

MUSTERLÖSUNGEN

**DECHEMAX-Schülerwettbewerb
2019/2020**



Wir können eure Protokolle nicht zurückschicken und können euch auch im Einzelnen keine Auskunft zur Korrektur geben.

Alle Rechte an den eingesandten Lösungen gehen an die DECHEMA e.V. über, das schließt auch die Texte und Abbildungen ein, die von der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. uneingeschränkt verwendet und zitiert werden können. Die DECHEMA e. V. kann über die eingesandten Lösungen frei verfügen und insbesondere über deren Aufbewahrung oder Vernichtung nach der Auswertung frei entscheiden.

Bitte beachtet auch:

Die **Muster**lösungen erläutern zwar die richtigen Antworten. Wenn ihr in etwa das geschrieben habt, was hier steht, heißt das aber noch nicht, dass ihr ein Anrecht auf einen Preis habt.



Wir danken an dieser Stelle noch einmal ganz besonders den [KjVIs](#), die den Versuch für den Wettbewerb konzipiert und bereitgestellt haben!

Verständnisfragen Musterlösung

1. Was macht eine Uhr aus und wofür wird sie benutzt? Wie sahen die ersten Uhren aus, die vom Menschen verwendet wurden?

Eine Uhr ist vor allem ein Messinstrument für Zeitspannen. Sie muss daher nicht unbedingt dazu in der Lage sein, eine Uhrzeit anzuzeigen! Vielmehr sollte sich mit ihr eine bestimmte Zeitspanne wiederholbar messen lassen. Die Uhrzeit ergibt sich erst, sobald man den Tag in 24 Stunden zu je 60 Minuten einteilt.

Während wir Menschen das Konzept von Zeit zwar verstehen und dieses eng mit unserem Tagesablauf verknüpfen, vergeht die Zeit für uns scheinbar nicht mit gleichbleibendem Tempo. Ihr kennt das bestimmt! Manchmal verfliegt die Zeit im Nu und es ist plötzlich dunkel draußen, manchmal wirken 15 Minuten wie eine Stunde. Eine Uhr kann uns hier helfen, den wahren Zeitfortschritt zu erfassen. Das ist gerade dann wichtig, wenn wir uns mit anderen Menschen absprechen wollen. Daher gehören Uhren auch zu den ältesten Messinstrumenten der Menschheit.

Die frühen Zivilisationen beobachteten den Himmel zur Zeiterfassung und zur zeitlichen Orientierung im Jahr. Den Menschen war beispielsweise bewusst, dass der Mond periodisch zwischen Voll- und Neumond wechselt und dies zwischen zwei Wintern – also innerhalb eines Jahres – in etwa zwölfmal passiert. Um die verstrichene Zeit innerhalb eines Tages zu erfassen, nutzte man die Tatsache aus, dass sich die Sonne über den Himmel bewegt. Die einfachste Bauweise war ein Stab, den man bei Sonnenschein in den Boden steckte ¹. Die Griechen bezeichneten das später als Gnomon. Über die Bewegung des Schattens lässt sich hiermit die Zeit messen. Die ersten vom Menschen gebauten Uhren waren demnach Sonnen- bzw. Schattenuhren. Natürlich funktioniert das weniger gut bei stark bewölktem Himmel, in einem Gebäude oder in der Nacht.

Als Weiterentwicklung der Sonnenuhren gilt die Wasseruhr. Bei dieser wird die Zeit darüber gemessen, wie lange ein Leer- oder Volllauf eines Behälters mit Wasser dauert. Das bringt den Vorteil, dass diese Messmethode auch ohne Sonnenschein funktioniert. Ein Problem stellen jedoch niedrige Temperaturen dar bei denen das Wasser gefriert. Das Problem lässt sich aber umgehen, indem man statt Wasser beispielsweise feinen Sand verwendet.

