

## Konservierung von Lebensmitteln

Dr. Lutz Stüdel, Kassel und Prof. Dr. H. Wöhrmann, Kassel

**Niveau:** Sek. II

**Dauer:** 6 Unterrichtsstunden

**Der Beitrag enthält Materialien für:**

- |                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| ✓ Offene Unterrichtsformen      | ✓ Schülerversuche |
| ✓ Fachübergreifenden Unterricht | ✓ Lehrerversuche  |
| ✓ Vertretungsstunden            |                   |

### Hintergrundinformation

Die Konservierung von Lebensmitteln und anderen Gegenständen – Körpern, Häuten und Fellen wie auch Gebrauchsgegenständen – begleitet die Menschheit seit Anbeginn. Konservieren kann verstanden werden als eine spezifische menschliche Verhaltensweise, dem Verfall von Stoffen und Strukturen bewusst und praktisch die Kenntnis von der Haltbarmachung entgegenzusetzen. Schon in der Urzeit schufen sich die Menschen mit einfachen Techniken (Trocknen, Räuchern, Beizen, Gerben) Nahrungsvorräte und Kleidung, die eine Besiedlung unwirtlicher Zonen überhaupt erst ermöglichten.

Heute stellen die Konservierungstechniken, alte wie neue, einen unverzichtbaren Faktor der Wirtschaft dar: Die örtliche Trennung von Produktion und Konsum, die Entwicklung von Ballungszentren mit umfassenden, differenzierten Bedürfnissen (der Ernährung), der internationale Warenaustausch usw. machen die Konservierung bei der Mehrzahl der Produkte zu einem notwendigen Verarbeitungsschritt.

Dazu ist nicht immer ein *chemisches* Verfahren – im engeren Sinn – notwendig, wie am Beispiel schnell deutlich wird: Nudeln etwa werden durch einfaches Trocknen haltbar und marktfähig gemacht. Umgekehrt lässt sich zeigen, dass Konservieren stets etwas mit Chemie – im weiteren Sinn – zu tun hat. Ob bei der Marmeladeherstellung durch hohe Zuckerkonzentration das Wachstum von Mikroben verhindert wird oder beim Salzen durch Wasserentzug, in jedem Fall findet eine chemische Veränderung der betreffenden Stoffe statt mit dem Ziel, Verderb durch Ausbreitung von Bakterien oder Pilzen zu verhindern.

Die modernen chemischen Konservierungsverfahren stellen unter diesem Blickwinkel eine mehr oder weniger gezielte Ergänzung der klassischen Methoden dar, wenn sich auch gezeigt hat, dass die Behandlung von Lebensmitteln mit Chemikalien zu Konservierungszwecken nicht immer unproblematisch ist. Lange benutzte Substanzen wie Propionsäure mussten wegen objektiver Gesundheitsgefahren verboten werden, und die meisten der während der letzten 100 Jahre vorgeschlagenen chemischen Konservierungshilfsmittel gelangten aus dem gleichen Grund nie zur breiten Anwendung.

Aber nicht nur historisch ist das Thema Konservierung von Lebensmitteln interessant: Im Zuge der Öffnung des EG-Binnenmarktes und der Vereinheitlichung bestehender Vorschriften findet seit Ende der 80er Jahre eine heftige Auseinandersetzung um die jüngste Konservierungsmethode statt, die Behandlung mit Gammastrahlung aus radioaktiven Präparaten. Und auch Stoffe wie Parabene oder Benzoate gerieten jüngst wieder unter gesundheitlichen Gesichtspunkten ins Blickfeld der Öffentlichkeit.

### Hinweise zur Didaktik und Methodik

Der Einstieg in die komplexe Problematik der Lebensmittelkonservierung kann mithilfe eines Brainstormings erfolgen. Die Ergebnisse können mithilfe einer Mindmap festgehalten werden (M 1). Anhand der Experimente erfahren die Schülerinnen und Schüler Grundsätzliches über Verderb und Konservierung. Sie lernen dabei, dass die beinahe allgegenwärtigen Bakterien und Schimmelpilze die schlimmsten Feinde unserer Nahrungsmittel sind, da sie oft schon nach wenigen Tagen Gärung, Schimmel, Fäulnis und Verwesung hervorrufen.

Das **Trocknen** wird als eine der ersten Konservierungsmethoden der Menschheitsgeschichte an praktischen Beispielen vorgestellt. Seine Wirksamkeit beruht darauf, dass Bakterien zu etwa 85 % aus Wasser bestehen und nur gelöste Nahrung aufnehmen können. Da sie in trockener Umgebung nicht gedeihen können, wird der Verderb durch die Austrocknung der Nahrungsmittel verhindert. Hierbei genügt es, den Wassergehalt des Lebensmittels auf 4 % zu senken.

**Salzen, Pökeln und Zuckern:** Diese Methoden, die erfahren die Schülerinnen und Schüler auch in einem Modellversuch, wirken auf osmotischem Wege auf Bakterien austrocknend. Salzen und Pökeln werden vor allem bei Fleisch und Fischen angewendet, während durch Zuckern insbesondere Marmeladen, Gelees und Kondensmilch haltbar gemacht werden.

**Säuern und Schwefeln:** Diese Anwendung von Chemikalien zum Abtöten von Bakterien wird zunächst am Beispiel von Ameisensäure und Milchsäure aufgezeigt. Historische Experimente belegen, dass bereits bei Griechen und Römern Essig sowie Ameisensäure – als Bestandteil des Honigs – zur Konservierung eingesetzt wurde. Ameisensäure wird im Lehrerversuch in Honig nachgewiesen.

Die Bedeutung der Milchsäure können die Schülerinnen und Schüler bei der Untersuchung von Kefir erforschen. Außerdem können sie analytisch die Rückstände von Schwefel im Trockenobst nachweisen.

Die **modernen Konservierungsstoffe und Antioxidantien:** Benzoesäure wirkt durch Verhinderung der alkoholischen Gärung konservierend; sie wird in Erfrischungsgetränken nachgewiesen. Schließlich wird als natürliches Antioxidationsmittel Vitamin E behandelt. Hier können die Schülerinnen und Schüler Speiseöl untersuchen.

## Hinweise für fachübergreifendes Arbeiten

Vom Thema Konservierung ausgehend können Verbindungen zu einer ganzen Reihe von Fächern bzw. Fachgebieten geknüpft werden:

- Die Erarbeitung der geschichtlichen Entwicklung fördert das Verständnis für den gegenwärtigen **Alltag** mit seinen Problemen und Möglichkeiten und setzt ihn in Beziehung bzw. Kontrast zu den Bedingungen des Lebens und Wirtschaftens früherer Zeiten. Inhaltliche Stichpunkte: Bedeutung des Pökeln für Salzhandel; Konserven ermöglichten lange Wanderungen (z.B. Völkerwanderung, Kreuzzüge, Kriege); Entstehung neuer Berufe; Wissenschaftsentwicklung.
- Für ein Verständnis der Konservierung sind u.a. **biologische und medizinische Fragen** relevant, z.B.: Was sind Mikroorganismen? Wie ist eine Zelle aufgebaut? Und: Was bedeutet Cancerogenität?
- **Politik:** Wirtschaftliche Bedeutung der Konservierung, Handel, Handelswege, Märkte; Rechtsvorschriften sowie deren Kontrolle; welche Kontrollinstanzen sieht der Gesetzgeber vor?
- **Religion, Kunst:** Rituelle Bedeutung von bestimmten Nahrungsmittel-Behandlungstechniken; zeitgenössische Darstellungen und ihre Aussage.
- **Geografie:** Regionale Abhängigkeit bestimmter Konservierungsmethoden.
- **Sprachlicher Bereich:** Textanalyse; Übersetzung fremdsprachiger Rezepte usw.

## Internet

[www.zusatzstoffe-online.de](http://www.zusatzstoffe-online.de)

Auf dieser Seite hat die Verbraucher-Initiative die Lebensmittelzusatzstoffe zusammengestellt. Man hat verschiedene Suchmöglichkeiten: entweder über die Stoffklasse, die E-Nummer oder eine Volltextsuche. Als Suchergebnis erhält man eine detaillierte Beschreibung des Zusatzstoffes mit Angaben zu Eigenschaften, Herstellung, Zulassung, Verwendung, Sicherheit sowie Querverweisen zu verwandten Substanzen.

## Materialübersicht

<b>M 1</b>	<b>Ab</b>	<b>Die Konservierung von Lebensmitteln im Überblick</b>	
<b>M 2</b>	<b>SV</b>	<b>Wie kann die Bräunung beim Apfel verhindert werden?</b>	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> 1 Apfel	<input type="checkbox"/> 1 Messer
	⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Essig	<input type="checkbox"/> 5 Uhrgläser oder Petrischalen
		<input type="checkbox"/> Vitamin-C-Lösung	<input type="checkbox"/> Reagenzgläser
		<input type="checkbox"/> Natriumsulfit-Lösung	<input type="checkbox"/> 1 Becherglas
			<input type="checkbox"/> 1 Armbanduhr
<b>M 3</b>	<b>SV, Tx</b>	<b>Die Kartoffelchips der Inkas</b>	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> Kartoffeln	<input type="checkbox"/> 1 Messer
	⌚ D: 20 min	(eine mittelgroße Kartoffel	<input type="checkbox"/> 1 Gefrierdose
	+ 1 Woche	ergibt etwa 7 g Chips)	<input type="checkbox"/> Trockenschrank
	Wartezeit		<input type="checkbox"/> Gefrierschrank
			<input type="checkbox"/> Alufolie
			<input type="checkbox"/> Papierhaushaltstücher
<b>M 4</b>	<b>SV</b>	<b>Wie schnell verderben Lebensmittel?</b>	
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> Kartoffeln	<input type="checkbox"/> 1 Messer
	⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Kartoffelchips (ggf. aus M 3)	<input type="checkbox"/> Schneidebrett
	+ 1 Woche	<input type="checkbox"/> Apfel	<input type="checkbox"/> 6 Petrischalen
	Wartezeit	<input type="checkbox"/> getrocknete Apfelringe	<input type="checkbox"/> wasserfester Stift
		<input type="checkbox"/> trockenes Brot	<input type="checkbox"/> Parafilm (oder Tesafilm)
		<input type="checkbox"/> dest. Wasser	
<b>M 5</b>	<b>Ab</b>	<b>Der Mann im Salz</b>	
<b>M 6</b>	<b>SV</b>	<b>Wieso werden Lebensmittel gesalzen?</b>	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> 3 Eier	<input type="checkbox"/> 6 Bechergläser (600 ml)
	⌚ D: 90 min	<input type="checkbox"/> 600 ml Salzsäure (c = 3 mol/l)	<input type="checkbox"/> 1 Löffel
	+ 1-2 Tage	<input type="checkbox"/> 300 ml konzentrierte	<input type="checkbox"/> Schutzbrille
	Wartezeit	Kochsalz-Lösung	
		<input type="checkbox"/> 300 ml physiologische	
		Kochsalz-Lösung (0,9 %)	
		<input type="checkbox"/> 300 ml dest. Wasser	
<b>M 7</b>	<b>SV</b>	<b>Das Pökeln von Fleisch</b>	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> Pökelsalz: NaCl mit 0,4 % NaNO <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> 3 Bechergläser (1000 ml)
	⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Wasser	<input type="checkbox"/> Frischhaltefolie
	+ 2 Wochen	<input type="checkbox"/> 2 Fleischstücke à 200 g	<input type="checkbox"/> Waage
	Wartezeit		
<b>M 8</b>	<b>SV, Tx</b>	<b>Römische Brombeeren – konservieren mit Zucker</b>	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> 1 l roter Traubensaft	<input type="checkbox"/> Haushaltsfolie
	⌚ D: 2 h	<input type="checkbox"/> 500 g frische Brombeeren	<input type="checkbox"/> Herd mit mehreren Kochstellen oder
		(ersatzweise gefrorene Beeren)	DreifüÙe mit Keramikplatten
			und Bunsenbrennern
			<input type="checkbox"/> Kochtopf
			<input type="checkbox"/> Sieb
			<input type="checkbox"/> Schüssel
			<input type="checkbox"/> Holzlöffel
			<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (500 ml)
			<input type="checkbox"/> 1 Becherglas (1000 ml)
<b>M 9</b>	<b>Ab</b>	<b>Konservieren mit Honig</b>	

