



Dechemax  
Chemie-Wettbewerb  
2020/21  
MINT trifft Muse

Team Antimon



## Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Eingefärbte Teelichter .....	4
Material .....	4
Durchführung .....	4
Beobachtung .....	6
Deutung: .....	8
Teil 2: Wachs Uhr .....	9
Material .....	9
Durchführung .....	9
Beobachtung: .....	11
Deutung: .....	12
Teil 3: Wecker aus Wachs .....	13
Material .....	13
Durchführung .....	13
Beobachtung .....	15
Deutung .....	15
Trick: .....	15
Video .....	16
Fragen zu den Versuchen .....	17
Frage 1: .....	17
Frage 2: .....	17
Frage 3: .....	18
Frage 4: .....	18
Frage 5: .....	18
Frage 6: .....	23
Frage 7: .....	24
Frage 8: .....	25
Frage 9: .....	27
Frage 10: .....	27
Frage 11: .....	27
Frage 12: .....	28
Frage 13: .....	28
Frage 14: .....	29
Frage 15: .....	29
Frage 16: .....	30
Quellen .....	32
Quellen der Aufgaben: .....	32
Bildquellen .....	33

**DECHEMAX-Schülerwettbewerb 2020/2021**

Teamname: \_\_\_\_\_

Teamleiter: \_\_\_\_\_

Klassenstufe (Durchschnitt): \_\_\_\_\_



**Hat sich euer Team gegenüber der ersten Runde verändert – sind neue Mitglieder dazu gekommen oder hat jemand das Team verlassen? Bitte stellt sicher, dass eure Teamangaben korrekt und aktuell sind. Sie sind wichtig für eure Urkunde.**

☐ **Nein, keine Veränderung**☐ **Ja, unser Team besteht jetzt aus folgenden Mitgliedern:**

Teamleiter: \_\_\_\_\_

2. Mitglied: \_\_\_\_\_

3. Mitglied: \_\_\_\_\_

4. Mitglied: \_\_\_\_\_

5. Mitglied: \_\_\_\_\_

**So können wir eure Protokolle am besten bewerten:**

Schickt uns die Protokolle bitte **per Post**, es gilt das **Datum des Poststempels**. Einsendeschluss ist der **30. März 2021**. Bitte verwendet keine Schnellhefter, Klarsichtfolien oder ähnliches, sondern tackert die Blätter einfach zusammen.

**Füllt bitte dieses Deckblatt aus und heftet es vor euer Protokoll!**

Am besten beschreibt oder bedruckt ihr die Blätter beidseitig, das spart euch Papier und Porto. Weitere Informationen zu den Protokollen findet ihr auch in unseren FAQs unter <http://dechemax.de/faq>.

Ob euer Protokoll bei uns eingegangen ist, erfahrt ihr in eurem Teambereich oder unter [www.dechemax.de/protokolle](http://www.dechemax.de/protokolle).

**Bitte dokumentiert eure Versuche mit Fotos!**

# Teil 1: Eingefärbte Teelichter

Auf herkömmliche Weise werden Teelichter in der Industrie mit synthetischen Farbstoffen eingefärbt, weil diese günstiger und „stärker“ im Farbton sind als die natürlichen Farbstoffe. Allerdings ist es auch möglich Teelichter und andere Stoffe/ Produkte, wie z.B. Jeans mit natürlichen Farbstoffen zu färben. Diese Farbstoffe sollen jedoch keine so starke Farbe haben und noch einige andere Nachteile gegenüber den synthetischen Farbstoffen aufweisen. Um das zu testen, haben wir ein paar Teelichter mit Farbstoffen wie Kurkuma eingefärbt.

## Material

- Teelichter
- Farben:
  - Paprikapulver (spanische Paprika)
  - Kurkuma
  - Acai-Beeren Pulver
  - Zimt
  - Grüne Kreide
  - Paprikapulver (edelsüß)
  - Spirulina Algen
- Einmachglas
- Topf
- Herd
- Untersetzer
- Heißes Wasser
- Sushi Stäbchen



Abbildung 1 Teile der benötigten Materialien und Werkzeuge

## Durchführung

1. Zuerst haben wir Die Teelichter aus ihrer Hülle genommen und den Docht entfernt. Wir haben dann ein Teelicht in ein Einmachglas gegeben, das bereits in 2 cm hohem, heißem Wasser stand und es darin geschmolzen. Nach etwa 5 Minuten war das Wachs geschmolzen.

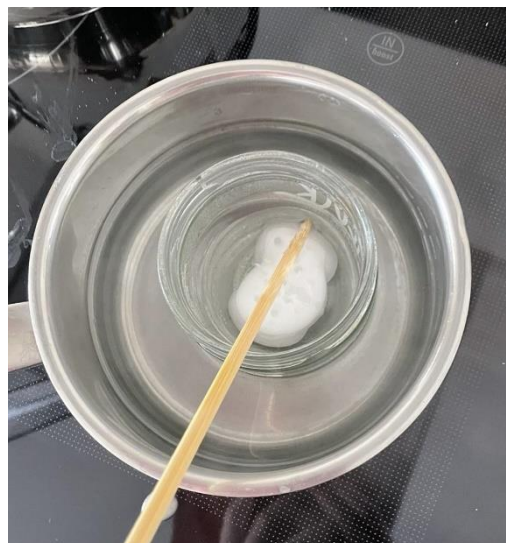


Abbildung 2 Das Wachs wird geschmolzen



2. Daraufhin haben wir Das Einmachglas aus dem Topf genommen, abgetrocknet und auf einen Untersetzer gestellt, damit wir das Farbpulver hinzufügen konnten. Immer jeweils einen halben Teelöffel und dann mit einem Sushi Stäbchen vermengt.



Abbildung 3 Das flüssige Wachs wird mit Paprikapulver vermischt

3. Schließlich haben wir den Docht wieder in die Schale gestellt und das Gefäß bis zur Hälfte mit Wachs gefüllt. Als es dann nach etwa 2 Minuten hart wurde, haben wir den Rest Wachs drauf gekippt. Das haben wir mit 7 verschiedenen Stoffen gemacht (Paprikapulver (edelsüß), Paprikapulver (spanische Paprika), Kurkuma, Acai-Beeren Pulver, Zimt, Grüne Kreide, Spirulina).



Abbildung 4 Drei Kerzen, gefüllt mit flüssigem Wachs

4. Später haben wir jede Kerze angezündet und brennen lassen, bis sie ausgegangen oder runtergebrannt sind.

Anmerkung:

Wir haben bei den ersten Kerzen, die wir hergestellt haben, ein wenig viel Wachs geschmolzen und eingefärbt, daher haben wir 3 mit Kurkuma eingefärbten Kerzen.

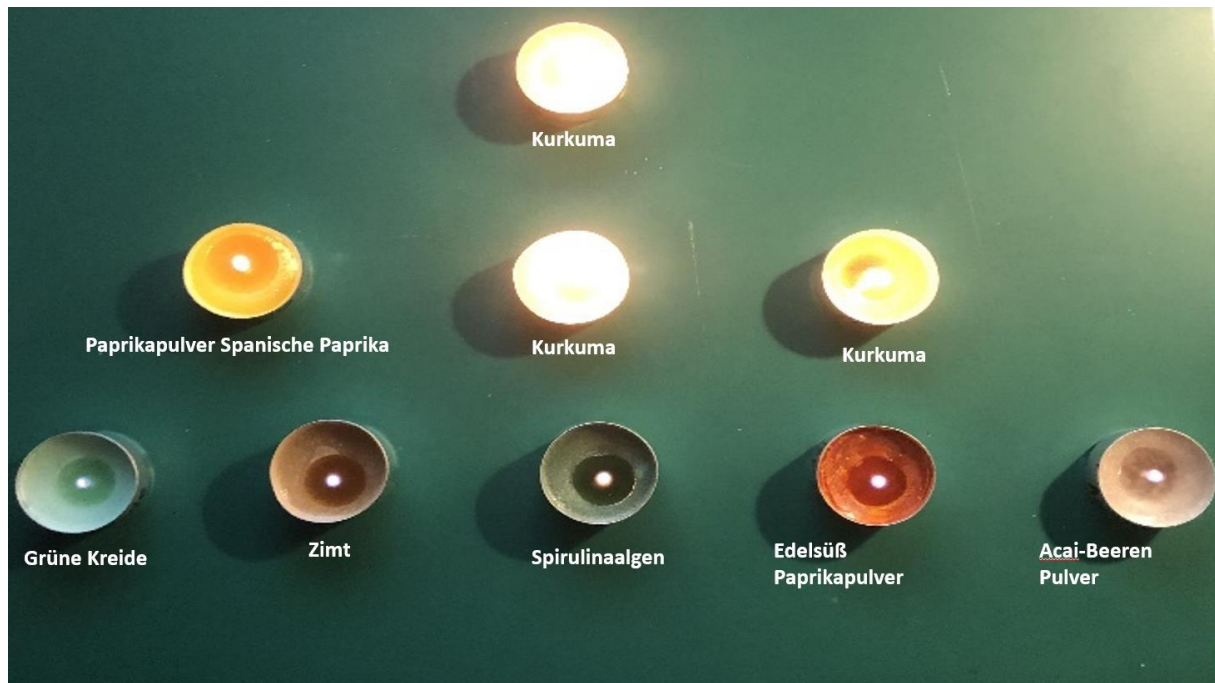


Abbildung 5 Alle eingefärbten Kerzen (siehe Beschriftung) und deren Flammengröße

### Beobachtung

Bei unserem Versuch haben wir die Farbänderung am Anfang beobachtet, wie Das Wachs flüssig als auch fest ausgesehen hat:

Tabelle 1 Brennverhalten der verschiedenen Kerzen

Farbstoff	Geruch beim Verbrennen	Brenndauer
Paprikapulver (Pimentón de la Vera)	Rauch und Paprikapulver	nach 10 min aus
Kurkuma	nichts	nach 20 min runter gebrannt
Acai-Beeren Pulver	nichts	nach 5 min aus
Zimt	verbrannter Zimt	nach 5 min aus
Grüne Kreide	nichts	nach 2 min aus
Viel Paprikapulver (edelsüß)	Paprikapulver	nach 10 min aus
Spirulina Algen	Zigaretten	nach 5 min aus

*Tabelle 2 Farbänderungen bei unterschiedlichen Aggregatzuständen*

<i>Farbstoff</i>	<i>Farbe vom flüssigen Wachs</i>	<i>Farbe vom festen Wachs</i>
Paprikapulver (spanische Paprika)	Transparent, Blassgelb	Blassgelb
Kurkuma	Transparent Gelb	Gelb Orange
Acai-Beeren Pulver	Schwarz nicht transparent	Lila => Lila-Grau
Zimt	Dunkelbraun	Hellbraun
Grüne Kreide	Dunkelgrün nicht transparent	Milchig grün, etwas dunkler als die Kreide vorher
Paprikapulver (edelsüß)	Dunkelorange	Rot (Tomatensuppenfarbig)
Spirulina Algen	Dunkelgrün nicht transparent	Dunkelgrün

Nachdem das Wachs etwas gehärtet ist, bilden sich weiße Punkte an der Oberfläche und auch im Rest des Waxes. Das tritt bei sämtlichen Teelichtern auf. Diese sind allerdings nach dem Anzünden der Kerzen verschwunden.