2. Welchen Vorteil bietet eine Wachsuhr (oder Sanduhr) gegenüber herkömmlichen Uhren?

Die herkömmlichen Uhren von Heute dienen der Anzeige der aktuellen Uhrzeit und damit der zeitlichen Orientierung innerhalb eines Tages. Sie beantworten die Frage „Wie viel Uhr ist es?“. Eine Wach- oder Sanduhr wird hingegen zur Erfassung einer definierten Zeitspanne

genutzt und beantwortet z.B. die Frage „Sind die 5 Minuten schon um?“. Das macht sie zur besseren Stoppuhr. Dieser Vorteil lässt sich mit einem Beispiel veranschaulichen: Stellt euch vor, ihr müsst im Rahmen eines Brettspiels einen Begriff innerhalb von 90 Sekunden erklären. Verwendet ihr eine Wachsuhr, die auf diese Zeitspanne eingestellt ist, so müsst ihr diese lediglich umdrehen und könnt mit der Erklärung anfangen. Sobald alle Wachskügelchen in die obere Kammer gelaufen sind, ist die Zeit vorbei. Bei einer herkömmlichen Uhr müsst ihr euch den Startzeitpunkt sekundengenau merken und dann die 90 Sekunden draufrechnen. Das ist deutlich umständlicher, meint ihr nicht?

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?

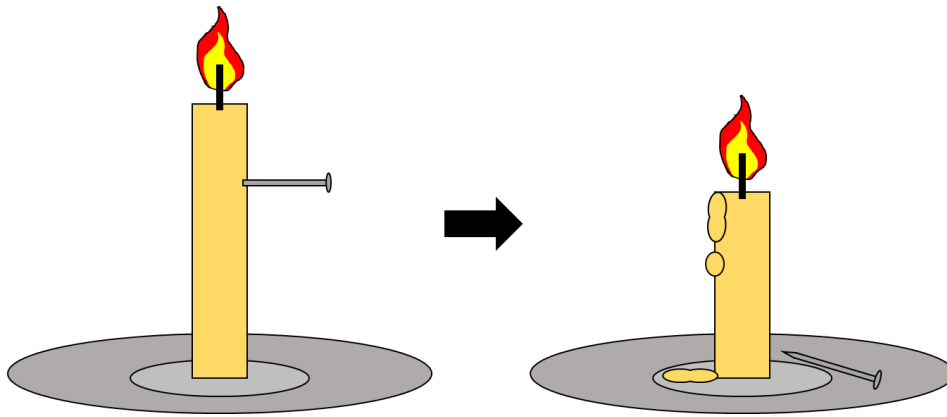
Die Einteilung von Maßeinheiten im sogenannten metrischen System basiert, passend zu unserem Zahlensystem, auf der Zahl 10. 10 Centimeter ergeben 1 Dezimeter und 10 Dezimeter ergeben 1 Meter. Gerade in Wissenschaft und Technik erleichtert dies das Rechnen enorm, weswegen heutzutage fast die gesamte Weltbevölkerung ein solches Einheitensystem verwendet. Also warum verwenden wir für unsere Zeit nicht auch eine solche Einteilung?

Tatsächlich wurde in der Vergangenheit ein solcher Versuch übernommen. Obwohl in Europa ein auf die Zahl 10 basierendes – sprich: dezimales – Einheitensystem schon früher diskutiert wurde, wurde das metrische System erst am Ende des 18. Jahrhunderts im Zuge der französischen Revolution eingeführt². Etwa zeitgleich wurde der Versuch gestartet, einen neuen Kalender mitsamt einer Dezimalzeit einzuführen, die den Tag in 10 Stunden zu je 100 Minuten zu je 100 Sekunden einteilte³. Diese Zeiteinteilung konnte sich jedoch nicht durchsetzen.

Aber wie kommt es nun dazu, dass ein Tag 24 Stunden hat? Als Vorlage dienen die 12 Mondzyklen in einem Jahr. Basierend darauf teilten bereits die altertümlichen Babylonier Tag und Nacht in je 12 gleichlange Zeitabschnitte⁴. Aber warum dann die 60? 60 wurde als ein Vielfaches der Zahl 12 gewählt. Dabei handelt es sich mathematisch um sogenannte hochzusammengesetzte Zahlen, was das Teilen und damit das Rechnen vereinfacht³.

