

# Spektroskopie im sichtbaren und UV-Bereich

## Theoretische Grundlagen

Manche Verbindungen (z.B. Chlorophyll oder Indigo) sind farbig. Dies bedeutet, dass ihre Moleküle sichtbares Licht absorbieren. Durch die Energie der absorbierten Strahlung werden die Moleküle angeregt. Dabei werden die Elektronen auf ein energetisch höheres Niveau angehoben. Im Gegensatz zu den Spektren der Atome erhält man bei Molekülen keine Linienspektren, sondern Bandenspektren. Neben der Anregung von Elektronen kommt es auch zur Anregung von Schwingungen und Rotationen des Moleküls.

Die meisten Moleküle sind farblos. Die Energie des sichtbaren Lichtes reicht hier nicht aus, um ihre Elektronen anzuregen. Mit energiereicherer UV-Strahlung ist eine Anregung allerdings möglich.

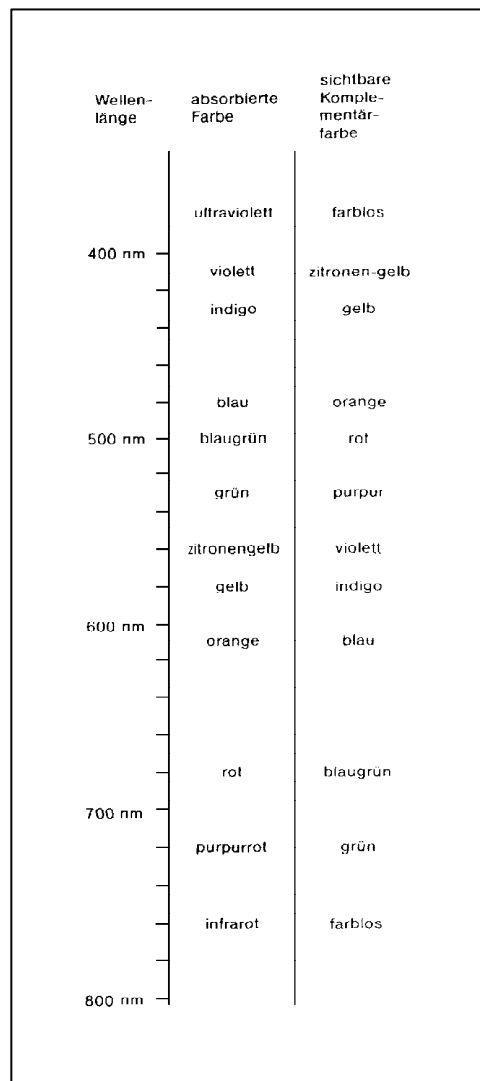
## Licht und Farbe (Spektroskopie mit dem Auge)

Elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm bewirkt im menschlichen Auge einen Lichteindruck. Dieser kleine Teil des elektromagnetischen Spektrums wird daher als **sichtbarer Bereich** bezeichnet.

Weisses Licht (z.B. Sonnenlicht) lässt sich mit Hilfe eines Prismas in verschiedene **Spektralfarben** zerlegen. Dabei ist jeder Farbe ein bestimmter Wellenlängenbereich im Spektrum zugeordnet. Das Auge fasst mehrere Spektralfarben zu einer Mischfarbe zusammen. Alle Farben des Spektrums ergeben zusammen als Farbeindruck **weiss**.

Häufig entstehen Farben durch **Absorption** von Strahlung. Durch Strahlung bestimmter Wellenlängen werden dabei in Molekülen oder Ionen Elektronen in energetisch höhere Zustände angeregt. Dieser Teil der Strahlung wird von dem Stoff **absorbiert**.

Der nicht absorbierte Teil der Strahlung wird **reflektiert oder bei transparenten Stoffen (wie z.B. Lösungen) durchgelassen**. Der dabei entstehende Farbeindruck entspricht der **Komplementärfarbe** zur absorbierten Farbe.



Fotografien eines Versuches zu diesem Thema findet man unter:

<http://www.pc.chemie.uni-siegen.de/pci/versuche/v27-1.html>

Ein Java-applet zur Farbmischung und zur Ermittlung der Komplementärfarben findet man unter: <http://www.wackerart.de/mixer.html>

