

### Inhalt:

- [10.1 - Das Phänomen Farbe](#)
- [10.2 - Emissionsfarben](#)
- [10.3 - Anorganische Absorptionsfarben](#)
- [10.4 - Organische Absorptionsfarben](#)
- [10.5 - Färbeverfahren](#)
- [10.6 - Lebensmittelfarbstoffe](#)
- [10.7 - Übungsaufgaben](#)
- [10.8 - Lernkontrolle](#)
- [10.9 - Literatur](#)
- [10.10 - Web-Links](#)


### Lernziele:

Nach der Bearbeitung dieses Kapitels sollten Sie



- die Komponenten des weissen Lichts kennen
- die Begriffe "Wellenlänge", "Frequenz" und "Amplitude" kennen und damit umgehen können
- die Energien von farbigem Licht berechnen können
- das elektromagnetische Wellenspektrum kennen
- die Entstehung von Emissionsfarben beschreiben können
- die Funktionsweise einer Neonröhre beschreiben können
- wissen, wie Farben bei Übergangsmetallionen erzeugt werden
- einige Pigmente kennen
- wissen, wie die Farben bei organischen Molekülen erzeugt werden
- die fünf organischen Chromophore kennen
- wissen, wie eine Haftung zwischen Faser und Farbstoff entstehen kann
- aufmerksam auf E - Nummern werden

## 10.1 Das Phänomen Farbe

Die Welt ist bunt. [Farben](#)  begegnen uns auf Schritt und Tritt und beeinflussen unser Verhalten. Seien es natürliche Farben, das Grün einer Wiese oder von Blättern, die Farbenpracht blühender Blumen oder Farben, die wir Menschen auf Gegenstände aufgebracht haben, um sie zu verschönern.

Farben haben auch bestimmte Bedeutungen: Die Farbe rot gilt als Schreck-, Signal- oder Warnfarbe. Im Verkehr heisst sie uns die Fahrt zu unterbrechen und anzuhalten. Die Farbe grün gilt als Farbe der Hoffnung, während Blautöne als kalt und beruhigend eingestuft werden. Farben wurden gebraucht um Gefühle oder Stimmungen auszudrücken, so bemalten sich kriegerische Indianer Ihre Gesichter oder Trauernde hüllen sich in schwarz. Selbst zur Kennzeichnung der Hierarchie wurden und werden Farben verwendet, so durften nur Cäsaren und Kaiser des römischen Reiches eine rote Toga tragen oder die Kasteneinteilung in verschiedenen Kulturen erfolgte mittels eines bestimmten Farbtupfers auf der Stirn.

Der Mensch ist längst zu einem Augentier geworden. Der grösste Teil seiner Wahrnehmungen ist verknüpft mit, oder gesteuert durch optische Reize.

## Brechung von weissem Licht an einem Prisma

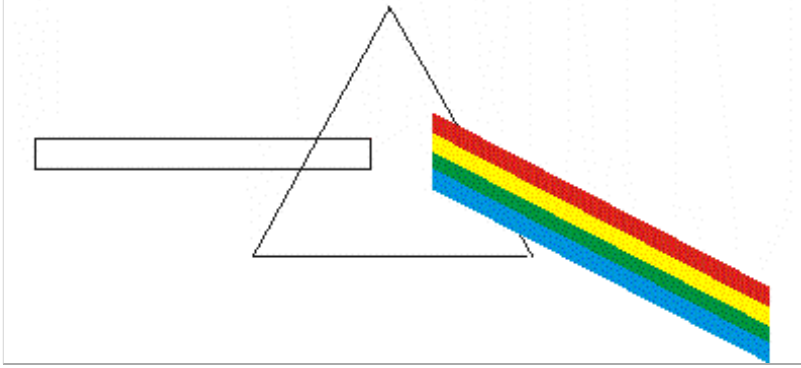
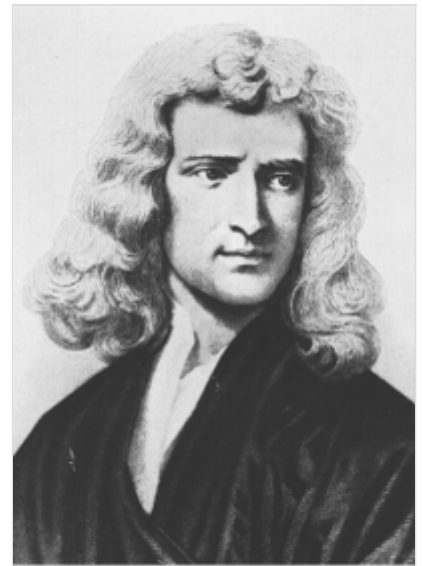


Bild 10.1: Brechung von Licht

Farbe ist ein Phänomen, das direkt mit Licht verknüpft ist. Im 17. Jahrhundert konnte Isaac Newton zeigen, dass sich Sonnenlicht mittels eines Prismas in verschiedene Komponenten zerlegen lässt. Es stellte sich heraus, dass weisses Licht aus verschiedenen Komponenten besteht, die im physikalischen Versuch, aber auch von der Natur bei der Bildung eines Regenbogens sichtbar werden. Weisses Licht setzt sich zusammen aus den Komponenten blau, grün, gelb und rot. Eigentlich enthält Sonnenlicht auch weitere Komponenten, diese können von Menschen allerdings nicht visuell wahrgenommen werden, es ist die infrarote und die ultraviolette Strahlung, die an die Farben rot bzw. blau anschliessen.