4. Wie ließe sich mit einer Kerze ein Wecker bauen? Skizziert eure Ideen!

Mit einer Kerze lässt sich ebenfalls die Zeit messen. Insofern die Kerze einen gleichbleibenden Durchmesser hat sowie aus einem gleichbleibenden Material besteht, brennt sie nämlich mit konstanter Geschwindigkeit ab. Das lässt sich ausnutzen, um einen Wecker zu bauen. Will man nach einer bestimmten Zeit geweckt werden, so sticht man einen Nagel in die Kerze. Sobald die Kerze weit genug heruntergebrannt ist, fällt der Nagel heraus und macht dabei ein lautes Geräusch. Allerdings gibt es heutzutage deutlich sicherere Wecker. Offene Flammen sollte man niemals unbeaufsichtigt lassen! Es herrscht Brandgefahr!



5. Was ist Wachs, woraus besteht es?

Chemisch betrachtet bestehen Wachse meist aus einem Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe. Doch Wachs ist nicht gleich Wachs! So unterscheidet sich das häufig für Kerzen verwendete synthetische Wachs in seiner chemischen Zusammensetzung vom tierischen Bienenwachs. Der Hauptbestandteil synthetischer Wachse für Kerzen sind Hartparaffine⁵ – gesättigte Kohlenwasserstoffe mit einer Kettenlänge zwischen 20 und 30 Kohlenstoffatomen.

Tierische und pflanzliche Wachse wie das Bienenwachs bestehen hingegen aus einem Gemisch von Estern aus langkettigen Carbonsäuren und Alkoholen. Der Hauptbestandteil von Bienenwachs ist Myricylpalmitat. Myricylpalmitat bezeichnet den Ester von Palmitinsäure mit Myricylalkohol⁶.

Es gibt jedoch noch eine ganze Reihe weiterer Wachse, die sich in ihrer Zusammensetzung deutlich unterscheiden! Daher werden Wachse nicht durch ihre chemische Zusammensetzung, sondern durch ihre mechanisch-physikalischen Eigenschaften wie Schmelzpunkt, Festigkeit und Struktur definiert. Kann ein Stoff mehr als eine der folgenden Bedingungen nicht erfüllen, handelt es sich nicht mehr um ein Wachs⁷:

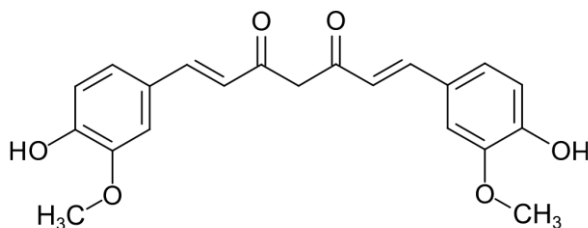
- Bei 20°C knetbar, fest bis brüchig hart
- Grobe bis feinkristalline Struktur
- Farblich durchscheinend bis undurchsichtig, aber nicht glasig
- Schmilzt bei mindestens 40 °C und ohne chemische Zersetzung
- Kurz über dem Schmelzpunkt leicht flüssig
- Stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit
- Unter leichtem Druck polierbar

6. Bienen und Pflanzen benutzen Wachs - aber wofür?

Bienen verwenden ihr Wachs als Baumaterial für Bienenwaben. Sie verfügen über sogenannte Wachsdrüsen, aus denen sie das Wachs ausscheiden⁸. In den Waben züchten die Honigbienen ihre Larven heran. Zudem lagern die Bienen dort ihren Honig und die gesammelten Pollen. In der Pflanzenwelt dient Wachs dem Schutz der Pflanze. So verhindert eine dünne Wachs-schicht auf der Blattoberfläche unkontrolliertes Verdunsten von Wasser⁹.

