Neutralisation überschüssiger Magensäure

Quantitative Überprüfung der Angaben zum Wirkstoffgehalt in Bullrichsalz®

LNCU.de

Aufgaben zu M1 und M2

1. Machen Sie sich mit dem Begriff Sodbrennen und der Wirkweise von Natron als Antazidum vertraut. Erklären Sie das Zustandekommen der genannten Nebenwirkungen.
2. Laut Herstellerangaben enthält eine Tablette Bullrichsalz® 850 mg Natriumhydrogencarbonat. Berechnen Sie aus dieser Angabe die erwartete Stoffmenge n($NaHCO_3$) in einer Tablette.

M1 – Hintergrundinformationen zu Magensäure und Sodbrennen

Die Salzsäure im Magensaft erfüllt verschiedene Aufgaben.

- Sie dient der Desinfektion der aufgenommenen Nahrung, indem sie Krankheitserreger abtötet.
- Sie schafft die geeigneten Bedingungen für das eiweißabbauende Enzym Pepsin, das bei pH-Werten zwischen 1,4 und 3,0 seine maximale Wirkung entfaltet und
- sie lässt mit der Nahrung aufgenommene Eiweiße aufquellen, so dass sie den Verdauungsenzymen eine größere Angriffsfläche bieten.

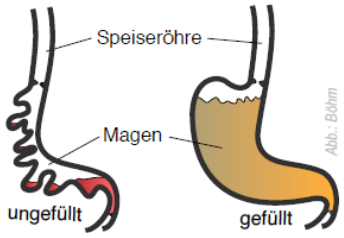


Abb 1: Schema Magen, Böhm 2018

Im ungefüllten Zustand enthält der Magen nur ca. 25 mL Magensaft mit einem pH-Wert um 1. Durch Nahrungsaufnahme wird das Magenvolumen auf bis 2 Liter vergrößert und der pH-Wert steigt durch die Zufuhr des Nahrungsbreis kurzfristig an. Die Magenschleimhaut reagiert mit der Produktion weiteren Magensaftes, wodurch der pH-Wert wieder sinkt.

Steigt überschüssiger Magensaft in die Speiseröhre auf, verspürt man ein brennendes Gefühl im Brustbereich: „Sodbrennen“.

M2 – Antazidum: „Gegen Säure“

Arzneimittel zur Neutralisierung der Magensäure, sogenannte Antazida, sollen dabei helfen, überschüssige Magensäure vor allem am Mageneingang zu neutralisieren, um so eine Verätzung der Speiseröhre zu verhindern.

Altbekannte Präparate enthalten Natriumhydrogencarbonat ($NaHCO_3$, z. B. Kaisernatron® oder Bullrichsalz®).



Abb. 2: Inhaltsangabe Bullrichsalz®

Der Wirkstoff ist in Wasser nur begrenzt löslich. Im sauren Milieu des Magens zerfällt Natriumhydrogencarbonat zunehmend in seine Ionen und das Hydrogencarbonat reagiert mit den Oxonium-Ionen aus der Salzsäure gemäß folgender Reaktionsgleichung:

$$Na^+(aq) + HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) + Cl^-(aq) \rightleftarrows 2\,H_2O + CO_2(g)\uparrow + Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Genau betrachtet handelt es sich bei der relevanten Reaktion um die Bildung der instabilen Kohlensäure, die im salzsauren Magen weiter in Wasser und Kohlenstoffdioxid zerfällt:

(1) $HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftarrows H_2CO_3(aq) + H_2O$

(2) $H_2CO_3(aq) \rightleftarrows H_2O + CO_2(g)\uparrow$

Als häufige Nebenwirkung der Anwendung werden Völlegefühl und Aufstoßen genannt. Daneben kann es zu einer Überdosierung kommen, in deren Folge der pH-Wert des Magens stark ansteigt.

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach A. Böhm 2018 und G. von Borstel 2016 im Team LNCU. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Aufgaben zu V1 und V2

3. Planen Sie die Versuche konkret und führen Sie diese nach Absprache mit der Lehrkraft unter Beachtung der Sicherheitsbestimmungen (Schutzbrillenpflicht!) durch.
4. Protokollieren Sie Vorgehen und Ergebnisse. Berechnen Sie anhand ihrer Ergebnisse die Stoffmenge des Wirkstoffes in einer Tablette.
5. Erläutern Sie ggf. auftretenden Unterschiede zwischen den von ihnen ermittelten Werten und den erwarteten Werten lt. Herstellerangabe. Gehen Sie dabei davon aus, dass die Herstellung eines Arzneimittels einer umfassenden Qualitätskontrolle unterliegt.

