

# EXPERIMENTIERTAG

MERCK-TU DARMSTADT-JUNIORLABOR

## DIE CHEMIE DER PHARMAZIE

Was haben Säuren und Basen mit Medikamenten zu tun?



Name:



*Juniorlabor*  
Merck // TU Darmstadt

# PROGRAMM

## EINFÜHRUNG

Arzneimittel,  
Darreichungsformen, Säuren,  
Basen, pH-Werte im Körper



## EXPERIMENTE

Versuch 1: Bestimmung der  
molaren Masse einer  
Schmerztablette



PAUSE



## EXPERIMENTE

Versuch 2: Demonstrations-  
versuch  
Versuch 3: Räumt Rennie® den  
Magen auf?

## ABSCHLUSS



## Sicheres Arbeiten im Labor

1. Im Labor müssen Schutzbrille und Kittel getragen werden!
2. Im Labor darf weder gegessen noch getrunken werden!
3. Jeder Hautkontakt mit Chemikalien ist zu vermeiden!
4. Das Labor darf nur mit festem Schuhwerk und langer Beinkleidung betreten werden.
5. Lange Haare sollten zusammengebunden werden.
6. Jacken und Taschen dürfen nicht ins Labor mitgenommen werden!
7. Im Labor müssen alle Gefäße in denen Chemikalien sind beschriftet werden.
8. Lies vor jedem Experiment genau die Versuchsanleitung.
9. Frage bei Problemen die Betreuer\*innen.
10. Lasse den Versuchsaufbau stets von einem/r Betreuer\*in kontrollieren!
11. Lies die Beschriftung von Chemikalien genau, bevor du sie verwendest.
12. Gehe sorgfältig und sachgerecht mit allen Laborgeräten um!
13. Abfälle dürfen nicht ohne Erlaubnis in den Ausguss entsorgt werden. Achte auf die Anweisungen zur Entsorgung von Chemikalienabfällen. Es stehen Kanister zur Entsorgung bereit. Frage auch hier im Zweifel immer einen Betreuer.
14. Halte die Laborräume und den Arbeitsplatz sauber!
15. Wenn du beim Experimentieren mit Chemikalien in Kontakt gekommen bist, wasche die betreffende Hautstelle sofort ab!
16. Chemikalien darf man nicht essen oder probieren.
17. Prüfe den Geruch einer Chemikalie stets durch Zufächeln!
18. Wasche dir nach dem Verlassen des Labors unbedingt die Hände!

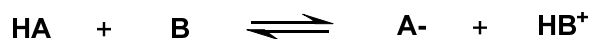
# Säuren und alkalische Lösungen - Ein kurzer Überblick

## Das Säure-Lauge-Konzept nach Arrhenius

- **Säuren** sind **Molekülverbindungen**, die mit Wasser zu hydratisierten Wasserstoff-Ionen  $H^+(aq)$  und Säurerest-Anionen reagieren. Dabei entstehen saure Lösungen.
- **Saure Lösungen** bilden sich durch Reaktion von Halogenwasserstoffen oder von Nichtmetalloxiden mit Wasser.
- **Alkalische Lösungen (Laugen)** enthalten hydratisierte Hydroxid-Ionen:  $OH^-(aq)$ . Laugen sind Lösungen von Alkalimetallhydroxiden in Wasser.
- Der Ausdruck **Base/ basisch** ist heute als ein weiterer Begriff für Lauge/alkalisch zu lesen.

## Das Säure-Base-Konzept nach Brønstedt

- **Säuren** sind **Protonendonatoren** (geben ein Proton ab).
- **Basen** sind **Protonenakzeptoren** (nehmen ein Proton auf).
- **Säure-Base-Reaktionen** sind **Protonenübergänge (Protolysen)**. Protolysen sind Gleichgewichtsreaktionen:

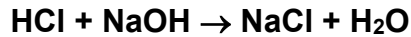


- Zwei Teilchen, die sich nur durch ein  $H^+$ -Ion unterscheiden, bezeichnet man als **korrespondierendes Säure-Base-Paar** (z. B.  $HCl/Cl^-$ ,  $H_3O^+/H_2O$ ,  $H_2O/OH^-$ ).



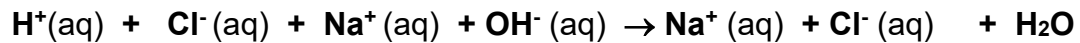
## Die Neutralisationsreaktion – Gegensätze heben sich auf

Säuren und Basen können ihre Eigenschaften gegenseitig aufheben. Mischt man zum Beispiel gleiche Mengen Salzsäure und Natronlauge, entsteht eine Kochsalzlösung und Wasser.



Die Protonen der Säure werden von der Base aufgenommen. Man nennt diesen Vorgang **Neutralisation**. Dabei liegen die Reaktionspartner in Lösung als hydratisierte Ionen vor, wie es z.B. bei der Schreibweise als Ionenreaktion deutlich wird:

**Ionenschreibweise:**

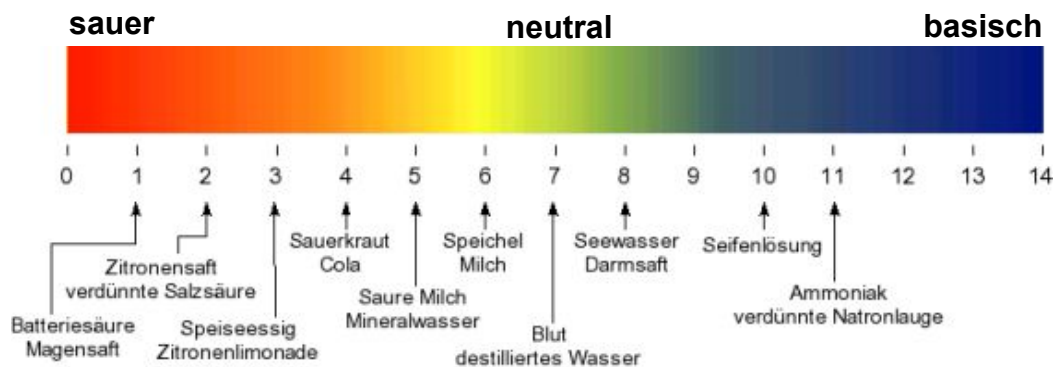


Das Natrium-Ion und das Chlorid-Ion sind von der Reaktion nicht betroffen, sondern bleiben als hydratisierte Ionen in der Lösung. Die eigentliche **Neutralisationsreaktion** besteht darin, dass sich aus **dem Säurewasserstoff-** und **Hydroxid-Ionen Wasser** bildet.

Bei der Reaktion wird Wärme frei. Sie wird bei dieser Reaktion **Neutralisationswärme** genannt.