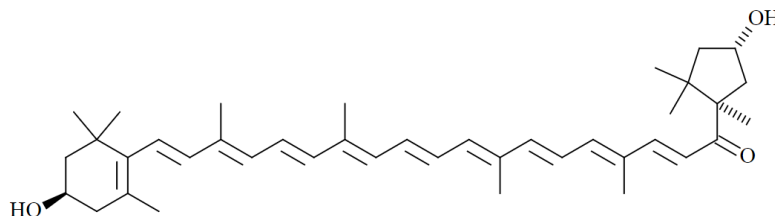
7. Woher bekommt Kurkuma seine charakteristische gelbliche Farbe? Wie sieht der Farbstoff chemisch aus? Und was ist mit einer roten Paprika?

Die gelbliche Farbe des Kurkumas ist auf den Farbstoff Curcumin zurückzuführen. Bei diesem handelt es sich chemisch um ein Polyphenol. Aufgrund der starken Farbwirkung wird es in der Lebensmittelindustrie unter dem Kürzel E100 als Zusatzstoff verwendet, etwa um die Farbe von Marmeladen, Margarine oder Teigwaren zu beeinflussen¹⁰. In der indischen traditionellen Medizin wird dem Curcumin zudem eine entzündungshemmende Wirkung zugesprochen¹⁰.



Chemische Struktur von Curcumin¹¹

Für die rote Farbe der Paprika sind die beiden sauerstoffhaltigen Carotinoide Capsanthin und Capsorubin verantwortlich, wobei ersteres mengenmäßig überwiegt. Ähnlich wie Curcumin wird auch das aus der Paprika gewonnene Farbgemisch in der Lebensmittelindustrie als Zusatzstoff eingesetzt. Als Lebensmittelfarbstoff trägt das Gemisch den Kürzel E160c und kommt in vielen Lebensmitteln zum Einsatz wie z.B. Wurst, Mayonnaise, Nudeln oder Soßen¹².



Chemische Struktur von Capsanthin¹³

Sowohl beim Curcumin als auch beim Capsanthin sorgt das System aus konjugierten Doppelbindungen für die Farbgebung. Ein solches System ist dazu in der Lage, einen Teil des Lichts aus dem sichtbaren Spektrum zu absorbieren. Die übrig gebliebenen, nicht absorbierten Lichtfrequenzen erreichen unser Auge und wir sehen eine Farbe. Eine rote Paprika erscheint uns

also deswegen als rot, weil das Capsanthin die nichtroten Anteile des Lichts verschluckt, so dass nur noch rot übrigbleibt.

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 flüssige Wachs bildet eine zweite flüssige Phase, die sich nicht mit dem Wasser mischt. Das gelbe Curcumin hat eine höhere Löslichkeit im flüssigen Wachs und geht bevorzugt in dieses über. Das bedeutet: Es verlässt die Wasserphase und reichert sich in der Wachsphase an. Der physikalische Prozess dahinter nennt sich Extraktion¹⁴. Zu begründen ist dieser Stoffübergang damit, dass das Curcumin lipophil (aus dem griechischen übersetzt: Fett liebend) ist: Aufgrund seiner chemischen Struktur löst es sich in viel besser in dem ebenfalls lipophilen Wachs als in dem lipophoben (griechisch: Fett meidend) Wasser. Dies ist auch die Voraussetzung für die erfolgreiche Extraktion. Wäre der Farbstoff lipophob, dann würde die Einfärbung des Wachses nicht funktionieren.

9. Wieso mischt sich das flüssige Wachs nicht mit dem Wasser?

Als Faustregel gilt für die Löslichkeit: „Gleiches löst sich in Gleichem“. Stoffe lösen sich umso besser ineinander, je ähnlicher die Wechselwirkungskräfte zwischen den Molekülen sind. Während das Wasser polar ist, ist das Kerzenwachs apolar (= nicht polar). Und was heißt das jetzt? Vereinfacht erklärt: Die aus der Polarität der Wassermoleküle entstehenden gegenseitigen Anziehungskräfte sind viel stärker als die der Wachsmoleküle, weswegen sich das Wasser lieber zu einer eigenen flüssigen Phase zusammenzieht, anstatt sich mit dem Wachs zu vermischen.