**M 10 LV**

- ⌚ V: 15 min
- ⌚ D: 90 min

**Ist Honig sauer oder süß?**

- 50 g Honig
  - dest. Wasser
  - 2 g Weinsäure
  - Siedesalz
  - Eis
  - ammoniakalische Silbernitratlösung
- 
- 2 gewinkelte Glasrohre
  - Gummischlauch
  - Siedesteine
  - Plastikschüssel
  - Reagenzglas
  - Reagenzglasständer
  - Tropfpipette mit Hütchen

**Wasserdampfdestillationsapparatur:**

- 3 Stative
- 3 Doppelmuffen
- 3 Stativklammen
- 2 Bunsenbrenner
- 2 DreifüÙe mit Keramikplatte
- Laborständer
- 2 Standrundkolben (500 ml)
- Erlenmeyerkolben (100 ml) mit Schliff
- Liebigkühler
- 2 Wasserschläuche
- doppelt durchbohrter Gummistopfen
- Quickfithülse
- Glasstopfen
- 3 Federn

**M 11 SV**

- ⌚ V: 5 min
- ⌚ D: 15 min

**Welche Säure enthält Kefir?**

- konz. Iod-Kaliumiodidlösung (20 g KI, 10 g I<sub>2</sub>, 80 ml H<sub>2</sub>O)
- 10%ige NaOH
- einige EL Kefir

- 1 Erlenmeyerkolben (50 ml)
- 1 Glastrichter
- 1 großes Reagenzglas
- Pipette mit Hütchen
- 1 Vollpipette
- 1 Peleusball
- Verbandsmull
- Schutzbrille

**M 12 SV**

- ⌚ V: 5 min
- ⌚ D: 10 min

**Was macht Trockenfrüchte haltbar?**

- Iod-Stärke-Papier (ev. selbst hergestellt)
- Trockenfrüchte
- destilliertes Wasser

- Bunsenbrenner
- DreifuÙ mit Keramikplatte
- Erlenmeyerkolben (250 ml) mit passendem Gummistopfen

**M 13 SV**

- ⌚ V: 10 min
- ⌚ D: 30 min

**Warum hat Benzoesäure eine konservierende Wirkung?**

- 15 g Traubenzucker
- 20 g Hefe
- Calciumhydroxid (Ca(OH)<sub>2</sub>)
- 0,1–0,2 g Benzoesäure
- dest. Wasser

- 2 Erlenmeyerkolben 100 ml
- 2 Erlenmeyerkolben 50 ml
- 1 Erlenmeyerkolben 200 ml
- 2 durchbohrte Gummistopfen
- Tropfpipette mit Hütchen
- Glastrichter
- Filterpapier
- Glasstab
- Spatel
- Waage
- Gärröhrchen

**M 14 SV**

- ⌚ V: 5 min
- ⌚ D: 15 min

**Was hält Speiseöl frisch?**

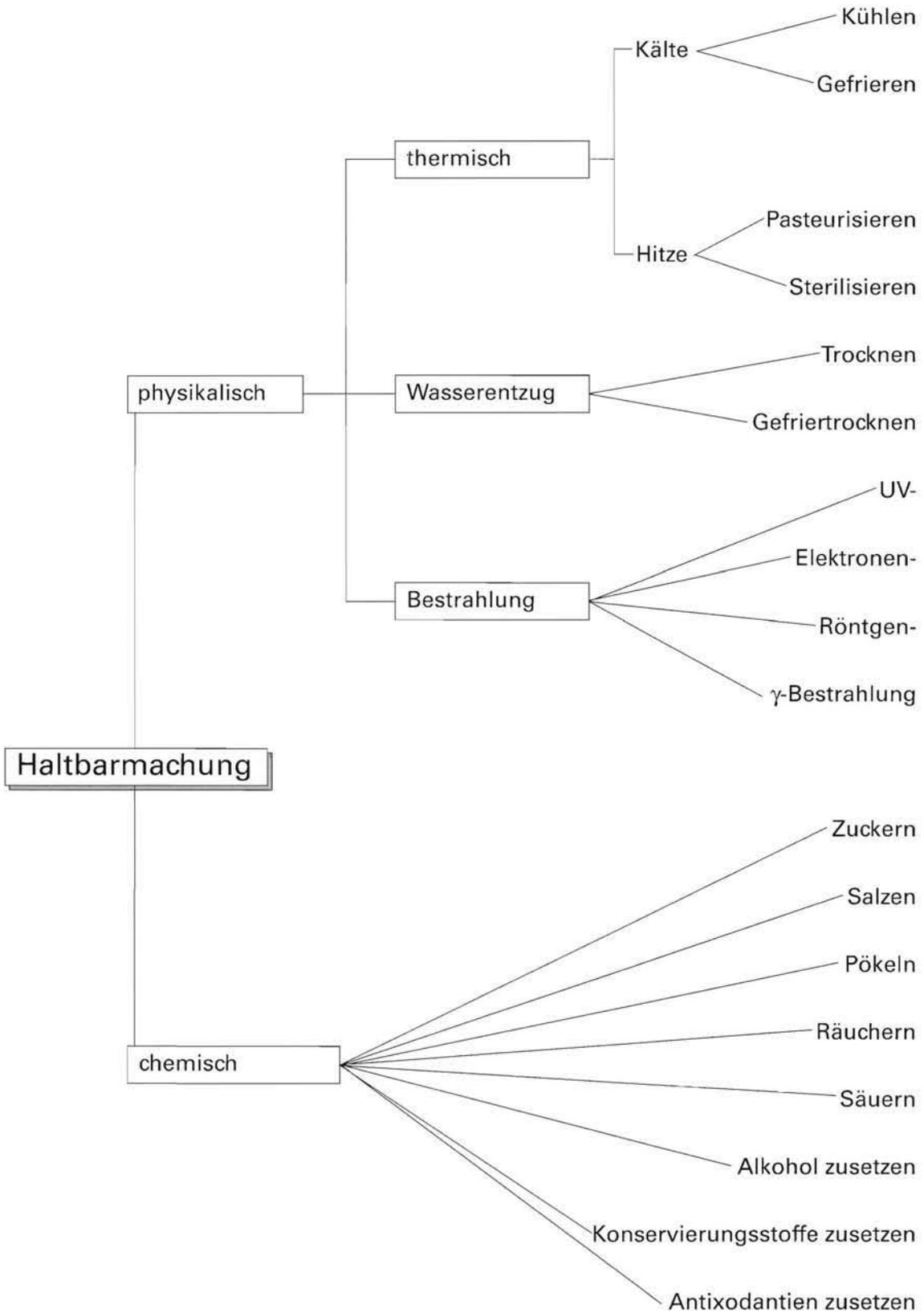
- Speiseöl (z.B. Distelöl mit 5 % Weizenkeimöl)
- 1–2 ml Ethanol (getrocknet über Molekularsieb oder CaO)
- 2 ml konzentrierte Salpetersäure
- Eis

- Reagenzglas
- Reagenzglasständer
- Reagenzglaslammer
- 2 Bechergläser (250 ml, hohe Form)
- Magnetrührer
- Messzylinder (10 ml)
- 2 Tropfpipetten mit Hütchen
- Siedesteinchen
- Schutzbrille

Die Erläuterungen und Lösungen zu den einzelnen Materialien finden Sie ab Seite 19.

M 1

## Die Konservierung von Lebensmitteln im Überblick



**M 2****Wie kann die Bräunung beim Apfel verhindert werden?**

**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 20 min

<b>Chemikalien</b> <input type="checkbox"/> 1 Apfel <input type="checkbox"/> Essig <input type="checkbox"/> Vitamin-C-Lösung <input type="checkbox"/> Natriumsulfit-Lösung	<b>Geräte</b> <input type="checkbox"/> 1 Messer <input type="checkbox"/> 5 Uhrgläser oder Petrischalen <input type="checkbox"/> Reagenzgläser <input type="checkbox"/> 1 Becherglas <input type="checkbox"/> 1 Armbanduhr	
<b>Natriumsulfit-Lösung</b>	<b>Gefahrenhinweis:</b>  Xi reizend	<b>Entsorgung:</b> B 1

**Versuchsdurchführung**

Schneiden Sie den Apfel in Scheiben. Legen Sie anschließend jeweils eine Scheibe auf ein Uhrglas und behandeln Sie sie folgendermaßen:

1. die Apfelscheibe bleibt unbehandelt
2. Apfelscheibe mit Essig bestreichen
3. Apfelscheibe mit Vitamin-C-Lösung bestreichen
4. Apfelscheibe mit Natriumsulfit-Lösung bestreichen
5. die Apfelscheibe wird gekocht

**Aufgaben**

1. Welche Veränderungen können Sie beobachten? Wie schnell treten die Veränderungen auf? Nehmen Sie eine Armbanduhr zu Hilfe.
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe