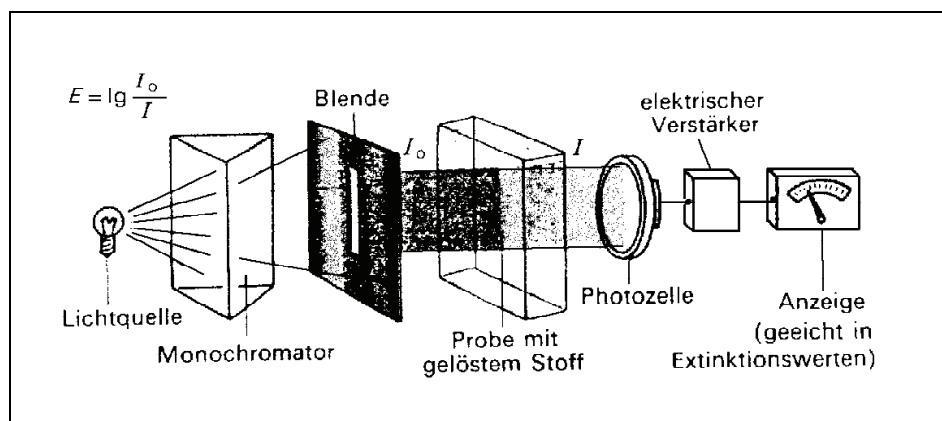
## Das Photometer

In einem Photometer (= "Lichtmesser") kann man messen, wie gross der Anteil der von einer Stoffprobe absorbierten Strahlung ist. Das dafür definierte Mass ist die Extinktion  $E$ :

$$E = \log \frac{I_0}{I}$$

$I_0$  = ursprüngliche Lichtintensität

$I$  = Lichtintensität nach dem Durchgang durch die Probe.



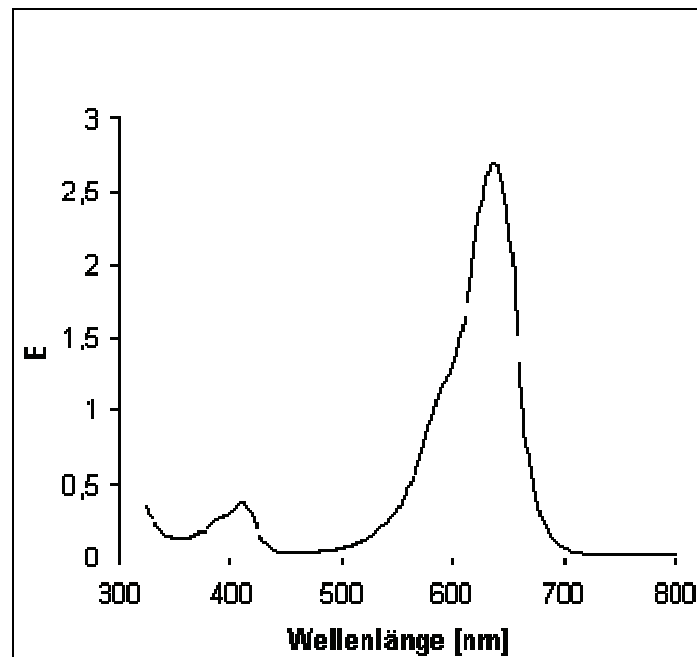
**Abb. 1:** Schematischer Aufbau eines Photometers

Im Monochromator des Photometers wird das Licht der Lampe nach Wellenlängen aufgespalten. Die Probe kann somit der Reihe nach mit allen Wellenlängen des von der Lampe ausgestrahlten Lichts durchstrahlt werden, sodass bei jeder Wellenlänge die Extinktion gemessen werden kann. Die graphische Auftragung der Extinktion gegen die Wellenlänge des Lichts liefert eine für den gemessenen Stoff charakteristische Absorptionskurve.

---

*Monochromator* [gr. mónos = allein und gr. chróma = Farbe]

---



**Abb. 3:** Beispiel eines Absorptionsspektrums

**Frage:** Welche Farbe wird der Stoff aufweisen, dessen Absorptionsspektrum in der Abb. 3 abgebildet ist? Begründen Sie Ihre Antwort.

Der Stoff absorbiert Licht im gelben Bereich des Spektrums, wird also blau gefärbt sein, da blau die Komplementärfarbe zu gelb ist. Es handelt sich hier um das Spektrum des Farbstoffes *Patentblau V*.

## Schutz vor den UV-Strahlen

Sonnenschutzmittel sollen die Haut vor der intensiven Einwirkung von UV-Strahlen schützen. Das ultraviolette Licht wird nach seiner Wirkung auf Lebewesen in 3 Bereiche unterteilt:

**UV-A-Strahlung:** Wellenlängen von 400 bis 315 nm.

Diese energieärmste Strahlung ist für die Bräunung der Haut verantwortlich (stärkste Wirkung bei Wellenlängen kleiner als 340 nm).

**UV-B-Strahlung:** Wellenlängen von 315 bis 280 nm.

Strahlung dieser Wellenlänge führt zur Hautrötung und in schlimmen Fällen zu Sonnenbrand. Dabei können die entstandenen Zellschäden so schwerwiegend sein, dass der Zelltod eintritt. Die abgestorbenen Zellen bilden dann mit der Zeit eine dickere Hornhaut und tragen so zum Schutz der Haut bei.