Grundlegende Gedanken zu den möglichen Versuchen

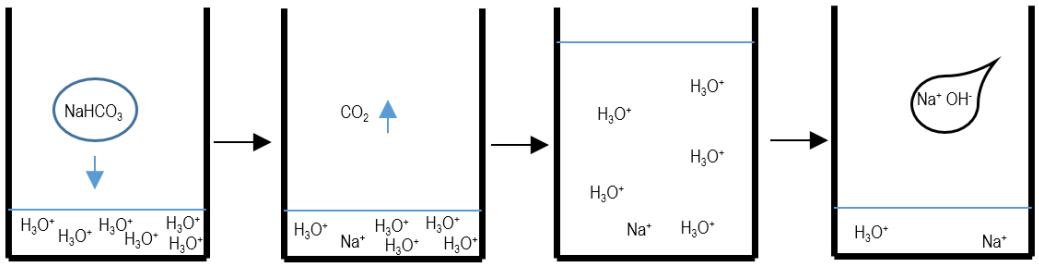


Abb. 3: „Becherglasmodell" a) Tablette in Säure lösen b) Gas entweicht c) verdünnen für d) Titration mit Natronlauge

Löst man die Tablette in einem Überschuss Salzsäure, kommt es zu einer Reaktion und gasförmiges Kohlenstoffdioxid entweicht. Man bestimmt die Menge an entwichenem Kohlenstoffdioxid (V1) oder den Überschuss an Säure per Titration (V2)

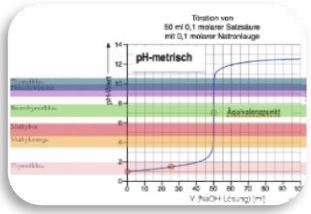
V1: Gravimetrische Bestimmung des Wirkstoffgehaltes



Aus einem Mol Natriumhydrogencarbonat entsteht genau ein Mol Kohlenstoffdioxid. Die Stoffmenge kann man folglich durch Wiegen („gravimetrisch") aus der Masse des beim vollständigen Auflösen entstehenden und entweichenden Gases ermitteln.

- Benötigt wird eine Waage mit einer Anzeige im Bereich von 0,01 g.
- Die zugegebene Stoffmenge an Oxonium-Ionen sollte die erwartete Stoffmenge $n(NaHCO_3)$ um ca. 50% übersteigen. Haben Sie beispielsweise in A2 für $n(NaHCO_3)$ = 0,1 mol ermittelt, sollten Sie 0,15 mol hinzugeben, also z. B. 150mL Salzsäure mit $c(H_3O^+) = 1$ mol/L.
- Ein Überschuss an Säure, Rühren, Schütteln oder Erwärmen vertreiben Kohlenstoffdioxid nahezu vollständig aus der Lösung.

V2: Bestimmung des Wirkstoffgehalts per Rücktitration!



Mit Hilfe des Wirkstoffs wurde ein Teil der Säure neutralisiert. Ermitteln Sie per Titration (*Endpunktsbestimmung mit Indikator, pH-metrische Titration oder Leitfähigkeitstitration)*, wie groß die Restkonzentration an Oxonium-Ionen ist.

- In 20mL Salzsäure (c = 1 mol/L) wird eine Tablette vollständig gelöst.
- Die nun schon teilneutralisierte Säure wird auf 100 mL verdünnt. Hinweis: Durch das Verdünnen sind mehrere Titrationsdurchgänge möglich, man braucht weniger Maßlösung und die Leitfähigkeitsmessgeräte sind einsetzbar.
- Man entnimmt z. B. 20 mL und bestimmt per Titration mit Natronlauge (c = 0,5 mol/L) den Restgehalt an Oxonium-Ionen.

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach A. Böhm 2018 und G. von Borstel 2016 im Team LNCU. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Hinweise zu A2

Analyse: Aus der Masse (m) des Stoffes soll die Stoffmenge (n) berechnet werden.