*Abbildung 6 Die Kerze mit grüner Kreide, fest, mit gebildeten Bläschen*



*Abbildung 7 Kurkuma Kerze, fest, deutlich zu sehen sind die weißen Punkte*

Ebenfalls konnten wir beobachten, dass sich bei dem Teelicht mit Paprikapulver edelsüß ein Orangefarbener Schaum auf der Oberfläche gebildet hat. Die anderen Teelichter hatten keine weiteren Auffälligkeiten.



Abbildung 8 mit Paprika  
(edelsüß) gefärbte Kerze

Deutung:

Tabelle 3 Deutung des Verbrennungsprotokolls zu den verschiedenen Stoffen

<b>Farbstoff</b>	<b>Deutung</b>
Paprikapulver (Pimentón de la Vera)	Paprikapulver ist Feuchtigkeit anziehend, müsste jedoch eigentlich brennen, aufgrund des hohen Fettgehalts. (Siehe Aufgabe 15)
Kurkuma	Kurkuma enthält bis zu 5% ätherische Öle, diese sorgen dafür, dass die Kerze besser brennt,
Acai-Beeren-Pulver	Acai-Beeren enthalten Antioxidantien
Zimt	Zimt enthält Antioxidantien.
Grüne Kreide	Kreide besteht entweder aus Calciumcarbonat oder Calciumsulfat. Beide können nicht weiter oxidieren und behindern somit den Brand.
Paprikapulver (dulce/ dolce / doux)	Paprikapulver ist Feuchtigkeit anziehend, müsste jedoch eigentlich brennen, aufgrund des hohen Fettgehalts. (siehe Aufgabe 15)
Spirulina Algen	Spirulina Algen enthalten Antioxidantien.

#### Antioxidantien

Wie man vom Namen her schon vermuten kann, halten Antioxidantien eine Oxidation auf. Bei Feuer handelt es sich um eine exotherme Oxidation, bei der die Energie als Licht und Wärme abgegeben wird. Acai-Beeren, Zimt, Paprikapulver, Spirulinaalgen und Kurkuma enthalten Antioxidantien. Kurkuma enthält zwar auch Antioxidantien, jedoch enthält es ja auch ätherische Öle, die dafür sorgen, dass die Kerze trotzdem gut brennt.



## Teil 2: Wachs Uhr

Die Wachs Uhr ähnelt stark einer Paradoxen Sanduhr. Die kleinen Plastikteile einer solchen Sanduhr, schwimmen ebenfalls in einer Flüssigkeit aus Wasser und Glycerin, haben allerdings kleine Plastikkugeln anstatt kleine Wachskugeln. Bei einer herkömmlichen Sanduhr fließt der Sand von oben nach unten, aber bei einer paradoxen, oder einer Wachs Uhr, fließen die Kügelchen von unten nach oben. Das liegt an der geringen Dichte der Kugeln. Um dem weiter nachzugehen, haben wir eine solche Paradoxe Sanduhr nachgebaut, nur mit Wachs, statt Plastik.

### Material

- 5 Teelichter
- 5 verschiedene Farben Kreide (gemörsert)
- 2 Einmachgläser
- Heißes Wasser
- 2 Kunststofffläschchen (200ml)
- Cutter Messer
- Feuerzeug
- Heißkleber
- Glycerin (200ml)
- Untersetzer
- Sushi Stäbchen

### Durchführung

1. Zuerst haben wir 5 Teelichter einzeln in einem Topf mit kochendem Wasser eingeschmolzen und sie daraufhin mit zuvor verpulverten Kreiden eingefärbt.



Abbildung 9 Wachs wird in einem Einmachglas geschmolzen

2. Das Wasser aus dem Topf haben wir dann auf ca. 70° C abkühlen lassen und dann zu dem heißen Wachs in dem Einmachglas gegeben, den Deckel drauf geschraubt und angefangen zu schütteln. Bei diesem Vorgang sollten sich kleine Kügelchen aus Wachs bilden. Dieser Vorgang hat sehr lange gedauert, da das erst eintritt, wenn das Wasser etwas kälter ist. Daher sind wir zum Schütteln nach draußen gegangen (ca. 8°C). Das Wasser ist mit der Außentemperatur etwas schneller abgekühlt und die Wachskügelchen haben sich schneller gebildet. Bei dem grün gefärbten Wachs haben wir Wasser von der Temperatur 50° - 60°C gegeben, das hat zwar den Vorgang beschleunigt, jedoch haben sich so größere Kügelchen gebildet als bei den anderen.



Abbildung 10 Rotes Wachs, im Wasser, vor dem Schütteln



Abbildung 11 Blaues Wachs kurz vor dem Ende, des Schüttelns



Abbildung 12 Grünes Wachs bei dem Schütteln (größere Brocken)

3. Wir haben das überschüssige Wasser in den Einmachgläsern dann mit Küchenpapier aufgesaugt und im Restmüll entsorgt. Die Wachskügelchen wurden in einen Kaffeefilter gegeben und mit Leitungswasser abgespült, damit in der fertigen Uhr die Farbe nicht abgegeben wird. Nach dem Abfließen des Wassers haben wir die Wachskügelchen auf einem Stück Küchenrolle trocknen lassen.



Abbildung 13 Wachs, das im Kaffeefilter ausgespült wird



Abbildung 14 Alle Wachskügelchen beim trocknen

4. Jetzt ging es darum das Gehäuse zu bauen. Dafür haben wir von zwei Kunststoffflaschen die Etiketten abgemacht und den zurückgebliebenen Kleber mit Nagellackentferner entfernt. Daraufhin haben wir ein Cuttermesser mit einem Feuerzeug erhitzt und einen Teil der Hälse der Flaschen abgeschnitten. Diese haben wir daraufhin mit einer Heißklebepistole zusammengeklebt, so dass keine Flüssigkeit durchdringen kann. Anschließend wurde das Cuttermesser erneut erhitzt und der Boden der oberen Flasche abgetrennt.



Abbildung 15 Das Gefäß wird mit Heißkleber zusammengeklebt



Abbildung 16 Der Boden wird mit einem erhitzten Messer abgetrennt

5. Anschließend haben wir die vollständig getrockneten Wachskügelchen in allen verschiedenen Farben in unser Gehäuse gefüllt, bis es zu  $\frac{1}{4}$  gefüllt war. Den Rest haben wir dann zur Hälfte mit Leitungswasser und zur anderen Hälfte mit Glycerin aufgefüllt.



Abbildung 17 Das Glycerin wird auf die Wachskugeln gegossen

6. Als letztes wurde der zuvor abgetrennte Boden wieder mit Heißklebe befestigt, ebenfalls so, dass keine Flüssigkeit auslaufen kann.
7. Zum Überprüfen haben wir die Wachs Uhr einige Male umgedreht, um zu sehen, ob sie dicht ist und ob sie funktioniert.

### Beobachtung:

Bei der Ausführung unseres Endergebnisses haben wir festgestellt, dass die Wachsuhr nicht wie eine normale Sanduhr, sondern eher wie eine Paradoxe Sanduhr funktioniert: Die Plastikkugeln, in diesem Fall die Wachskügelchen steigen beim Umdrehen der Uhr nach oben, sprich in die entgegengesetzte Richtung einer Sanduhr. Zudem haben wir später festgestellt, als wir wissen wollten, wie lang denn

unsere Uhr braucht, um einmal komplett durchzulaufen, dass es immer unterschiedliche Zeiten sind, bzw. dass man keine genaue Zeit bestimmen kann, nur eine ungefähre.

#### Deutung:

Da die Wachskügelchen eine geringere Dichte haben als die Wasser Glycerin Mischung, schwimmen sie an die Oberfläche. Aufgrund der Viskosität des enthaltenen Glycerins ( $1480 \frac{N \cdot s}{m^2}$ ) ist es für das Wachs schwieriger an die Oberfläche zu gelangen.

Viskosität bedeutet, wie zähflüssig der Stoff ist, der damit bezeichnet wird. Aufgrund der Viskosität von Glycerin ist dieses ein wenig zähflüssiger als das Wasser und ist somit ein sehr wichtiger Bestandteil der Wachsuhr, denn ohne würde das Wachs innerhalb weniger Sekunden an der Oberfläche angekommen sein.

Die Wachskugeln, die wir hergestellt haben, haben sehr unterschiedliche Radien, weshalb wir nicht eindeutig sagen können, wann die Uhr durchlaufen ist. Wenn z.B. eine größere Kugel zur selben Zeit mit einer anderen Kugel durch den schmalen Verbindungspunkt der beiden Flaschen gleiten, kann es dazu kommen, dass diese stecken bleiben.

Die unterschiedliche Größe erklären wir uns damit, dass man die Wachse unterschiedlich geschüttelt hat. Wenn man eine Pause macht, hat das Wachs mehr Zeit sich zu Verbinden und zu festigen und bildet somit größere Brocken (zwischen 1 und 3 Minuten).