**UV-C-Strahlung:** Wellenlängen von 280 bis 200 nm.

Die Strahlung in diesem Bereich ist so energiereich, dass sie das Erbmateriale in den Zellen sehr schnell schädigt.

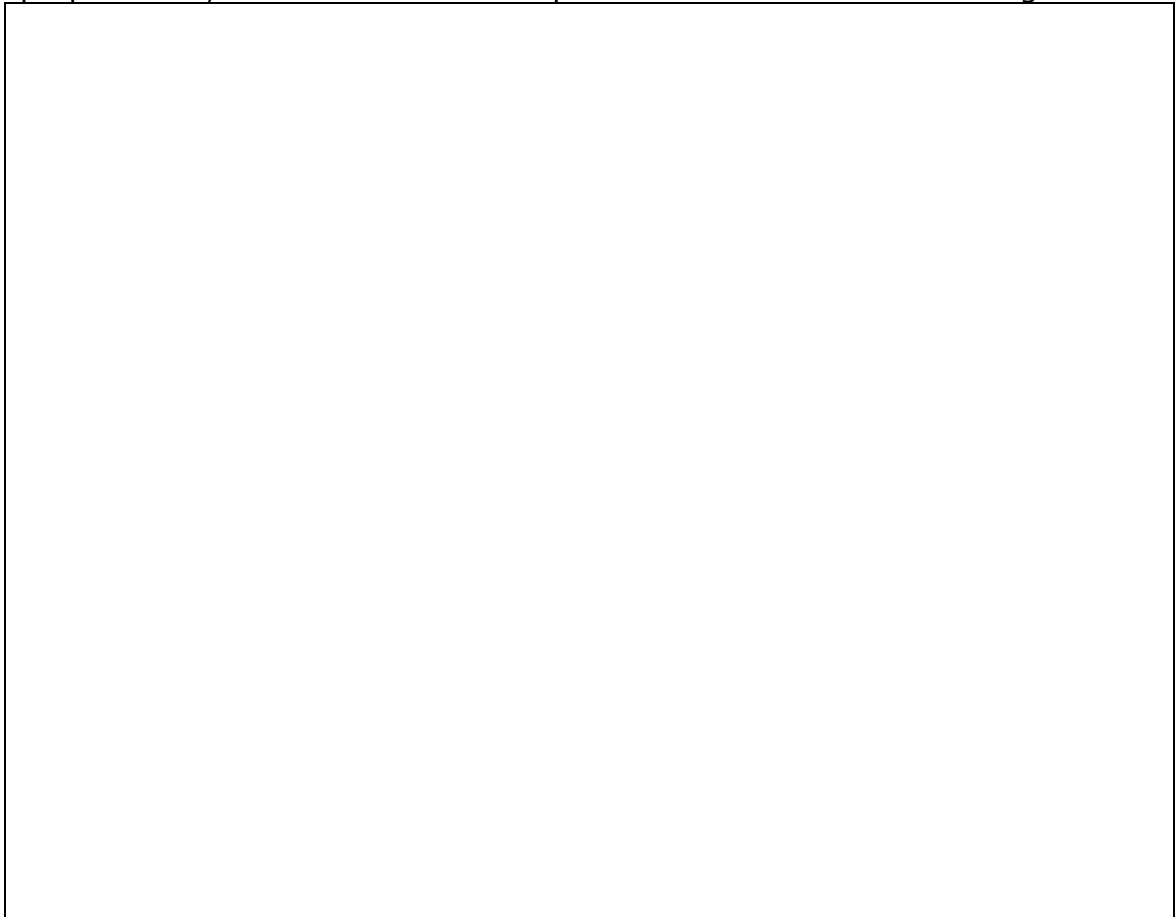
**Frage:** Wie werden die Lebewesen auf der Erde vor den - im Sonnenlicht enthaltenen - tödlichen UV-Strahlen geschützt?

Die wirklich tödlichen UV-C-Strahlen werden bereits vom Sauerstoff in der Atmosphäre absorbiert. Die schädlichen UV-B-Strahlen absorbiert die stratosphärische Ozonschicht.

## Durchführung

### 1. Untersuchung einer Sonnencreme

Lösen Sie ein Sonnenschutzmittel Ihrer Wahl (Creme, Öl, etc.) in Iso-propanol auf, und nehmen Sie ein Spektrum auf. Deuten Sie das Ergebnis.