Aber warum ist das Wasser denn polar? Polarität setzt voraus, dass Bindungselektronen innerhalb eines Moleküls ungleich verteilt sind. Wasser besteht aus einem Sauerstoffatom und zwei Wasserstoffatomen. Da das Sauerstoffatom viel stärker an den Elektronen der kovalenten Bindung zieht als das Wasserstoffatom (= Sauerstoff hat eine höhere Elektronegativität), bildet sich ein elektrischer Dipol. Das bedeutet, dass der Bereich um das Sauerstoffatom partiell negativ und der Bereich um die Wasserstoffatome partiell positiv geladen ist. Die negative Teilladung eines Dipolmoleküls und die positive Teilladung eines anderen Dipolmoleküls ziehen sich an. Die hierdurch beim Wasser zwischen den einzelnen Molekülen entstehenden Wechselwirkungen, die sogenannten Wasserstoffbrückenbindungen, gelten als sehr stark. Sie sind der Grund, warum das eigentlich sehr leichte Wassermolekül bei Raumtemperatur flüssig und nicht gasförmig ist¹⁵. Es gibt jedoch noch eine weitere Voraussetzung für die Polarität. Mehrere polare Bindungen können sich nämlich bei entsprechender geometrischer Symmetrie

des Moleküls gegenseitig in ihrer Wirkung aufheben. Aus diesem Grund ist z.B. Kohlenstoffdioxid nicht polar, obwohl es polare Bindungen aufweist. Die Atome vom CO_2 sind linear angeordnet und die beiden polaren Bindungen sind eben genau entgegengesetzt.

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

Während dem Schütteln befinden sich viele kleine Wachströpfchen fein verteilt im Wasser. Beim Abkühlen werden diese langsam immer fester. Der entstehende „Schaum“ besteht aus vielen kleinen Kügelchen, die noch weich sind und zusammenkleben. Würde man an dieser Stelle aufhören zu schütteln, dann würde sich nur ein großer Klumpen ergeben. Es ist daher sehr wichtig, so lange weiter zu schütteln, bis das Wachs vollständig abgekühlt und ausgehärtet ist.

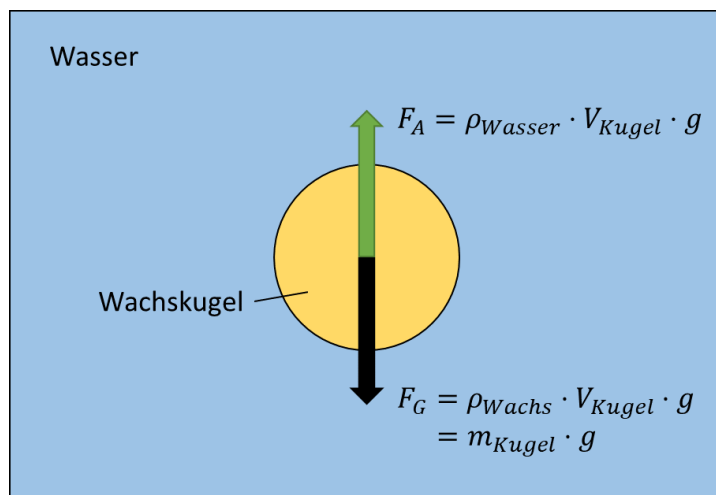
11. Mischt ihr eine größere Menge Wachs mit dem Wasser, habt also einen höheren Gewichtsanteil an Wachs in eurem Einmachglas, so bilden sich größere Wachsbrockchen. Woran liegt das?