**Newton, I.**

Bild 10.2: Isaac Newton

Theoretische Erkenntnisse anfangs des 20. Jahrhunderts haben zwar den Dualitätscharakter von Licht und auch von Elementarteilchen bestätigt, für die nachfolgenden Überlegungen ist es jedoch sinnvoll Licht als Wellen zu beschreiben. Eine Welle wird im Wesentlichen charakterisiert durch drei verschiedene Parameter:

- **Die Wellenlänge**

$\lambda$

- **die Frequenz**

$\nu$

- **die Amplitude**

$A$

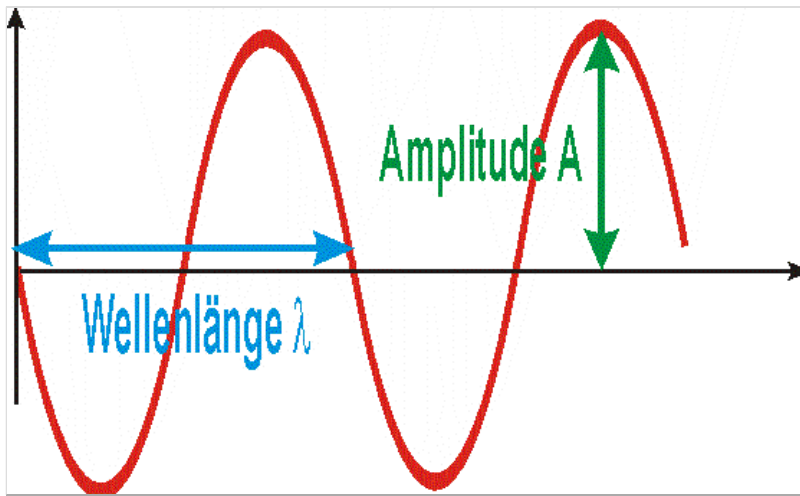
Die Wellenlänge  $\lambda$  beschreibt die Strecke die eine Welle zwischen zwei Nulldurchgängen zurücklegt. Die Einheit der Wellenlänge ist Meter (m).

Die Frequenz  $\nu$  beschreibt die Anzahl der Schwingungen, die eine Welle pro Sekunde ausführt. Die Einheit der Frequenz ist pro Sekunde oder Hertz.

Die Amplitude  $A$  beschreibt die Intensität einer Welle.

$$[\lambda] = \text{m}$$

$$[\nu] = \text{s}^{-1} = \text{Hz}$$



**Bild 10.3:** Eine Welle

Zwei dieser Parameter, die Wellenlänge  $\lambda$  und die Frequenz  $\nu$  sind über eine einfache Beziehung miteinander verknüpft. Es gilt :

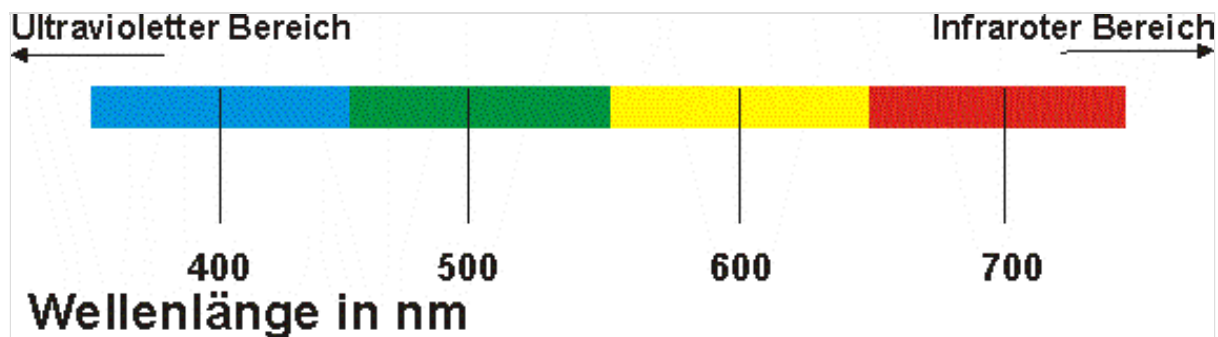
$$c = \lambda \times \nu$$

dabei ist  $c$  die Geschwindigkeit des Lichts ( $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ ).

Diese Beziehung sagt aus, dass eine Welle eindeutig bestimmt ist, wenn einer der Parameter Wellenlänge oder Frequenz

gewählt ist. Der andere Parameter ist durch obige Beziehung automatisch gegeben.

