„Rennie® räumt den Magen auf“!?

Quantitative Prüfung der Verpackungsangaben bei einem Präparat mit zwei Wirkstoffen

Aufgaben zu M1

1. Formulieren Sie basierend auf den vereinfachten Reaktionsgleichungen in Abb. 1 für die Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure Teilreaktionsgleichungen, anhand derer man auch gelöste Ionen erkennt und zeigen Sie, dass es sich bei der Neutralisation um eine Säure-Base-Reaktion nach Brønsted handelt.
2. Berechnen Sie die Stoffmenge an Carbonat-Ionen, die nach Angabe des Herstellers in einer Rennie-Tablette enthalten sein sollen.

M1 – Aus der Packungsbeilage zu Rennie®-Tabletten

Rennie® enthält ein Gemisch aus Magnesium- und Calciumcarbonat ($MgCO_3$, $CaCO_3$). Beide Stoffe sind schwer wasserlöslich und gelangen als Feststoff in den Magen.

In der sauren Lösung reagieren Carbonat-Ionen mit Oxonium-Ionen und es bilden sich Hydrogencarbonat-Ionen. Aus diesen entsteht durch weitere Protonierung Kohlensäure, die wiederum in Wasser und Kohlenstoffdioxid zerfallen kann (s. Abb. 1).

Laut den Angaben des Herstellers enthält eine Tablette 680 mg $CaCO_3$ und 80 mg $MgCO_3$.

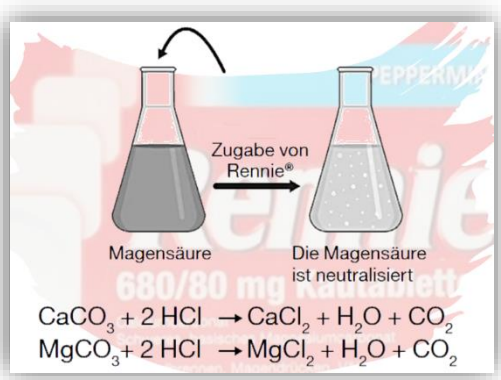


Abb. 1: Auszug aus dem Beipackzettel

Aufgaben zu V1-V5 und M2-M6

3. **Planen** Sie mindestens einen der Versuche V1 bis V5 zur Prüfung der Herstellerangaben hinsichtlich des Wirkstoffgehaltes konkret, **führen** Sie ihn unter Beachtung der Sicherheitsbestimmungen **durch. Protokollieren** Sie ihr Vorgehen und **werten** Sie ihre Ergebnisse **aus**.
4. Vergleichen Sie die von ihnen ermittelten Werte mit den Daten aus M2 bis M6 und benennen Sie mit Blick auf mögliche Abweichungen plausible Fehlerquellen.

V1 – V5: Diverse Experimente zur Bestimmung des Wirkstoffgehalts

Jeder Versuch für sich allein genommen ermöglicht die Berechnung der Stoffmenge an enthaltenem Carbonat und eine Überprüfung der vom Hersteller angegebenen Wirkstoffmassen.

Eine Tablette wird in 20 mL Salzsäure (c(HCl) = 1 mol/L) vollständig aufgelöst.

1. Man arbeitet im offenen System und mit einer Waage der Genauigkeit von 0,01 g wird die **Masse des entweichenden Kohlenstoffdioxids** bestimmt.
2. Man arbeitet alternativ im geschlossenen, beweglichen System (→Spritzentechnik ChemZ). Das **Volumen an entstehendem Kohlenstoffdioxid wird ermittelt**.

Die nun schon teilneutralisierte Säure wird auf 100mL verdünnt. 20mL werden entnommen und per Titration mit Natronlauge (c = 0,5mol/L) der **Restgehalt an Oxonium-Ionen bestimmt**

3. durch Endpunktsbestimmung mit Indikator oder
4. pH-metrische Titration oder
5. Leitfähigkeitstitration (vorab ggf. erneut verdünnen!)

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.

M2 - gravimetrische Bestimmung des Wirkstoffgehaltes



Ein Muster, wie man von der ermittelten Masse an Kohlenstoffdioxid die Stoffmenge des enthaltenen Wirkstoffs berechnen kann, finden sie bei der Betrachtung von Bullrichsalz®.

Bedenken Sie, dass man auf diese Weise nur bestimmen kann, wieviel Magnesiumcarbonat und Calciumcarbonat zusammen in der Tablette enthalten waren.

Dies gilt auch für alle folgenden experimentellen Bestimmungen.

M3 - volumetrische Bestimmung des Wirkstoffgehaltes

Man kann nicht nur aus der Masse, sondern auch aus dem Volumen von Kohlenstoffdioxid mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung dessen Stoffmenge berechnen.