## Der pH-Wert

- Der pH-Wert gibt an, wie sauer oder basisch eine wässrige Lösung ist. Er ist jedoch **kein** Maß für die Säure- bzw. Basenstärke einer Säure oder Base, da er konzentrationsabhängig ist.
- **pH < 7**: sauer
- **pH = 7**: neutral
- **pH > 7** basisch
- **pH-Skala** (Farben vom Universalindikator):<sup>1</sup>



### Kurzinfo für Interessierte:

Der pH Wert ist der mit -1 multiplizierte Logarithmus der H<sup>+</sup>-Ionenkonzentration,

z.B. hat eine  $0,01 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$  konzentrierte saure Lösung (also  $c(\text{H}^+) = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ ) einen pH von  $-\lg [c(\text{H}^+)] = -\lg 10^{-2} = 2$

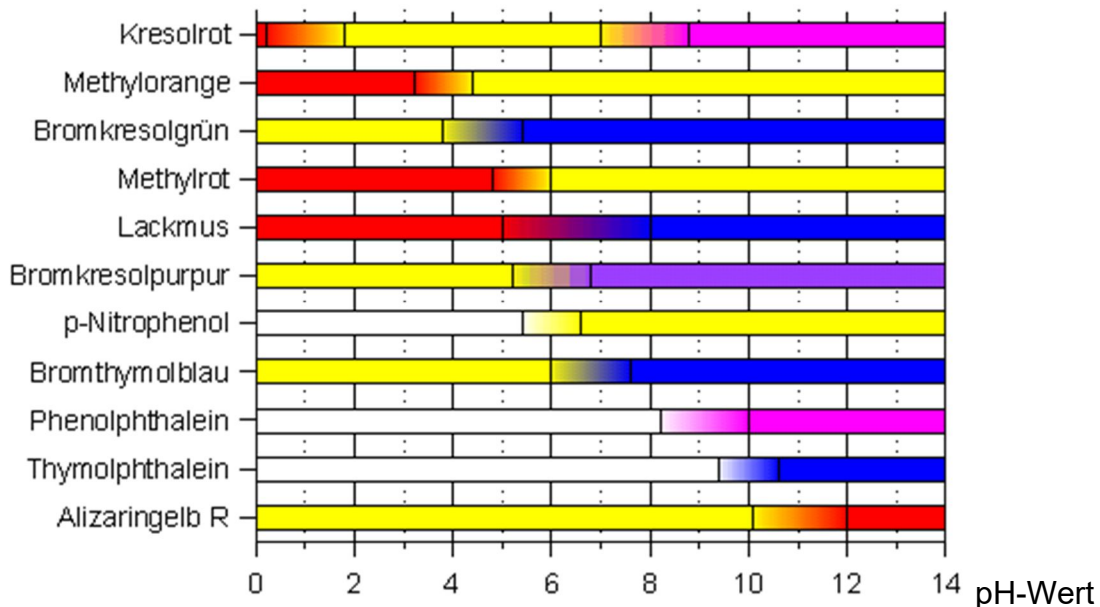
<sup>1</sup> Quelle: <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/p/images/phwert.gif>

## Die Titration

Eine Titration ist ein Verfahren zur genauen Bestimmung der Stoffmenge eines bestimmten Stoffes in einer Probelösung. Eine Säure-Base-Titration beruht auf einer Neutralisationsreaktion. Die Maßlösung (hier ist die Konzentration genau bekannt) wird schrittweise zugegeben, bis die Probelösung vollständig zum Salz umgesetzt ist (**Äquivalenzpunkt**). Der Äquivalenzpunkt wird durch den Farbumschlag eines Indikators angezeigt.

### Verschiedene Indikatoren<sup>2</sup>

Indikatoren sind farbige organische (schwache) Säuren oder Basen, die je nach Reaktion mit  $H^+$  oder  $OH^-$  Ionen eine andere Farbe haben.



Die obenstehende Grafik zeigt, dass der Umschlagpunkt eines Indikators nicht unbedingt beim pH 7 liegen muss. Das ist abhängig von der Stärke einer Säure bzw. Base.

Wichtig zu wissen ist aber, dass Indikatoren erst dann die Farbe wechseln, wenn sich die Anzahl an  $H^+$  Ionen bzw.  $OH^-$  Ionen ungefähr im Gleichgewicht befinden, also nur

<sup>2</sup> Quelle: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/indikator/indi02.htm>

noch Salz-Ionen und Wassermoleküle vorliegen. Dabei kommt es eben auf die „Stärke“ einer Säure bzw. Base an.

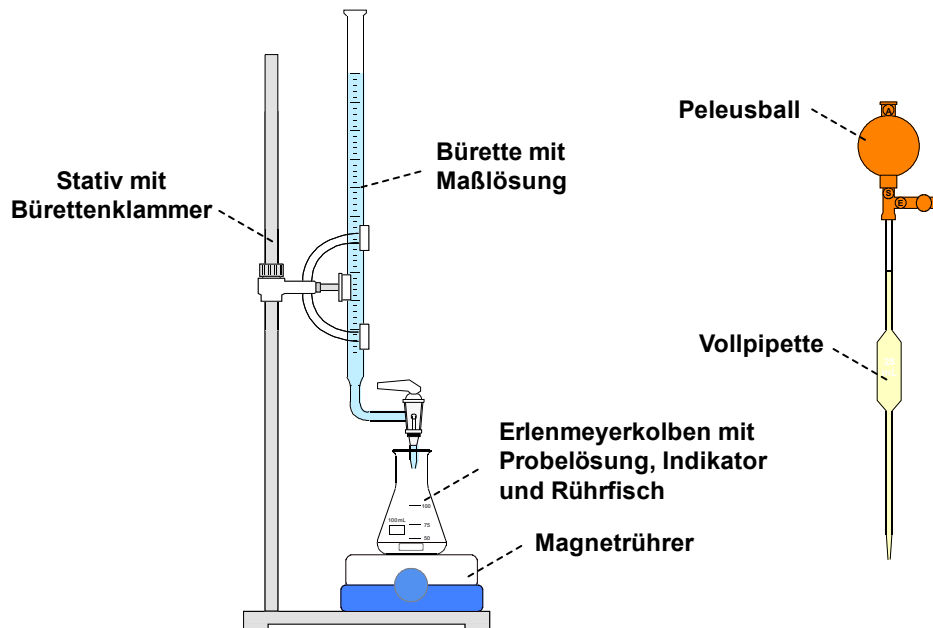
**Kurzinfo für Interessierte:**

Starke Säuren und Basen dissoziieren (Zerfallen in  $H^+$  und Säurerest-Ionen; sie protolysieren) in Wasser fast vollständig, während schwache Säuren und Basen nur unvollständig dissoziieren (protolysieren). Daher ist der pH Wert einer starken Säure wie Salzsäure bei gleicher Konzentration geringer als der pH Wert einer schwachen Säure wie Essigsäure, weil bei Essigsäure nur etwa jedes hundertste Molekül ein  $H^+$  Ion abgegeben hat.

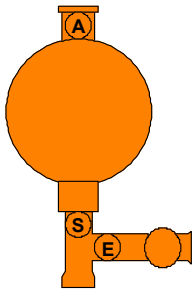
## Titration – Aufbau

### Geräte:

Stativ und Stativplatte, Bürettenklammer, Bürette mit der Maßeinheit 0,05 mL  
 Erlenmeyerkolben, Magnetrührer, Magnetrührkern (Rührfisch), 20 mL Vollpipette,  
 Peleusball



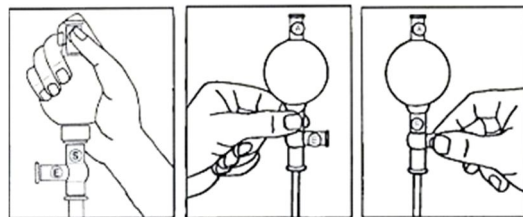
### **Peleusball**



**Ventil A (von Auslass) oben:** Luft aus dem Ball auspressen (um mit dem Ball später ansaugen zu können)

**Ventil S (von Saugen) unten:** Flüssigkeit in Pipette ansaugen

**Ventil E (von Entleeren) seitlich:** Pipetteninhalt kontrolliert abgeben



Evakuieren

Ansaugen

Entleeren

### **Anwendung**

- Zunächst wird der Peleusball auf die Pipette aufgesetzt. Man öffnet das Ventil A durch leichtes Zusammendrücken und drückt die Luft aus dem Gummiball.
- Schließt man das Ventil A (Loslassen), steht ein Unterdruck zur Verfügung, mit dem Flüssigkeit angesaugt werden kann.
- Das Ansaugen erfolgt durch kontrolliertes Zusammendrücken des Ventils S, das Ablassen von Flüssigkeit durch Betätigen von E.