## M 3

## Die Kartoffelchips der Inkas

**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 20 min + 1 Woche Wartezeit

Chemikalien	Geräte
<input type="checkbox"/> Kartoffeln (eine mittelgroße Kartoffel ergibt etwa 7 g Chips)	<input type="checkbox"/> 1 Messer
	<input type="checkbox"/> 1 Gefrierdose
	<input type="checkbox"/> Trockenschrank
	<input type="checkbox"/> Gefrierschrank
	<input type="checkbox"/> Alufolie
	<input type="checkbox"/> Papierhaushaltstücher

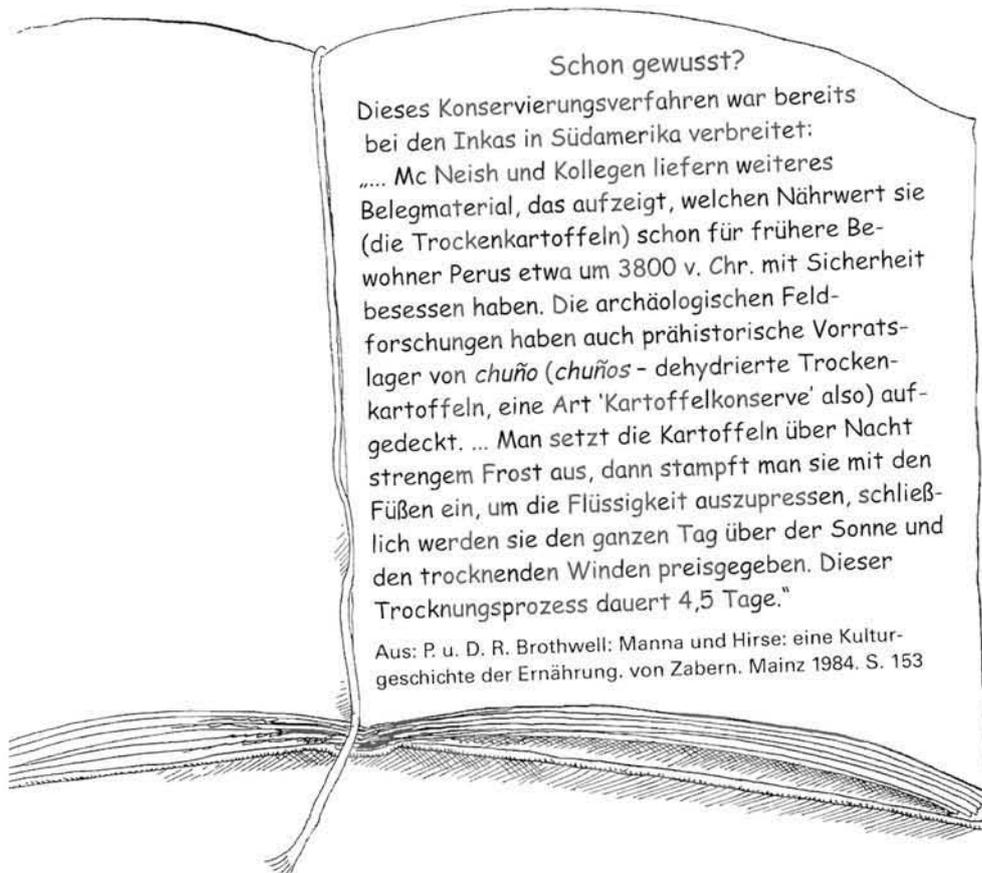
**Versuchsdurchführung**

Schneiden Sie die zuvor geschälten Kartoffeln in sehr dünne Scheiben und frieren Sie sie in einer unverschlossenen Gefrierdose über Nacht ein. Lassen Sie die Kartoffelscheiben am nächsten Tag antauen.

Pressen Sie die Kartoffelscheiben so lange zwischen Papiertüchern, bis keine Flüssigkeit mehr abgegeben wird. Legen Sie die Scheiben anschließend auf einer Aluminiumfolie aus und trocknen Sie sie im Trockenschrank etwa eine Woche bei 40 °C.

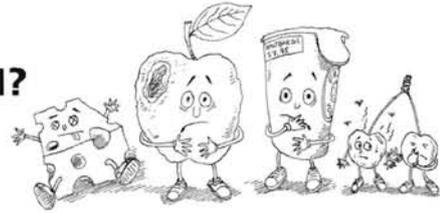
**Aufgabe**

Überlegen Sie, weshalb man die Kartoffelscheiben zunächst offen einfriert, bevor man sie trocknet!



**M 4****Wie schnell verderben Lebensmittel?**

**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 10 min  
 ⌚ Durchführung: 20 min + 1 Woche  
 Beobachtungs-/Wartezeit

**Chemikalien**

- Kartoffeln
- Kartoffelchips (ggf. aus M 3)
- Apfel
- getrocknete Apfelringe
- trockenes Brot
- dest. Wasser

**Geräte**

- Messer
- Schneidebrett
- 6 Petrischalen
- wasserfester Stift
- Parafilm (oder Tesafilm)

**Sicherheitshinweis:** Die Petrischalen dürfen nach Einsetzen von Schimmelbildung nicht mehr geöffnet werden. Für die Entsorgung gelten die Vorschriften für mikrobiologische Versuche, d.h. Autoklavierung ist erforderlich!

**Versuchsdurchführung**

- Beschriften Sie zunächst die Petrischalen mit einem wasserfesten Stift mit: Kartoffel, Kartoffelchips, Apfel, getrockneter Apfel, trockenes Brot, feuchtes Brot. Bei der Beschriftung können Sie natürlich auch Abkürzungen verwenden.
- Legen Sie anschließend die verschiedenen Lebensmittel in die dafür vorgesehene Schale. In die Schale „feuchtes Brot“ legen Sie ein Stück getrocknetes Brot, welches Sie mit destilliertem Wasser anfeuchten.
- Lassen Sie die Proben zunächst ein bis zwei Stunden offen stehen. Setzen Sie anschließend jeweils einen Deckel auf. Verschließen Sie die Petrischalen mit einem Stück Parafilm (oder Tesafilm).

**Aufgaben**

1. Beobachten Sie über einige Tage hinweg die Veränderungen der Lebensmittel. Achten Sie darauf, dass die Petrischalen beim Anschauen nicht geöffnet werden!
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe



**M 5****Der Mann im Salz**

Es war im Jahre 1573, in einem Wintermonat. Ein Kometstern zeichnete eine feurige Bahn in den nachtschwarzen Himmel, und die Menschen im Salzburgischen wagten kaum daran zu denken, was nun mit ihnen geschehen sollte. Was hatte dieses unheimliche Omen zu bedeuten?

Im Salzberg Dürnberg ging man seiner Arbeit nach wie bisher. Das Salz musste zutage gefördert werden; man konnte keine Rücksicht auf die abergläubischen alten Frauen nehmen, die die Bergleute vor einem Unglück zu warnen versuchten.

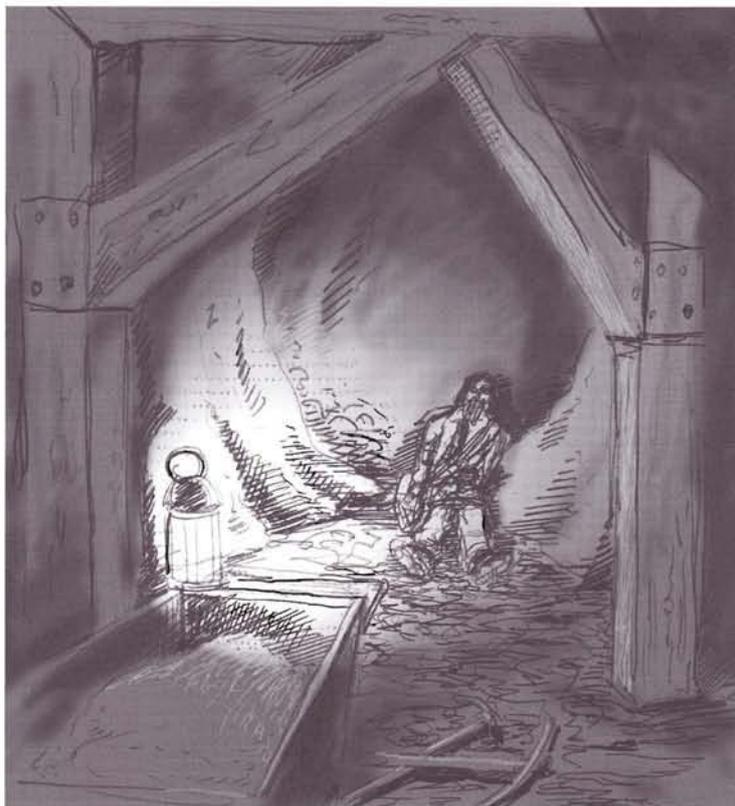
Der Himmel hatte zwar mit den fleißigen Männern ein Einsehen und verschonte sie, aber es kam zu einer unheimlichen Begebenheit: Ein Bergmann fand, 630 Schuh tief im Gestein, einen Menschen, völlig unversehrt. Der Mann war unverwest, er trug Kleidung, und Bart- sowie Haarfarbe waren noch zu erkennen. Aber sein Fleisch war gelb und hart, wie geselcht.

Damit alle Anwohner den erstaunlichen Toten besehen konnten, wurde er bei der Kirche des Ortes aufgebahrt. Bisher vom Salz konserviert, begann die Leiche aber nach einigen Tagen zu verfallen und zu verfaulen, so dass der Tote schließlich zu Grabe getragen werden musste.

Aus: S. Falckenberg: Salz ist Leben. Erschienen bei Ariston im Heinrich Hugendubel Verlag Kreuzlingen/München.

**Aufgaben**

1. *Welches Konservierungsprinzip war beim „Mann im Salz“ wirksam? Welche alltäglichen Anwendungen dieses Prinzips kennen Sie?*
2. *Warum trat nach Entdeckung der Leiche bald die Verwesung ein?*

**II/H**

## M 6

## Wieso werden Lebensmittel gesalzen



**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min  
⌚ Durchführung: 90 min + 1–2 Tage Wartezeit

Chemikalien	Geräte	
<input type="checkbox"/> 3 Eier <input type="checkbox"/> 600 ml Salzsäure ( $c = 3 \text{ mol/l}$ ) <input type="checkbox"/> 300 ml konzentrierte Kochsalz-Lösung <input type="checkbox"/> 300 ml physiologische Kochsalz-Lösung (0,9 %) <input type="checkbox"/> 300 ml dest. Wasser	<input type="checkbox"/> 6 Bechergläser (600 ml) <input type="checkbox"/> 1 Löffel <input type="checkbox"/> Schutzbrille	
	<b>Gefahrenhinweis:</b>	<b>Entsorgung:</b>
<b>Salzsäure</b>	Xi	B 1

**Vorsicht! Schutzbrille tragen!**

**Versuchsdurchführung**

Füllen Sie drei 600-ml-Bechergläser mit je 200 ml 3-molarer Salzsäure und legen Sie in jedes ein Ei hinein. Die Eier müssen ständig mit einem Löffel mit der Salzsäure benetzt und gleichzeitig der entstandene Schaum abgeschöpft werden.

