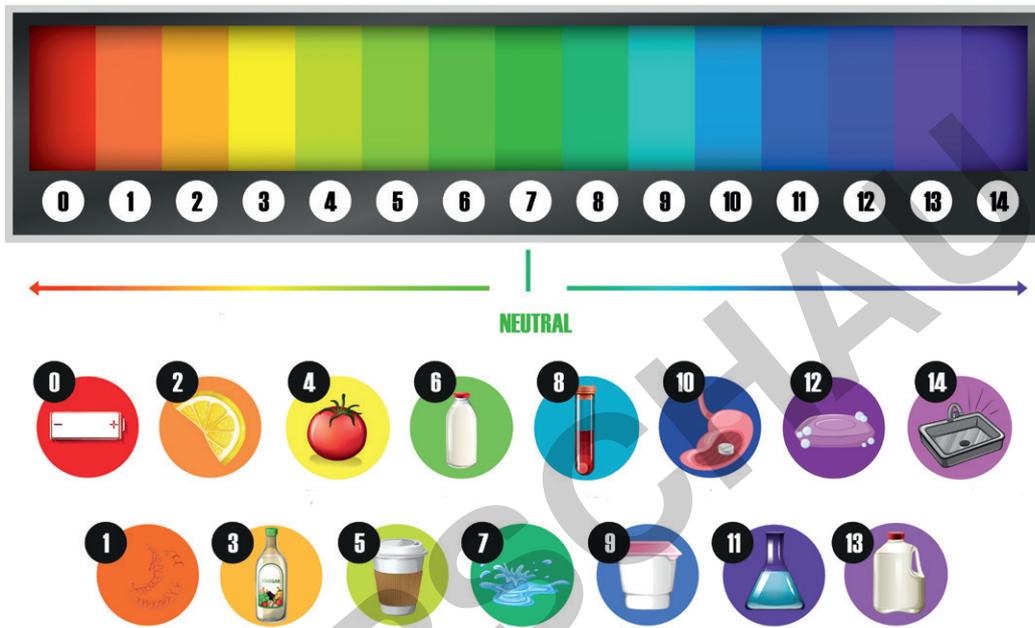


II.D.14

Säuren – Basen – Salze

Berechnung von pH-Werten saurer und basischer Lösungen des Alltags II

Ein Beitrag von David Keller



Verändert nach: © bluringmedial/Stock/Getty Images Plus

In unserem Alltag begegnen wir nicht nur Säuren und Basen, sondern auch Ampholyten. Wasser ist wohl das bekannteste Beispiel. Puffer können den pH-Wert eines wässrigen Systems in gewissen Grenzen konstant halten. Vor zu starker Demineralisation durch Säuren werden unsere Zähne von Hydrogencarbonat-Ionen im Speichel geschützt. Titrations sind wichtige analytische Verfahren in chemischen Laboren, im Bereich der Umweltüberwachung sowie in der chemischen Industrie. Mit Säure-Base-Titrations kann die Konzentration einer sauren oder basischen Lösung ermittelt werden.

KOMPETENZPROFIL

| | |
|------------------------------|--|
| Klassenstufe: | 11–13 |
| Dauer: | 6 Unterrichtsstunden (3 Doppelstunden) |
| Kompetenzen: | 1. Ampholyte; 2. Puffer; 3. Titration; 4. Rechenaufgaben; 5. Spiel |
| Thematische Bereiche: | pH-Wert-Berechnungen, Ampholyte, Puffer, Säuren und Basen, Neutralisation, Salze, chemisches Gleichgewicht |
| Medien: | Texte, Experimente, Arbeitsblätter, Spiel, Interview |



Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Hk = Hilfekarten, La = LearningApp, LEK = Lernerfolgskontrolle, Sp = Spiel, SE = Schülerexperiment



Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Experimenten finden Sie im **Online-Archiv**.