## Geräteübersicht



Erlenmeyerkolben



Petrischale



Pipette



Mörser + Pistill



Becherglas



Messkolben



Vollpipette



Bürette



Peleusball



Magnetrührer



Stativfuß und  
Stativklemmen



Trichter

## Versuch 1: Bestimmung der molaren Masse einer Schmerztablette durch eine Säure/Base-Titration

In einem 200 ml-Messkolben mit Ethanol-Wasser-Gemisch (1:1) sind zwei Schmerztabletten mit je 500 mg (= 1000 mg) Wirkstoff gelöst. Die Lösung ist etwas trüb, da die Tabletten neben dem Wirkstoff auch unlösliche Hilfsstoffe enthalten, die aber das weitere Vorgehen nicht stören. Chemisch gesehen ist der Wirkstoff eine Carbonsäure, eine einprotonige schwache Säure. Der Gehalt einer Lösung des Schmerzmittels lässt sich mittels Säure/Base-Titration bestimmen. Über die Masse der eingewogenen Substanz lässt sich auch die molare Masse berechnen.




**Identifizieren Sie den Wirkstoff, indem Sie die molare Masse bestimmen und mit den Werten aus der folgenden Tabelle vergleichen:**

Wirkstoff	Molare Masse [g/mol]
Paracetamol	151,16
Acetylsalicylsäure	180,16
Ibuprofen	206,28
Naproxen	230,26
Diclofenac	296,15

### Geräte und Materialien

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 200 ml Messkolben</li> <li>○ 100 ml Erlenmeyerkolben</li> <li>○ 50 ml Vollpipette + Peleusball</li> <li>○ Magnetrührer mit Rührmagnet („Rührfisch“)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bürette mit Stativfuß und Stativklemmen</li> <li>○ Trichter</li> <li>○ 1 kleines Becherglas</li> </ul>
---	---

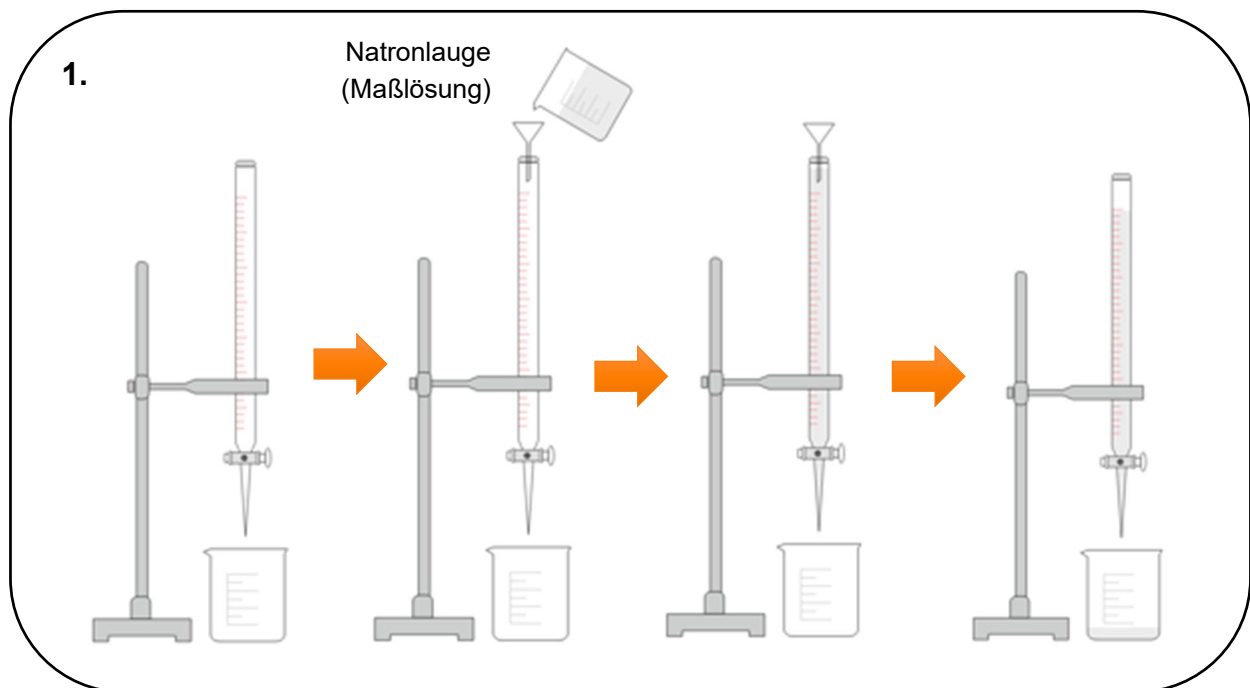
### Chemikalien

Chemikalie	Gefahren- und Sicherheitshinweise	Gefahrstoffsymbol
Ethanol (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O)	H225, H319 P210, P240, P305+351+338, P403+233	
Phenolphthalein (C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub> )	H341, H350, H361f P201, P208, P308+313	
Natronlauge (NaOH)	H290, H314 P280, P301+330+331, P305+351+338, P308+310	