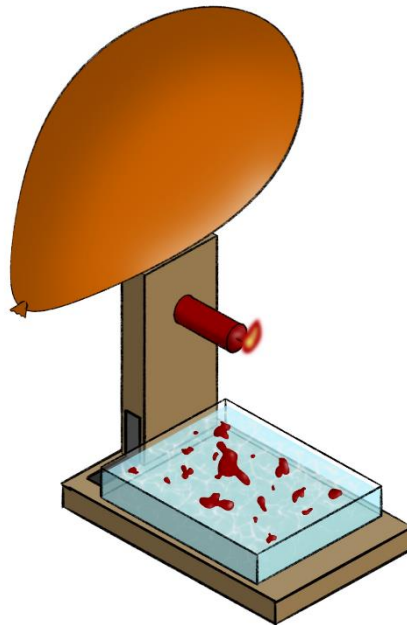


Abbildung 18 Die fertige Wachsuhr



## Teil 3: Wecker aus Wachs

Neben den vielen Strom oder Batterie betriebenen Weckern gibt es noch einige andere Methoden, um jemanden nach einem kleinen Nickerchen wieder aus dem Schlaf zu wecken. Da gäbe es zum Beispiel einen solarbetriebenen Wecker. Wir haben uns gefragt, ob es auch möglich ist einen Wecker herzustellen, der mit einer Kerze betrieben wird.



*Abbildung 19 Skizze des Weckers, den wir entworfen haben*

### Material

- 2 Holzplatten
- Bohrmaschine
- dünne Kerze
- Feuerzeug
- Luftballon
- Nagel
- Scharnier
- Säge
- Schleifpapier
- Feile
- Panzertape

### Durchführung

1. Zu Beginn haben wir ein Stück Holz zu den Maßen 7cmx20cm zugeschnitten, damit wir das Stück Holz richtig platzieren können. Daraufhin haben wir, um die Schnittstelle glatt zu machen, diese abgeschmirlgelt.
2. Das Brett wurde dann in eine Klemme gesteckt, damit es fokussiert ist, um anschließend mit einem Aufsatz, der den Durchmesser der Kerze besitzt, ein Loch hineinzubohren.



Abbildung 20 Das Brett mit dem Loch



Abbildung 21 Holzbrett mit einem Loch. An den Seiten sind Winkelverbinder angebracht

3. Seitlich an dem Holzstück haben wir dann mit ein paar Nägeln die Winkelverbinder anlangen und nicht breiten Seiten befestigt. Nachdem sie ordnungsgemäß befestigt waren, haben wir diese wieder mit Nägeln auf einem weiteren Holzstück befestigt. Jetzt sieht unser Aufbau etwa so aus:



Abbildung 22 Der fertige Aufbau, den man zusammenschrauben und nicht austauschen kann

4. Auf die Waagerechte Seite haben wir jetzt eine Plastikschaale mit Wasser gestellt, damit nachher das Wachs der Kerze hineintropfen kann. Dann die Kerze in das Loch gesteckt und zum Schluss den Ballon aufgepustet und mit Panzertape auf das Obere Brett geklebt.



*Abbildung 23 Komplette Aufbau, mit der abgebrannten Kerze*

5. Die Kerze wird dann angezündet und brennt runter. Sobald sie den Ballon erreicht hat, schmilzt die Flamme das Plastik und der Ballon explodiert. Dadurch wacht man auf.

### Beobachtung

Die Kerze wird angezündet. Die Flamme der Kerze zeigt senkrecht nach oben und brennt den Docht immer weiter runter. Das Wachs schmilzt und tropft in die Schale mit dem Wasser. Daraufhin wird es sofort hart und schwimmt an der Wasseroberfläche. Sobald die Flamme den Ballon erreicht hat, schmilzt die Hitze der Flamme das Latex des Ballons und er explodiert. Die ausgestoßene Luft hat einen gewissen Luftdruck, der die Kerze ausbläst.

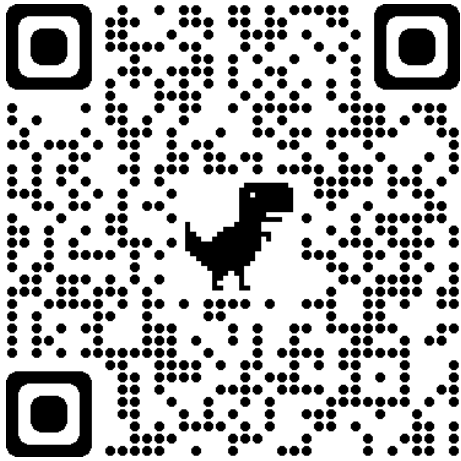
### Deutung

Sobald die Kerzenflamme unter dem Ballon ankommt, brennt sie ein Loch in die Ballonhaut, somit platzt der Ballon und sorgt dabei für einen lauten Knall. Die Luft im Ballon wärmt sich auf und dehnt sich somit aus. Dadurch entsteht ein immer größerer Druck im Ballon, der dafür sorgt, dass dieser platzt.

### Trick:

Wenn man den Wecker nochmal verwenden will, kann man das Wachs aus der Wasserschale nehmen, schmelzen und in eine Form mit einem Docht gießen, et voilà man hat eine neue Kerze und kann den Wecker beliebig oft benutzen. Je länger die Kerze, desto länger die Zeit, die der Wecker braucht, um loszugehen.

## Video



Wir haben ein Video aufgenommen, auf dem man sieht, wie der Wecker funktioniert. Das Video ist über den QR-Code, oder den Link erreichbar.

<https://www.youtube.com/watch?v=BYGO8V99fAA>



# Fragen zu den Versuchen

## Frage 1:

**Was macht eine Uhr aus uns wofür wir sie benutzt? Wie sahen die ersten Uhren aus, die vom Menschen verwendet wurden?**

Was macht eine Uhr aus und wofür wird sie verwendet? Eine Uhr misst eine Zeitspanne oder zeigt den aktuellen Zeitpunkt an, was nützlich ist, um zu wissen, welche Tageszeit es ist, oder um einen wichtigen Termin nicht zu versäumen.

Die ersten Uhren waren Schattenuhren 3000 v. Chr., erfunden von den Ägyptern. Diese Erfindung lässt sich zurückführen auf einfache Schattenstäbe, die 2400 v. Chr. auch in China bekannt waren. Danach kamen die Wasseruhren. Das waren die ersten Uhren, die nicht auf der Bewegung der Himmelskörper beruhten. Schließlich kamen die Kerzenuhren in China, Japan, England und Irak. Als nächstes gab es die Timesticks, auch Räucherstäbchenuhr genannt, aus Tibet und Indien. Schließlich wurden die Sanduhren in Teilen Europas eingeführt.



Abbildung 24 Schattenstäbe, Kerzenuhr, Wasseruhr und Schattenuhr

## Frage 2:

**Welche Vorteile bietet eine Wachsuhr (oder Sanduhr) gegenüber herkömmlichen Uhren?**

Die Wachs- oder auch die Sanduhr ist zwar nicht so langanhaltend (man muss sie umdrehen, damit sie weiter durchlaufen kann) wie eine herkömmliche Uhr, die mit Batterien oder sonstigem Strom betrieben werden, allerdings bietet sie auch einige Vorteile.

Unter anderem ist ein sehr großer Vorteil, dass die Wachs- und Sanduhren nicht mit Strom betrieben werden, sondern analog laufen. Man kann sie beliebig oft umdrehen und erneut benutzen, während man einer "normale" Uhr immer wieder die Batterien wechseln muss und damit mehr Geld ausgibt. Eine Sanduhr /Wachsuhr geht nicht nach der Zeit, da sie wie schon erwähnt nicht sehr lange läuft, wenn man sie nicht regelmäßig umdreht. Sie ist dazu da, um kleinere Abstände zu messen (5 / 10 /20 Minuten). Da ist ein Vorteil, dass die Uhr nicht plötzlich aufgrund technischer Fehler ausfällt.

Auf manche Leute wirkt das Rieseln des Sandes oder das Gleiten der Wachskugeln sehr beruhigend, weil man das Klicken der Uhr nicht mehr hört, oder weil man einfach zuschauen

kann, wie die Zeit langsam vergeht. Außerdem ist eine solche Uhr besser für Kinder zu lesen, die noch keine herkömmlichen Uhren verstehen.

#### Frage 3:

**Wieso teilen wir Zeit eigentlich nicht in 10er oder 100er Schritten ein, wie wir es z.B. beim Meter machen? 60 Sekunden für 1 Minute, 60 Minuten für 1 Stunde, 24 Stunden für 1 Tag. Das ist doch komisch, oder?**

Unsere heutige Zeiteinteilung geht größtenteils auf die Babylonier zurück. Deren Zahlensystem beruht auf der Zahl zwölf, da dieser eine religiöse Bedeutung zugesprochen wird. Aber wie kommt man von zwölf auf die 60, die unsere Zeiteinteilung repräsentiert? Die Babylonier teilten die Stunde in 60 Minuten ein, da die 60 ein Vielfaches von 12 ist.

Die Einteilung der Minute in 60 Sekunden fand erst Jahrhunderte später statt, als man in der Seefahrt eine genaue Zeiteinteilung benötigte. Schon wenige Sekunden konnten damals eine um einige Kilometer längere Reise bedeuten.

Die Zeiteinteilung von 24 Stunden am Tag sind auch auf die Babylonier zurückzuführen. Sie teilten es so zu, dass die Nacht und der "Lichttag" je zwölf Stunden haben sollen.

Das gute an der Zeiteinteilung in 60er Teile hat den Vorteil, dass 60 durch 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10 glatt und leicht teilbar ist und man somit auch z.B. Viertelstunden nutzen kann.

