

Beispiellösung einer Stationsaufgabe

Zitronensäure als Kalklöser

Geräte: 3 Bechergläser, Spatel, Tropfpipette, Glasstab

Chemikalien: Calciumcarbonat, Zitronensäure, verd. Salzsäure, Wasser, Natriumcarbonat

Durchführung:

Man stellt zunächst eine Mischung von Calciumcarbonat-Pulver mit Wasser her und verteilt diese auf zwei Bechergläser. Das eine versetzt man tropfenweise mit verdünnter Salzsäure, bis keine Blasen mehr entstehen. In das andere Becherglas gibt man so lange feste Zitronensäure und rührt um, bis ebenfalls keine Blasen mehr zu erkennen sind.

In beide Bechergläser gibt man anschließend eine halbe Spatelspitze festes Natriumcarbonat und beobachtet.

Beobachtung:

Sobald man das Calciumcarbonat in Wasser gibt, entsteht eine milchige Suspension. Wenn die Salzsäure hinzugegeben wird, entstehen Gasblasen und die Trübung wird klar. Nach Zugabe von Natriumcarbonat („Soda“) bildet sich sofort wieder ein flockig weißer Niederschlag.

Gibt man Zitronensäure in das zweite Becherglas, muss man erst rühren, damit Gasblasen sichtbar werden. Die trübe Suspension wird dann ebenfalls klar. Nach Zugabe von festem Natriumcarbonat bleibt die Lösung aber im Gegensatz zum ersten Becherglas klar.

Nebenversuch:

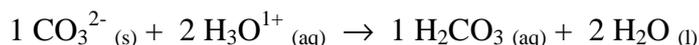
Festes Natriumcarbonat (Na_2CO_3) wird in einem Becherglas mit Wasser gelöst. Es entsteht eine klare Lösung.

Auswertung:

Calciumcarbonat („Kalk“) ist ein schwer lösliches Salz. Alle Carbonate der Erdalkalimetalle sind schwer löslich. Die Carbonate der Alkalimetalle sind dagegen leicht löslich. Dies erkennt man an dem Zusatzversuch: Natriumcarbonat (Na_2CO_3) löst sich in Wasser.

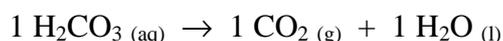
Genau umgekehrt verhält es sich mit den Hydrogencarbonaten. Die Hydrogencarbonate der Erdalkalimetalle, z.B. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, sind gut, die der Alkalimetalle, z.B. NaHCO_3 , schlecht löslich.

Im Hauptversuch kann man erkennen, dass Kalk von allen Säuren aufgelöst wird. Das entstandene Gas, das höchst wahrscheinlich Kohlenstoffdioxid (CO_2) ist, weist darauf hin, dass die Reaktion über Kohlensäure verläuft. Das Anion Carbonat wird mit Hilfe von zwei Protonen der zugegebenen Säure zu Kohlensäure umgewandelt:



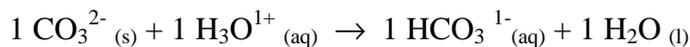
In dem Reaktionsschema stehen die Oxonium-Ionen stellvertretend für die Säure, da alle Säuren in Wasser zunächst Oxonium-Ionen bilden.

Die Kohlensäure zerfällt dann zu Wasser und gasförmigem Kohlenstoffdioxid:



Das entstehende Gas müsste also Kohlenstoffdioxid sein. Dieses Gas könnte man mit der „Kalkwasser-Probe“ überprüfen, um die Vermutung zu bestätigen.

Verwendet man nicht ganz so viel Säure im Überschuss wie in diesem Fall, wandelt sich das Carbonat nur in Hydrogencarbonat um, das dann mit dem verbliebenen Calcium viel besser löslich ist (s.o.). Daher sieht man beim Putzen im Haushalt mit säurehaltigen Reinigungsmitteln auch keine Gasentwicklung:



Bis hierher wirken beide Säuren gleich.

Die Zugabe von weiterem Carbonat in Form von eigentlich gut löslichem Natriumcarbonat bewirkt aber bei der Salzsäure einen erneuten Niederschlag, bei der Zitronensäure aber nicht. Der Unterschied entsteht also offenbar durch den Rest der Säure.

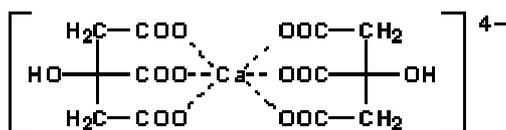
bei Salzsäure:

Chlorid als Rest der Salzsäure ist einfach in Wasser gelöst. Daneben ist auch noch das Calcium als Rest des Kalks in Wasser gelöst. Beide beeinflussen sich gegenseitig nicht. Gelangt nun erneut Carbonat in die Lösung, so bildet sich wieder schwer lösliches Calciumcarbonat (Kalk).

bei Zitronensäure:

Die Zitronensäure ist keine so starke Säure wie Salzsäure und zudem muss sie sich erst im Wasser lösen, daher ist ihre Reaktion verzögert und weniger heftig als die der Salzsäure.

Der Rest der Zitronensäure ist das Citrat. Zwei Citrat-Anionen schlingen sich um das im Wasser verbliebene Calcium und maskieren es so. Es entsteht ein sogenannter Calciumdicitrato-Komplex:



(Quelle: http://www.chemieunterricht.de/dc2/citrone/c_t6.htm)

Gelangt nun erneut Carbonat in die Lösung, so kann sich kein Kalk bilden, da das Calcium als Komplex nicht reagieren kann. Die Lösung bleibt daher mit Zitronensäure klar.

Erhitzt man die klare Lösung des Calciumdicitrato-Komplex, bildet sich jedoch Calciumcitrat ($\text{Ca}_3 \text{ Citrat}_2$), das schwer löslich ist. Dies kann beispielsweise passieren, wenn Zitronensäure in der Kaffeemaschine zum Entkalken verwendet. Zum „Heißentkalken“ ist Phosphorsäure besser geeignet, da auch sie die gleiche komplexierende Wirkung besitzt.



Entkalker für Haushaltsgeräte enthalten dennoch Zitronensäure, da sie insgesamt vier Vorteile besitzen:

1. Ihr Säureanteil löst das Carbonat auf.
2. Der Säurerest, das Citrat, maskiert das Calcium und es kann sich kein neuer Kalk bilden.
3. Der Geschmack wird als angenehm empfunden, sodass Entkalkerreste nicht unangenehm sind.
4. Die geringere Säurestärke verringert die Gefahr von Verletzungen der Anwender oder Schäden an den Geräten.

Da **Phosphorsäure** (H_3PO_4) in gleicher Weise Calcium komplexieren kann, ist auch diese gut als Entkalker geeignet. Auf Grund des bessern Geschmacks sollte Zitronensäure aber immer für Geräte verwendet werden, die zur Verarbeitung von

Lebensmitteln verwendet werden.

Problematisch ist die komplexierende Wirkung von Citrat und Phosphat aber in Lebensmitteln. Da das Calcium so zum einen für den Körper unbrauchbar wird und zum anderen sogar sehr leicht aus den Zähnen herausgelöst werden kann, sind Süßigkeiten, die Zitronensäure enthalten, oder Cola, die Phosphorsäure enthält, gerade für Kinder sehr problematisch, da insbesondere sie viel Calcium für den Aufbau von Knochen und Zähnen benötigen.