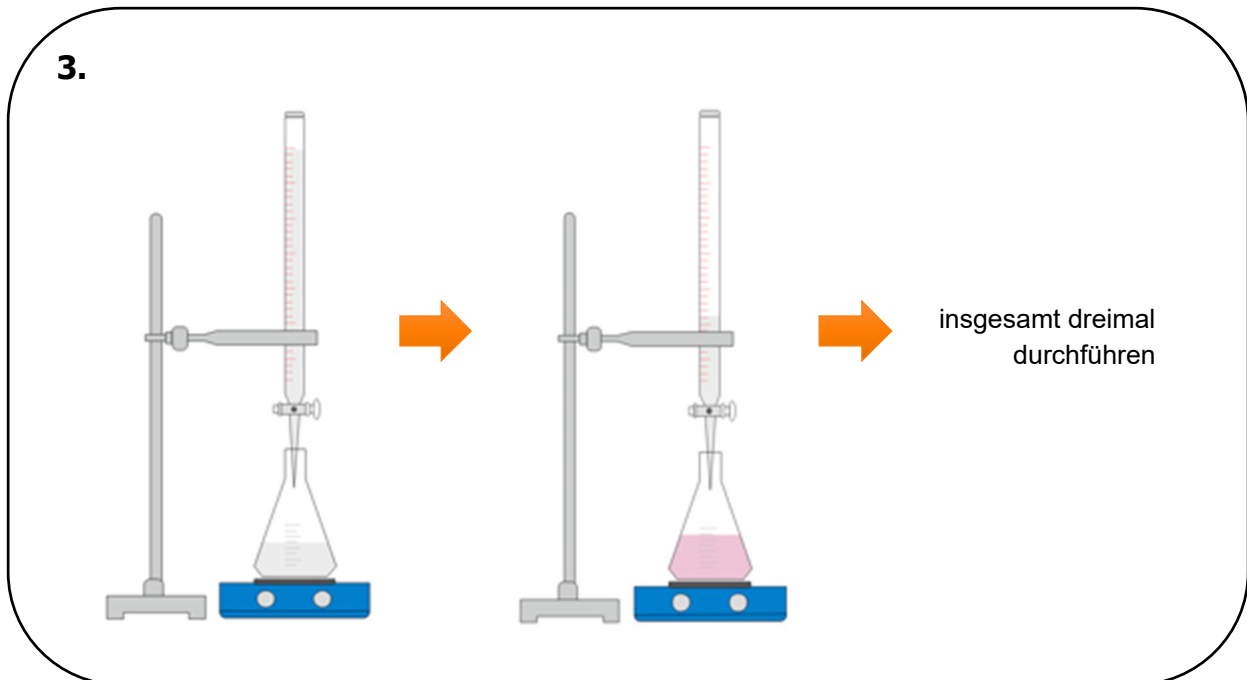
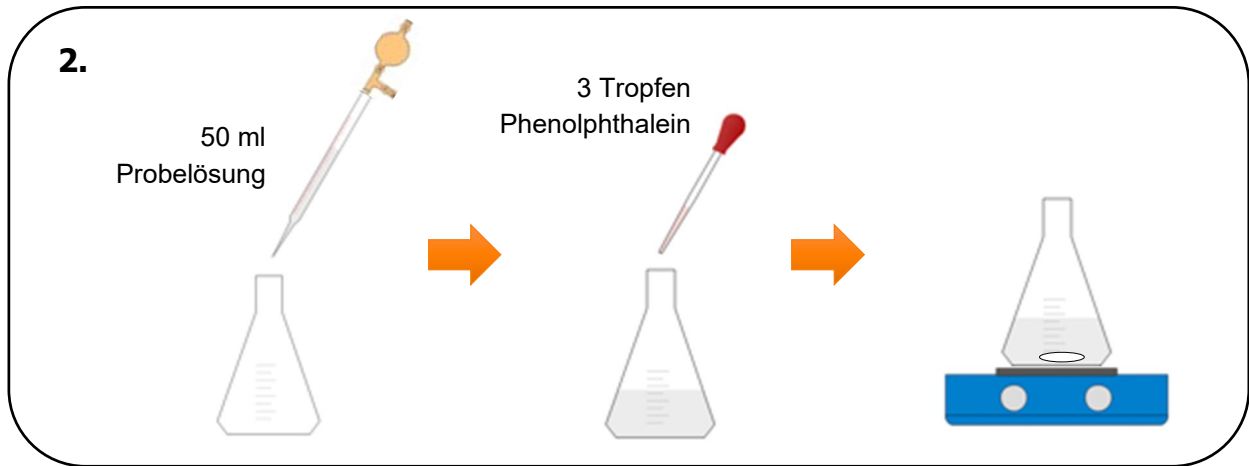
- Probelösung (Schmerzmittellösung in Ethanol-Wasser-Gemisch 1:1; enthält 1000 mg Wirkstoff)
- Phenolphthalein-Lösung
- Maßlösung (Natronlauge  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$ )

## Durchführung

1. Die Bürette wird mit Natronlauge (0,1 mol/l) als Maßlösung befüllt. Die Bürette füllt man über den Nullstrich mit Natronlauge und lässt die überschüssige Flüssigkeit in ein leeres Becherglas laufen.
2. In einem 100 ml-Erlenmeyerkolben mit weitem Hals werden mit einer Vollpipette genau 50 ml Probelösung eingefüllt. Ungefähr 3 Tropfen Phenolphthalein werden hinzugegeben. Anschließend wird der Erlenmeyerkolben auf den Magnetrührer gestellt und ein Rührfisch hineingegeben. Der Magnetrührer wird auf die mittlere Geschwindigkeit eingestellt.
3. Nun wird die Probelösung unter die Bürette gestellt. Aus der Bürette lässt man vorsichtig (!) so lange Natronlauge tropfen, bis die Lösung eine bleibende blasse Rosafärbung annimmt. (**Tipp:** Lege ein weißes Blatt Papier unter das Becherglas.) Notiere den Natronlauge-Verbrauch in der untenstehenden Tabelle.
4. Die Titration wird noch zwei weitere Male durchgeführt. Berechne anschließend den Mittelwert der drei Titrationen in der Tabelle.







### Beobachtung

Titration	Verbrauch [ml]
1	
2	
3	
Mittelwert	

## Auswertung

Aus dem berechneten Mittelwert des Verbrauchs an Natronlauge kann die molare Masse des Wirkstoffs anhand folgender Schritte berechnet werden.

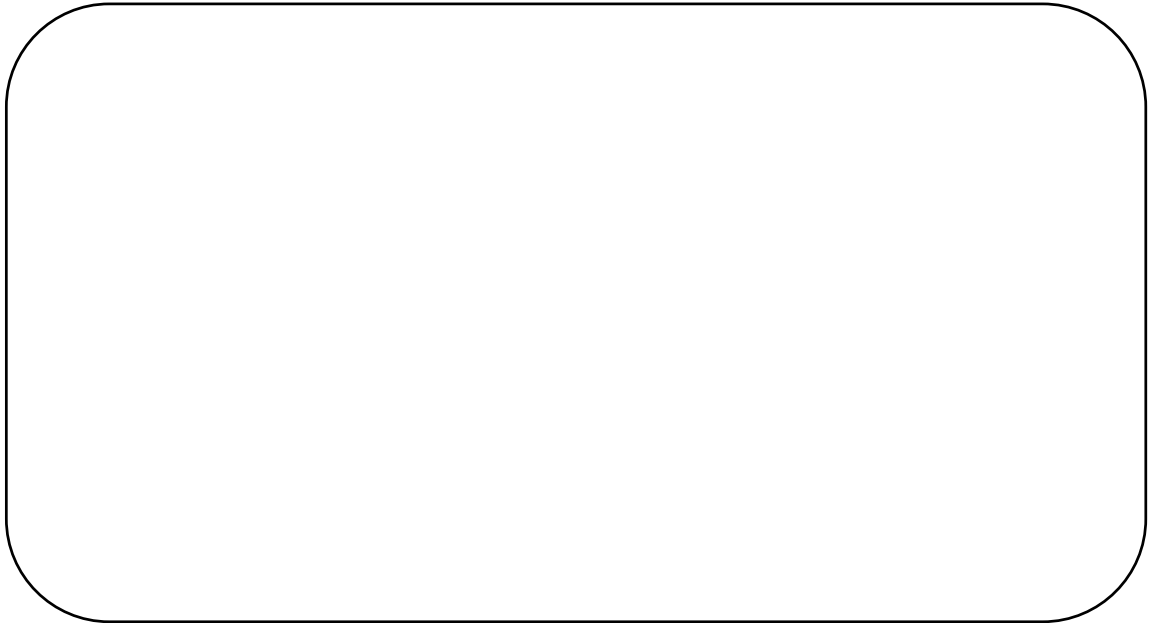
- 1) Wie wird der Punkt, an dem es zum Farbumschlag kommt, bezeichnet?

- 2) Welches Verhältnis der Stoffmenge von Natronlauge (Maßlösung) und Schmerzmittellösung liegt an diesem Umschlagspunkt vor?

- 3) Berechne die Stoffmenge von Natronlauge am Umschlagspunkt (nutze das zugeführte Volumen und die Konzentration von Natronlauge).

- 4) Welche Masse des Schmerzmittels enthält eine Probe mit 50 ml (zur Berechnung hilft dir die Angabe in der Versuchsdurchführung)?