#### Frage 4:

**Wie ließe sich mit einer Kerze ein Wecker bauen? Skizziert eure Ideen**

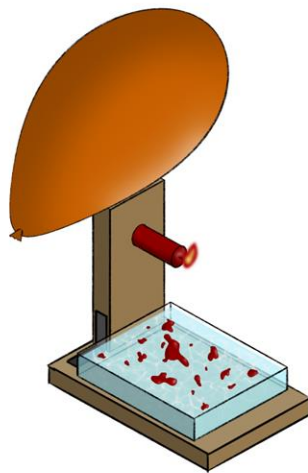


Abbildung 25 Skizze von unserem Wecker

Hier kann man eine Skizze unserer Idee, wie man einen Wecker bauen kann, der mit einer Kerze betrieben wird. Wir haben diesen Versuch nachgebaut und dazu ebenfalls ein Versuchsprotokoll angefertigt. Dieses ist auf Seite 13 zu finden.

#### Frage 5:

**Was ist Wachs und woraus besteht es?**

Da Wachse aus unterschiedlichen Kombinationen mehrerer Stoffe bestehen, gibt es keine eindeutige chemische Definition für Wachs - es gibt jedoch eine mechanisch-physikalische Definition. Laut dieser muss ein Wachs alle der folgenden Eigenschaften besitzen, um als Wachs eingestuft zu werden:

- bei 20° knetbar, fest bis brüchig hart

- grobe bis feinkristalline Struktur
- farblich durchscheinend bis opak, aber nicht glasartig
- schmilzt bei über 40° ohne Zersetzung
- stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit
- unter leichtem Druck polierbar.

Die häufigsten Anwendungen von Wachs sind in:

- Kerzen
- Imprägnierungen
- Polituren
- Skulpturen aus Wachs
- Kosmetik
- medizinische Produkte
- Fußboden- und Holzbeschichtung
- nur Bienenwachs: Lebensmittelzusatzstoff

Es gibt allerdings verschiedene Arten von Wachs. Neben den natürlichen, tierischen und fossilen Wachsen gibt es noch teilsynthetische und synthetische sowie Mikrowachse. Diese werden wie folgt definiert:

### Natürliche Wachse

Natürliche Wachse werden unterteilt in fossile und nicht-fossile Wachse. Diese werden zu den Lipiden gezählt. Sie bestehen aus Estern von Fettsäuren, den sogenannten Fettalkoholen, die langkettigen, aliphatischen, primären Alkoholen. Zudem enthalten diese Wachse ebenfalls langkettige und freie Carbonsäuren, Ketonen, Alkoholen und Kohlenwasserstoffen. Ein Beispiel einer solchen Wachssäure ist die Montanasäure, auch Octacosansäure ( $C_{28}H_{56}O_2$ ) genannt. Diese Wachssäuren gewinnt man meist durch die Extraktion, Reinigung und Bleichung (Oxidation).

Beim Aufbau einiger Naturwachse sind auch typische Fettsäuren wie Palmitin- und Stearinsäure beteiligt, daher gibt es keine genaue Teilung zwischen Wachssäuren und Fettsäuren. Aus diesem Grund können bei der chemischen Definition von Naturwachsen nicht immer diese oben definierten, mechanisch-physikalischen Eigenschaften erfüllt werden.

Hier noch eine kleine Definition, was Stearin ist (für das Verständnis):

Stearin ist ein Gemisch aus Stearin- und Palmitinsäure. Stearinsäure ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) ist eine Carbonsäure mit einem Schmelzpunkt von ca. 70°C. Sie ist eine schwache Säure, die durch die Verseifung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten hergestellt wird. Palmitinsäure ist eine organische schwache Säure mit einem Schmelzpunkt von ca. 63°C. Sie wird durch die Verseifung von Palmöl hergestellt.

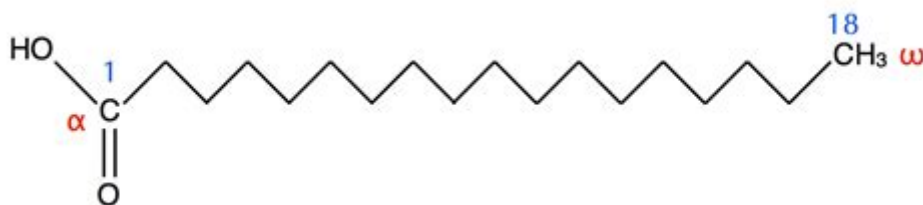


Abbildung 26 Strukturformel der Stearinsäure

### Tierische Wachse

Tierische Wachse sind solche wie Wollwachs, Chinawachs, Bienenwachs, Bürzeldrüsenfett allerdings auch Talg und weitere Insekten Wachse. Hier haben wir uns das Bienenwachs rausgesucht, um es näher zu definieren:

### *Bienenwachs*

Bienenwachs besteht aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen:

- 65% Myricin (langkettige Ester (hauptsächlich Palmitinsäuremyricylester))
- 12% Säuren wie Cerotinsäure und Melissinsäure
- 14% Alkane
- 1% Alkohole
- 6% Bienen Aromastoffe (variieren bei unterschiedlichen Bienenarten)

Bienenwachs wird von Honigbienen "ausgeschwitzt". Die Wachsplättchen sind eigentlich weiß, werden aber durch den Kontakt mit Blütenpollen gelblich, wie man sie kennt.

Eigentlich ist die Umweltbelastung von Bienenwachs durch den natürlichen Ursprung sehr gering. Das Problem ist, dass Bienenwachs meist aus China, Südafrika oder Südafrika importiert wird und somit eine Belastung für die Umwelt durch den Transport entsteht.

Allerdings gibt es auch eine Bakterie, die Wachs bilden kann. Das ist die sogenannten Mykobakterien, die eine äußere Hülle aus den Phthiocerolen, einem speziellen Wachs, bilden können.

### **Pflanzliche Wachse**

Unter pflanzlichen Wachsen versteht man z.B. eine Wachsschicht, die sich über Blätter und Früchte legen, um sie vor Wasserverlust zu schützen. Aber auch Wachse wie Candelillawachs, das aus verschiedenen Euphorbiaceae (Wolfsmilchgewächse) gewonnen wird, zählt zu den pflanzlichen Wachsen. Jojobaöl ist chemisch betrachtet allerdings auch ein pflanzliches, flüssiges Wachs, da es aus Triglyceriden besteht und somit kein fettes Öl ist. Auch dazu gehören Wachse wie Zuckerrohrwachs, Korkwachs, das Carnaubawachs der Carnauba-Wachspalme, und entgegen dem Namen auch Japanwachs (Beerenwachs).

Sojawachs und Rapswachs sind eigentlich perfekt, da sie aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und auch in nördlichen Gebieten angebaut werden können. Das Wachs ist aber nur unschädlich für die Umwelt, wenn die Rohstoffe so angebaut werden, dass sie unschädlich für das Klima sind. Dafür darf zum Beispiel kein Wald gefällt werden und die Rohstoffe sollten ohne Gentechnik, Pestizide und übermäßigen Düngereinsatz angebaut werden.

### **Mineralische/Fossile Wachse**

Zu den Mineralischen und Fossilen Wachsen zählen hauptsächlich Erdölwachse, geologische Wachse, fossilen Pflanzenwachse Torfwachs und Montanwachs (Braunkohlen-Derivat). Diese bestehen zum wesentlichen Teil aus Kohlenwasserstoffen. Petroleumdestillate, auch Erdöl-Derivate genannt, enthalten mikrokristallinen, normale Paraffine und mikrokristallines Wachs. Tankboden- und Röhrenwachse können hierbei auch aufgearbeitet werden. Hierzu zählen weich, Normal-, und Hartparaffine (mikrokristallin). Dabei ist es wichtig zu wissen, was Paraffine sind:



Bei Paraffin handelt es sich um ein Gemisch aus acyclischen Alkanen. Paraffin ist ein ungiftiger, eher reaktionsträger Feststoff. Es kann aus Erdöl oder Braunkohle hergestellt werden. Bei der Herstellung aus Erdöl wird Paraffin durch Schmierölschnitte der Vakuumdestillation hergestellt. Aus diesen wird durch Entparaffinierung Paraffingatsch hergestellt. Durch Entölung wird aus dem Paraffingatsch Rohparaffin. Bei der Herstellung durch Braunkohle wird mit dem Fischer-Tropsch-Verfahren synthetisches Paraffin hergestellt.

Zu den Tankboden- und Röhrenwachsen zählt auch das makrokristalline Wachs, und das Pertoleumwachs wird genannt. Petrolatum wird hier auch dazu gezählt. Es ist auch bekannt als Vaseline und wird für Kerzen und Schuhcreme verwendet.

Nochmal eine kurze Erklärung zu mikrokristallinem Wachs:

Mikrokristallines Wachs ist ein Wachs mit einer sehr feinen Kristallstruktur. Es besteht aus einer Mischung aus verschiedenen, langkettigen Kohlenwasserstoffmolekülen. Diese Art von Wachs wird in der Lebensmittelindustrie der Trennmittel und Überzugsmittel verwendet.

Erdöl hat nicht nur als Mikrokristallines Wachs eine sehr feine Kristallstruktur, sondern alle Erdöle haben eine solche Struktur.

### **Mikrowachse**

Mikrowachse sind mikronisierte Wachse, bei der die Partikelgröße bis zu einer Kornobergrenze von etwa 30 µm verkleinert wird. Diese werden, wenn sie zermahlen werden (Strahlmühle, Kaltmahlung), zu gebrochenen, unregelmäßigen Partikeln mit einer großen Oberfläche. Werden sie jedoch mit dem Schmelz-Dispersionsverfahren bearbeitet, werden sie zu überwiegend, regelmäßigen, zum Teil kugelförmigen Partikeln, mit kleiner Oberfläche. Die Mikrowachse können allerdings auch durch Zerstäuben (Sprühkühlung, PGSS-Verfahren) gebildet werden. Dann entstehen genau wie bei der vorigen regelmäßigen, überwiegend kugelförmigen Partikel, die eine kleine Oberfläche besitzen. Die letzte Möglichkeit, die man anwenden kann, um dieses Wachs herzustellen ist durch Perlpolymerisation. Wendet man diese an, so entstehen perlenförmige Partikel.