Füllen Sie in die anderen drei Bechergläser indessen

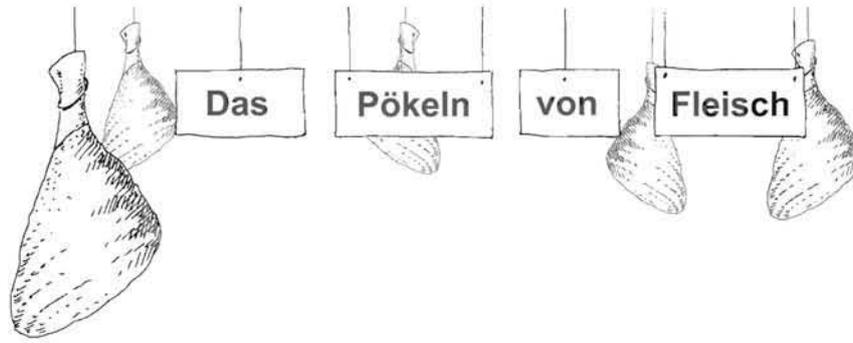
1. 300 ml destilliertes Wasser
2. 300 ml konzentrierte Kochsalzlösung
3. 300 ml physiologische (0,9 %ige) Kochsalzlösung

Spülen Sie die Eier mit Wasser ab, sobald sie mit Salzsäure entschalt worden sind. Legen Sie jeweils ein Ei in die vorbereiteten Lösungen der Bechergläser (1.–3.).

**Aufgaben**

1. *Beobachten Sie die Veränderungen während der nächsten Stunden und Tage.*
2. *Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:*
  - ▶ *Eigene Versuchsbeobachtung*
  - ▶ *Eigene Versuchserklärung*
  - ▶ *Versuchserklärung der Gruppe*

## M 7



**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min

⌚ Durchführung: 20 min  
+ 2 Wochen Wartezeit

**Chemikalien**

- Pökelsalz: NaCl mit 0,4 % NaNO<sub>2</sub>; zu beziehen über Metzger oder Fachhandel
- Wasser
- 2 Fleischstücke à 200 g

**Geräte**

- 3 Bechergläser (1000 ml)
- Frischhaltefolie
- Waage

**Pökelsalz****Gefahrenhinweis:****Entsorgung:**

B 6, B 2

**Vorsicht!** Um eine Gesundheitsgefährdung durch die entstandenen Fäulnisprodukte zu vermeiden, darf die Frischhaltefolie nur unter dem Abzug unter Verwendung von Handschuhen entfernt werden. Das verdorbene Fleisch wird in mehrere Lagen Folie bzw. in Plastiktüten eingeschlagen und umgehend entsorgt.

**Versuchsdurchführung**

Stellen Sie in einem Becherglas etwa 0,7 Liter einer 12%igen Pökellake her. Anschließend geben Sie ein Fleischstück hinein, verschließen das Glas mit Frischhaltefolie und lassen es eine Woche bei Raumtemperatur stehen.

Nehmen Sie nach einer Woche das Fleischstück aus der Pökellake und legen Sie es in ein leeres Becherglas. Geben Sie zum Vergleich ein ungepökeltetes Fleischstück in ein leeres Becherglas. Lassen Sie das gepökelte und das unbehandelte Fleisch eine weitere Woche mit Folie bedeckt stehen.

**Aufgaben**

1. Welche Veränderungen können Sie beobachten?
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe
3. Erläutern Sie, wieso gepökelte Wurst- und Fleischwaren nicht stark erhitzt und nicht zu häufig in großen Mengen gegessen werden sollten.



II/H

## M 8

## Römische Brombeeren – konservieren mit Zucker

**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min  
⌚ Durchführung: 2 h



### Chemikalien

- 1 l roter Traubensaft
- 500 g frische Brombeeren (ersatzweise gefrorene Beeren)

### Geräte

- Haushaltsfolie
- Herd mit mehreren Kochstellen oder DreifüÙe mit Keramikplatten und Bunsenbrennern
- Kochtopf
- Sieb
- Schüssel
- Holzlöffel
- 2 Bechergläser (500 ml)
- 1 Becherglas (1000 ml)

### Versuchsdurchführung

Ein 500-ml-Becherglas wird in einem Kochtopf ausgekocht. In das 1000-ml-Becherglas gibt man zunächst 500 ml roten Traubensaft und erhitzt ihn über dem Bunsenbrenner. Nach und nach gibt man den restlichen Saft zu und lässt ihn so lange eindicken, bis der Saft auf ein Drittel reduziert worden ist.

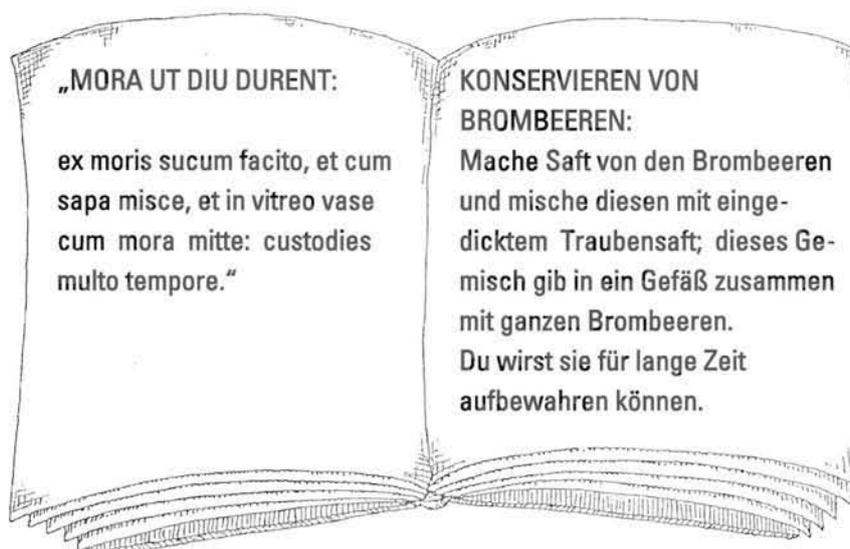
Die Brombeeren werden gewaschen und 250 g davon beiseite gestellt. Aus den restlichen Beeren bereitet man mit Hilfe des Siebes Saft, der in einem Becherglas kurz zum Sieden gebracht wird.

In das sterilisierte Becherglas gibt man nun 150 ml des eingekochten Traubensafts und 150 ml Brombeersaft und schwenkt vorsichtig um. Man gibt die ausgewählten Brombeeren vorsichtig hinzu, verschließt das Glas mit Folie und bewahrt es an einem kühlen und dunklen Ort (5 °C – 10 °C) auf.

### Aufgabe

Überlegen Sie, bei welchen Lebensmitteln Zucker als Konservierungsstoff eingesetzt wird.

Dieses Rezept war bereits im alten Rom bekannt und findet sich wie folgt im Kochbuch des Apicius:



## M 9

## Konservieren mit Honig

Honig ist ein altbewährtes Konservierungsmittel. Schon die Römer verwendeten Honig, um Lebensmittel haltbar zu machen, z.B. legten sie Äpfel in Honig ein, die dadurch mindestens 2 Jahre frisch blieben. Honig wurde von ihnen auch oft in Kombination mit anderen Konservierungsstoffen, wie z.B. Essig verwendet. In einem römischen Kochbuch wird ein Honig-Essig-Gemisch zur Konservierung von Artischocken und Rüben benutzt.



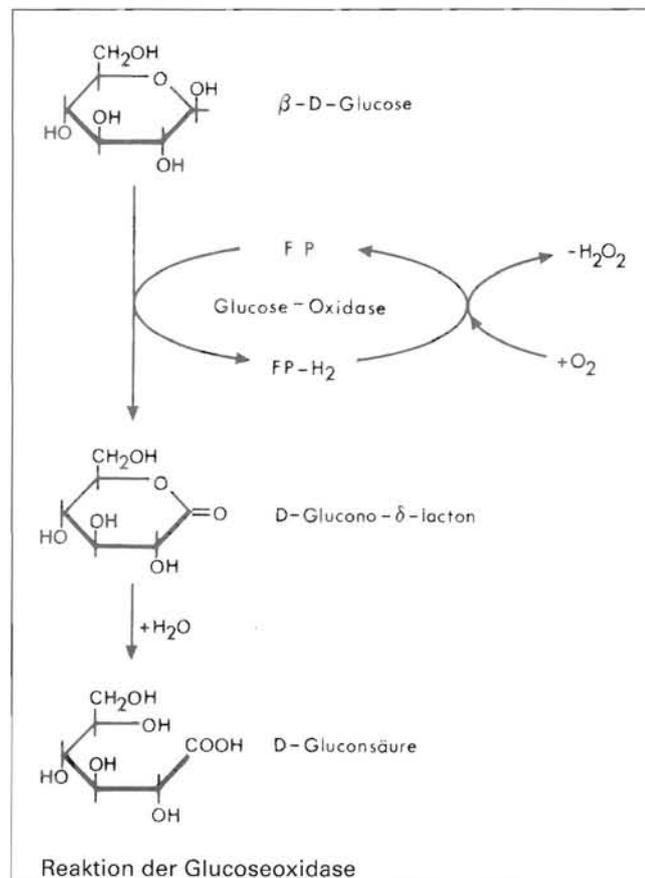
In der mittelalterlichen Pharmazie stellte Honig das wichtigste Konservierungsmittel dar, wie aus dem wahrscheinlich ersten Lehrbuch für Apotheker des *Saladin von Ascolo* (um 1450) hervorgeht:

*„Merke, dass Honig mehr als Zucker die Eigenschaft hat, alles in ihn Gelegte zu erhalten, mehr als irgendeine Sache der Erde, deshalb halten sich confecta und electuaria aus Honig länger als solche aus Zucker.“*

Das hervorragende Konservierungsvermögen des Honigs resultiert aus dem Zusammenspiel einer Vielzahl von Faktoren, bzw. Inhaltsstoffen, die sich gegenseitig ergänzen und verstärken:

Honig besitzt nur einen Wassergehalt von 15–20 % und einen Gesamtzuckergehalt von 60–80 %. Honig enthält organische Säuren (300–600 mg/kg) wie die Gluconsäure, die hauptsächlich für die Einstellung seines pH-Wertes auf 3,5 bis 5,5 verantwortlich ist, sowie Ameisensäure und Benzoesäure, welche als chemische Konservierungsmittel bekannt sind.