Es gilt $n = \frac{\boldsymbol{p \times V}}{\boldsymbol{R \times T}}$ mit n = Stoffmenge [mol]; p = Druck [1 bar = 10^5 Pa]; V = Gasvolumen [L];
T = Temperatur [K] und R = allgemeine Gaskonstante: 0,0831472 $\frac{bar \times L}{mol \times K}$.

Tipp: Der Druck lässt sich mit Hilfe vieler Smartphones oder Sportuhren bestimmen. Ansonsten nimmt man vereinfachend einen „normalen“ Luftdruck von 1,013 bar an

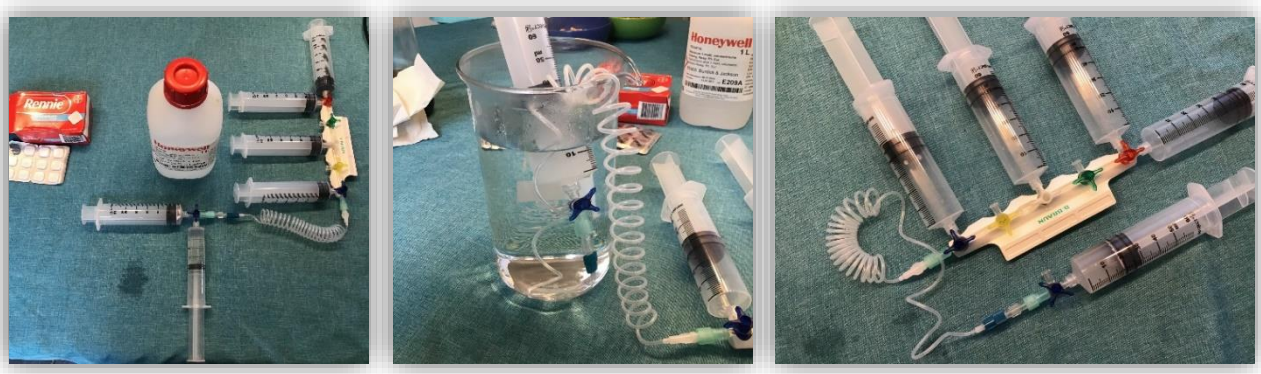


Abb. 2: a) Tablette in einer Spritze in Säure auflösen b) Lösung im Wasserbad erwärmen c) Gasvolumen ablesen

Muster: Eine Tablette wurde in einer Spritze durch Zugabe von 20 mL Salzsäure (c(HCl) = 1 mol/L) aus einer anderen Spritze vollständig gelöst (Abb. 2a) . Die entstehende Lösung wurde erwärmt (Abb. 2b) und mehrfach wurde der Druck über der Lösung erniedrigt, so dass möglichst alles Kohlenstoffdioxid als Gas entweicht. Das komplette Gas wurde aufgefangen und sein Volumen bestimmt (Abb. 2c).

Parallel wurden der Druck und die Temperatur im Raum gemessen.

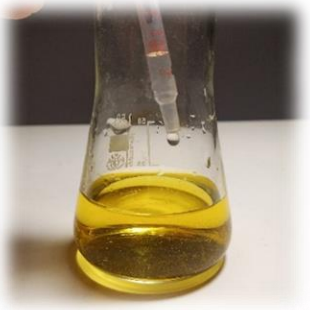
Ermittelte Werte: V (CO_2) = 184 mL; T = 22 °C (295 K); p = 1,019 bar

$$n\,(CO_2) = \frac{1{,}019\ bar \times 0{,}184\ \mathrm{L}}{0{,}0831472\ \frac{bar \times L}{mol \times K} \times 295\ \mathrm{K}} = 7{,}64\ \mathrm{mmol}$$

Das erwartete Ergebnis wären 7,75 mmol. Vergessen Sie nicht, dies rechnerisch zu zeigen!

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.

M4 - Endpunktstitration mit Natronlauge (c = 0,5 mol/L)



Eine Tablette wird in 20 mL Salzsäure (c(HCl)=1 mol/L) vollständig aufgelöst. Die Lösung wird mit Wasser auf 100 mL zu Lösung 2 verdünnt.

20 mL von Lösung 2 wurden mit Bromthymolblau versetzt und mit Natronlauge aus einer Milliliterspritze titriert. Eine dauerhafte Blaufärbung der Lösung tritt nach Zugabe von 1,9 mL Natronlauge ein.