Mikrowachse werden anstelle von Wachspulvern und Wachsdispersionen in Beschichtungen eingesetzt, da die folgenden Eigenschaften vorhanden sind:

- Erzielung von Scheuerfestigkeit
- Kratzfestigkeit
- wasserabstoßender Effekte
- Mattierung
- Schleifbarkeit
- Verbesserung der Gleitfähigkeit

Diese Wachse werden aber auch in Druckerfarben verwendet.

### **Teilsynthetische Wachse**

Teilsynthetische Wachse kann man aus Naturwachsen gewinnen. Hier nimmt man häufig Montanwachs als Grundlage, dessen Zusammensetzung durch physikalische oder chemische Umwandlungen beeinflusst wird. Hier sprechen wir von Oxidation (Bleichung), Hydrierung, Veresterung, Verseifung und Amidierung.

Hierbei sind die Esterwachse die Umsetzungsprodukte langkettiger Wachssäuren mit einwertigen Fett- oder Wachsalkoholen. Diese sind Teil verseifte Esterwachse, voll verseifte Esterwachse und Emulgatoren haltige Esterwachse, wobei diese Wachse emulgatoren Gemische aus langkettigen Fettalkoholethoxilaten bestehen.

Bei den Amiden von Fett- und Wachssäuren und den Wachsalkoholen werden die Ester durch aliphatische oder aromatische Amide ersetzt. Diese natürlichen (Mono-, Bis-, Poly-) Pseudoesterwachse basieren auf Fettsäuren (Distearylethylendiamid (EBS) oder (EDS). Solche sind Stearinsäureamid, Behensäureamid, Erucasäureamid oder auch Ölsäureamid.

Zu den Carboxy-, Hydroxy- oder Carbonylgruppen als tragende Wachse gelten. Dazu zählen Säurewachse mit einem hohen Anteil an freien Carbonsäuren, Alkoholwachse (auch Lanette-Wachse) bei der die OH-Zahl bildende Komponente vorherrscht, Ketonwachse mit überwiegender Carbonylzahl bildenden Komponente und die Etherwachse.

Weitere Teilsynthetische Wachse sind:

- Phthalimid Wachse
- Chlorkohlenwasserstoff-wachse
- Phenoxy-Derivate
- Terphenyl-wachse (nicht substituierte Kohlenwasserstoffe; phenylsubstituierte Diphenyle)
- wachsartige Derivate der Bernsteinsäure
- wachsartige Phenoxy-Derivate
- Alkyl-Phenoxy- und Diphenoxy-Verbindungen

Auch aus verschiedenen Pflanzenölen z. B. Sojaöl, Rapsöl, Rizinusöl können durch Hydrierung bzw. Fetthärtung bei Sojawachs, Rapswachs, Rizinuswachs hergestellt werden.

### **Synthetische Wachse**

Synthetische Wachse, auch Kohlenwasserstoffwachse oder Hydrocarbonwachse genannt, werden durch Verfahren wie Polymerisation (Hoch-, Mittel-, oder Niederdruckpolymerisation), Kondensation oder aus dem Addieren von Wachsen, die Syntheseprodukte enthalten, gewonnen. Allerdings sind die am häufigsten verwendeten Verfahren zur Gewinnung durch Erdöl oder Braunkohle. Zudem unterscheiden sie sich stark von den natürlichen Wachsen. Sie haben einen höheren Schmelzpunkt und werden somit für Imprägnierungen und Dichtungsmittel verwendet.

Bei den Synthetischen Wachsen gibt es ebenfalls unterschiedliche Varianten:

(Polyethylen, Copolymere), Polyolefin-Wachse:

- Polyethylenwachs (polar und unpolar)
- oxidierte HD-PE Wachse
- polare PE-Wachse → durch Suspensionsoxidation aus HD-PE Kunststoff hergestellt
- EVA-Wachse (aus dem Kunststoff Ethylen-Vinylacetat-Copolymer und Polypropylenwachs)
- Polyester-wachse
- Polyethylenglycol-wachse (PEG, Carbowachs)
- PTFE-Wachse

- Fluor-Wachse → Skiwachs.

Die Fischer-Tropsch-Wachse sind ebenfalls synthetische Wachse, die aus FT-Paraffinen oder aus Hartwachs und Medium wachs bestehen. Diese wiederum bestehen aus Erdgas und zählen somit auch zu den Fossilen Wachsen, die aus Erdgas, Biomasse und Kohle gewonnen werden. Diese Fischer-Tropsch-Wachse werden für verschiedenste Anwendungen genutzt.

Synthetische Wachse haben jedoch auch weitere flüssige Wachse, wie die synthetischen Fettsäureester Myristinsäureisopropylester, Isopropyleoleat und Oleyoleat.

Diese Wachse werden unter anderem in der Herstellung für Lippenstifte verwendet, da sie den Lippenstift festigen und vor dem Austrocknen bewahren.

#### Frage 6:

##### **Bienen und Pflanzen benutzen Wachs – aber wofür?**

##### **Pflanzen:**

##### Cuticula

Die Cuticula ist eine mit Wachs imprägnierte Schicht auf den Blättern, die als Verdunstungsschutz, also zum Senken der Transpiration dient. Zudem schützt sie die Pflanze vor Schädlingen. Ohne diese schützende Schicht auf den Blättern würden diese absterben. Die Schutzschicht wächst mit der Pflanze mit, sprich wenn die Pflanze größer wird, wird auch die Wachsschicht größer, so dass das die komplette Pflanze abgedeckt wird.

Sobald die Cuticula stärker wächst als die Epidermis, kommt es zur Cuticularfältelung. Das führt zu einer schlechten Benetzbarkeit der Pflanze, dadurch perlt das Wasser direkt ab (die Wachsschicht ist hydrophob) und Viren, Bakterien und Sporen werden abgewaschen. Außerdem ist dieser Wachsüberzug dazu dienlich für die Gattung der karnivoren Pflanzen, um Tieren eine Falle zu stellen.

Ebenfalls nützlich ist diese Wachsschicht, da sie eine physische Barriere für Insekten ist. Zudem beeinflusst das Wachs, wie gut sich Pilze und Bakterien an der Pflanze haften können, ohne runterzurutschen. Lange und weniger dicht angeordnete Wachskristalle verschlechtern die Haftung / den Halt der Insekten an der Pflanze. Wenn sie sich nicht gut festhalten können, können sie die Pflanze nicht fressen, somit werden Schädlinge abgewehrt.

Eine Pflanze kann ebenfalls Acyl-Carrier-Protein (ACP) produzieren. Diese gehören zu den Acylgruppen, werden somit hydrolysiert und durch CoA-Synthetasen (Coenzym-A-Synthetase) zum Coenzym-A verestert. Das Molekül wird anschließend zum ER (Endoplasmatisches Retikulum) transportiert und um 20 bis 38 Kohlenstoffatome verlängert. Nach leichten Veränderungen durch Alkohol oder Alkansynthesepfaden kann der hergestellte Stoff als Wachs verwendet werden.

Die abiotischen Funktionen der Cuticula sind sehr nützlich für Pflanzen, die Wind und Wetter ausgesetzt sind. Durch die Wachsschicht, die ihre Blätter umhüllt, erleiden sie eine geringere Wasserverdunstung als ohne. Zudem erhalten sie eine erhöhte Stabilität, physischen Schutz und Schutz vor UV-Strahlungen. Den Alkanen und Ketonen Anteil kann sich durch äußere Umstände anpassen, was Veränderungen der Eigenschaften (z. B. die Struktur der Wachsschicht) verursachen kann.

## Bienen

Alle Insekten haben einen nicht wasserdichten "Verbundwerkstoff", der hauptsächlich aus dem Zucker Chitin besteht. Da sie allerdings nur mit dieser einen Schicht sehr schnell vertrocknen würden, ist die Oberfläche der Insekten mit Wachs bedeckt. Um diese Wachsschicht zu produzieren, sind überall an den Insekten kleine Drüsen.

Bienen und einige andere Insekten haben die Fähigkeit entwickelt zusätzliche Wachsdrüsen am Körper zu bündeln. Somit ist es den Bienen möglich Wachsplättchen herzustellen (auszuschwitzen). Sie besitzen acht Felder auf der Unterseite des Hinterleibs, an denen die Wachsdrüsen platziert haben sind.

Die entstandenen Wachsschuppen werden für den Wagenbau genutzt. Ein Bienenstock besitzt mehrere Waben, welche aus einer großen Menge hexagonaler Zellen bestehen. Diese Waben werden aus von Bienen ausgestoßenen und anschließend verarbeitetem Wachs gebaut. Die Zellen werden für die Lagerung von Pollen und Honig, sowie der Aufzucht der Larven genutzt. Viele Imker geben in ihren Bienenstock oft vorgefertigte Waben (Bienenwaben Wachsplatten), damit den Bienen das Bauen des Schemas für ihre Waben vereinfacht wird.

Bienen nutzen Wachs aber auch als Erkennungsmerkmal, da sie unterschiedlich zusammengesetzte Wachs Oberflächen auf ihrem Körper tragen. Durch diese können Bienen ihre Verwandten erkennen. Mit ihren Fühlern, die je rund 20.000 Sinneszellen besitzen, können sie sich gegenseitig identifizieren.

### Frage 7:

**Woher bekommt Kurkuma seine charakteristische gelbliche Farbe? Wie sieht der Farbstoff chemisch aus? Und was ist mit einer roten Paprika?**

#### Kurkuma:

Kurkuma (Gelb- oder Gilbwurzel) ist eine aus Südasien stammende Pflanze. Ihr Rhizom ähnelt dem des Ingwers, hat allerdings ein intensiveres gelbes Fleisch. Der Grund für die Färbung ist der Stoff Curcumin ( $C_{21}H_{20}O_6$ ). Dieser ist ein intensiv orange-gelber, fester Farbstoff, der in Pflanzen enthalten ist, aber auch synthetisch hergestellt werden kann.