Während der Honigreifung werden in einer durch Glucoseoxidase katalysierten Reaktion etwa 50 mg/kg Wasserstoffperoxid gemeinsam mit Gluconsäure gebildet (siehe Reaktionsschema). Diese Konzentration reicht aus, um keimhemmend und sogar keimtötend zu wirken.



Außerdem enthält Honig das antimikrobiell wirksame flavonone 'Pinocembrin', welches relativ unempfindlich gegen Hitze, Licht und lange Lagerzeiten ist. Vitamine, z.B. Vitamin C, können als Synergisten der Konservierung im Honig wirken.

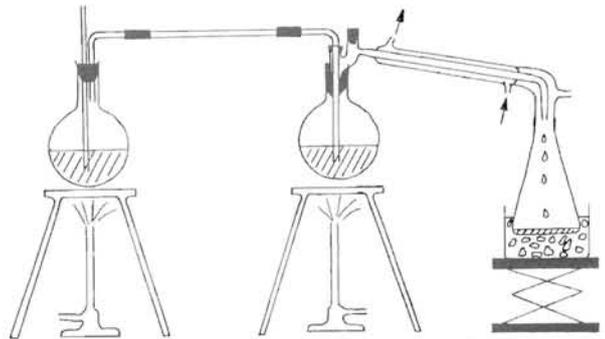
## M 10

## Ist Honig sauer oder süß?

**Lehrerversuch** ⌚ Vorbereitung: 15 min ⌚ Durchführung: 90 min

Chemikalien	Geräte
<input type="checkbox"/> 50 g Honig <input type="checkbox"/> dest. Wasser <input type="checkbox"/> 2 g Weinsäure <input type="checkbox"/> Siedesalz <input type="checkbox"/> Eis <input type="checkbox"/> ammoniakalische Silbernitratlösung	<b>Wasserdampfdestillationsapparat:</b> <input type="checkbox"/> 3 Stative <input type="checkbox"/> 3 Doppelmuffen <input type="checkbox"/> 3 Stativklammern <input type="checkbox"/> 2 Bunsenbrenner <input type="checkbox"/> 2 DreifüÙe mit Keramikplatte <input type="checkbox"/> Laborständer <input type="checkbox"/> 2 Standrundkolben (500 ml) <input type="checkbox"/> Erlenmeyerkolben (100 ml) mit Schliff <input type="checkbox"/> Liebigkühler <input type="checkbox"/> 2 Wasserschläuche <input type="checkbox"/> doppelt durchbohrter Gummistopfen <input type="checkbox"/> Quickfithülse <input type="checkbox"/> Glasstopfen <input type="checkbox"/> 3 Federn
<input type="checkbox"/> 2 gewinkelte Glasrohre <input type="checkbox"/> Gummischlauch <input type="checkbox"/> Siedesteine <input type="checkbox"/> Plastischüssel <input type="checkbox"/> Reagenzglas <input type="checkbox"/> Reagenzglasständer <input type="checkbox"/> Tropfpipette mit Hütchen	
<b>ammoniakalische Silbernitratlösung</b>	<b>Gefahrenhinweis:</b>
	 C
	<b>Entsorgung:</b>
	B 1

## Versuchsaufbau



## Versuchsdurchführung

50 g Honig werden mit 10 ml Wasser aufgeschlämmt, mit 2 g Weinsäure angesäuert und im Wasserdampf destilliert. Das Destillat wird in der Kühlfalle aufgefangen. Nach Beendigung der Destillation gibt man dieses in ein Reagenzglas, versetzt es mit einigen Tropfen ammoniakalischer Silbernitratlösung und lässt es etwa 10 Minuten stehen.

## Aufgaben

1. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:

- ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
- ▶ Eigene Versuchserklärung
- ▶ Versuchserklärung der Gruppe



2. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung des Niederschlags.

## M 11

## Welche Säure enthält Kefir?



**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 15 min

Chemikalien	Geräte	
<input type="checkbox"/> konz. Iod-Kaliumiodidlösung (20 g KI, 10 g I <sub>2</sub> , 80 ml H <sub>2</sub> O) <input type="checkbox"/> 10%ige NaOH <input type="checkbox"/> einige EL Kefir	<input type="checkbox"/> 1 Erlenmeyerkolben (50 ml) <input type="checkbox"/> 1 Glastrichter <input type="checkbox"/> 1 großes Reagenzglas <input type="checkbox"/> Pipette mit Hütchen <input type="checkbox"/> 1 Vollpipette <input type="checkbox"/> 1 Peleusball <input type="checkbox"/> Verbandsmull <input type="checkbox"/> Schutzbrille	
	<b>Gefahrenhinweis:</b>	<b>Entsorgung:</b>
<b>Iod-Kaliumiodidlösung</b>	 Xn	B 1
<b>Natronlauge</b>	 C	B 1

## Versuchsdurchführung

Lassen Sie durch einen doppelt gelegten Mullfilter einige Löffel Kefir abtropfen. Geben Sie 2 ml des Filtrats in ein großes Reagenzglas und neutralisieren Sie es mit Natronlauge. Geben Sie anschließend die 5–10fache Menge einer konzentrierten Iod-Kaliumiodidlösung hinzu. Beseitigen Sie den Iodüberschuss durch die Zugabe von Natronlauge: tropfen Sie so lange Natronlauge hinzu, bis die Iodfarbe gerade verschwindet.

## Aufgaben

1. Was können Sie beobachten?
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe
3. Bei welchen Vorgängen spielt die Säure, die in Kefir enthalten ist, noch eine Rolle?

II/H



**M 12****Was macht Trockenfrüchte haltbar?****Versuch**

- 🕒 Vorbereitung: 5 min
- 🕒 Durchführung: 10 min

**Chemikalien**

- Iod-Stärke-Papier
- Trockenfrüchte
- 50 ml dest. Wasser

**Geräte**

- Bunsenbrenner
- Dreifuß mit Keramikplatte
- Erlenmeyerkolben (250 ml) mit passendem Gummistopfen

**Versuchsdurchführung**

Geben Sie einige zerkleinerte Trockenfrüchte mit 50 ml destilliertem Wasser in einen Erlenmeyerkolben. Verschließen Sie den Erlenmeyerkolben locker mit einem Gummistopfen, der in einem Einschnitt blaues Iod-Stärke-Papier trägt. Erwärmen Sie anschließend den Kolben vorsichtig über dem Bunsenbrenner leicht.

**Aufgaben**

1. Was können Sie beobachten?
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe



**M 13****Warum hat Benzoesäure eine konservierende Wirkung?****Versuch** ⌚ Vorbereitung: 10 min ⌚ Durchführung: 30 min**Chemikalien**

- 15 g Traubenzucker
- 20 g Hefe
- Calciumhydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- 0,1–0,2 g Benzoesäure
- dest. Wasser

**Geräte**

- 2 Erlenmeyerkolben 100 ml
- 2 Erlenmeyerkolben 50 ml
- 1 Erlenmeyerkolben 200 ml
- 2 durchbohrte Gummistopfen
- Tropfpipette mit Hütchen
- Gastrichter
- Filterpapier
- Glasstab
- Spatel
- Waage
- Gärröhrchen

**Versuchsdurchführung**

Stellen Sie zunächst Kalkwasser durch Einrühren von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  in destilliertes Wasser her. Dabei geben Sie so viel  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  in das Wasser, bis eine gesättigte Lösung mit Bodenkörper entstanden ist. Filtrieren Sie anschließend das Kalkwasser in einen zweiten Erlenmeyerkolben.

Für die Gärlösung wiegen Sie in einen 200-ml-Erlenmeyerkolben 15 g Traubenzucker ein und lösen ihn in 100 ml destilliertem Wasser. Schlämmen Sie in dieser Zuckerlösung 20 g Hefe auf. Teilen Sie anschließend das entstandene Gemisch gleichmäßig auf zwei gekennzeichnete 100-ml-Erlenmeyerkolben auf. Geben Sie in den einen Ansatz 0,1–0,2 g Benzoesäure, der andere Ansatz bleibt unbehandelt. Verschließen Sie beide Kolben mit Gummistopfen und Gärröhrchen. Füllen Sie in die Gärröhrchen mithilfe einer Tropfpipette das hergestellte Kalkwasser ein.

Lassen Sie beide Ansätze an einem warmen Ort ca. 20 Minuten stehen.

**Aufgaben**

1. Was können Sie beobachten?
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe
3. Informieren Sie sich über die Chemikalie „Benzoesäure“ und erstellen Sie einen Steckbrief.

**II/H**

## M 14

## Was hält Speiseöl frisch?



**Versuch** ⌚ Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 15 min

Chemikalien	Geräte						
<input type="checkbox"/> Speiseöl (z.B. Distelöl mit 5 % Weizenkeimöl) <input type="checkbox"/> 1–2 ml Ethanol (getrocknet über Molekularsieb oder CaO) <input type="checkbox"/> 2 ml konz. Salpetersäure <input type="checkbox"/> Eis	<input type="checkbox"/> Reagenzglas <input type="checkbox"/> Reagenzglasständer <input type="checkbox"/> Reagenzglasklammer <input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (250 ml, hohe Form) <input type="checkbox"/> Magnetrührer <input type="checkbox"/> Messzylinder (10 ml) <input type="checkbox"/> 2 Tropfpipetten mit Hütchen <input type="checkbox"/> Siedesteinchen <input type="checkbox"/> Schutzbrille						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Gefahrenhinweis:</th> <th>Entsorgung:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <b>Ethanol</b>   F               </td> <td>B 1</td> </tr> <tr> <td> <b>konzentrierte Salpetersäure</b>   C               </td> <td>B 1</td> </tr> </tbody> </table>	Gefahrenhinweis:	Entsorgung:	<b>Ethanol</b>  F	B 1	<b>konzentrierte Salpetersäure</b>  C	B 1
Gefahrenhinweis:	Entsorgung:						
<b>Ethanol</b>  F	B 1						
<b>konzentrierte Salpetersäure</b>  C	B 1						

**Achtung:**

- ▶ **Versuch im Abzug durchführen!**
- ▶ **Schutzbrille aufsetzen!**

**Versuchsdurchführung**

Bringen Sie Wasser im Becherglas auf einer Heizplatte zum Sieden. Füllen Sie ein weiteres Becherglas mit Eis.

Geben Sie in ein Reagenzglas einige Siedesteinchen. Geben Sie anschließend einige Tropfen Speiseöl gelöst in 1–2 ml wasserfreiem Ethanol hinzu. Tropfen Sie zu dieser Lösung vorsichtig 2 ml konzentrierte Salpetersäure. Danach bringen Sie die Mischung unter dauerndem Schütteln im Wasserbad zum Sieden und kühlen sie anschließend im Eisbad ab.