1./2. Stunde

Themen: Hydrogencarbonat-Ionen im Speichel, wichtige Ampholyte und Berechnungen zu Ampholyten

- M 1 (Ab) Das Geheimnis schöner Zähne
 M 2 (Ab) Überblick zu Ampholyten
 M 3 (Ab) pH-Wert-Berechnungen zu Ampholyten
 M 4 (Hk) Abgestufte Hilfen zur pH-Berechnung von Ampholyten
 M 5 (Sp, La) Zuordnungsspiel Säure/Base oder Ampholyt

Benötigt: Ggf. Smartphone oder Tablet
 <https://learningapps.org/watch?v=pwhkt379n22>

3./4. Stunde

Themen: Was sind Puffer in der Chemie, Rechenaufgaben zu Puffer (Henderson-Hasselbalch-Gleichung)

M 6 (Ab, SE) Modellexperiment zur Wirkungsweise eines Puffers

SE 1: Wirkungsweise eines Essigsäure-Acetat-Puffers

Dauer: Vorbereitung: 5 min, Durchführung: 10 min

Chemikalien: Wasser Universalindikator-Lösung  
 Essigsäure (0,1 M) Salzsäure (0,1 M)
 Natriumacetat-Lösung (0,1 M) Natriumhydroxid-Lösung (0,1 M)

Geräte: 4 Reagenzgläser Weiße Kontrastwand
 6 skalierte Pasteurpipetten Schutzbrille
 Reagenzglasständer Kittel
 pH-Wert-Skala des Universalindicators

M 7 (Ab) Rechenaufgaben zu Puffer-Lösungen

M 8 (Hk) Abgestufte Hilfen: Rechenaufgaben zu Puffer-Lösungen

5./6. Stunde**Themen:** Säure-Base-Titration, Wiederholung Ampholyte, Puffer und Titrationsen**M 9 (Ab)** Säure-Base-Titrationsen**M 10 (Ab, SE)** Titration von frisch gepresstem Apfelsaft**SE 2:** Bestimmung des Säuregehaltes eines Apfels**Dauer:** Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 30 min

Chemikalien:

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Wasser | <input type="checkbox"/> Thymolphthalein-Ethanol- |
| <input type="checkbox"/> frischer Apfelsaft (saure Sorte) | Lösung |
| | <input type="checkbox"/> Natriumhydroxid-Lösung (0,05 M) |

Geräte:

| | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Reibe | <input type="checkbox"/> Vollpipette (10 ml) |
| <input type="checkbox"/> Schüssel | <input type="checkbox"/> Peleusball |
| <input type="checkbox"/> Nudelsieb | <input type="checkbox"/> Trichter |
| <input type="checkbox"/> Topf | <input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (50 ml, 250 ml) |
| <input type="checkbox"/> Kaffeefilter | <input type="checkbox"/> Weiße Unterlage |
| <input type="checkbox"/> Bürette | <input type="checkbox"/> Schutzbrille |
| <input type="checkbox"/> Stativ mit Bürettenhalter | <input type="checkbox"/> Kittel |
| <input type="checkbox"/> 3 Erlenmeyerkolben (250 ml) | |
| <input type="checkbox"/> Standzylinder (100 ml) | |

M 11 (La, LEK) Überprüfen Sie Ihr Wissen rund um Ampholyte, Puffer und Säure-Base-Titrationsen

Benötigt:

- Ggf. Smartphone oder Tablet
- <https://learningapps.org/watch?v=pzio1044322>

Erklärung zu Differenzierungssymbolen

| | | |
|---|------------------|--------------------|
| <p>Tauchen diese Symbole auf, sind die Materialien differenziert. Es gibt drei Niveaustufen, wobei nicht jede Niveaustufe extra ausgewiesen wird.</p> | | |
| | | |
| einfaches Niveau | mittleres Niveau | schwieriges Niveau |

M 1

Das Geheimnis schöner Zähne



© Britt Erlanson/The Image Bank

Auch gesunde Lebensmittel wie Äpfel enthalten Säuren, die den Zahnschmelz angreifen.

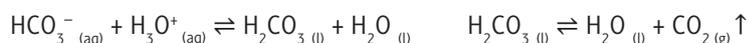
Viele Menschen leiden unter Mundgeruch, Zahnfleischproblemen oder Karies und doch sind dies Tabu-Themen. Eine ausgeglichene Mundflora kann Mund und Zähne gesund halten sowie vor Krankheiten schützen. Welche Rolle spielen dabei Hydrogencarbonat-Ionen und warum kann eine Pufferkapazitätsbestimmung sinnvoll sein? Erfahren Sie mehr im folgenden Interview eines Gesundheitsblogs.

