

II.H.42

Chemie bestimmt unser Leben

UV-Schutz mithilfe von Chemie – Interdisziplinäre Analyse von Sonnencremes

Redaktion Chemie



© RAABE 2024

© Oscar Wong/Lizenzfrei

Viele Schülerinnen und Schüler kennen die große Bedeutung von Sonnencremes für unsere Gesundheit. Aber was sind die Inhaltsstoffe und wie genau schützen diese uns vor der UV-Strahlung? In dieser Unterrichtseinheit beschäftigen sich Ihre Schülerinnen und Schüler zunächst mit der Wirkung von UV-A- und UV-B-Strahlen auf die menschliche Haut. Anschließend lernen sie die verschiedenen Arten an UV-Filtern in Sonnencremes kennen und analysieren unterschiedliche Sonnencremes, indem sie deren Absorptionsspektren betrachten und miteinander vergleichen. Zuletzt stellen sie ihre eigene Sonnencreme her.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 11, 12, 13

Dauer: 6 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: 1. Bewertungskompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz;
3. Sachkompetenz

Inhalt: UV-Strahlung, Ozon, UV-A-Strahlung, UV-B-Strahlung, Absorption,
Absorptionsspektrum, Ozon, UV/Vis, Lambert-Beer'sches Gesetz,
Extinktion

Auf einen Blick

Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie als Download.



1./2. Stunde

Thema: Einführung in die Wirkungsweise und Notwendigkeit von Sonnenschutzmitteln

- M 1 Auswirkungen der Sonnenstrahlung auf die Haut
 M 2 Sonnenschutz – Lichtschutzfaktor und Anforderungen
 M 3 Wirkungsweisen von Sonnenschutzmitteln

3./4. Stunde

Thema: Verschiedene UV-Absorptionsspektren analysieren

- M 4 UV-Absorptionsspektren von UV-Filtersubstanzen
 M 5 UV-Absorptionsspektren von Sonnenschutzcremes

5. Stunde

Thema: Selbst hergestellte Sonnencreme

- M 6 Eine Sonnencreme mit Lichtschutzfaktor herstellen

Dauer: Vorbereitung: 15 min Durchführung: 30 min

- Chemikalien:**
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Sodio Super | <input type="checkbox"/> Vitamin-E-Acetat |
| <input type="checkbox"/> Sonnen N | <input type="checkbox"/> D-Panthenol 75 |
| <input type="checkbox"/> Sonöl | <input type="checkbox"/> Meristem-Extrakt |
| <input type="checkbox"/> Fluid Lecithin Cm | <input type="checkbox"/> Paraben K |
| <input type="checkbox"/> Avocadoöl | <input type="checkbox"/> Dest. Wasser |
- Geräte:**
- | | |
|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Schutzbrille | <input type="checkbox"/> Rührstab |
| <input type="checkbox"/> 1 großes Becherglas (250 ml) | <input type="checkbox"/> Heizplatte |
| <input type="checkbox"/> Heizplatte | |

6. Stunde

Thema: Wirkung von Sonnencreme näher betrachtet

- M 7 Überprüfung von Lichtschutzfaktoren
 M 8 Abhängigkeit des Spannungsverlaufs von der Schichtdicke



Auswirkung der Sonnenstrahlung auf die Haut

Die Sonnenstrahlung besteht aus kurzwelliger, ionisierender Gamma- und Röntgenstrahlung mit Wellenlängen unter 200 nm und aus nicht ionisierender Strahlung mit Wellenlängen im Bereich von 200 nm bis 1400 nm. Diese nicht ionisierende elektromagnetische Strahlung setzt sich zusammen aus ultravioletter Strahlung (200 nm bis 400 nm), dem Bereich des sichtbaren Lichtes (400 nm bis 800 nm) und der infraroten Strahlung (ab 800 nm).

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wird bei der ultravioletten Strahlung weiterhin zwischen UV-A-Strahlung (320–400 nm), UV-B-Strahlung (280–320 nm) und UV-C-Strahlung (200–280 nm) unterschieden.