Die organischen Stoffe wie Curcumin eines ist, weisen Strukturelemente auf, die sogenannte konjugierte Doppelbindungen, die das Anregen der Elektronen ermöglichen. Bei diesen wechseln sich die Einfach und Doppelbindungen ab, sowie aromatische Ringsysteme. Durch die Überlagerung der Atomorbitale kommt es hier zur Mesomerie. Das bedeutet, dass die Elektronen der bindenden Elektronenpaare zwischen zwei Atomen frei beweglich sind, und sich somit nicht eindeutig lokalisieren lassen. Je größer dieser Bereich ist, desto weniger Energie ist notwendig, um die Elektronen anzuregen.

Da Curcumin sowohl aromatische Ringe als auch konjugierte Doppelbindungen aufweist, hat es nur zwei mesomere Bereiche aufzuweisen. Diese befinden sich zwischen den beiden Ketogruppen, weil sich dort zwei Einzelbindungen befinden. Daher sind die Elektronen nicht im ganzen Molekül frei beweglich, allerdings reicht auch kurzwelliges und demnach auch energiereiches Licht aus dem sichtbaren Spektrum aus. Somit entsteht die gelbe / orangene Farbe.



Als Lebensmittelzusatz wird Curcumin mit der Europäischen Zulassungsnummer E 100 gekennzeichnet. Der Farbstoff wird auch zum Färben von Textilien verwendet, ist jedoch nicht lichtecht und verblasst deswegen mit der Zeit. Der Farbstoff ist hydrophob und lipophil.

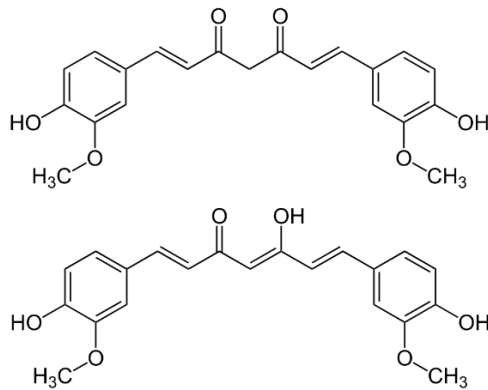


Abbildung 27 Curcumin

Bei dem Curcumin findet eine sogenannte Tautomerie statt. Das bedeutet, dass ein Wasserstoffatom innerhalb eines Moleküls wandert. Bei der hier vorliegenden Keto-Enol-Tautomerie wandert das Wasserstoff-Atom von einem Kohlenstoff-Atom in Nachbarschaft zur Ketogruppe zu einem Sauerstoffatom dieser Ketogruppe. Dadurch entsteht ein ungesättigter Alkohol und so lässt sich auch der Name Keto-Enol-Gruppe erklären (Keto wegen der Ketogruppe und Enol wegen dem Alkohol). Daher hat das Curcumin zwei Strukturformeln aufzuweisen.

#### Rote Paprika:

Paprikas gehören zur Familie der Nachtschattengewächse. Die rote Paprika hat ihre charakteristische Farbe von den Carotinoiden Capsanthin, Capsorubin und anderen. Als Lebensmittelzusatz können sie mit der Zulassungsnummer E 160c aufgeführt werden. Diese gehören zu den Terpenen. Carotinoide bestehen meistens aus ungesättigten Kohlenwasserstoffketten und deren Oxidationsprodukten. Sie sind aus 8 Isopren-Einheiten aufgebaut. Diese unterteilen sich in Carotine, die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut sind, und in Xanthophylle, sauerstoffhaltige Derivate der Carotine. Der für die Farbe der roten Paprika verantwortliche Stoff hat folgende Strukturformel:

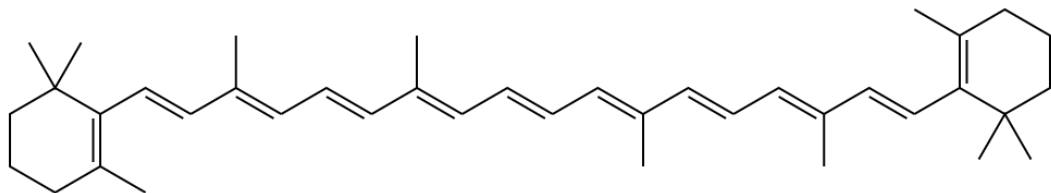


Abbildung 28  $\beta$ -Carotin

#### Frage 8:

**Was passiert physikalisch, wenn ihr das Kurkumapulver mit dem heißen Wachs in Kontakt bringt und die gelbe Farbe in das Wachs übergeht? Wie nennt sich der physikalische Prozess dahinter und was ist die Voraussetzung, damit sich das Wachs überhaupt mit der Farbe einfärben lässt?**

Das Kurkumapulver besteht aus einer organischen Verbindung mit aromatischen Ringen und zwei Doppelbindungen im Kohlenstoff Grundgerüst. Zudem hat es einige Funktionelle Gruppen. Das sind Phenolische Hydroxyl, Methoxyl und Oxo Gruppen. Somit sieht das Curcumin Molekül wie folgt aus:

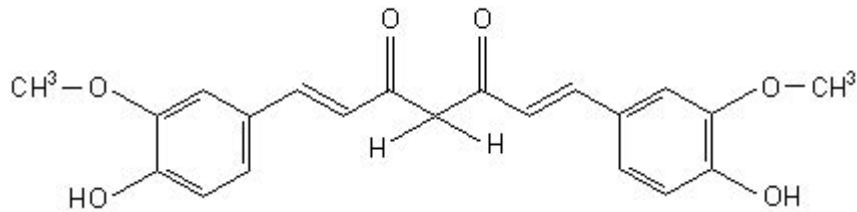


Abbildung 29 Strukturformel von Curcumin

Da ein Curcumin - Molekül eine Kohlenwasserstoff Verbindung ist, und diese über die funktionellen Gruppen überwiegen (insgesamt 21 Kohlenwasserstoff Verbindungen), ist es unpolar und lässt sich nur schwer in Wasser lösen, dafür aber umso besser in Alkanen / Alkenen / Alkinen (Generell in Kohlenwasserstoff Verbindungen). Mit dieser Eigenschaft kann es sich auch mit dem Wachs unserer Kerze verbinden.

Jetzt stellt sich noch die Frage, wie das Wachs die Farbe des Curcumins annimmt. Ein Stoff wirkt farbig, wenn er ein Teil des sichtbaren Lichts (400 - 700 nm) absorbiert hat. Durch die Energie, die das absorbierte Licht mit sich bringt, werden die Elektronen angeregt und die Wellenlängen, des Lichtes, das nicht absorbiert wird, ergeben die Komplementärfarbe des absorbierten Lichtes.

Die Kurkuma absorbiert kurzwelliges und so auch energiereiches blaues Licht und erscheint uns so gelblich oder orange.

Das Wachs wiederum lässt sich nur mit der Farbe ein, weil das Curcumin wie schon erwähnt aus Kohlenwasserstoffverbindungen besteht. Wir verfahren hier wieder nach der Regel: "Ähnliches mischt sich mit Ähnlichem".

Diese Regel besagt, dass sich nur polare Stoffe mit polaren Stoffen sowie unpolare Stoffe sich nur mit unpolaren Stoffen mischen können. Das liegt daran, dass zwischen den polaren Stoffen eine Bindung der Wasserstoffbrücken und van der Waals Kräfte herrschen, zwischen den unpolaren allerdings nur die Van der Waals Kräfte vorliegen. Aber warum können diese sich dann nicht mischen? Die Wasserstoffbrücken basieren auf Wasserstoffatomen mit einer starken Elektronegativität, die sich mit mindestens einem freien Elektronenpaar bindet. Van – der – Waals Kräfte hingegen beruhen auf einer schwachen zwischenmolekularen Anziehungskraft. Ursache hierfür ist die Bildung von temporären und induzierten Dipolen. Das bewirkt, dass das Molekül mal geladen und mal nicht geladen ist, was es für Wasserstoffbrücken schwer macht sich mit diesen zu verbinden. Daher hat ein Stoff, der nur über Van – der – Waals Kräfte verfügt, eine sehr schwache Bindungspolarität und kann sich somit nicht mit polaren Stoffen binden.

Dadurch können die beiden Stoffe sich mischen. Da das Wachs farblos ist, nimmt es den Farbstoff an.

Zudem ist der Stoff Curcumin ein Säure-Base- Indikator, der ein Proton Abgeben kann und somit bräunlich wird. Der Umschlags Bereich liegt bei dem PH Wert von 7,5. Das könnte ein weiterer Grund sein, warum sich Wachs und Kurkuma so gut mischen lassen.

#### Frage 9:

##### **Wieso mischt sich das flüssige Wachs nicht mit dem Wasser?**

Wachs, dass für Kerzen verwendet wird besteht entweder aus Paraffin, Stearin oder aus Bienenwachs. Wegen diesen Bestandteilen kann sich das Wachs nicht mit dem Wasser verbinden, weil Paraffin ein Gemisch aus Alkanen ist. Diese können sich nicht mit Wasser vermischen, da sie nur aus Kohlen- und Wasserstoffatomen bestehen. Die Differenz der Elektronegativität zwischen diesen beiden Atomen ist so gering, dass die sie nicht polar zueinander sind (die Van der Waals Kräfte sind zu schwach).

Wasser, aber hingegen ist hydrophil, da die Moleküle polar sind. Das liegt daran, dass die Differenz der Elektronegativität zwischen dem Wasserstoff (2,2) und dem Sauerstoff (3,44) 1,24 beträgt. Wenn die Differenz über 0,5 liegt, ist ein Molekül polar, ansonsten ist es unpolar.

Stearin hingegen ist eine Mischung aus den beiden Carbonsäuren Stearinsäure und Palmitinsäure. Beide Säuren sind hydrophob (nicht wasserlöslich), da sie langkettig sind (Stearinsäure:  $C_{18}H_{36}O_2$ , Palmitinsäure:  $C_{16}H_{32}O_2$ ), damit gleichen die Kettenlängen die Polarität der Carboxylgruppe aus und machen Stearin somit unpolar.

Das Bienenwachs besteht zu großen Teilen (ca. 60% Gewicht) aus langkettigen Estern. Der häufigste Ester ist Myricylpalmitat ( $C_{46}H_{92}O_2$ ), der genau wie bei dem Stearin durch seine Kettenlänge unpolar ist. Die Kettenlänge gleicht die Estergruppe aus, diese wird dadurch hydrophob sprich nicht wasserlöslich.