Interview

Reporter: Vermutlich weiß jeder, dass Mundspeichel Wasser, Proteine, α -Amylase und Ionen enthält. Doch welche Aufgabe erfüllen die darin enthaltenen Hydrogencarbonat-Ionen?

Zahnärztin: Wir nehmen mit unserer Nahrung zahlreiche Säuren auf. Sie sind in Früchten, Säften, kohlenstoffhaltigen Getränken und Milchprodukten enthalten. Plaquebakterien ernähren sich von Zucker und geben saure Stoffwechselprodukte ab. Säuren schädigen unsere Zähne, weil sie das Hydroxylapatit $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ bzw. das Fluorapatit ($\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4)_3]$) auflösen können. Es braucht also einen Gegenmechanismus, der die schädigende Wirkung der Säuren minimieren kann. Hier kommen die Hydrogencarbonat-Ionen ins Spiel.

Reporter: Sie können also als Base reagieren und so die Wirkung der Säuren reduzieren.
Zahnärztin: Ich hoffe, dass ich jetzt nicht zu chemisch werde, aber die Hydrogencarbonat-Ionen können nicht nur als Base, sondern auch als Säure reagieren. Es handelt sich um einen Ampholyt. Im Mund bildet sich ein Gleichgewicht aus. Ich schreibe Ihnen das mal auf.



Die Hydrogencarbonat-Ionen können, wie Sie das richtig erkannt haben, mit den Oxonium-Ionen einer Säure reagieren. Dabei werden Kohlensäure und Wasser gebildet. Die Kohlensäure kann wiederum leicht in Wasser und Kohlenstoffdioxid zerfallen, das abgeatmet wird.

Reporter: Woher weiß man, wie stark die Zähne durch spezielle Lebensmittel angegriffen werden?

Zahnärztin: Das hängt vom Säuregehalt der Lebensmittel ab. Je mehr Säure ein Lebensmittel enthält, desto stärker kann der Zahnschmelz gelöst werden. Im Labor wird die Säurekonzentration durch eine Säure-Base-Titration bestimmt.

Reporter: Welchen pH-Wert hat eigentlich der Speichel?

- Zahnärztin:** Das ist unterschiedlich. Der Ruhespeichel ist saurer als der stimulierte Speichel. Bei der Ruheseekretion liegt der pH-Wert etwa zwischen 6,5 und 6,9, der des stimulierten Speichels bei etwa 7 bis 7,2.
- Reporter:** Kommt das dadurch zustande, dass beim Kauvorgang die Speicheldrüsen aktiver sind und dann mehr Speichel sowie Hydrogencarbonat-Ionen abgeben?
- Zahnärztin:** Ja genau. Beim Kauvorgang wird mehr Speichel abgegeben. Dieser enthält mehr Hydrogencarbonat-Ionen, welche beispielsweise Fruchtsäuren neutralisieren können.
- Reporter:** Was versteht man unter einer Pufferkapazitätsbestimmung und warum ist sie sinnvoll?
- Zahnärztin:** Die Pufferkapazitätsbestimmung ist eine sinnvolle Ergänzung im Rahmen der gesamten Möglichkeiten zur Ermittlung des Kariesrisikos. Es wird untersucht, wie gut die im Speichel enthaltenen Ionen Säuren neutralisieren können. Je höher die Pufferkapazität desto stärker ist der natürliche Kariesschutz ausgeprägt. Prozesse der Demineralisation und Remineralisation können im Gleichgewicht stehen.
- Reporter:** Was sind Puffer?
- Zahnärztin:** Puffer bestehen aus einem Gemisch einer schwachen Säure und meist der korrespondierenden Base. So kann der pH-Wert eines wässrigen Systems in gewissen Grenzen gehalten werden.
- Reporter:** Gibt es Lebensmittel, die besonders viele Hydrogencarbonat-Ionen enthalten?
- Zahnärztin:** Hydrogencarbonat-Ionen werden im Rahmen des Stoffwechsels von unserem Körper selbst gebildet. Sie sind aber beispielsweise auch im Mineralwasser enthalten. Hier können sie gleich Calcium-Ionen aufnehmen, die ebenfalls für gesunde Zähne wichtig sind.
- Reporter:** Welchen Rat möchten Sie unseren Leserinnen und Lesern gerne noch geben?
- Zahnärztin:** Pflegen Sie Ihre Zähne zweimal täglich durch gründliches Zähneputzen. Achten Sie auf Zahngesundheit. Gehen Sie regelmäßig zum Zahnarzt. Denn Sie wollen sicher auch im Alter noch gesunde Zähne haben.