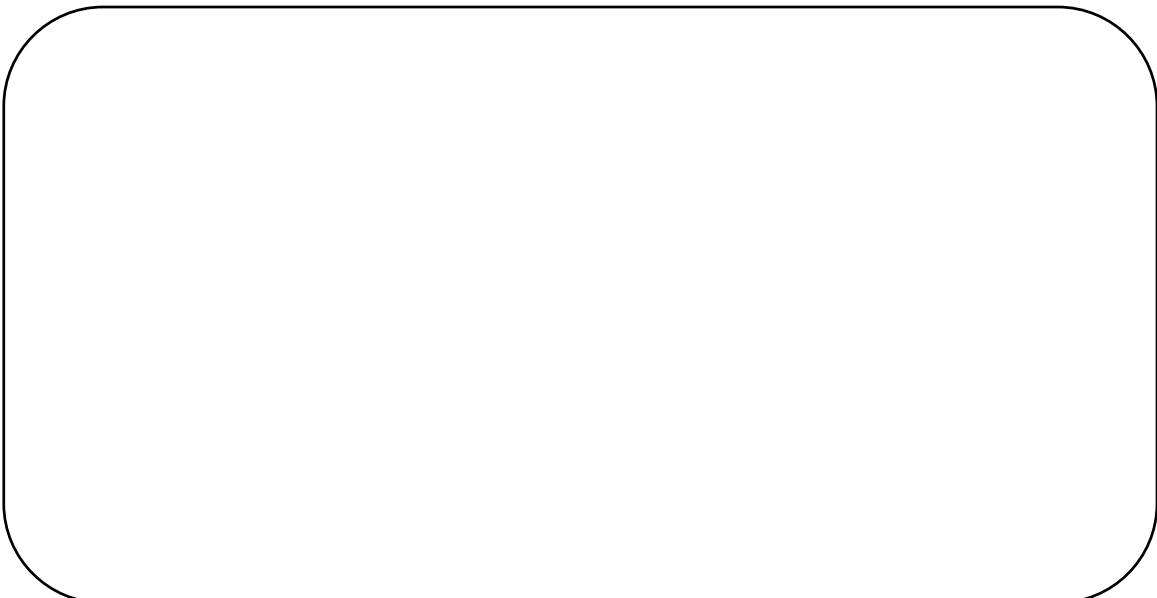
- 5) Nutze deine Erkenntnisse aus 2) und berechne die molare Masse des enthaltenen Wirkstoffes.



- 6) Um welches Schmerzmittel handelt es sich?



- 7) Erläutere kurz das Prinzip einer Titration. Gib auch die der durchgeführten Titration zugrundeliegende Reaktionsgleichung an (kürze den Wirkstoff als R-COOH ab).



## Versuch 2: Demonstrationsversuch



Das Schmerzmittel Acetylsalicylsäure gibt es auch in geringeren Dosierungen von 100 mg pro Tablette zu kaufen. Hier steht die blutverdünnende Wirkung im Vordergrund. Man setzt es zur Vorbeugung von Herzinfarkten und Schlaganfällen ein. Doch halt... auf einer der beiden Tabletten steht das Wort „*protect*“ und auf der anderen nicht. Was bedeutet das eigentlich? Was ist der Unterschied zwischen den beiden Tabletten?

### Chemikalien

Chemikalie	Gefahren- und Sicherheitshinweise	Gefahrstoffsymbol
Salzsäure (HCl-Lösung, c = 0,1 M)	H290, H314, H335 P260, P280, P303+361+353, P304+340+310, P305+351+338	
Natronlauge (NaOH- Lösung)	H290, H314 P280, P301+330+331, P305+351+338, P308+310	













### Geräte und Materialien

- 4 Petrischalen
- Messzylinder
- 2 Aspirin<sup>®</sup> und 2 Aspirin<sup>®</sup>protect Tabletten









### Durchführung

1. Es werden in zwei Petrischalen je 10 ml Salzsäure (c = 0,1 mol/l) und in zwei weitere je 10 ml Natronlauge (pH = 7,5) eingefüllt. Die Petrischalen mit dem Inhalt simulieren das Magen- bzw. Darmmilieu im menschlichen Organismus.
2. Nun wird in je eine Petrischale mit Salzsäure und Natronlauge eine normale **Aspirin<sup>®</sup>-Tablette** und in die übrigen beiden Petrischalen eine 100 mg **Aspirin<sup>®</sup>protect-Tablette** gegeben.





**1.**

			
Aspirin <sup>®</sup> protect	Aspirin <sup>®</sup>	Aspirin <sup>®</sup> protect	Aspirin <sup>®</sup>
			
			

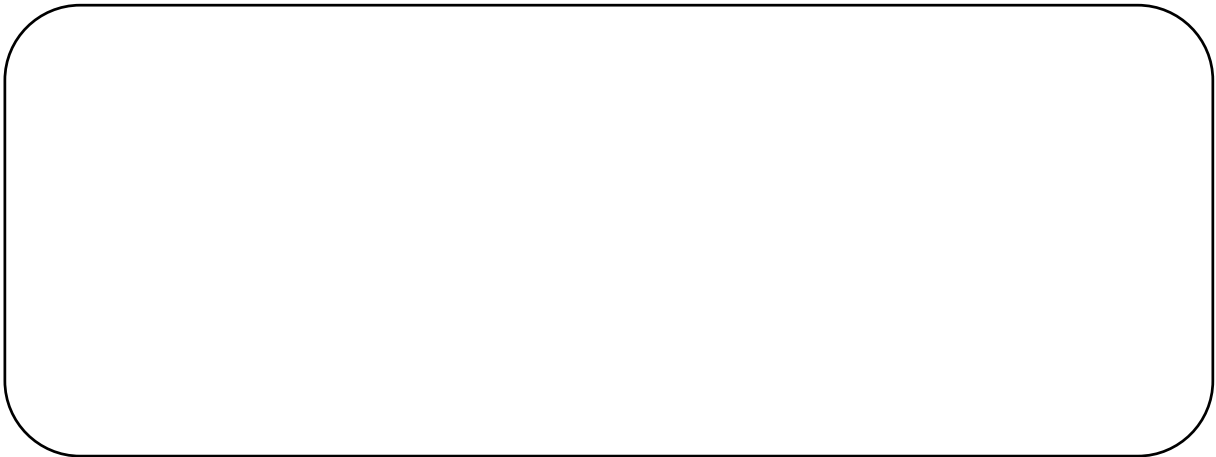
**2.**

10 ml Salzsäure	10 ml Salzsäure	10 ml Natronlauge	10 ml Natronlauge
			
			

**3.**

			
mit 10 ml Salzsäure		mit 10 ml Natronlauge	

### **Beobachtung**



### **Auswertung**

Vermuten Sie, in welchem Organ Aspirin<sup>®</sup> bzw. Aspirin<sup>®</sup> protect im Magen-Darm-Trakt wirkt. Begründen Sie Ihre Vermutung.



## Versuch 3: Räumt Rennie® den Magen auf?



Aus der Fernseh-Werbung kenne ich den Slogan: „Rennie® räumt den Magen auf!“. Ob dies wirklich so gut funktioniert, soll im nächsten Versuch überprüft werden.