Spektrum des Sonnenschutzmittels

### Interpretation

Bei niedrigen Schutzfaktoren sollten die Sonnenschutzmittel UV-Strahlen bis runter zu etwa 350 nm durchlassen, was dann eine Bräunung der Haut ermöglicht. Bei höheren Schutzfaktoren wird der gesamte UV-Bereich abgesperrt und nur Strahlung oberhalb von 400 nm sollte durchgelassen werden.

## 2. Untersuchung einer Sonnenbrille

UV-Strahlung schädigt nicht nur die Haut, sondern auch die lichtempfindliche Gewebeschicht der Augen (Retina). Nehmen Sie das Spektrum einer Sonnenbrille auf und interpretieren Sie es.



Spektrum der Sonnenbrille

**Interpretation** (Beachten Sie das nachfolgend aufgeführte Merkblatt der SUVA)

Die Sonnenbrille sollte den Anforderungen im Merkblatt der SUVA genügen.

Medienorientierung der SUVA vom 19.4.1994

## Empfehlungen der SUVA für den Kauf von Sonnenbrillen

### Minimalanforderung

Als Minimalanforderung muss ein **UV-Schutz bis 400 nm** garantiert sein, d.h.

UV(C/B)	100-320 nm	99.99-100 %	mittlere Absorption
UV(A)	320-400 nm	99.50-100 %	mittlere Absorption

Unter Einhaltung dieser Toleranzwerte spricht man von einem 100%-UV-Schutz. Sonnenbrillen, die diese Minimalanforderung nicht erfüllen, bieten keinen genügenden Schutz gegen akute Hornhautschäden (Schneeblindheit, Verblitzen) oder gegen die Gefahr einer chronischen Schädigung der Linse (grauer Star) und sollten deshalb **in keinem Fall** gekauft werden.

### Optimaler Schutz

Ein optimaler Schutz auch gegen Netzhautschäden ist nach neuesten Erkenntnissen dann gewährleistet, wenn das Sonnenschutzglas auch im **sichtbaren Bereich** des Lichtes, insbesondere im Bereich der kurzwelligen Violett/Blau-Lichtes eine gute Filterwirkung aufweist, d.h. einen Toleranzwert von

VIS	400-495 nm	92-98 %	mittlere Absorption
-----	------------	---------	---------------------

garantiert. Empfehlenswert ist zudem auch im übrigen sichtbaren Bereich des Lichtes die Einhaltung einer Toleranz von

VIS	495-700 nm	65-85 %	mittlere Absorption.
-----	------------	---------	----------------------

und im Infrarot-Bereich von

IR	700-ca.2500 nm	50-65%	mittlere Absorption
----	----------------	--------	---------------------

**Die SUVASOL-Sonnenschutzgläser erfüllen all diese Anforderungen. Eingesetzt in ein geschlossenes, die Augen auch seitlich abdeckendes Gestell sind sie auch bei starker Belastung der Augen empfehlenswert.**



## Dunkle Sonnenschutzgläser

Sonnenschutzgläser mit einer mehr als 90%-igen Absorption im oberen sichtbaren Lichtbereich (495-700 nm) sind zu dunkel, erschweren dadurch das Erkennen von Farben und sind deshalb für den normalen Einsatz (z.B. Autofahren) nicht zu empfehlen. Zu dunkle Gläser sind vor allem dann nicht empfehlenswert, wenn gleichzeitig die Absorption im schädigenden Violett/Blau-Bereich zu gering ist. Die schädigende Wirkung der Strahlung in diesem Bereich würde noch verstärkt, weil sich die Pupillen hinter dunklen Schutzgläsern weit öffnen.

## Deklaration der Qualität

Achten Sie beim Kauf einer Sonnenbrille auf eine ausführliche Qualitätsbezeichnung. Als Minimalangabe sollte "**100%-UV-Schutz bis 400nm**" vermerkt sein. Eine Deklaration wie "optimaler UV-Schutz" ist beispielsweise ungenügend. Besser ist eine ausführliche Information auch über die spektralen Absorptionswerte sowie über die vorgesehenen Anwendungsbereiche. Fragen Sie im Zweifelsfall Ihren Fachhändler. Verlangen Sie die Transmissionskurve der eingesetzten Sonnenschutzgläser.

## Besondere Brillen

Beim Kauf besonderer Brillen (variabel getönte Gläser oder sog. Auslaufgläser, Rezeptgläser, phototropische Gläser etc. ) ist eine Beratung durch den Fachmann unumgänglich.

## Preis/Leistung

Ein hoher Preis garantiert nicht automatisch eine hohe Qualität, denn qualitativ hochstehende Schutzgläser sind in der Regel nicht teurer als schlechte. Vielfach richtet sich der Preis fast ausschliesslich nach Modetrends oder wohlklingenden Namen.