Aufgaben

- Fertigen** Sie Stichpunkte zu den wichtigsten Informationen des Interviews **an**.
- Notieren** Sie die im Interview vorkommenden Fachbegriffe aus der Chemie und **ordnen** Sie diese den Kategorien: bekannte und neue Fachbegriffe **zu**.
- Bei den neuen Fachbegriffen haben Sie sicherlich auch „Ampholyt“ und „Hydroxylapatit“ notiert. Als Ampholyt wird eine Verbindung bezeichnet, die mit Säuren und Basen reagieren kann.
 - Geben** Sie anhand einer Reaktionsgleichung **an**, dass Hydrogencarbonat-Ionen auch mit Hydroxid-Ionen reagieren.
 - Der Zahnschmelz besteht größtenteils aus dem Mineral Hydroxylapatit $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$, welches säurelöslich ist. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichung für das Auflösen von Hydroxylapatit durch Säuren.
Tipp: Verwenden Sie für die Säure Oxonium-Ionen.



M 10

Titration von frisch gepresstem Apfelsaft

Auch gesunde Lebensmittel können den Zahnschmelz schädigen. Verantwortlich sind die enthaltenen organischen Säuren. Finden Sie experimentell heraus, wie viel Apfelsäure ein Apfel enthält.



Schülerexperiment 2: Bestimmung des Säuregehalts eines Apfels

Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 30 min

| Chemikalien | Geräte | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Wasser | <input type="checkbox"/> Reibe | <input type="checkbox"/> Standzylinder (100 ml) |
| <input type="checkbox"/> Frischer Apfel (saure Sorte) | <input type="checkbox"/> Schüssel | <input type="checkbox"/> Vollpipette (10 ml) |
| <input type="checkbox"/> Thymolphthalein-Ethanol-Lsg.  | <input type="checkbox"/> Nudelsieb | <input type="checkbox"/> Peleusball |
| <input type="checkbox"/> Natriumhydroxid-Lösung (0,05 M) | <input type="checkbox"/> Topf | <input type="checkbox"/> Trichter |
| | <input type="checkbox"/> Kaffeefilter | <input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (50 ml, 250 ml) |
| | <input type="checkbox"/> Bürette | <input type="checkbox"/> Weiße Unterlage |
| | <input type="checkbox"/> Stativ mit Bürettenhalter | <input type="checkbox"/> Schutzbrille |
| | <input type="checkbox"/> 3 Erlenmeyerkolben (250 ml) | <input type="checkbox"/> Kittel |

Entsorgung: Die neutrale Lösung kann im Ausguss entsorgt werden. Der Apfeltrester kann weiterverwendet oder im Hausmüll entsorgt werden.

Durchführung

- Der Apfel ist in eine Schüssel zu reiben.
- In einen Topf wird ein Nudelsieb mit Kaffeefilter eingehängt und der geriebene Apfel eingefüllt.
- Das Filtrat ist in ein Becherglas zu überführen.
- In einem 250 ml-Erlenmeyerkolben werden über eine Vollpipette mit Peleusball 10 ml des filtrierten Apfelsafts vorgelegt.
- Die Bürette wird eingespannt und danach über einen Trichter mit Natriumhydroxid-Lösung (0,05 M Maßlösung) befüllt. Dabei muss der Hahn geschlossen sein.
- Zu dem Apfelsaft im Erlenmeyerkolben sind etwa 5 Tropfen Thymolphthalein zuzugeben.
- Mit einem Standzylinder werden 90 ml destilliertes Wasser abgemessen, in den Erlenmeyerkolben gefüllt sowie anschließend geschwenkt.
- Der Erlenmeyerkolben wird unter der Bürette positioniert und der Hahn vorsichtig geöffnet. Beim Zugeben der Maßlösung ist der Erlenmeyerkolben vorsichtig zu bewegen.
- Natronlauge wird so lange zugeführt, bis die Lösung geradeso blau bleibt. Der Verbrauch an Natronlauge ist abzulesen und in der Tabelle 2 zu notieren.