#### Frage 10:

##### **Was passiert in der Mischung, wenn das Wachs abkühlt und „wie Schaum“ aussieht? Warum bilden sich bei weiterem Schütteln daraus kleine Kügelchen?**

Wenn man Wasser auf das flüssige Wachs gießt, bilden sich zwei Ebenen. Das passiert, weil die beiden Flüssigkeiten, wie bereits in Aufgabe neun geschildert, sich nicht mischen. Es haben sich also zwei Ebenen gebildet, zum einen der Wachsschaum, der aufgrund seiner geringen Dichte, über dem Wasser schwimmt. Und zum anderen das Wasser, das aufgrund der höheren Dichte unten liegt. Mit der Zeit kühlt das flüssige Wachs ab und wird demnach fester.

Wenn man das Gefäß, in dem man dieser Vorgang vorgeht, schüttelt, verhindert es, dass das Wachs zu einer festen Platte erstarrt. Da man das Gefäß jedoch schüttelt, werden die Wachsteile zerteilt und langsam rund. Das Wasser erzeugt beim Schütteln eine Art Strudel, der die Wachsteile zu Kugeln um Formen lässt.

#### Frage 11:

##### **Mischt ihr eine größere Menge Wachs mit dem Wasser, habt also einen höheren Gewichtsanteil an Wachs in eurem Einmachglas, so bilden sich größere Wachsbröckchen. Woran liegt das?**

Wenn man eine größere Menge Wachs mit Wasser mischt, man also einen höheren Gewichtsanteil an Wachs in dem Einmachglas hat, dann bilden sich größere Wachs Brocken.

Das lässt sich erklären, wenn man das Glas schüttelt. Wenn man das tut, dann bilden sich durch die Bewegungen des Wassers teilweise runde Brocken. Diese Tatsache hat allerdings nichts mit dem Anteil an Wachs und Wasser zu tun, da das auch bei einem niedrigeren Anteil

an Wachs der Fall ist. Da sich die beiden Flüssigkeiten nicht mischen können, verbindet sich das Wachs zu einzelnen Klumpen, die unterschiedlich groß sind, je nachdem wann sie durch das Wasser getrennt wurden, das sich dazwischengedrängt hat.

Da wir in unserem Einmachglas einem höheren Anteil Wachs haben, kann sich nicht so viel Wasser zwischen das Wachs drängen, demnach werden die Brocken größer. Fängt man an dieses Gemisch zu rühren, trennt man das Wachs voneinander. Nach einiger Zeit wird das Wachs hart und es bilden sich größere Brocken.

Wenn man das Glas allerdings nicht schüttelt, sobald man das Wasser auf dem Wachs gegeben hat, schwimmt das Wachs an die Oberfläche, da es eine geringere Dichte hat als Wasser und wird dort fest. Es bildet sich eine Art fester Schaum aus Wachs.

#### Frage 12:

**Wieso steigen die Wachskugeln in der Wachsuhr auf und nicht ab? Was wäre passiert, wenn ihr statt Wasser Sonnenblumenöl verwendet hättet? Erklärt, welche physikalischen Größen hier von Bedeutung sind und fertigt eine kleine Skizze an, welche das Prinzip veranschaulicht!**

Die Wachskugeln steigen auf, da die Dichte von Wachs kleiner ist als die des Gemisches, indem sich die Wachskugeln befinden. Da das Gemisch zu 50% aus Wasser und zu 50% aus Glycerin besteht, muss der Durchschnitt dieser beiden Dichten benutzt werden. Dadurch dass die Dichte des Gemisches größer als die des Wachses ist, wird das Gemisch stärker von der Erdanziehungskraft angezogen, und somit stärker nach unten im Gefäß gezogen, während das Wachs mit seiner geringeren Dichte nicht so stark angezogen wird.

Wenn man das Wasser im Gemisch mit Sonnenblumenöl austauscht, ändert sich das Verhalten des Wachses, da sich das Verhältnis der Dichten ändert. Die Dichte von dem Gemisch mit Sonnenblumenöl ist größer als die des Paraffins, die Differenz der Dichten ist jedoch geringer als bei der Glycerin-Wasser Mischung. Deswegen steigt das Wachs weiterhin auf, jedoch dauert dieser Prozess um einiges länger.

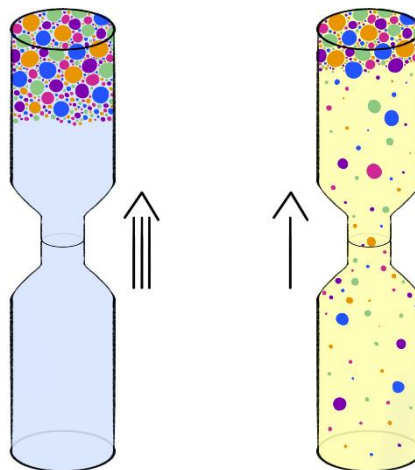


Abbildung 30 Skizze der Uhren. Links mit Wasser und rechts mit Öl

#### Frage 13:

**Welchen Effekt hat das Glycerin? Wie nennt sich die Eigenschaft, die das Glycerin beeinflusst?**

Bei Glycerin handelt es sich um Propan-1,2,3-triol. Es ist ein Zuckeralkohol, der 3 Hydroxylgruppen enthält. Aufgrund dessen ist ein Glycerin - Molekül polar. Dieser ist ein viskoser Alkohol mit einer Dichte von  $1,26 \text{ g/cm}^3$  und einem Schmelzpunkt von  $18^\circ\text{C}$ .

In dem Versuch, in dem wir eine Wachsuhr herstellen sollten, haben wir als Flüssigkeit eine Mischung aus Glycerin und Wasser angemischt. Dabei kam die Frage auf, welche Aufgabe bzw. welche Eigenschaften das Glycerin hat, dass man es in diesem Versuch braucht.

Da sowohl das Glycerin – Molekül als auch das Wasser – Molekül polar sind, können diese beiden sich mischen (nach dem Prinzip Ähnliches mischt sich mit Ähnlichem). Aufgrund der Teilchenbewegung kann es länger dauern, dass die beiden Stoffe sich vermischen, wenn man sie nicht umrührt. Die Teilchen haben sich jetzt also vermischt, dennoch kann es sein, dass sie kurzfristig ungleichmäßig verteilt sind (sie sind schließlich ständig in Bewegung).

Das beantwortet jedoch noch nicht unsere Frage, welchen Effekt das Glycerin auf unsere Wachsuhr hat und welche Eigenschaften diese beeinflussen.

Durch die Viskosität von  $1480 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$  hat das Glycerin eine deutlich höhere Viskosität als Wasser ( $1 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$ ). Da der Stoff mit einer hohen Viskosität immer zähflüssiger ist als ein Stoff mit einer geringeren Viskosität, ist Glycerin in diesem Beispiel zähflüssiger und hat eine höhere Dichte als Wasser (im Glycerin sind mehrere Teilchen, da die Viskosität aus der Reibung der Teilchen entsteht).

Dadurch, dass das Glycerin also eine höhere Viskosität hat, macht es den enthaltenen Wachskugeln nicht einfach nach oben zu schwimmen. So bewirkt das es, dass die Sanduhr nicht innerhalb einiger Sekunden schon durchgelaufen ist und ist somit ein wichtiger Bestandteil der Wachsuhr.

#### Frage 14:

##### **Wie funktioniert ein Teelicht?**

Ein Teelicht besteht aus einer Schale (Napf), die meist aus Aluminium gefertigt ist, allerdings wird auch Glas oder hitzebeständiger Kunststoff verwendet. In dieser Schale befindet sich ein Dothalter, der dafür sorgt, dass der Baumwolldocht immer aufrecht steht. Um den Docht herum ist das Wachs.

Da das Material der Schale die Wärme gut leitet, schmilzt das ganze Wachs um den Docht herum bis an den Rand der Schale und kann so vollständig verdampfen und dann verbrennen. Dadurch sind Teelichter effizienter als dicke Kerzen, bei denen nur die Mitte schmilzt und zur Brenndauer beiträgt.

Anders als andere Kerzen, die meist aus einer Mischung von Paraffin und Stearin bestehen, werden Teelichter meist nur aus Paraffin hergestellt. Auch das Verfahren, die Teelichte zuerst ohne Docht zu gießen/pressen und die Dochtöffnung nachträglich zu bohren, machen Teelichter so günstig.

#### Frage 15:

**Bei unserer orangenen Kerze haben wir viel Paprikapulver verwendet. Leider brennt diese Kerze jetzt nicht mehr so stark wie die anderen. Habt ihr eine Idee, woran das liegen könnte?**



Wir denken, dass die Kerze mit dem Paprikapulver nicht so gut brennt, wie die anderen, weil das Paprikapulver Feuchtigkeit anzieht. So ist es möglich, dass es während der Lagerung einiges an Luftfeuchtigkeit aufgenommen hat und somit schlechter brennt. Zu dem geringen Anteil, der jetzt in dem Paprikapulver gespeichert ist, wird nun das Wachs gegeben. Viele Inhaltsstoffe verbinden sich jetzt mit dem Wachs, aber der Geringe Anteil vermischt sich nicht. Daher denken wir, dass es durchaus möglich ist, dass die Kerze schlechter brennt, wegen dem Anteil an Feuchtigkeit aus dem Paprikapulver. Andere Pulver ziehen nicht so stark Feuchtigkeit an wie Paprikapulver, da sie über ätherische Öle verfügen, die diese nicht anziehen, da sie hydrophob sind. Kurkuma z.B. hat 5% ätherische Öle und brennt sehr gut. Demnach gehen wir davon aus, dass es bei dem Paprikapulver an der aufgenommenen Feuchtigkeit liegt.