**Aufgaben**

1. Welche Veränderungen können Sie beobachten?
2. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll, bei dem folgende Punkte wichtig sind:
  - ▶ Eigene Versuchsbeobachtung
  - ▶ Eigene Versuchserklärung
  - ▶ Versuchserklärung der Gruppe



### Erläuterung (M 1)

Eine ähnliche schematische Übersicht kann auch mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam erarbeitet werden. Dazu werden z.B. konservierte Lebensmittel gesichtet und ausgewertet.

### Erläuterung (M 2)

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Die unbehandelte Apfelscheibe bräunt relativ schnell, während alle anderen Proben nach einiger Zeit langsam braun werden.

**Versuchserklärung:** Die behandelten Apfelscheiben werden durch die jeweilige Konservierung mehr oder weniger lange vor Oxidation geschützt. Für die Apfelbräunung sind hauptsächlich Polyphenoloxidasen verantwortlich: Sie katalysieren in Gegenwart von Sauerstoff die Umsetzung von Phenolen zu braun gefärbten Substanzen.

### Hintergrundinformation:

**Essigsäure** ist die Basis eines der ältesten Konservierungsverfahren, das bereits 5000 v. Chr. praktiziert wurde. Die konservierende Wirkung beruht auf einer Absenkung des pH-Wertes, d.h. einer Erhöhung des Säuregehaltes. Um unerwünschte Mikroorganismen abzutöten, werden Essigsäure-Konzentrationen (mindestens 0,5% Anwendungskonzentration) benötigt.

Die Essigsäure durchdringt die Zellwand der Mikroorganismen und verändert die Eiweiße der Zelle (Denaturierung). Bei einem pH-Wert 3 (stark saures Milieu) hat die Essigsäure eine 10–100fach stärkere antimikrobielle Wirkung als andere Säuren. Grund dafür ist ihre hohe Fettlöslichkeit.

Die Wirkung von Essigsäure gegen Milchsäurebakterien ist gering. Sie wird daher häufig in Kombination mit Sorbinsäure E 200 oder Benzoesäure E 210 eingesetzt, auch zusammen mit physikalischen Verfahren wie Pasteurisieren.

Essigsäure findet bei folgenden Lebensmitteln als Konservierungsmittel Verwendung: Obst und Gemüse in Dosen und Gläsern (0,5–3 % Essigsäure); französische Spezialbrote (hier in Form von Natriumdiacetat in Konzentration von 0,2–0,4 %); Fisch in allen Variationen (Konserven, verschiedenste Marinaden); Feinkostsalate, Mayonnaisen, Salatsoßen (hier zusammen mit Sorbinsäure E 200 oder Benzoesäure E 210); Einlegen und Abwaschen von frischem Fleisch (übliche Methode im Haushalt); Essigsäure verbessert die Zartheit von Fleisch (Sauerbraten); Essigsäure hat eine große Bedeutung als Geschmacksstoff. Sie verändert Eiweiße, dabei bilden sich angenehme Aromen (Eiweißhydrolyse).

**Ascorbinsäure (Vitamin C):** Dieses ist im Pflanzen- und Tierreich weit verbreitet und für den Menschen lebensnotwendig. Besonders reich an Vitamin C sind etwa Zitrusfrüchte, Paprikaschoten, Weißkohl, Johannisbeeren oder Leber.

Ascorbinsäure wird zur Konservierung von Obst- und Gemüsekonserven, verarbeiteten, auch tiefgefrorenen Kartoffelprodukten (verhindert die Braunfärbung) sowie bei Fleisch- und Wurstwaren, zur Unterstützung der Wirkung des Nitritpökelsalzes, verwendet.

**Natriumsulfit** ist das Natriumsalz der schwefligen Säure; es enthält 51 % aktives Schwefeldioxid. Schweflige Säure wird als Gas (Schwefeldioxid) oder in wässriger Lösung zur Lebensmittelkonservierung verwendet; daneben kommen verschiedene Salze der schwefligen Säure zum Einsatz. Diese Sulfite unterscheiden sich in ihrer Wirkung und werden danach gezielt für einen bestimmten Zweck ausgewählt.

Verwendung findet Natriumsulfit bei der Konservierung von Trockenfrüchten wie Trockenaprikosen, -birnen, -pfirsichen mit max. 2000 mg/kg; Trockenbananen (1000 mg/kg), Trockenbirnen und Äpfeln (600 mg/kg); Meerrettich-Masse, Frucht- und

Gemüsezubereitungen; Kartoffelgerichten (verhindert hier das Braunwerden); Fruchtsäften, Marmeladen; Knabbererzeugnissen auf Kartoffel- oder Getreidebasis.

### Hintergrundinformation (M 3, M 4)

Das Trocknen ist das wohl älteste Konservierungsverfahren. Hierbei wird den für den Verderb verantwortlichen Mikroorganismen die wichtige Lebensgrundlage Wasser entzogen. So ist ein Lebensmittel fast unbegrenzt haltbar, wenn sein Wassergehalt unter 4 % gesenkt und es anschließend vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt wird. Dies ist u.a. durch einen Mumienfund bestätigt worden, bei welchem die Mumie einen Beutel mit getrocknetem Mais trug.

Um alle wertvollen Bestandteile wie auch die Quellfähigkeit zu erhalten, werden in neuerer Zeit Lebensmittel (z.B. Kaffee) zunehmend in der Kälte getrocknet. Hierbei verdunstet das Wasser aus der Ware und schlägt sich als Eis an Kühlschlangen nieder. Die Methode der (natürlichen) Gefriertrocknung wird bis heute im nördlichen Skandinavien bei der Stockfischherstellung angewandt, indem die Fische in der Kälte im Freien aufgehängt werden.

### Erläuterung (M 3)

 **Tip:** Statt im Trockenschrank kann die Trocknung auch im Backofen auf mittlerer Schiene bei 150 °C erfolgen. Dann sind die Chips bereits nach zwei bis drei Stunden fertig.

**Lösung:** Das Gefrieren der Kartoffeln führt zunächst zu einer Zerstörung der Zellen; dies erleichtert das nachfolgende Auspressen des Wassers. Beim offenen Einfrieren verdunstet bereits ein kleiner Teil des Wassers; es handelt sich hierbei also um eine Art Gefriertrocknung. Werden die Kartoffelscheiben nicht sorgfältig ausgepresst, sind sie nach dem Trocknen schwarz, da der Presssaft (Per-)Oxidasen enthält, die an der Luft dunkel gefärbte Produkte bilden.

**Variante des Versuchs:** Zunächst wird der Text an die Schülerinnen und Schüler ausgeteilt. Sie bekommen den Auftrag, selbst ein Verfahren für die Herstellung von Kartoffelchips zu entwickeln. Die Geräte werden zur Verfügung gestellt.

### Erläuterung (M 4)

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Durch Trocknung konservierte Lebensmittel verändern sich kaum. Dagegen zeigen frische Lebensmittel verschiedene Zeichen des Verderbs auf, z.B. Bräunung, Schimmelbildung, Konsistenzveränderung, Zersetzung.

**Versuchserklärung:** Nur bei den frischen oder angefeuchteten Lebensmitteln finden Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze geeignete Lebensbedingungen. Die Mikroorganismen zersetzen die Lebensmittel und vermehren sich so stark, dass z.B. Kolonien von Schimmelpilzen sichtbar werden.

### Erläuterung (M 5)

**Zu 1.:** Der Leichnam wurde durch das Salz vor Verwesung geschützt, da Luftzutritt unterbunden war. Außerdem wurde durch das Salz Wasser entzogen, so dass den Mikroorganismen die Lebensgrundlage fehlte.

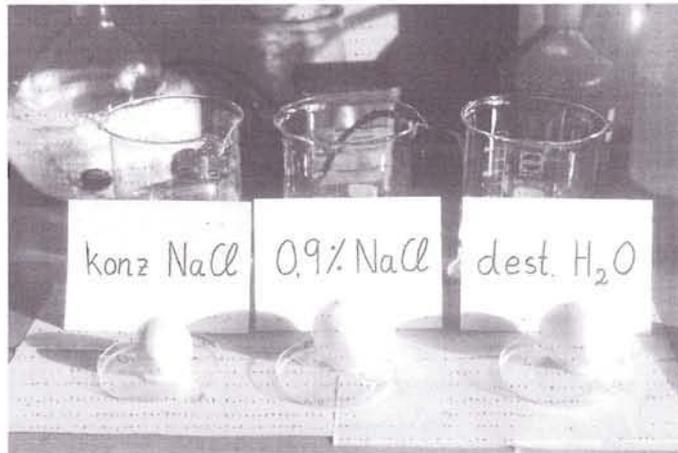
Die Konservierung mit Salz wird z.B. beim Einlegen von Lebensmitteln in Salzlake (z.B. Oliven, Käse) genutzt.

**Zu 2.:** Luft und Feuchtigkeit der Umgebung schaffte den Mikroorganismen die Lebensgrundlage, so dass sich der Verwesungsprozess in Gang setzen konnte.

## Erläuterung (M 6)

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Bei der Auflösung der Eierschalen ist eine merkliche Schaumbildung zu beobachten.

Im anschließenden Versuch schrumpft das Ei in der konzentrierten Kochsalzlösung, das Ei in der physiologischen Kochsalzlösung zeigt keine Veränderung, das Ei im destillierten Wasser aber quillt deutlich auf.



**Versuchserklärung:** Die Schaumentwicklung beim Auflösen der Eischale ist auf die Reaktion der Salzsäure mit Kalk zurückzuführen: es entsteht Kohlendioxid, welches entweicht.

Die beobachteten Vorgänge sind Beispiele für die Osmose. Hierunter versteht man die Diffusion von Lösungsmittelmolekülen (z.B. Wasser) durch eine semipermeable Trennwand (Membran). Dadurch findet ein Konzentrationsausgleich zwischen konzentrierten und verdünnten Lösungen statt. Da die semipermeablen Wände – z.B. die Eihaut – das Salz nicht hindurchlassen, kann dieser Ausgleich nur durch Aufnahme von Wasser erfolgen. Deshalb verspüren Menschen auch großen Durst nach Genuss von viel Salz oder Zucker.

Man kann Salz (oder Zucker) zum Konservieren von Lebensmitteln verwenden, da es dem zu konservierenden Lebensmittel Wasser entzieht und damit den Mikroorganismen die Lebensgrundlage.

### Hintergrundinformation

Salz (oder Zucker) entzieht dem zu konservierenden Lebensmittel Wasser und damit den Mikroorganismen die Lebensgrundlage.

