 0,0032 Mol Carbonat mit Wasser reagiert haben, sondern es gilt:

$$V_{Hin} = V_{Rück}$$

Ständig reagieren Carbonationen mit Wasser zu Hydrogencarbonat und Hydroxidionen und gleichzeitig reagiert ein Teil wieder zurück. Im Gleichgewicht reagieren genauso viele Carbonationen zu Hydrogencarbonat, wie diese wieder zu Carbonationen zurückreagieren.

Besprechung der verschiedenen Punkte einer Titrationskurve

Bei Punkt A liegt wegen der minimaler Steigung eine *Pufferzone* vor. Es gilt: $\text{pH} = \text{pK}_s$. Man bemerkt diese Pufferzone, wenn man größere Mengen zu der Lösung titriert und es passiert wenig.

In diesem Beispiel werden 10 ml Salzsäure hinzugegeben, die eine pH-Wert Veränderung von 2,5 bewirkt haben. Nach weiteren 10 ml ist der pH-Wert bei ungefähr 3, was eine Veränderung von 6 bedeutet!

Bei Punkt B wird die Pufferzone verlassen. Die Kurve beginnt steiler zu werden.

Knapp unterhalb von Punkt B, wo die Kurve am steilsten ist, sind alle Carbonationen aufgebraucht. Bei Zugabe von Säure, wird direkt eine Änderung sichtbar. Diesen Punkt nennt man *Äquivalenzpunkt*. Es ist nur ein Stoff vorhanden und damit kein Gleichgewicht existent.

Bei C wird die Steigung wieder minimal. Hier sind 50% HCO_3^- und 50% H_2CO_3 in der Lösung vorhanden.

Bei Punkt D ist die Steigung wieder maximal, d.h. hier ist noch ein Äquivalenzpunkt. An diesem Punkt sind nur noch H_2CO_3 Moleküle in Lösung vorhanden.

Bei E geht der pH-Wert gegen 1, erreicht ihn aber nicht ganz. Dies ist der pH-Wert von der zugegebenen Säure.

Indikatoren sind Farbstoffe. Je nach pH-Wert verändern sie ihre Farbe oder werden klar.

Kleiner Versuch mit Pflaumen

Die natürliche Farbe von Pflaumen bzw. vom Pflaumensaft ist blau-violett.

Nach Zugabe von Base verfärbt sich der Saft allerdings grünlich.

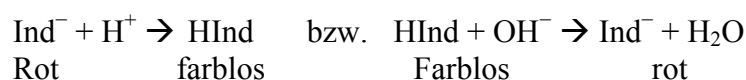
Bei Säurezugabe verändert sich die Farbe eher ins Rot.

Als Säure/Base-Indikator kann man somit auch Pflaumensaft verwenden. Dieser Indikator hat drei Farbzustände: rot im Sauren, blau im Neutralen und grün im Basischen. Der Pflaumensaft besteht damit aus drei Molekülen. Die Farbe Blau-violett ist damit ein Gleichgewicht zwischen den beiden Molekülen.

Vergleich Carbonat mit dem Indikator Phenolphthalein

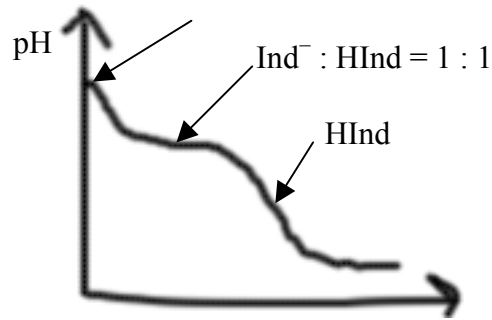
Bei der Titration in der vorherigen Stunde wurden 2 Farbzustände beim Indikator festgestellt.

Annahme:



D.h. der Indikator verhält sich wie eine schwache Base, z.B. Carbonat, und eine entsprechende Titrationskurve liegt vor.

pH von Ind^- (aq)



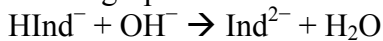
Versuchsdurchführung	Versuchsbeobachtung
In einem Becherglas wird der Indikator zu einer Base hinzugeben.	Es zeigt sich eine rote Farbe.
Es wird dazu noch eine viel stärkere Base hinzugeben, nämlich NaOH (s).	Die Lösung wird trübe und weiß. Die Farbe verschwindet.
In einem zweiten Becherglas wird der Indikator zu einer Säure gegeben.	Die Lösung bleibt farblos.
Konzentrierte Schwefelsäure (eigentlich sollte Salzsäure verwendet werden, ist aber derzeit nicht vorhanden) wird hinzugeben.	Die farblose Lösung wird leicht orange.