### Geräte und Materialien

- 3 Reagenzgläser & Reagenzglasständer
- 3 Luftballons
- 1 Mörser mit Pistill
- 4 Trichter
- 3 Arzneimittel zur Neutralisierung der Magensäure

### Chemikalien

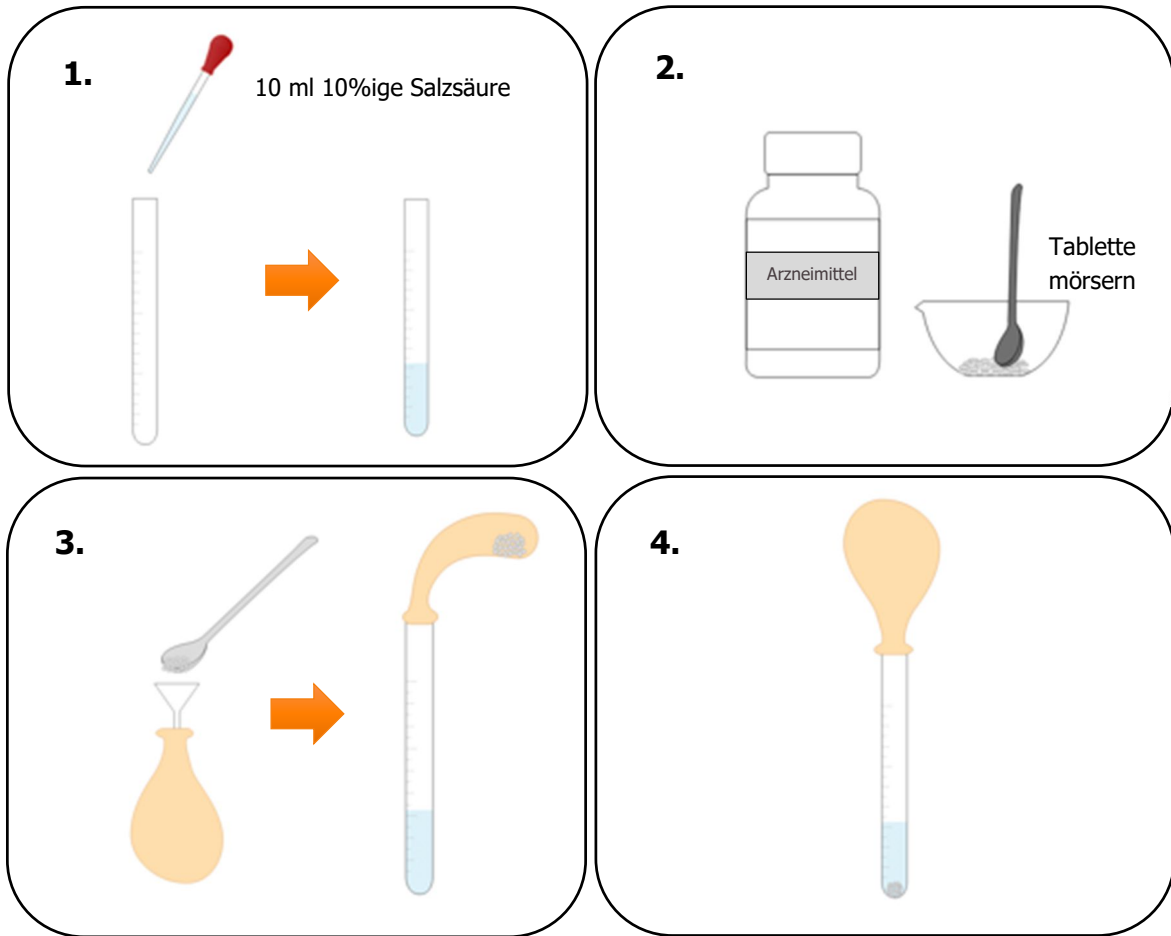
Chemikalie	Gefahren- und Sicherheitshinweise	Gefahrstoffsymbol
Salzsäure (HCl)	H290, H314, H335  P260, P280, P303+361+353, P304+340+310, P305+351+338	

Zu untersuchende Medikamente:

1. Rennie® (Wirkstoff:  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ )
2. Magaldrat ( $\text{Al}_5\text{Mg}_{10}(\text{OH})_{31}(\text{SO}_4)_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ , z.B. Riopan®) *oder*  
Hydrotalcit ( $\text{Al}_2\text{Mg}_6(\text{OH})_{16}\text{CO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , z.B. Talcid®)
3.  $\text{NaHCO}_3$  (Natriumhydrogencarbonat) ca. 1g

### Durchführung

1. Die Enghals-Erlenmeyerkolben werden mit je 10 ml 10%iger Salzsäure befüllt. Damit simuliert man das Magenmilieu.
2. Anschließend pulverisiert man mittels des Mörsers eine Tablette und überführt das Pulver jeweils mit Hilfe eines Trichters in einen Luftballon, der zuvor zur Entspannung des Gummis mehrmals aufgeblasen wurde.
3. Nun stülpt man den Luftballon über den Kolbenrand, richtet die Ballons auf und lässt so das Pulver des jeweiligen Arzneimittels praktisch durch die Speiseröhre in den Magen gelangen.



## Entsorgung

Der Inhalt der Kolben wird neutral in den Abguss entsorgt.



## Beobachtung

Ordnen Sie die drei Wirkstoffe nach ihrer Gasentwicklung ein.

The diagram consists of a large rounded rectangle containing three smaller rounded rectangles arranged horizontally. Below these three boxes is a long orange arrow pointing from left to right. Under the left end of the arrow is the text "geringe Gasentwicklung" and under the right end is the text "starke Gasentwicklung".

## Auswertung

Welche Nebenwirkung folgt aus der Einnahme eines Medikaments mit einer hohen Gasentwicklung?

Nennen Sie das Medikament, welches Sie bei Sodbrennen empfehlen würden. Begründen Sie Ihre Entscheidung.

## Information

### Der Weg vom Labor in die Apotheke



Ein Wirkstoff muss verschiedene Stationen durchlaufen, um auf den Markt zu kommen. Er muss sich verschiedenen Tests, Qualifikationskontrollen und prüfenden Blicken von Experten stellen.

#### **Was ist hierbei zu beachten?!**

Die Kunst der richtigen Verpackung - für jeden Patienten die richtige Form:

Warum werden manche Wirkstoffe als Tablette geschluckt und andere als Lösungen gespritzt?

Expert\*innen aus dem Fachgebiet der Formulierungstechnik wissen, wie man Wirkstoffe so „verpackt“, dass sie nicht bitter schmecken, im Magen nicht zerstört werden, rasch aus dem Darm ins Blut gelangen, in der Leber nicht sofort abgebaut werden und im besten Fall lange wirken.

Ohne diese Kunst gäbe es nur Wirkstoffe aber keine Medikamente.

Das Fachgebiet dieser Formulierungstechnik heißt Galenik – benannt nach dem griechischen Arzt Galenos von Pergamon (131 – 201 n. Chr.). Dieser praktizierte vor mehr als 1.800 Jahren in Rom und soll schon damals das Ziel verfolgt haben, Arzneistoffe in die passende Form zu bringen. Je nach Verpackung gelangt ein Wirkstoff auf unterschiedlichen Wegen und mal schneller oder langsamer in den Körper.

Es gibt eine Vielzahl von Darreichungsformen für Arzneimittel. In welcher Form ein Arzneimittel eingenommen werden soll, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

**Wie sind sie chemisch-physikalischen Eigenschaften des Wirkstoffes?**

**Wie schnell soll das Arzneimittel wirken?**

**Wie lange soll es wirken?**

**Wo soll es wirken?**

**Wer nimmt es ein?**

**Aufgabe:** Ordne die Eigenschaften den verschiedenen Darreichungsformen zu.



Brausetablette

Diese Darreichungsform liefert die Substanz direkt in den Blutkreislauf, da der Wirkstoff in Flüssigkeit gelöst ist. Sie kommt bei Substanzen, die im Magen oder Darm sonst zerstört werden zum Einsatz.