Zur Erklärung der Wirkungen kann man auf Erfahrungen aus dem Alltag zurückgreifen. Abgefallene Kirschen oder Zwetschgen quellen und platzen an regnerischen Tagen auf, während die in Zuckerlösung eingemachten Früchte oft schrumpfen und runzlig werden. Im ersten Fall saugen die in den Früchten gelösten Stoffe (hauptsächlich Zucker) das Regenwasser ins Innere, im zweiten Beispiel zieht die konzentrierte Zuckerlösung im Einmachglas das Wasser aus den Früchten heraus.

Ähnliches ist zu beobachten, wenn man in eine rohe Kartoffel eine Vertiefung schneidet und diese mit Salz füllt. Nach einigen Stunden hat sich die Vertiefung mit Wasser gefüllt, das aus der Kartoffel herausgezogen wurde. Enthält ein Nahrungsmittel mehr Zucker, Salze oder andere gelöste Stoffe, als die Bakterien, so werden die Letzteren auch in flüssiger Umgebung „ausgetrocknet“. Sie müssen verdursten wie ein Mensch, der nur salziges Meerwasser zu trinken bekommt.

Auch in der modernen Medizin wird empfohlen, mit Kochsalz vorsichtig umzugehen. Es gilt als ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von Bluthochdruck.



**Wirksamkeit einiger Konservierungsstoffe gegenüber Mikroorganismen**

	Bakterien	Hefen	Schimmelpilze
Nitrit	++	-	-
Sulfit	++	+	+
Ameisensäure	+	++	++
Sorbinsäure	++	+++	+++
Benzoesäure	++	+++	+++

- unwirksam / + wenig wirksam / ++ mittelstark wirksam / +++ gut wirksam

**Erläuterung (M 8)**

Durch das Eindicken des Traubensaftes wird die Zuckerkonzentration der Lösung erhöht. Durch Einlegen in ein Gemisch aus eingedicktem Traubensaft und eigenem Saft können Brombeeren bei Temperaturen um 10 °C mindestens acht Wochen frisch gehalten werden.

**Hinweis:** Der Nachweis von Glucose in gezuckerten Konserven erfolgt durch die bekannte Fehling'sche Probe. Dazu werden in ein Reagenzglas je ein Milliliter der Fehling'schen Lösungen I und II sowie ein Teelöffel Marmelade gegeben und so lange im Wasserbad erwärmt, bis eine braun-rote Färbung erkennbar ist.

Zucker wird hauptsächlich zur Konservierung von Früchten eingesetzt, z.B. Marmelade, kandierte Früchte.

**Erläuterung (M 10)**

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Es bildet sich ein dunkler Niederschlag.

**Versuchserklärung:** Bei der Wasserdampfdestillation geht die im Honig enthaltene Ameisensäure quantitativ ins Destillat über. Silbernitrat wird durch die Ameisensäure zu elementarem Silber reduziert, das als dunkler Niederschlag ausfällt.

**Zu 3.:** Reaktionsgleichung einfügen

**Erläuterung (M 11)**

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Die Lösung färbt sich gelb.

**Versuchserklärung:** Es bildet sich gelbes Iodoform (Tri-Iod-Methan).

Der Nachweis von Milchsäure in Milchprodukten beruht auf der sog. Iodoform-Probe. Dieser Reaktion liegt folgender Mechanismus zugrunde:



Milchsäure

Lactat-Ion



Pyruvat-Ion



Iodoform wird in vielen Bereichen der Medizin als Desinfektionsmittel verwendet.

Generell können mithilfe der Iodoform-Probe Acetaldehyde sowie Ketone, die eine CH<sub>3</sub>CO-Gruppe enthalten, nachgewiesen werden.

II/H

**Zu 3.:**

– Milchsäure wirkt auch bei anderen Lebensmitteln wie z.B. Sauerkraut, Sauergemüse wie Bohnen, Gurken, Mixed Pickles und Oliven konservierend. Sie dient auch zur Aufbewahrung von vitaminreichem Grünfutter in Silos.

– Herstellung von Sauerteig

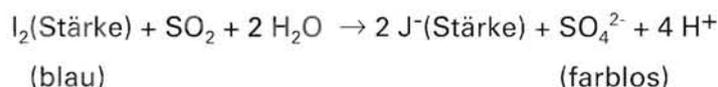
– Nicht nur Mikroorganismen, sondern auch die Muskelzellen der Wirbeltiere können Milchsäure produzieren. Dies geschieht immer dann, wenn die Muskeln so viel Arbeit leisten müssen, dass das Blut den für die Atmungskette erforderlichen Sauerstoff nicht schnell genug heranschaffen kann (anaerobe Bedingungen). Bei hoher Arbeitsleistung fällt innerhalb kurzer Zeit viel NADH/H<sup>+</sup> aus der Glykolyse an. Ein untrainierter Muskel ist mit so wenig Blutgefäßen durchzogen, dass die Durchblutung für die Oxidation des Wasserstoffs in der Atmungskette nicht ausreicht. Die Muskelzellen helfen sich in dieser Situation, indem sie Milchsäure bilden, um NAD<sup>+</sup> zu regenerieren und die Glykolyse aufrecht erhalten zu können. Früher nahm man an, dass es durch die Anhäufung von Milchsäure in den Muskelfasern zu Muskelkater kommt. Nach neueren Erkenntnissen scheint dieser jedoch eher durch mechanische Schädigungen der Muskelfasern zu entstehen.

In diesem Zusammenhang kann der Lactat-Test erwähnt werden, der bei Sportlern zur Leistungsdiagnostik verwendet werden kann. Weil Milchsäure aus den Muskelzellen sich sehr schnell im gesamten Blutkreislauf verteilt, kann man die jeweilige Lactatbelastung sehr leicht und schnell messen, indem man eine kleine Menge Blut aus dem Ohrläppchen entnimmt und die Lactatkonzentration in automatischen Analysegeräten bestimmt. Mit einem Fahrradergometer kann man die jeweilige Belastung genau einstellen und in festgelegten Abstufungen steigern. Wenn man dann jeweils zu einer bestimmten Belastung auf dem Ergometer den Lactatspiegel misst, erhält man zusammengehörige Belastungs/Lactatspiegel-Werte, die man grafisch als Kurve darstellen kann (Lactatleistungskurve).

**Erläuterung (M 12)**

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** In Gegenwart von Schwefeldioxid wird das blaue Iod-Stärke-Papier gebleicht.

**Versuchserklärung:** Der Nachweis basiert auf folgender Reaktion:

**Hintergrundinformation**

Bei vielen Obstprodukten wird Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) als temporäres Konservierungsmittel verwendet. Es wird den Roh- oder Halbfabrikaten zur Verhinderung von Bräunungsreaktionen zugesetzt und im weiteren Verarbeitungsprozess durch Hitze oder Vakuum wieder weitgehend entfernt. Die Deklaration der verbleibenden Restmenge entfällt, wenn sie nicht mehr als 10 mg/kg beträgt. Ausnahmen von dieser Vorgabe werden durch die Schwefeldioxid-Verordnung vom 13.08.1969 geregelt. So dürfen bspw. Aprikosen deklarationsfrei bis zu 20 mg/kg SO<sub>2</sub> enthalten.

Trockenobst wird nicht nur zur Verhinderung des mikrobiell bedingten Verderbs geschwefelt, sondern auch zur Farberhaltung und zur Verhinderung unerwünschter Verfärbungen. Das Schwefeln erfolgt in einem Gasraum, der etwa 2 Volumenprozent SO<sub>2</sub> enthält.

Das Schwefeln von Lebensmitteln erfolgt mittels Schwefeldioxid oder Salzen der schwefligen Säure (E 220–227). Diese Methode ist zugelassen z.B. für Trockenfrüchte, kandierte Früchte, getrocknete Kartoffelerzeugnisse und Wein. Die zugesetzte bzw. gebildete schweflige Säure bindet hauptsächlich Sauerstoff und schützt dadurch Wein

und Früchte vor dem Braunwerden. Weiterhin wird die Entwicklung von Mikroorganismen (z.B. Schimmel- und Kahlhefen in Wein) gehemmt.

Im Wein kommt der schwefligen Säure noch eine weitere Aufgabe zu: sie soll den im Gärungsprozess gebildeten geschmacksschädlichen Acetaldehyd binden und dadurch den Erhalt der Bouquetstoffe, die den Handelswert bestimmen, gewährleisten.

Nach heutigem Wissensstand konservierten erstmals die Römer ihren Wein durch Schwefeln. Die Methoden der Schwefelung blieben über Jahrhunderte fast gleich: Man entzündete Schwefelfäden und hängte sie durch das Spundloch in das Fass. Der Luft-sauerstoff im Fass wird hierbei verbraucht, Keime und Pilze abgetötet.

Auch die negativen Folgen des Genusses eines so konservierten Weines waren schon den Römern bekannt, woraus *Columella* schloss, „dass der beste Wein derjenige ist, der sich ohne jegliche Konservierungsmittel zu halten vermag“. Im 15. Jahrhundert wurde in Köln das Schwefeln von Wein wegen seiner „Belästigung der Natur des Menschen und der Gesundheitsgefährdung des Trinkers“ gänzlich verboten. Auch der von der Weltgesundheitsorganisation festgelegte ADI-Wert von 0,7 mg/kg besteht nicht kritikfrei.

Beim Wein ist je nach Sorte ein SO<sub>2</sub>-Gehalt von höchstens 400 mg/l erlaubt.

### Erläuterung (M 13)

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Das Kalkwasser im Gärröhrchen des mit Benzoesäure versetzten Ansatzes bleibt klar; im anderen ist eine Trübung zu erkennen.

**Versuchserklärung:** Durch Zusatz von Hefe beginnen glucosehaltige Lösungen zu gären, es entstehen Ethanol und Kohlendioxid. Der Nachweis des Kohlendioxids mit Kalkwasser kann als Indikator für den Beginn des Gärungsprozesses eingesetzt werden – es fällt Kalk als weißer Niederschlag aus. Der Versuch zeigt, dass Benzoesäure die Gärung unterbinden kann.

Die beobachtende Verhinderung der Gärung durch Benzoesäure wird als Hemmung des Enzymsystems der Hefe (Zymase) interpretiert.

### Hintergrundinformation

Die konservierenden Eigenschaften der Benzoesäure, die erstmalig Ende des 16. Jahrhunderts bei der trockenen Destillation des Benzoeharzes isoliert wurde, wurden 1875 von Fleck beschrieben. Seit Beginn ihrer industriellen Herstellung um die Jahrhundertwende wird Benzoesäure zur Lebensmittelkonservierung verwendet. Sie ist einer der am meisten angewandten Konservierungsstoffe, obwohl ihre toxikologischen Eigenschaften bis heute umstritten sind. Benzoesäure kann (im Unterschied zur Sorbinsäure) im normalen Stoffwechsel nicht abgebaut werden, sondern muss über die Leber entgiftet werden. Hierbei wird sie zunächst wie die Fettsäuren durch Bindung an Coenzym A zu Benzoyl-Coenzym A 'aktiviert', anschließend wird daraus unter dem Einfluss von Glycin-N-acylase mit Glykokoll Hippursäure gebildet. Die Hippursäure wird dann mit dem Harn ausgeschieden. Personen mit gestörter Leberfunktion bereitet diese Entgiftungsleistung und somit der Verzehr benzoessäurehaltiger Nahrungsmittel Schwierigkeiten.