Zettel: Strukturen von Phthalsäureanhydrid, Phenol und Phenolphthalein.

VD:

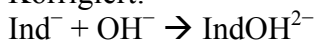
- a) Verfärbung im stark sauren Bereich, d.h.
 $\text{HInd} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{Ind}^+$
- b) Verfärbung im stark basischem, d.h.
 Im basischen liegt Ind^- in Lösung vor. Wir nehmen an, dass der Indikator noch ein Proton spenden kann. So gilt:
 $\text{Ind}^- \rightleftharpoons \text{HInd}^-$
 Und überall müsste ein Wasserstoff addiert werden.

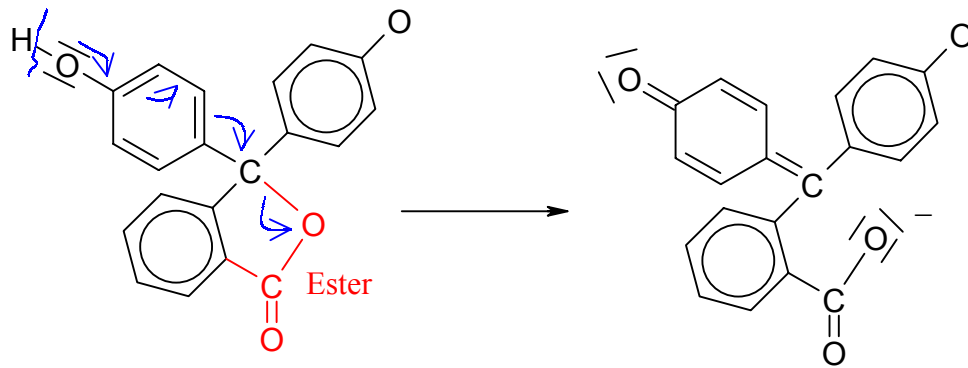
So kann folgende Reaktion ablaufen, es wird im stark basischen pH-Bereich noch ein Proton gespendet:



Aus den Strukturen auf dem Zettel ist aber zu erkennen, dass im stark basischen pH-Bereich ein Hydroxidion addiert wird.

Korrigiert:





Im Gegensatz zum Carbonat wird das Phenolphthalein nicht schrittweise protolysiert, sondern es werden einem Molekül gleich zwei Protonen entzogen bzw. Moleküle, die schon ein Proton abgegeben haben, wird als nächstes ein Proton entzogen.

Beim Carbonat (eigentlich: Kohlensäure H_2CO_3) werden allen Molekülen erst ein Proton entzogen (HCO_3^-) und danach das zweite (CO_3^{2-}).

Im stark Alkalischen wird der Farbstoff Phenolphthalein wieder farblos. Die untere Grafik auf dem Zettel zeigt, dass OH^- richtig andockt und die Elektronen verschieben sich zum Sauerstoff. Dies ist eine chemische Veränderung unter OH^- -Addition.

Im stark Sauren zeigt der Farbstoff wieder eine Farbe. Es gibt zwei Möglichkeiten, wo Protonen andocken können.

Die erste denkbare Möglichkeit wäre, dass das Proton beim unteren Sauerstoff andockt, so dass die Esterbindung gespalten wird. Die andere Möglichkeit wäre eine Andockung an einem Sauerstoff der oberen Hydroxylgruppen, so dass Wasser abgespalten wird, was in diesem Fall auch zutrifft.

Phenolphthalein zeigt nur eine rote Farbe, wenn sich das mesomere System über das gesamte Molekül ausdehnt. Es sind überall konjugierte Doppelbindungen vorhanden, selbst über das zentrale Kohlenstoffatom, so dass alle drei Ringe, die für sich alleine schon mesomer sind, über delokalisierte Elektronen verbunden sind.