Die Größe der Wachskügelchen hängt im Wesentlichen von der Größe der Wachströpfchen vor dem Abkühlen ab. Diese wird wiederum von zwei Mechanismen bestimmt. Durch das Schütteln bilden sich Wirbel im Wasser, die die Wachströpfchen in kleinere Tropfen zerbrechen. Dem Tropfenbruch steht die Tropfenkoaleszenz gegenüber. Treffen sich zwei Tropfen, können sich diese zu einem größeren Tropfen zusammenschließen. Aus dem Gleichgewicht aus Bruch und Koaleszenz ergibt sich dann die durchschnittliche Tropfengröße. Erhöht man den Anteil vom Wachs im Einmachglas, so verschiebt sich dieses Gleichgewicht zugunsten der Koaleszenz und die Tropfen werden größer.

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!

Wachs hat eine niedrigere Dichte als Wasser. Das bedeutet, dass Wachs bei gleichem Volumen weniger wiegt als Wasser. Aus diesem Grund ist die auf die Kugeln wirkende Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft und die Kugeln schwimmen nach oben.

Die Gewichtskraft F_G ergibt sich aus dem Produkt von Masse m und Erdbeschleunigung g , wobei sich die Masse wiederum aus dem Produkt von Dichte ρ und Volumen V errechnen lässt. Die dem gegenüberstehende Auftriebskraft F_A errechnet sich nach dem archimedischen Prinzip aus der Gewichtskraft des verdrängten Wassers ¹⁶.



Was passieren würde, wenn man statt Wasser Sonnenblumenöl nimmt, hängt demnach von der Dichte des verwendeten Wachses ab. Haben die Wachskügelchen eine höhere Dichte als das Öl, gehen sie unter. Dies wäre zum Beispiel beim Bienenwachs der Fall. Auf Paraffinbasis bestehendes Kerzenwachs hat in der Regel eine niedrigere Dichte als Sonnenblumenöl. Dieses Wachs würde also schwimmen. Auf diese Weise könnte man feststellen, ob es sich um Paraffinwachs oder Bienenwachs handelt. Allerdings haben auch Zusatzstoffe wie die eingebrachten Farbgeber Einfluss auf die Dichte.

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

Das Glycerin macht das Wasser zähflüssiger. Die Eigenschaft, die die Zähflüssigkeit einer Flüssigkeit beschreibt, nennt sich Viskosität¹⁷. Hierdurch werden die Wachskügelchen in ihrer Aufstiegsgeschwindigkeit etwas ausgebremst.

14. Wie funktioniert ein Teelicht?

Die Wärme der Flamme lässt unter ihr befindliches Wachs schmelzen. Das nun flüssige Wachs wird vom Docht aufgenommen und über kleine Kanälchen zur Flamme transportiert. Dort verbrennt das Wachs zu CO_2 und Wasser. Der Transport des Wachses innerhalb der feinen Kanälchen wird durch Kapillarkräfte verursacht¹⁸. Kapillarkräfte treten im Alltag häufiger auf als gedacht. Sie ermöglichen der Pflanzenwelt die Wasserversorgung über Wurzeln und sorgen dafür, dass sich Papier mit Wasser vollsaugt.

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?

Das Paprikapulver verflüssigt sich im Gegensatz zum Wachs nicht. Aus diesem Grund verstopft das Pulver die feinen Kanälchen des Dochts und weniger flüssiges Wachs erreicht die Flamme. Es ist daher wichtig, dass sich Wachsfarben zusammen mit dem Wachs verflüssigen können und sauber abbrennen.

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?

Wird das Kurkumapulver direkt als Farbstoff verwendet, so benutzt man nicht nur den reinen Farbstoff. Im Gegenteil: Das farbgebende Curcumin macht gerade einmal 5 % des Kurkumapulvers aus¹⁹. Im Falle unserer Paprikakerze sorgte die geringe Reinheit sogar für eine Verstopfung des Dochts, sodass das Teelicht nicht mehr richtig brannte. Als Nachteil lässt sich demnach die geringere Reinheit herausstellen. Durch Aufreinigungsverfahren wie etwa der Extraktion, wie sie auch in der chemischen Industrie eingesetzt wird, lässt sich das Curcumin hingegen mit einer höheren Reinheit gewinnen.