Auch scheint von Benzoesäure eine negative Wirkung auf die Sauerstoffversorgung von Blut und Gewebe in Leber, Nieren und Gehirn auszugehen. Bei überempfindlichen Personen kann Benzoesäure Allergien hervorrufen, die sich sowohl in Form einer Nesselsucht als auch in einem Asthmaanfall äußern können. Die betroffenen Allergiker müssen daher nicht nur alle mit Benzoesäure konservierten Lebensmittel meiden, sondern auch Nahrungsmittel mit natürlichen Gehalten an Benzoesäure (z.B. Preiselbeeren, Heidelbeeren, Himbeeren, Johannisbeeren, Pflaumen, Nelken, Anisöl).

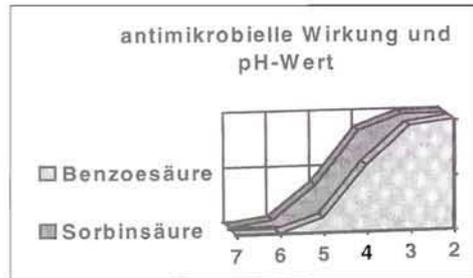


II/H

Die Wirkung der Benzoesäure (E 210–213) richtet sich hauptsächlich gegen aerobe Bakterien, Hefen und Schimmelpilze.

Zur Entfaltung ihrer Wirkungen muss die Benzoesäure zunächst die Zellwand von Mikrobenzellen durchdringen, welches nur in der undissoziierten Form möglich ist (pH-Abhängigkeit). Innerhalb der Zelle erfolgen dann Hemmungen von Enzymen, die den Essigsäurestoffwechsel und die oxidative Phosphorylierung regeln und von Enzymen des Citratcyclus (z.B.  $\alpha$ -Ketoglutaräure- und Bernsteinsäuredehydrogenase).

Wegen dieser deutlichen pH-Wert-Abhängigkeit wird Benzoesäure nur in sauren Lebensmitteln wie kohlensäurehaltigen Getränken (z.B. Fass-Bräuse), Sauergemüse, Fruchtsalaten und Mayonnaisen zur Konservierung verwendet.



### Nachweis von Benzoesäure in flüssigen und festen Lebensmitteln:

**Achtung: Durchführung nur im Abzug! Vorsicht beim Umgang mit konzentrierten Säuren! Vorsicht beim Umgang mit Hydroxylamin-HCl! Vorsicht beim Umgang mit Ether!**

**Der Nachweis von Benzoesäure**, z.B. in Erfrischungsgetränken, erfolgt mittels Mohler-Reaktion. Zur Extraktion der Benzoesäure wird das Getränk (z.B. Cola light) mit Diethylether ausgeschüttelt. Die Etherphase wird im Wasserbad so lange erhitzt, bis der Ether verdunstet ist.

Der Rest wird mit in konz. Schwefelsäure gelöstem Kaliumnitrat versetzt und bis zum Entweichen brauner Dämpfe erwärmt. Das Reaktionsgemisch wird im Eisbad gekühlt, vorsichtig mit dest. Wasser und nach erneutem Kühlen mit Hydroxylaminchlorid-Lösung versetzt. Mit Ammoniaklösung wird es alkalisch gemacht und anschließend noch fünf Minuten erwärmt. Bei Anwesenheit von Benzoesäure bildet sich ein roter Farbstoff. Den Mechanismus der so genannten Mohler-Reaktion findet man in einschlägigen Lehrbüchern.

**Der Nachweis von Benzoesäure in festen Lebensmitteln** kann im Anschluss an eine Wasserdampfdestillation erfolgen. Im Destillat kann die Benzoesäure wie oben ausgeführt nachgewiesen werden oder durch Zusatz einer neutralen Eisen(III)-chlorid-Lösung (ein fleischfarbener Niederschlag zeigt Benzoesäure an).

Man beachte, dass viele Lebensmittel einen natürlichen Gehalt an Benzoesäure aufweisen (z.B. Preiselbeeren bis zu 0,24 %).

**Zu 3.:** Ein Beispiel für einen Steckbrief:

<b>E-Nummer:</b>	210
<b>Name:</b>	Benzoessäure
<b>Substanzgruppe:</b>	Konservierungsmittel
<b>Vorkommen:</b>	Wird künstlich hergestellt. Kommt natürlich unter anderem in Heidelbeeren, Johannisbeeren, Pflaumen und Preiselbeeren vor.
<b>Eigenschaften:</b>	Wirkt gegen Schimmel, unerwünschte Nachgärung, schützt teilweise vor enzymatischer und bakterieller Verderbung (mit E 220).
<b>Verwendung in Lebensmitteln:</b>	sehr verbreitet: Gemüsekonserven, vor allem Sauergemüse wie Essiggurken, saure Obstkonserven, Fruchtsaftkonzentrate (Zwischenprodukt bei der Herstellung von Fruchtsäften). Mayonnaisen und mayonnaisehaltige Feinkostprodukte wie Fleisch- und Wurstsalate, Marinaden. Im Tierfutter verboten (Katzen reagieren sehr empfindlich).
<b>Symptome:</b>	Benzoessäure wird über die Darmwand aufgenommen und kann Patienten Probleme bereiten, die empfindlich auf Acetylsalicylsäure reagieren. Allergische Reaktionen sind möglich. Der Trend geht zu toxikologisch unbedenklicheren Konservierungsmitteln.
<b>Höchstmengen:</b>	Höchstmengen je nach Anwendungsgebiet 300–2000 mg/kg, in Ausnahmefällen bis 6000 mg/kg

### Erläuterung (M 14)

**Erwartete Versuchsbeobachtung:** Es entsteht eine Rotfärbung, die sich beim Kühlen des Reagenzglases im Eisbad intensiviert.

**Versuchserklärung:** In Gegenwart von Tocopherol entsteht Tocopherolrot. Die Intensität der Färbung nimmt bei niedrigen Temperaturen deutlich zu.

#### Hintergrundinformation

Die Gruppe der Tocopherole ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Tocopherol) wird zusammenfassend als Vitamin E bezeichnet. In der Lebensmittelkonservierung werden tocopherolhaltige Extrakte natürlichen Ursprungs (E 306) und synthetisches  $\alpha$ -Tocopherol (E 307) als Antioxidantien verwendet.

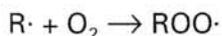
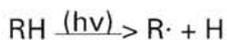
Fette und Fettprodukte unterliegen einer besonderen Form des Verderbs, dem autoxidativen Verderb: Bei der Reaktion mit Luftsauerstoff werden ungesättigte Fettsäuren abgebaut, wobei geruchlich und geschmacklich unangenehme Stoffe entstehen (Ranzigwerden). Diese Reaktion, die auch durch Metalle wie Eisen und Kupfer (natürliche Spurenelemente in Lebensmitteln) bzw. deren Verbindungen gestartet werden kann, kann dadurch verhindert werden, dass der Sauerstoff durch Vakuum- oder Inertgasverpackungen ausgeschlossen wird. Eine andere Möglichkeit ist die Zugabe von Antioxidantien.

Antioxidantien fangen in den mit ihnen behandelten Lebensmitteln die in den Fetten entstehenden Radikale ab und unterbrechen dadurch das Kettenwachstum. Die dabei entstehenden neuen Radikale (AH $\cdot$ ) sollen dabei so stabil sein (z.B. durch Resonanz mit einem aromatischen System), dass kein Wasserstoff aus einer ungesättigten Fettsäure abstrahiert werden kann. Wirksame Antioxidantien enthalten daher mindestens eine phenolische OH-Gruppe.

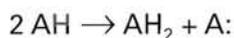
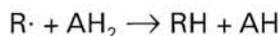
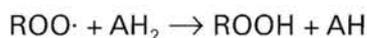
II/H

Die wichtigsten Reaktionsschritte zu dem Mechanismus der Autoxidation (1) und den Wirkungsmechanismen der Antioxidantien (2) lassen sich wie folgt beschreiben:

### 1. Autoxidation



### 2. Wirkungsweise von Antioxidantien (AH<sub>2</sub>)



Antioxidantien bilden in vielen pflanzlichen Fetten und Ölen einen natürlichen Bestandteil, deren Aufgabe es vermutlich ist, das Öl der Samen und Früchte von Pflanzen während des normalen Lebenslaufs vor dem Verderb zu schützen.

Den wichtigsten Vertreter dieser natürlichen Antioxidantien, die auch in der Lebensmittelkonservierung eingesetzt werden, bildet das Vitamin E (Tocopherole, E 306–309), welches z.B. in großen Mengen in Weizenkeimöl (270 mg/100 g) enthalten ist.

Ein anderes natürliches Antioxidans stellt das Vitamin C (L-Ascorbinsäure, E 300) dar, welches hauptsächlich gegen eine weitere oxidative Veränderung eines Lebensmittels eingesetzt wird: Das Bräunen von angeschnittenem Obst und Gemüse. Verantwortlich für diese Bräunung sind Enzyme, die nach der Zellzerstörung beim Zerkleinern Sauerstoff auf die farblosen Phenole des Lebensmittels übertragen. Dabei bilden sich Chinone, die im Weiteren zu braunen Pigmenten polymerisieren. Ascorbinsäure greift in diesen Reaktionsmechanismus ein, indem sie die gebildeten Chinone vor deren Polymerisation zu den entsprechenden Hydrochinonen reduziert.

Die Wirkung von Antioxidantien kann durch so genannte Synergisten erhöht werden. Dies kann zum einen dadurch geschehen, dass durch Zugabe von Komplexbildnern – z.B. Citronensäure (E 330), Milchsäure (E 270), Weinsäure (E 334) – die prooxidative Wirkung von oxidationsfördernden Stoffen (z.B. Metallspuren) durch Komplexbildung aufgehoben wird.

Nach bestehendem Lebensmittelrecht dürfen in Deutschland nur bestimmten Lebensmitteln synthetische Antioxidantien zugesetzt werden. Dies sind vor allem Lebensmittel, in denen Fette auf großen Flächen verteilt sind (z.B. Tomatensuppe, Kartoffeltrockenprodukte, Marzipan). Für die Gruppe der natürlichen Antioxidantien und deren Synergisten gilt eine allgemeine Zulassung.