Inhalator

Liefert die Substanz direkt in den Blutkreislauf in einer süßen und klebrigen Form, der Wirkstoff ist bereits in Flüssigkeit gelöst. Für Substanzen, die im Magen oder Darm sonst zerstört werden.

Salben oder Cremes

Diese Darreichungsform eignet sich gut, wenn die Einnahme von Arzneimitteln zum Beispiel durch Erbrechen oder Schluckstörungen erschwert ist oder Nebenwirkungen bei oraler Aufnahme auftreten.

Zäpfchen

Das Arzneimittel kommt bereits in gelöster Form im Magen an, es darf nicht offen aufbewahrt werden.

Tropfen

Eine Darreichungsform, die sich insbesondere zur Anwendung am Auge oder Ohr, aber auch zum Einnehmen eignet.

Sirup

Sie werden vor allem bei Hauterkrankungen genutzt, haben meist einen Fettanteil und können eine kühlende Wirkung haben.

Tabletten

Kommt bei Arzneimitteln zum Einsatz, die direkt in der Lunge wirken sollen.

Kapseln

Arzneimittel für Kinder gibt es oft in dieser Form.

Infusionen

Die Hülle besteht meist aus Gelatine, wird im Magen oder Darm aufgelöst und gibt den Wirkstoff frei.

Spritze

Gibt es in verschiedenen Formen und Größen, einfach herzustellen, lange haltbar, ein oder mehrere Wirkstoffe mit Hilfsstoffen vermischt und gepresst.

## Information



# Der Weg eines Wirkstoffs durch den Körper

### Freisetzung

Damit sich im Magen genügend Flüssigkeit befindet, in der die Tablette zerfallen kann, sollte eine Tablette immer mit Wasser eingenommen werden. Besonders bei Schmerztabletten, die können eine stumpfe Oberfläche haben. Sonst besteht die Gefahr, dass die Tablette in der Speiseröhre hängenbleibt. Wenn der Wirkstoff instabil gegenüber Magensäure ist, kann ein spezieller Überzug die Tablette vor zu frühem Zerfall schützen: Die Substanz wird dann erst nach der Magenpassage im neutralen oder leicht alkalischen Milieu des Dünndarms freigesetzt.

Entscheidend für die Form ebenso wie für die Dosierung eines Arzneimittels ist dessen Weg durch den Organismus. Manche Wirkstoffe gelangen schon über die Mundschleimhaut in den Blutkreislauf, die meisten allerdings erst im Magen oder Darm. Die Pharmakokinetik – wie diese Wissenschaft genannt wird – beschreibt, was der Organismus mit einem Arzneimittel tut. Zur Pharmakokinetik gehören die Aufnahme (Resorption) des Wirkstoffs, die Verteilung (Distribution) im Körper, der Metabolismus – also der biochemische Um- und Abbau – sowie die Ausscheidung (Elimination).

Liegt ein Arzneimittel in Tablettenform – und nicht bereits in gelöster Form – vor, muss der Wirkstoff zusätzlich noch freigesetzt werden, ehe er über die Mundschleimhaut oder über Magen oder Darm in die Blutbahn gelangen kann.

Zirkuliert der Wirkstoff erst einmal im Blut, beginnt die Verteilung im ganzen Körper. Der Wirkstoff wird an verschiedenen Orten im Organismus um- und abgebaut. Dabei verfolgt der Körper immer ein Ziel: den Stoff oder eines seiner Stoffwechselprodukte – auch Metabolite genannt – aus dem Körper auch wieder auszuschleiden. Das geschieht in der Regel über die Niere und den Urin. Geringere Teile gelangen über die Gallenflüssigkeit in den Dünndarm und werden mit dem Stuhl ausgeschieden. Alle Vorgänge zusammen halten das physiologische Gleichgewicht des Organismus aufrecht. So führen sie einerseits dem Organismus Stoffe zu, stellen zugleich aber andererseits sicher, dass die Stoffe aus dem System entfernt werden.

### Resorption

Je nach Darreichungsform variiert auch die Aufnahme des Arzneistoffs in die Blutbahn: Bei Tabletten, Kapseln und Säften geschieht dies vor allem über die Schleimhäute des Magen-Darm-Trakts. Salben, Cremes und Wirkstoffpflaster dagegen nutzen zum Beispiel den Transport über die Haut. Die Resorption ist nicht nur abhängig von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Wirkstoffs selbst, sondern auch von

verschiedenen Faktoren wie der Größe der Resorptionsfläche, der Durchblutung und der Kontaktzeit. Voraussetzung dafür, dass ein Stoff resorbiert werden kann, ist, dass er in echter Lösung vorliegt. Außerdem muss der Wirkstoff in der Lage sein, biologische Membranen zu durchdringen. Durchfallerkrankungen zum Beispiel können aufgrund der nur kurzen Verweildauer des Wirkstoffs im Magen-Darm-Trakt die Resorption und damit die Wirkung eines Arzneimittels vermindern.

Wie und wo sich ein Wirkstoff verteilt, hängt ab von der Löslichkeit der Substanz, aber auch von ihrer chemischen Struktur und ihrem Bindungsvermögen an Plasmaproteine oder Gewebeproteine, die die Substanzen gezielt an ihren Wirkort liefern können. Manche Membranen sind unüberwindbare Hindernisse: Nur schwer zu durchdringen sind beispielsweise die Hirnkapillaren. Mediziner sprechen hier von der Blut-Hirn-Schranke.

### **Metabolismus**

An den verschiedenen Orten im Körper unterliegt der Arzneistoff unterschiedlichen biochemischen Um- und Abbauprozessen, die alle zusammen als Metabolismus oder Biotransformation bezeichnet werden. Hauptort dieser Umwandlungen ist die Leber: Beim ersten Durchgang durch die Leber werden viele Arzneistoffe so tiefgreifend in ihrer Struktur verändert, dass sie ihre Wirksamkeit teilweise total einbüßen. Aber es gibt auch Metabolisierungsreaktionen im Darm, in der Lunge und im Blut. Hier kann es auch zu Wechselwirkungen zum Beispiel mit anderen Arznei- oder Lebensmitteln kommen. Inhaltsstoffe von Grapefruitsaft zum Beispiel blockieren ein Enzym im Darm und können dadurch den Abbau von Medikamenten entscheidend verzögern.

Alle metabolischen Reaktionen haben in der Regel ein Ziel: die Ausscheidung aus dem Körper zu verbessern. In der Regel reduzieren Oxidationsreaktionen, Reduktionsreaktion und Hydrolysen so die Wirkung eines Arzneimittels. In manchen Fällen kommt es aber auch zu einer Wirkverstärkung oder gar zum Umbau in Stoffwechselprodukte mit anderer Wirkung. Die Folge: unerwünschte Nebenwirkungen. Andere Substanzen wiederum werden durch bestimmte Stoffwechselreaktionen erst in ihre wirkungsvolle Form umgewandelt.

### **Elimination**

Die Ausscheidung eines Arzneistoffs bzw. seiner Stoffwechselprodukte erfolgt zum Großteil über die Nieren und den Urin (renale Ausscheidung). Ein geringer Teil wird über die Gallenflüssigkeit in den Dünndarm und somit über den Stuhl (Fäzes) ausgeschieden.