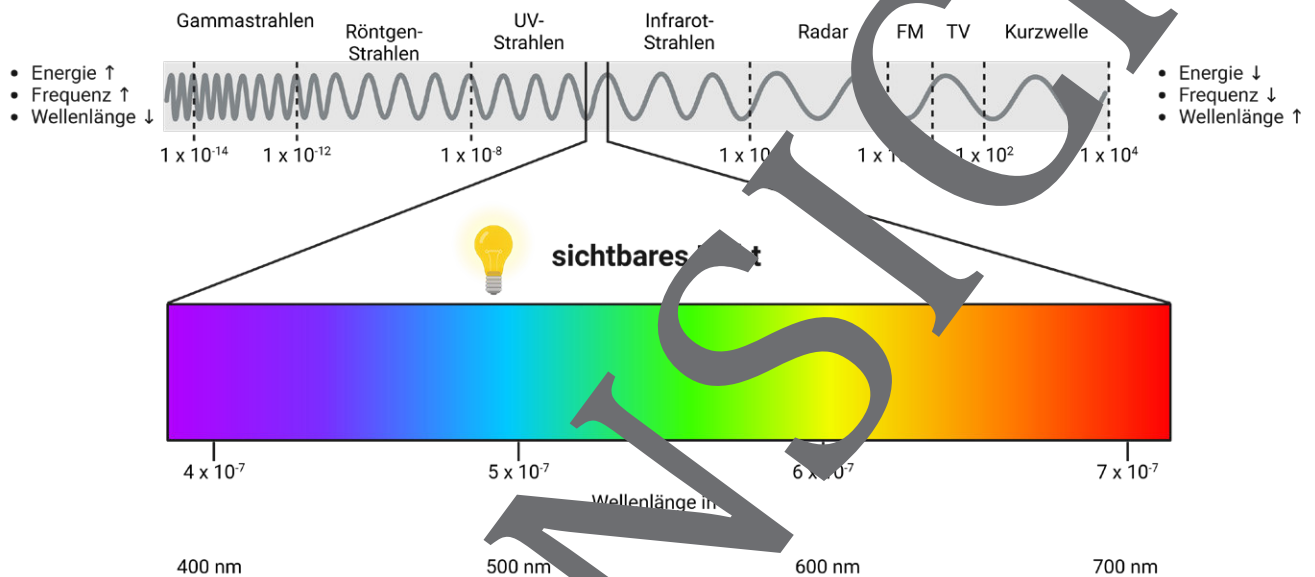


Abbildung 1: Spektrum elektromagnetischer Wellen.

Erstellt mit <https://BioRender.com>

Durch Absorption und Streuung in der Atmosphäre kommt die Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche stark geschwächt an. Strahlung mit einer Wellenlänge unter 175 nm wird in großen Höhen durch Sauerstoff absorbiert. Die Ozonschicht, die sich in der Stratosphäre in 15 bis 35 Kilometer Höhe befindet, absorbiert die energiereiche UV-C-Strahlung nahezu vollständig und schwächt die energieärmere UV-B-Strahlung. Die Absorption der UV-B- und UV-A-Strahlung geschieht in etwa 30 km Höhe durch Ozonabundanz und Ozonabbau. Letztendlich setzt sich die elektromagnetische Strahlung, die auf der Erdoberfläche auftrifft, zu 1–2 % aus UV-B-Strahlung, zu 5–6 % aus UV-A-Strahlung, zu 10 % aus Strahlung im Bereich des sichtbaren Lichtes und zu 49–50 % aus infraroter Strahlung zusammen. Diese genannten Werte werden durch verschiedene Einwirkungen, wie geografischen Standort, Tageszeit und Jahreszeit, beeinflusst.

Die Haut überzieht und schützt die Außenseite des Organismus und ist damit das größte Flächenorgan des Menschen. Die Gesamtfläche der Haut beträgt bei einem Erwachsenen circa 1,8 m². Die Haut gliedert sich in drei Hauptschichten. Die oberste Schicht ist die Epidermis (Oberhaut), die zu etwa 90 % aus Hornzellen besteht und nach außen die Hornschicht bildet. Diese Hautschicht enthält zudem die melaninbildenden Zellen des Pigmentsystems, die dendritischen Zellen des Immunsystems und die Zellen des peripheren Nervensystems. Unter der Epidermis befindet sich die Dermis, auch Korium oder Lederhaut genannt. Sie besteht aus einem faserreichen Bindegewebe und verleiht der Haut mechanische Festigkeit. Auch ist sie die Trägerin des Gefäßes und Nervensystems der Haut. Epidermis und Dermis werden zusammen als Kutis bezeichnet. Die Dicke der Kutis liegt

zwischen 1,5 und 4 mm. Die dritte Hautschicht, die Subkutis (Unterhaut), besteht aus Fettzellen und Bindegewebe in bindegewebigen Septen. Zwischen dem läppchenartig aufgebauten Bindegewebe verlaufen Gefäße und Nerven. In der Unterhaut befindet sich etwa die Hälfte bis zwei Drittel der Gesamtfettmasse des Organismus.