Vorgehen: Aus der Masse (m) kann man in Kenntnis der molaren Masse (M) die Stoffmenge (n) berechnen: $n(NaHCO_3) = \frac{m(NaHCO_3)}{M(NaHCO_3)}$

Lösungsansatz: Die Masse des Wirkstoffs pro Tablette ist angegeben mit $m(NaHCO_3) = 0{,}85\ g$

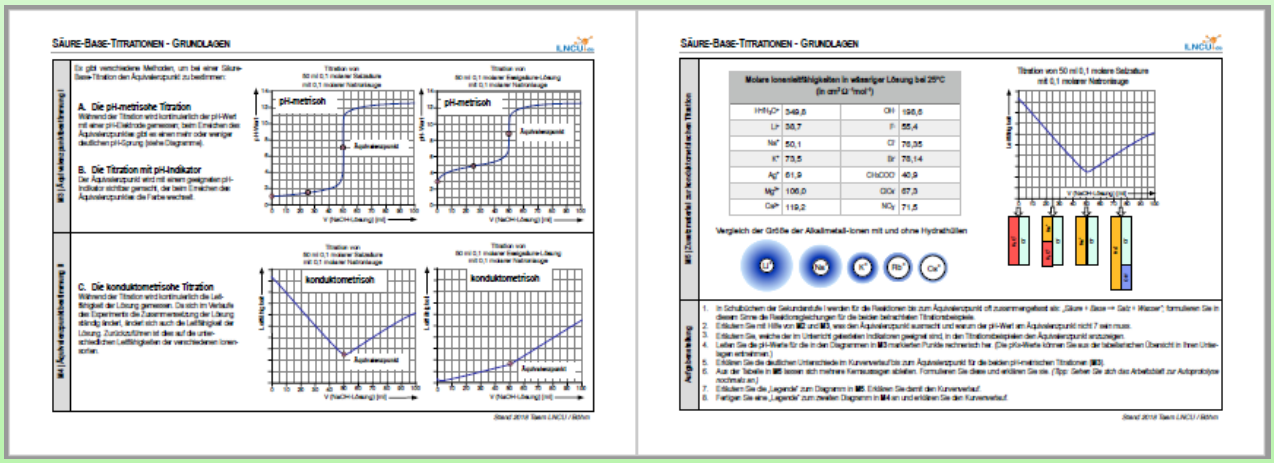
Mit Hilfe des Periodensystems ermittelt man die molaren Massen (M) aller Atomsorten in der Verbindung: M(Na) = 23 $\frac{g}{mol}$, M(H) = 1 $\frac{g}{mol}$, M(C) = 12 $\frac{g}{mol}$ und M(O) = 16 $\frac{g}{mol}$. Für unser Experiment reichen uns gerundete Werte!

Aus den (gerundeten) Werten ermittelt man gemäß der Formeleinheit des Salzes (annähernd) die molare Masse $M(NaHCO_3) \approx 1 \times 23\frac{g}{mol} + 1 \times 1\frac{g}{mol} + 1 \times 12\frac{g}{mol} + 3 \times 16\frac{g}{mol} =$

Hinweise zu A4 und A5

V1: Aus der entwichene Masse $m(CO_2)$ kann man in Kenntnis der molaren Masse (M) die Stoffmenge (n) berechnen: $n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)}$. Sie entspricht bei vollständiger Umsetzung des Wirkstoffs der ursprünglich in der Tablette enthaltenen Stoffmenge von Natriumhydrogencarbonat.

V2: Als Indikator kann man Bromthymolblau verwenden. Ebenso ist eine pH-metrische Titration oder eine Leitfähigkeitstitration durchführbar, deren Auswertung gemäß der bereits besprochenen Grundlagen durchgeführt wird:



Abweichungen zu Angaben des Herstellers werden aufgrund von Messungenauigkeiten zustande kommen. Formulieren Sie möglichst exakt denkbare Messungenauigkeiten und deren konkrete Auswirkung. Wird beispielsweise bei der gravimetrischen Titration nicht alles Kohlenstoffdioxid als Gas aus der Lösung vertrieben, erhält man ein Ergebnis, das unterhalb des erwarteten Wertes liegt.

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach A. Böhm 2018 und G. von Borstel 2016 im Team LNCU. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.