Die Verwendung von chemischen Verfahren heißt nicht sofort, dass der gewonnene Stoff unnatürlich ist! Ist etwa das Curcumin in unserem Wachs jetzt plötzlich nicht mehr natürlich, nur weil wir es aus dem Pulver extrahiert haben? Natürlich nicht!

Quellen und weiterführende Informationen:

1. Minow H, Schattenmessung mit dem Gnomon, *zfv: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, 2005;130(4):248-252.
2. Gleiches Maß für alle, damals.de. <https://www.wissenschaft.de/zeitpunkte/gleiches-mass-fuer-alle/>. Aufgerufen am: 26.03.2021.
3. Revolutionär: die Dezimalzeit, 2020. <https://wiesoso.com/revolutionaer-die-dezimalzeit>. Aufgerufen am: 26.03.2021.
4. Wieso zeigen moderne Zeigeruhren nur 12 und nicht 24 Stunden?, *Wissenschaft im Dialog*; 2019. <https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wieso/artikel/beitrag/wieso-zeigen-moderne-zeigeruhren-nur-12-und-nicht-24-stunden/>. Aufgerufen am: 26.03.2021.
5. *Lexikon der Chemie: Paraffin*, Spektrum Akademischer Verlag. <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/paraffin/6711>. Aufgerufen am: 25.03.2021.
6. Eberhard B, Jung G. *Organische Chemie*. Stuttgart: Thieme; 2005:910.
7. Wachs, LUMITOS. <https://www.chemie.de/lexikon/Wachs.html>. Aufgerufen am: 26.03.2021.
8. *Anatomie der Honigbiene: Wachsdrüsen*, 2015. https://www.die-honigmacher.de/kurs5/seite_11211.html. Aufgerufen am: 27.03.2021.
9. Schutzschicht ist nicht gleich Schutzschicht, *Pflanzenforschung.de*; 2016. <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/schutzschicht-ist-nicht-gleich-schutzschicht-je-nach-au-10683>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
10. E 100 - Curcumin, *Lebensmittel-Warenkunde.de*. <https://lebensmittel-warenkunde.de/lebensmittelzusatzstoffe/farbstoffe/e100-curcumin.html>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
11. NadirSH, Curcumin structure (Keto), 2021, Lizenziert unter CC BY-SA 4.0, [https://de.wikipedia.org/wiki/Curcumin#/media/Datei:Curcumin_structure_\(Keto\).svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Curcumin#/media/Datei:Curcumin_structure_(Keto).svg)
12. E 160c - Capsanthin, *Lebensmittel-Warenkunde.de*. <https://lebensmittel-warenkunde.de/lebensmittelzusatzstoffe/farbstoffe/e160c-capsanthin.html>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
13. Capsanthin, 2007, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Capsanthin.svg>
14. Extraktion (Verfahrenstechnik), *chemie-schule.de*. [https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Extraktion_\(Verfahrenstechnik\)](https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Extraktion_(Verfahrenstechnik)). Aufgerufen am: 27.03.2021.
15. Wasserstoffbrückenbindungen, Duden Learnattack GmbH. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/chemie/artikel/wasserstoffbrueckenbindung-en#>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
16. Archimedisches Gesetz / Prinzip, 2017. <https://www.frustfrei-lernen.de/mechanik/archimedisches-gesetz-prinzip.html>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
17. Viskosität, Studyflix. <https://studyflix.de/chemie/viskositat-2623>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
18. Kapillarwirkung, Studyflix. <https://studyflix.de/chemie/kapillarwirkung-1760>. Aufgerufen am: 27.03.2021.
19. Kurkuma - eine Pflanze für alle Fälle?, 2021. <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/kurkuma-eine-pflanze-fuer-alle-faelle-13696>.



Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.