Aufgaben

- Führen** Sie das Experiment drei Mal **durch** und **fertigen** Sie ein Fotoprotokoll **an**.
- Formulieren** Sie unter Verwendung von Halbstrukturformeln die Reaktionsgleichung.
- Berechnen** Sie die Konzentration der Apfelsäure im Apfelsaft (Durchschnittswert des Verbrauchs an Maßlösung nutzen), **bestimmen** Sie deren Massenanteil und **ermitteln** Sie, wie viel Gramm Säure in Ihrem Apfel enthalten ist. Als Dichte der Lösung wird $1 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$ angenommen. Die molare Masse von Apfelsäure beträgt $134,09 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. **Bedenken** Sie, dass Apfelsäure eine zwei-protonige Säure ist.

4. Saure Apfelsorten (wie Boskoop, Granny Smith, Elstar, Braeburn etc.) enthalten ca. $6 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ Apfelsäure. Außerdem sind in geringen Mengen Weinsäure und Citronensäure vorhanden.

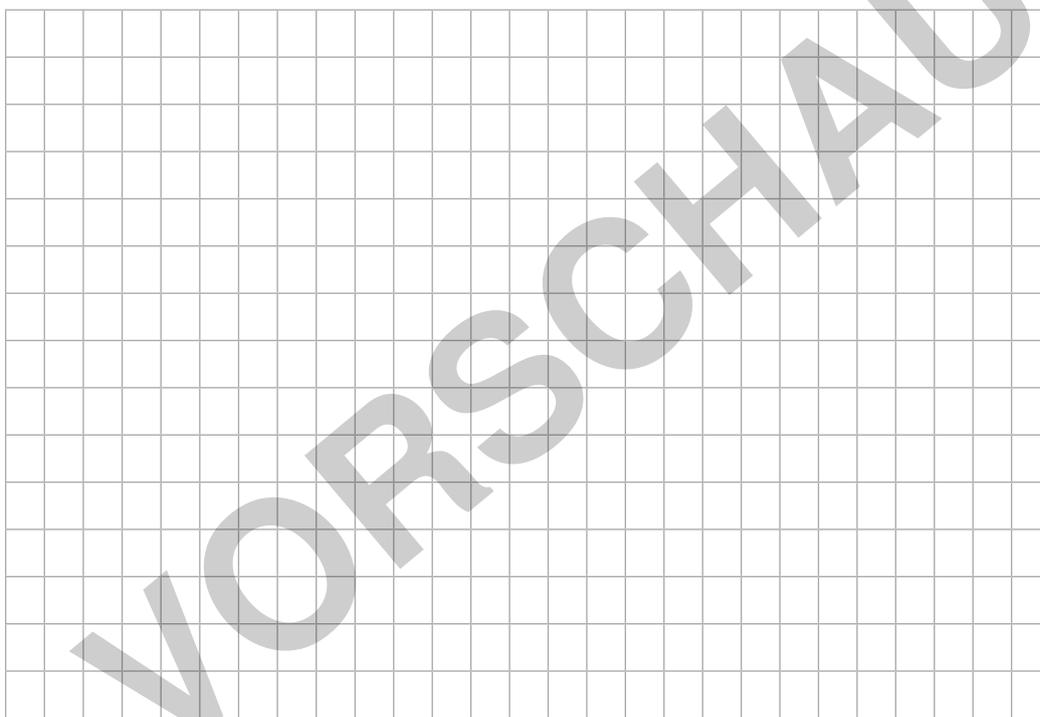
Diskutieren Sie mögliche Abweichungen in Bezug auf den ermittelten Apfelsäuregehalt.

Reaktionsgleichung:

Tab. 2: Der Verbrauch an Natronlauge-Maßlösung pro Titration.

| Nr. des Durchlaufs | 1 | 2 | 3 | Durchschnittlicher Verbrauch an NaOH-Maßlösung |
|-----------------------------|---|---|---|--|
| Verbrauch an NaOH-Maßlösung | | | | |

Berechnung:



Diskussion