Zudem hat Paprikapulver auch sehr viele Antioxidantien, die es

#### Frage 16:

**Welchen Nachteil bringt die Verwendung von natürlichen Farbgebern wie Kurkuma oder Paprika gegenüber mit chemischen Verfahren gewonnenen Farben mit sich? Bedeutet die Verwendung von chemischen Verfahren automatisch, dass es sich nicht mehr um natürliche Farbstoffe handeln kann?**

Natürlichen Farbstoffe wurden Jahrtausende lang genutzt. Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die natürlichen Farbstoffe mit der Zeit von synthetischen Farbstoffen ersetzt. Dieser Wandel geschah, da synthetische Farbstoffe gegenüber den natürlichen Farbstoffen viele Vorteile haben.

- Synthetische Farbstoffe sind immer gleich, egal wie oft und wo diese hergestellt werden. Das Problem an natürlichen Farbstoffen ist, dass diese nicht immer exakt gleich sind, was dazu führen kann, dass Produkte unnutzbar werden. Außerdem werden natürliche Farbstoffe aus natürlichen Ressourcen gewonnen. Diese und deren Zusammensetzungen variieren von Land zu Land. Dadurch können starke Unterschiede in verschiedenen Teilen der Erde entstehen, wodurch Produkte in einigen Ländern nicht hergestellt werden können.
- Synthetische Farbstoffe haben klare und reine Edukte. Aus diesen Edukten kann man immer das exakt gleiche Produkt ohne Abweichungen herstellen. Bei natürlichen Farbstoffen gibt es keine exakten und reinen Rohstoffe. Die daraus resultierenden Probleme gibt es bei synthetischen Farbstoffen nicht.
- Die Synthetischen Farbstoffe sind außerdem nicht von Ernten abhängig. Wenn z. B. eine ertragslose Ernte kommt, sind die Farbstoffe nicht davon abhängig, da sie synthetisch hergestellt werden. Sie sind aber auch nicht von Jahreszeiten abhängig.
- Der Hauptgrund, warum man die natürlichen Farbstoffe heute nicht mehr so oft verwendet ist, dass die bei dem chemischen Verfahren hergestellten Farbstoffe sehr viel günstiger sind.

*“Naturfarbstoffe sind organische Farbstoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs.”*

*Wikipedia*

Bei dem Herstellen von synthetischen Farbstoffen stellt sich die Frage, ob es hier auch sein kann, dass ein paar natürliche Farbstoffe mit in den Prozess eingeführt werden.

Wir glauben, dass das durchaus möglich ist. So wie Wikipedia über Naturstoffe schreibt: "Naturstoffe sind organische Farbstoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs", ist es möglich, dass diese in synthetisch hergestellten Farbstoffen enthalten sind. Bei den Anfängen der Herstellung von synthetischen Farbstoffen 1826, die aus Anilin bestehen, wurden Kalkdestillation aus Indigo verwendet.

Indigo zählt ist ein Naturfarbstoff, das aus Pflanzen gewonnen wird.

Da das allerdings nur für die Farbe Indigo durchgeführt werden kann, stellt man die synthetischen Farbstoffe heutzutage durch eine Reduktion von Nitrobenzol mit Eisen in Gegenwart von Salzsäure (Bechamp-Reduktion) her. Anschließend wird mit Branntkalk ( $\text{CaO}$ ) neutralisiert, und das Anilin zusammen mit dem Wasser abdestilliert. Das Nebenprodukt Eisen (II, III) -oxid, dass entstanden ist, kann als Pigment eingesetzt werden. Es gibt noch andere Verfahren, zum Beispiel die Ammonolyse von Chlorbenzol oder Phenol. Dennoch ist es möglich das noch Reste von natürlichen Farbstoffen in den synthetisch hergestellten Farbstoffen vorhanden sind.

Daher sind wir der Meinung, dass es durchaus möglich ist, dass diese natürlichen Farbstoffe in den synthetischen enthalten sind.

## Quellen

### Quellen der Aufgaben:

- **Deutung Versuch 1:**
  - <https://www.worldsoffood.de/gesund-es-und-bio/gewuerze-a-kraeuter/item/2208-zimt-reguliert-schuetzt-und-macht-schlank.html#:~:text=Radikalf%C3%A4nger%20Zimt&text=Zimt%20ist%20ein%20nat%C3%BCrliches%20Antibiotikum,oxidativen%20Stress%20f%C3%BCr%20die%20Zellen>
  - <https://www.biothemen.de/Qualitaet/algen/spirulina.html>
  - <https://www.eatclever.de/gesund/ernaehrung/was-verbirgt-sich-hinter-den-oft-gelobten-antioxidantien-wirklich/#:~:text=Das%20bekannteste%20aller%20Antioxidantien%20ist,frischem%20Obst%20und%20Gem%C3%BCse%20enthalten.>
- **Aufgabe 1**
  - [https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte\\_der\\_Zeitmessger%C3%A4te#:~:text=Mechanische%20Uhren%20mit%20einer%20Spindelhemmung,Quarzuhren%20erfunden%2C%20gefolgt%20von%20Atomuhren.](https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Zeitmessger%C3%A4te#:~:text=Mechanische%20Uhren%20mit%20einer%20Spindelhemmung,Quarzuhren%20erfunden%2C%20gefolgt%20von%20Atomuhren.)
- **Aufgabe 2:**
  - <https://lux-sanduhren.de/>
  - [https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/paradoxe\\_sanduhr.pdf](https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/paradoxe_sanduhr.pdf)
- **Aufgabe 3**
  - <https://www.spektrum.de/frage/warum-hat-die-stunde-60-minuten/603909#:~:text=Die%20Einteilung%20der%20Stunde%20in,%2260%22%20ein%20Vielfaches%20ist.&text=Jedoch%20hatten%20weder%20Minute%20noch%20Sekunde%20damals%20im%20t%C3%A4glichen%20Leben%20eine%20Bedeutung.>
- **Aufgabe 5**
  - <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Wachs>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Paraffin>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Palmitins%C3%A4ure>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Stearins%C3%A4ure>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Bienenwachs>
  - <https://www.br.de/radio/bayern1/inhalt/experten-tipps/umweltkommissar/kerze-wachs-palmoel-stearin-russ-umweltkommissar-100.html>
  - [https://praxistipps.focus.de/woraus-besteht-wachs-einfach-erklart\\_99746](https://praxistipps.focus.de/woraus-besteht-wachs-einfach-erklart_99746)
  - <https://www.chemie.de/lexikon/Lipide.html>
- **Aufgabe 6:**
  - [https://de.wikipedia.org/wiki/Cuticula\\_\(Pflanzen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Cuticula_(Pflanzen))
  - <https://www.yumpu.com/de/document/read/15480017/cuticula-und-epicuticulare-wachse-online-wissen>
  - <https://www.bee-careful.com/de/initiative/bienenwachs-als-personalausweis/>
  - <https://www.bee-careful.com/de/initiative/fleissige-baumeister-wie-bauen-bienen-waben/>
  - <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/schutzschild-der-pflanzen>
- **Aufgabe 7:**

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Curcumin>
- <https://www.chemie.de/lexikon/Curcumin.html#:~:text=Curcumin%20ist%20ein%20intensiv%20orange,ist%20jedoch%20auch%20synthetisch%20herstellbar.>
- <https://www.lebensmittellexikon.de/k0003870.php>
- <https://www.lebensmittellexikon.de/c0002080.php>
- <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/content/titleinfo/5446125/full.pdf>
- **Aufgabe 8:**
  - [https://aeccc.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/z\\_aeccc/AECC\\_Chemie/Fuer\\_Lehrer\\_innen/Unterrichtsmaterialien/Plus\\_Lucis/2019\\_1\\_Mahlzeit\\_/Kurkuma\\_Steininger.pdf](https://aeccc.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_aeccc/AECC_Chemie/Fuer_Lehrer_innen/Unterrichtsmaterialien/Plus_Lucis/2019_1_Mahlzeit_/Kurkuma_Steininger.pdf)
  - <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Curcumin>
  - <https://www.internetchemie.info/stoffdaten/index.php?Datei=Kurkumin>
- **Aufgabe 9:**
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Paraffin>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Palmitins%C3%A4ure>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Stearins%C3%A4ure>
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Bienenwachs>
- **Aufgabe 13:**
  - <https://www.youtube.com/watch?v=ySXAD3UF7KY>
- **Aufgabe 14:**
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Teelicht>
- **Aufgabe 15:**
  - <https://www.gewuerzkompanie.de/paprikapulver.php>
  - <https://www.gewuerzkarawane.de/paprika.html>
- **Aufgabe 16:**
  - <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/chemie-abitur/artikel/synthetische-farbstoffe>
  - <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Farbstoff>
  - <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Anilin>

## Bildquellen

- Deckblatt
  - <https://www.pngegg.com/de/png-zdvfl>
  - <https://profi-ghostwriter.com/chemie-2/>
- Abbildung 25
  - [https://physikforkids.de/fileadmin/images/historie/zeit/bilder/w\\_uhr1.jpg](https://physikforkids.de/fileadmin/images/historie/zeit/bilder/w_uhr1.jpg)
  - <https://img.fotocommunity.com/schattenstaebe-9a7e2ec9-56ca-4ee4-9186-636ea72ffa32.jpg?height=1080>
  - <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Kerzenuhr.jpg/340px-Kerzenuhr.jpg>
  - <https://thumbs.dreamstime.com/b/ein-sonnenuhr-oder-schattenuhr-einem-park-melbourne-australien-eine-sundial-siegreich-uralt-instrument-zeit-timer-t%C3%BCr-freibad-156694449.jpg>
- Abbildung 27
  - [https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.d6\\_W30BWqYaYlaa41hKx0wHaB5&pid=Api](https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.d6_W30BWqYaYlaa41hKx0wHaB5&pid=Api)
- Abbildung 28
  - [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3c/Curcumin\\_Structural\\_Formulae\\_V.1.svg/1280px-Curcumin\\_Structural\\_Formulae\\_V.1.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3c/Curcumin_Structural_Formulae_V.1.svg/1280px-Curcumin_Structural_Formulae_V.1.svg.png)

- Abbildung 29
  - <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.pMSa6DnyyWyy0s4T-PeWAgAAAA&pid=Api>
- Abbildung 30
  - <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.BCzWUppXd7RWBX00HsWE7AHaCC&pid=Api>