Zu den Aufgaben der Haut zählt zum einen der Schutz vor Infektionen, Verletzungen und Verwundungen. Zum anderen wirkt sie als Isolationsschicht, indem sie Licht reflektiert und absorbiert. Die Haut besitzt auch eine Sinnes-, Kommunikations-, Ausdrucks-, Speicher- und Stoffaustauschfunktion. Obwohl die Haut Licht absorbieren und reflektieren kann, dringt UV-Strahlung in die Haut ein, wobei mit zunehmender Wellenlänge Strahlen tiefer und intensiver in die Haut eindringen können. Die kurzwelligeren UV-B-Strahlen werden von der Oberhaut stark absorbiert und gelangen daher nur bis in die Basalzellschicht in der Epidermis, in welcher sich die Pigmentzellen befinden. Die langwelligeren UV-A-Strahlen werden dagegen weniger von der Epidermis absorbiert und können bis in das Bindegewebe der Dermis vordringen. Viele Jahre lang ist man in der Forschung davon ausgegangen, dass sich ausschließlich die UV-B-Strahlung negativ auf die Haut auswirkt. Mittlerweile ist bekannt, dass auch die UV-A-Strahlung zu Hautschäden beiträgt, wenn die Haut auch auf diese Strahlung mit der Bildung eines akuten Sonnenbrands reagiert. Allerdings ist für diesen Prozess eine 1000-fach höhere Dosis nötig als bei der UV-B-Strahlung. Die direkte Pigmentierung ist letztlich die Reaktion auf die UV-A-Strahlung. Die chronischen Schäden durch die UV-A-Strahlung sind vergleichbar mit den durch die UV-B-Strahlung verursachten Schädigungen. Es handelt sich dabei um vorzeitige Alterung der Haut, Schwächung des Immunsystems und Hautkrebs, bei welchem UV-A- und UV-B-Strahlung zusammenwirken.

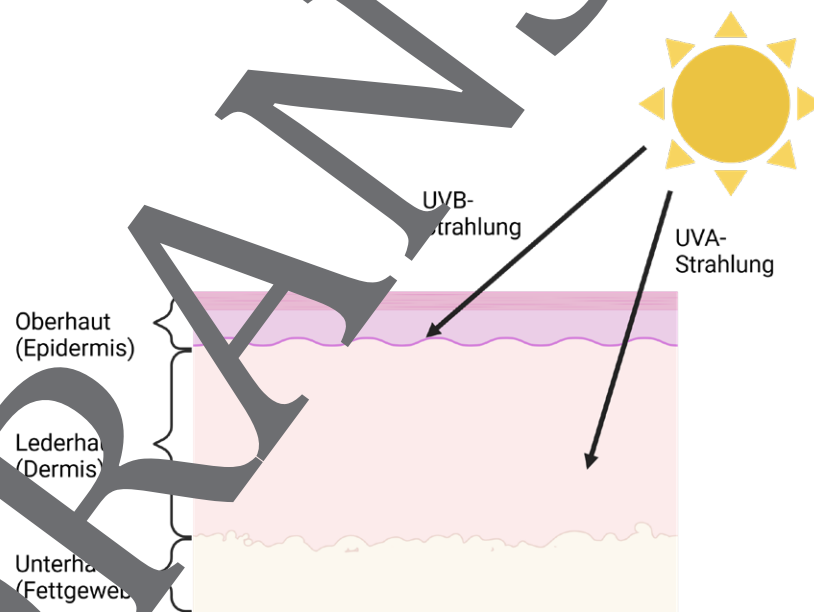


Abbildung 2: UV-A- und UV-B-Strahlung trifft auf unsere Haut.

Erstellt mit <https://BioRender.com>

Aufgaben

1. **Erklären** Sie den genauen Prozess der Abschwächung der UV-Strahlung beim Eintritt in die Erdatmosphäre.
2. **Recherchieren** Sie, welche biologischen Auswirkungen die UV-A- und die UV-B-Strahlung haben.

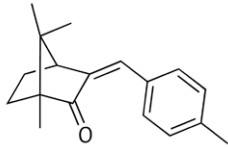


UV-Absorptionsspektren von reinen UV-Filtersubstanzen

M 4

Absorptionsspektren reiner Filtersubstanzen sind von großer Bedeutung, da sie wesentlich zu der Entscheidung beitragen, ob eine Substanz als Filter geeignet ist.