## Zusatzinformation: Wie alles anfing...



### Die Geschichte der Arzneien

Die Geschichte der Arzneien ist mit den Ursprüngen der Menschheitsgeschichte eng verknüpft.

Die Kenntnis über die Wirkung von Arzneien beruht auf Beobachtung, Zufall und Erfahrungen. Die älteste überlieferte Rezeptesammlung ist rund 5000 Jahre alt. Die ersten Medikamente waren größtenteils Pflanzen und Heilkräuter. Arzneistoffe wurden aber auch aus tierischen und mineralischen Stoffen gewonnen. Professionelle Arzneizubereitungsstätten - die ersten Apotheken - waren Hospitälern im Nahen Osten angegliedert, etwa im 9. Jahrhundert nach Christus, und zwar in Bagdad, dem heutigen Irak.

In der Antike und im Mittelalter gab es grundsätzlich zwei zentrale Stätten der Arzneimittelzubereitung: die ärztliche Praxis und der Haushalt. Ärztliche Rezepte beruhten meist auf Mitteln, die auch im Haushalt eine wichtige Rolle spielten – etwa Honig, Wein und Milch. So bildete sich neben der gelehrten Medizin auch eine Volksmedizin heraus. Besonders Mönche sorgten mit ihrer medizinischen Erfahrung für die Fürsorge der Menschen mit Substanzen und Heilkräutern, die sie selbst zubereiteten und kultivierten. Sie waren gleichzeitig Ärzte und Apotheker. Erst im Spätmittelalter kam es zur Trennung zwischen dem heilenden Arzt und dem Apotheker als Hersteller der Heilmittel, der Arzneien.

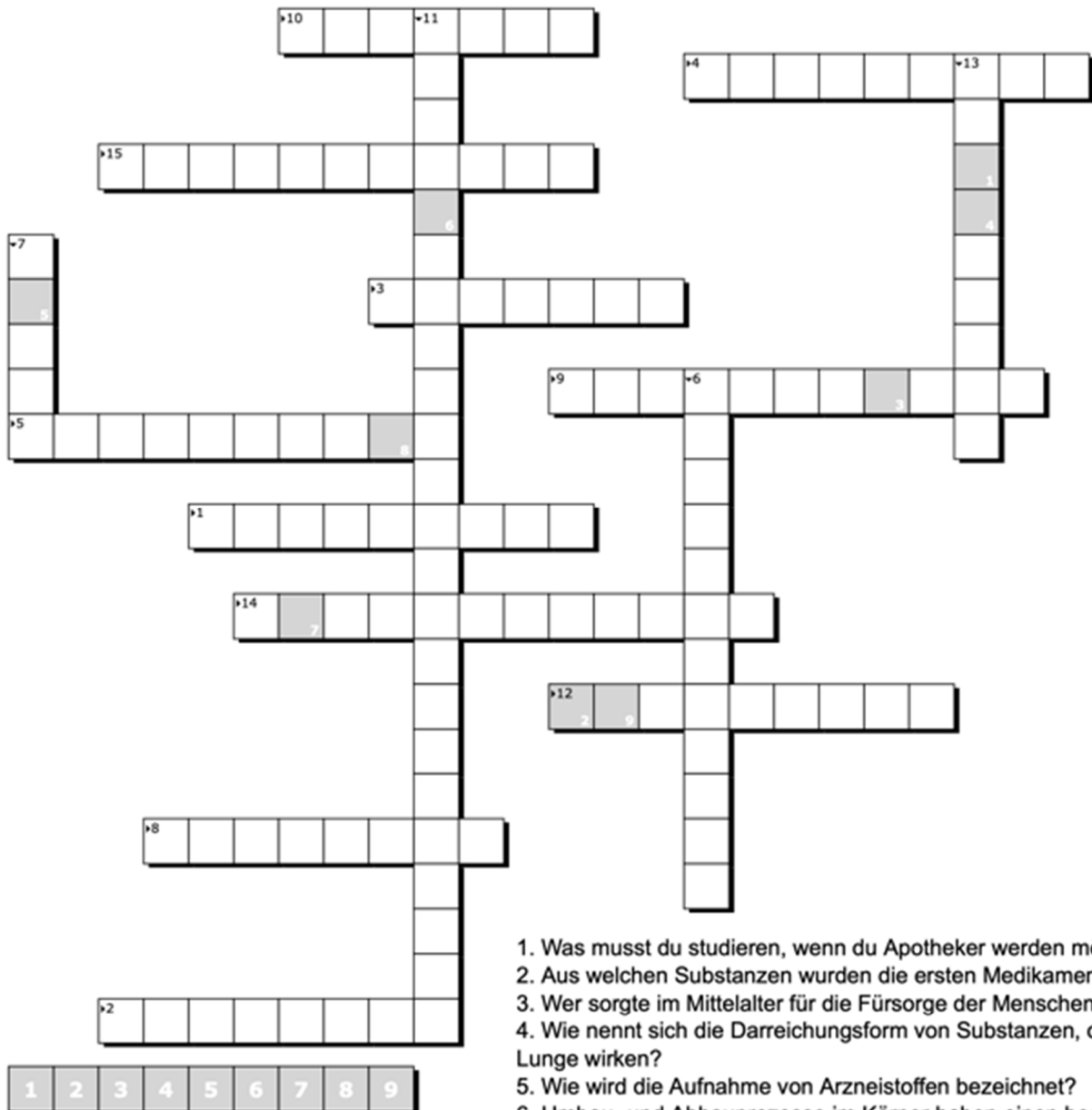
### Literatur

Bayer AG. (2011). Galenik. Die Chemie der Medikamente. Abgerufen unter <https://www.research.bayer.de/de/unterrichtsmaterialien-galenik.pdf>

Delvaux de Fenffe, G. (2018). Geschichte der Arzneien. Abgerufen unter <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/medizin/pharmaindustrie/pwwbarzneimittelgeschichte102.html>

ABDA. (o.D.). Der Weg eines Arzneimittels im menschlichen Körper. Abgerufen unter [https://www.abda.de/fileadmin/assets/pdf/LAY\\_ABDA\\_Broschuere\\_03.pdf](https://www.abda.de/fileadmin/assets/pdf/LAY_ABDA_Broschuere_03.pdf)

## Quiz – Teste dein Wissen



1. Was musst du studieren, wenn du Apotheker werden möchtest?
2. Aus welchen Substanzen wurden die ersten Medikamente hergestellt?
3. Wer sorgte im Mittelalter für die Fürsorge der Menschen?
4. Wie nennt sich die Darreichungsform von Substanzen, die direkt in der Lunge wirken?
5. Wie wird die Aufnahme von Arzneistoffen bezeichnet?
6. Umbau- und Abbauprozesse im Körper haben einen bestimmten Namen – wie heißt dieser?
7. Welches Milieu herrscht im Magen?
8. Wie heißt die am häufigsten verwendete Darreichungsform von Arzneimitteln?
9. Wie wird der Prozess der Ausscheidung genannt?
10. Das Fachgebiet der Formulierungstechnik, die sich um die Verpackung von Arzneimitteln kümmern, nennt man?
11. Wie definiert LEWIS Säuren?
12. Phenolphthalein ist ein?
13. Wie heißt das Verfahren, um die molare Masse von einer Schmerztabelle zu bestimmen?
14. Wie heißt die Verteilung eines Wirkstoffs im Körper?
15. Was muss im Magen vorhanden sein, damit sich eine Tablette gut lösen kann?