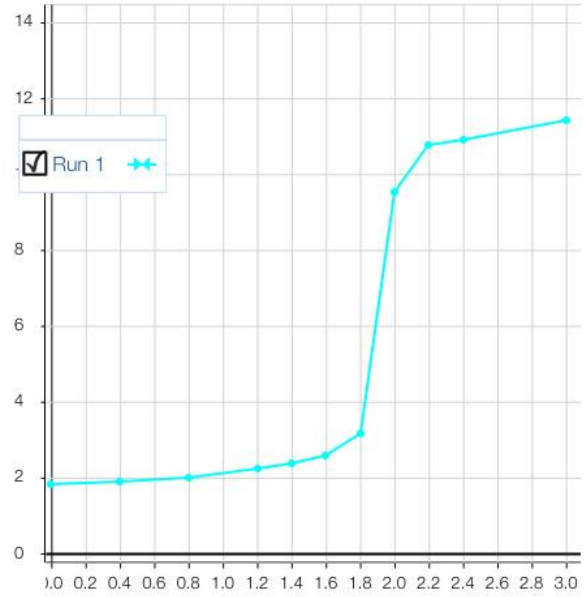
Bedenken Sie: aus einem Mol Magnesium- oder Calciumcarbonat bilden sich bei Zugabe von zwei Mol Oxonium-Ionen ein Mol Kohlenstoffdioxid.

M5 - pH-metrische Titration mit Natronlauge (c = 0,5 mol/L)

Weitere 20 mL von Lösung 2 wurden in kleinen Schritten mit Natronlauge titriert und dabei der pH-Wert gemessen

Messergebnisse:

	Volume of titrant (mL) Run 1	pH Run 1
1	0.00	1.81
2	0.40	1.88
3	0.80	2.01
4	1.20	2.23
5	1.40	2.36
6	1.60	2.60
7	1.80	3.15
8	2.00	9.53
9	2.20	10.75



Hinweise:

Die Messung wurde mit SPARKvue aufgezeichnet. Falls Sie dies ebenso machen: wählen Sie die Einstellungen Manual & Volumen statt Zeit. Geben Sie die Nachkommastellen im Format 1.2 und nicht 1,2 ein.

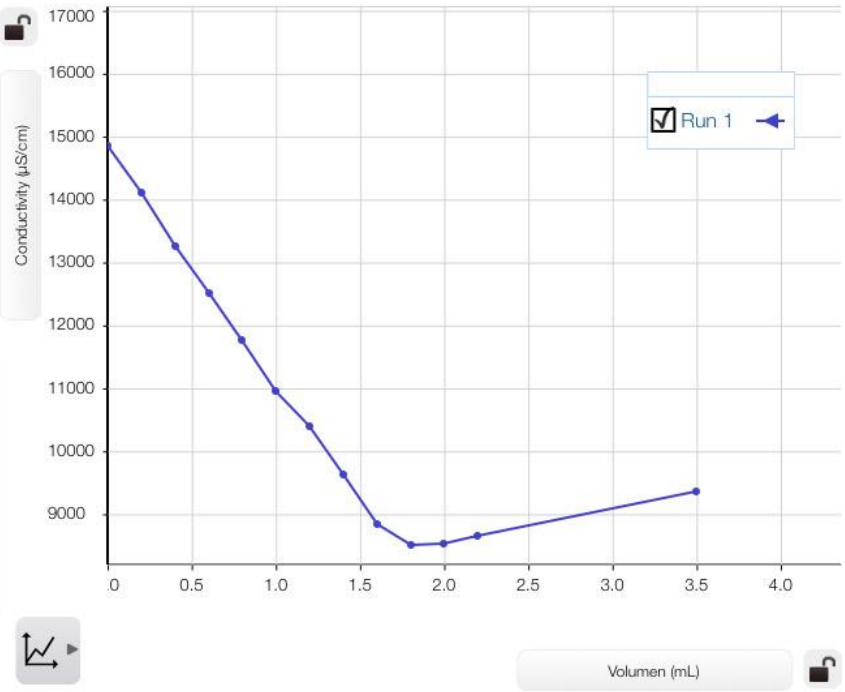
G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach A. Böhm 2018 und G. von Borstel 2016 im Team LNCU. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

M6 – Leitfähigkeitstitration mit Natronlauge (c = 0,5 mol/L)

20 mL von Lösung 2 wurden erneut verdünnt und in kleinen Schritten mit Natronlauge titriert. Dabei wurde die Leitfähigkeit gemessen.

Messergebnisse:

	Volumen (mL) Run 1	Conductivity (µS/cm) Run 1
1	0.00	14858.7
2	0.20	14114.0
3	0.40	13259.3
4	0.60	12523.7
5	0.80	11771.7
6	1.00	10964.7
7	1.20	10389.3
8	1.40	9629.7
9	1.60	8846.0



Hinweise

Die Messung erfolgte mit SPARKvue.

Die Lösung wurde erneut verdünnt, da die Leitfähigkeit ansonsten für das Messgerät am oberen Rand des Messbereichs gewesen wäre. Der Verdünnungswert und der absolute Wert der Leitfähigkeit spielt aber für das Messergebnis keine Rolle.

Gewählte Einstellungen: Manual & Volumen statt Zeit. Dies muss man auch an der x-Achse des Grafen einstellen. Eingabe der Nachkommastellen im Format 1.2 und nicht 1,2 erforderlich.

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.