Enzacamen (Eusolex® 6300)



Unter der Artikelbezeichnung Eusolex® 6300 (3-(4'-Methylbenzyliden)-bornan-2-on) verbirgt sich ein kosmetischer Rohstoff, der von der Firma Merck als UV-B-Filter spezifiziert wurde. Bei 20 °C ist Eusolex® 6300 in Wasser unlöslich, aber dafür in Oleyloleat, Isopropylmyristat, Erdnussöl, mittelkettigen Triglyceriden, Paraffinöl, Sesamöl und Ethanol löslich. Das

Filter ist für die Verarbeitung in Sonnen-Eusolex®-6300-Schutzölen, Emulsionen und Aerosolen geeignet. Wird Eusolex® 6300 mit wasserlöslichen UV-Filtern kombiniert, wie zum Beispiel 2-Phenylbenzimidazol-5-Sulfonsäure, können optimale Lichtschutzfaktoren erreicht werden.

Wie auch andere Campherderivate hat Eusolex® 6300 einen hohen Extinktionskoeffizienten und ist sehr fotostabil. Daraus ist zu schließen, dass schon eine geringe Konzentration genügt, um einen hohen Lichtschutzfaktor zu erreichen. Die zulässige Höchstkonzentration in der EU liegt bei 4 %.

Da Eusolex® 6300 in Pulverform vorliegt, muss es zunächst in Paraffinöl gelöst werden.

Das Absorptionsspektrum wird im Wellenlängenbereich von 500 nm bis 250 nm aufgenommen.

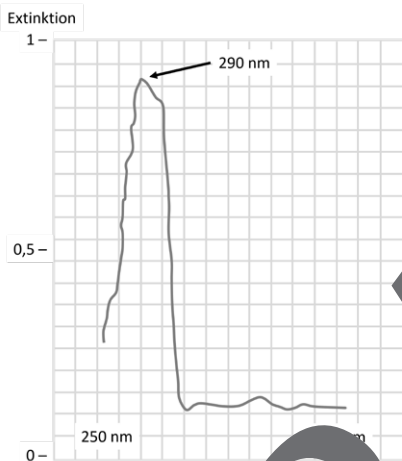
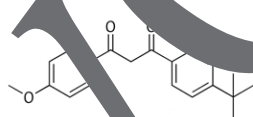


Abbildung: Absorptionsspektrum von Eusolex® 6300.

Die Absorption beginnt im Wellenlängenbereich um 330 nm und endet bei ca. 250 nm. Das Absorptionsmaximum liegt bei 290 nm. Das Maximum der Absorption von UV-B-Filtern liegt stets bei ca. 300 nm.

Avobenzon (Eusolex® 9020)



Auch Eusolex® 9020 (4-tert-Butyl-4'-methoxydibenzoylmethan) ist ein kosmetischer Rohstoff der Firma Merck. Hierbei handelt es sich allerdings um ein UV-A-Filter. Das Filter ist ebenfalls in Wasser unlöslich, aber löslich in Isostearylneopentanoat, C12-15-Alkylbenzoat, mittelkettigen Triglyceriden, Hexyllaurat, Ricinusöl, Isopropylmyristat, Ethanol und Paraffinöl. Eusolex® 9020 ist

zurzeit das meistverwendete UV-A-Filter und wird stets in Verbindung mit UV-B-Filtern eingesetzt, um einen Breitbandschutz zu erhalten.

Eusolex® 9020 geht eine Keto-Enol-Tautomerie ein. Die Enolform zeigt aufgrund ihres konjugierten Systems, darunter versteht man alternierende Einfach- und Doppelbindungen, eine starke Absorption im längerwelligen UVA-Bereich. Je ausgedehnter das konjugierte System ist, desto größer ist die Wellenlänge des Absorptionsmaximums.

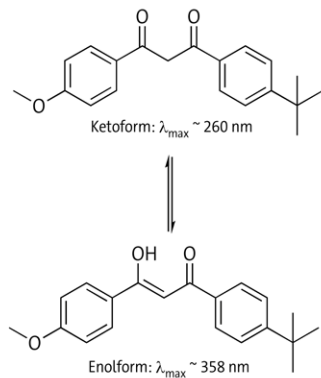


Abbildung: Keto-Enol-Tautomerie von Eusolex® 9020.

Eusolex® 9020 liegt ebenfalls in Pulverform vor und wird in Paraffinöl gelöst. Das Absorptionsspektrum wird im Wellenlängenbereich von 290 nm bis 390 nm aufgenommen.

