

Experiment zum Kohlendioxid-Kohlensäure-Gleichgewicht

Anna Heynkes

28.4.2005, Aachen

Dieser Text entstand als Hausaufgabe im zweiten Halbjahr der Jahrgangsstufe 10 zur Nachbereitung eines Schülerexperimentes.

1 Beschreibung des Experimentes

In ein Becherglas mit gläsernem Rührstab gossen wir 150 ml kohlensäurehaltiges Mineralwasser. Dazu gaben wir einige Tropfen Universalindikator und stellten das Becherglas auf einen Dreifuß mit Drahtnetz. Unter dem Drahtnetz entzündeten wir einen Brenner und rührten während des Erhitzens die Lösung mit dem Glasstab.

2 Beobachtungen

Der Universalindikator färbte unsere noch kalte Lösung gelb. Am Glas beobachteten wir kleine Gasblasen. Während des Erhitzens stiegen größere Blasen auf und die Farbe der Lösung änderte sich über gelbgrün und blaugrün zu blau.

3 Erklärungen

Ein von Paul Weber und Jean-Marc Frantz aus Luxembourg im Internet¹ zur Verfügung gestelltes Bild zeigt eine Reihe von Bechergläsern, in denen Universalindikator in wässrigen Lösungen mit unterschiedlichen pH-Werten gelöst ist. Ein Vergleich mit diesen Standardlösungen zeigt, dass unser Mineralwasser anfangs einen pH-Wert von ungefähr 6 hatte und dass der pH-Wert während des Erhitzens langsam bis auf etwa 9 anstieg.

Erklären lässt sich der zunächst leicht saure pH-Wert damit, dass unser Mineralwasser anfangs eine erhebliche Menge Kohlenstoffdioxid enthielt, von dem ein kleiner Teil reversibel mit Wasser zu Kohlensäure reagiert hatte.



Als schwache, zweiprotonige Säure kann Kohlensäure in Wasser ein bis zwei Protonen abgeben und bildet so zuerst ein Hydrogencarbonat-Ion und im zweiten Schritt ein Carbonat-Ion:



So erzeugt die Kohlensäure in wässriger Lösung Hydronium-Ionen, die letztlich die saure Wirkung haben und den Indikator entsprechend färben.

Erwärmt man nun das Mineralwasser, dann vermindert sich dessen Fähigkeit, Gase zu lösen. Zusammen mit anderen Gasen steigt in Blasen auch Kohlenstoffdioxid auf. Aber durch das Austreiben des Kohlenstoffdioxids verändert sich das in Gleichung 1 dargestellte Gleichgewicht zwischen Kohlenstoffdioxid und der noch im Wasser gelösten Kohlensäure sowie deren Säurerestionen. Deshalb zerfällt zwar weiterhin Kohlensäure zu Wasser und Kohlenstoffdioxid, aber es kann nur noch sehr wenig Kohlensäure aus Kohlendioxid und Wasser neu gebildet werden. Insgesamt nimmt also die Konzentration der Kohlensäure ab.

Die Abnahme der Kohlensäurekonzentration wirkt sich auf das in Gleichung 2 dargestellte Gleichgewicht zwischen Kohlensäure und ihrem Hydrogencarbonat aus. Wegen des Entzugs der Kohlensäure können weniger Hydrogencarbonationen und Hydroniumionen aus Kohlensäure und Wasser neu gebildet werden, als umgekehrt Hydrogencarbonat mit Hydroniumionen zu Wasser und Kohlensäure reagieren.

Entsprechend verschiebt sich natürlich auch das in Gleichung 3 dargestellte Gleichgewicht, sodass auch die Konzentration der Carbonationen abnimmt und die Lösung noch weniger Hydroniumionen enthält.

Letztlich bewirkt also das Austreiben des Kohlenstoffdioxids eine Abnahme der Hydroniumionenkonzentration im Mineralwasser und damit eine Erhöhung des pH-Wertes.

Gäbe es im Mineralwasser außer Kohlensäure keine weiteren Säuren oder Basen, dann hätte man nach dem Erhitzen eigentlich einen neutralen pH-Wert erwartet. Da die erwärmte Lösung alkalisch reagierte, enthielt sie vermutlich noch eine unbekannte Base.

¹<http://www.restena.lu/ddnuc/putzm/univers.htm>