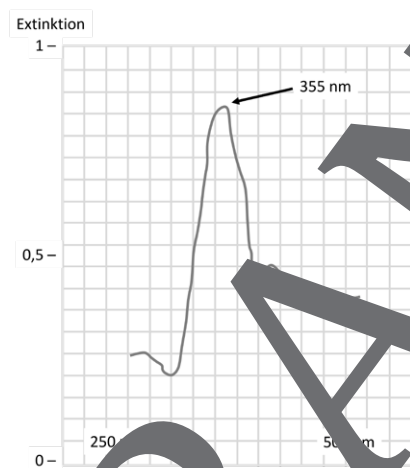


Abbildung: Absorptionsspektrum von Eusolex® 9020.

Der Absorptionsspektralbereich beginnt etwa bei 390 nm und endet bei 290 nm. Das Absorptionsmaximum liegt bei 355 nm. Das Absorptionsmaximum von UV-A-Filtern liegt stets bei ca. 350 nm.

Aufgabe

Je ausgedehnter das konjugierte System eines Moleküls, desto größer ist die Wellenlänge des Absorptionsmaximums. Welche Erklärung gibt es hierfür aus Sicht der elektronischen Struktur der Moleküle? **Begründen** Sie.

Abhängigkeit des Spannungsverlaufs von der Schichtdicke

M 8

Mit zunehmender Schichtdicke des Sonnenschutzpräparates verringert sich die durchgelassene Lichtintensität und damit auch die an einer Fotozelle gemessene Spannung. Das bedeutet, wie nach dem Gesetz von Lambert-Beer zu erwarten, dass die Absorption eines Sonnenschutzmittels mit zunehmender Schichtdicke steigt.

In einem Versuch wurde die unten gezeigte Spannungskurve aufgenommen.

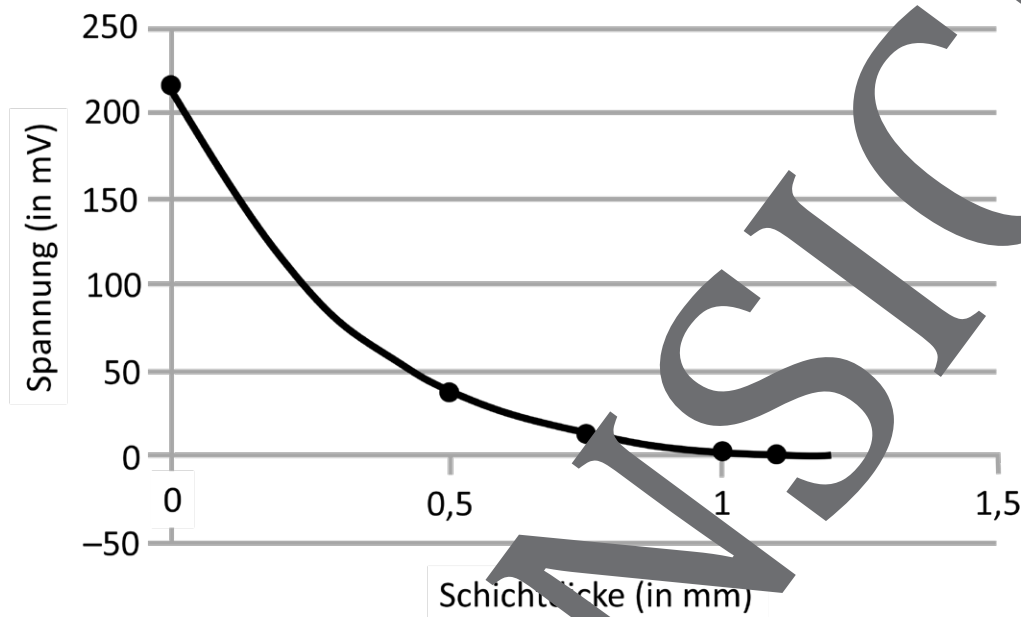


Abbildung: Abhängigkeit der Spannung (in mV) von der Schichtdicke (in mm).

Der Graph lässt eine exponentielle Funktion erkennen. Mit zunehmender Schichtdicke des Sonnenschutzproduktes nimmt die gemessene Spannung exponentiell ab, die Absorption steigt exponentiell. Ein wichtiger Indikator zur Bestimmung der Absorptionsfähigkeit von Strahlung in Abhängigkeit von der aufgewagene Menge ist die Halbwertsschichtdicke.

Aufgaben

1. Was könnte man in diesem Zusammenhang unter der Halbwertsschichtdicke verstehen? Erklären Sie.
2. Zeigen Sie, wie man diese Halbwertsschichtdicke in obigem Diagramm graphisch ermitteln kann.

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