Die verschiedenen Farben des Lichts unterscheiden sich genau in diesen Größen. Blaues Licht weist eine andere Wellenlänge und damit Frequenz auf als grünes, gelbes oder rotes Licht. Die Wellenlängen der Komponenten weissen Lichts lassen sich wie folgt annähernd beschreiben:



**Bild 10.4:** Das sichtbare Spektrum des weissen Lichts

Die Energie, die eine Welle besitzt, ist verknüpft mit ihrer Frequenz und damit auch mit ihrer Wellenlänge. Es gilt die folgende einfache Beziehung:

$$E = h \times \nu \text{ oder}$$

$$E = h \times c / \lambda$$

Dabei ist  $h$  das **Planck'sche Wirkungsquantum** ( $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ), benannt nach dem deutschen Physiker Max Planck. Die Energiebeziehung besagt, dass die verschiedenen Komponenten des weissen Lichts durch ihre verschiedenen Wellenlängen und Frequenzen unterschiedliche Energien besitzen. Die Energie des blauen Lichts ist höher als diejenige grünen Lichts, da es eine kürzere Wellenlänge bzw. eine höhere Frequenz besitzt.

Das Spektrum des sichtbaren Lichts ist allerdings nur ein kleiner Ausschnitt aus dem gesamten Spektrum elektromagnetischer Wellen. Die übrigen Wellen sind für das menschliche



**Planck, M. K. E. L.**

Bild 10.5: Max Planck

Auge unsichtbar.

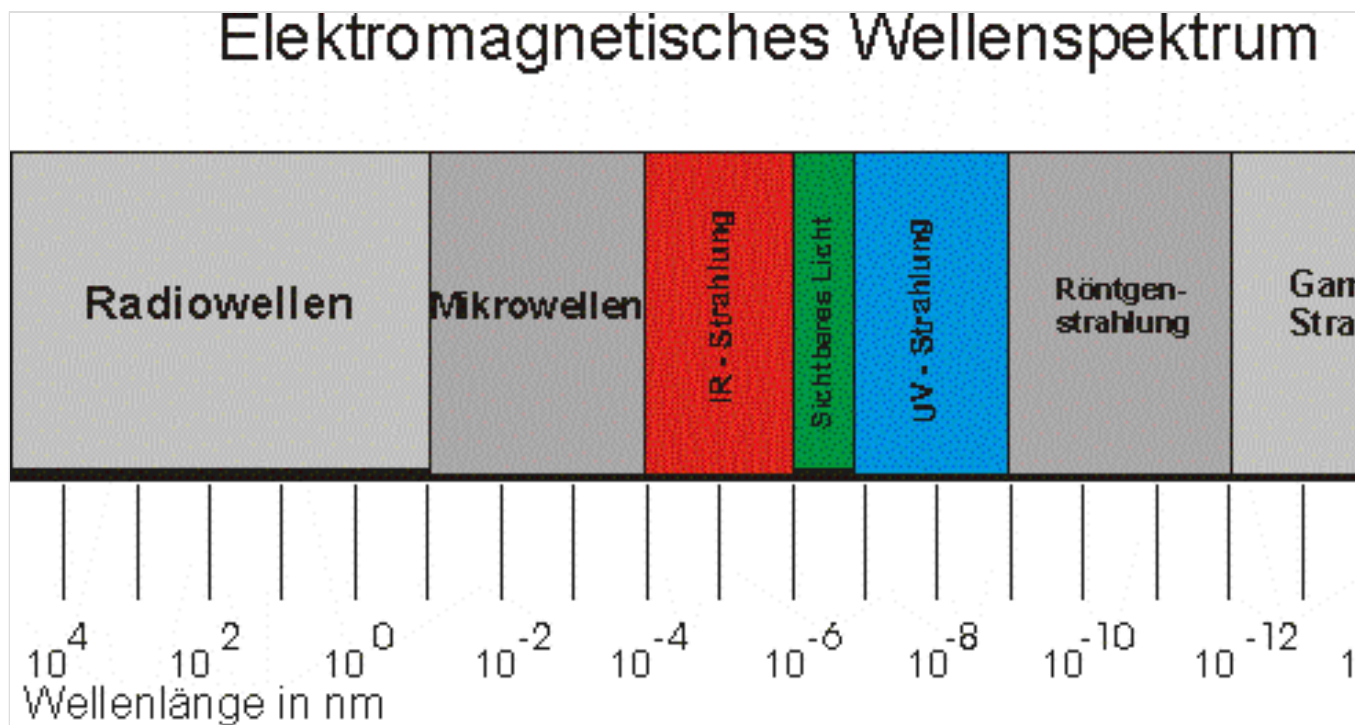


Bild 10.6: Das elektromagnetische Wellenspektrum

Unterbrechen Sie hier Ihre Lektüre. Lösen Sie die Aufgaben 1, 2 und 3 der [Übungsaufgaben](#).

## 10.2 Emissionsfarben

Farberscheinungen in unserer Umwelt sind meist auf Umschichtungen von Elektronen

zurückzuführen. So existieren im wesentlichen zwei Prozesse, die Farben erzeugen können:

- Emission von Licht (Emissionsspektren) und
- Absorption von Licht (Absorptionsspektren) und

Bei Emissionsspektren werden Atome durch eine externe Energiequelle, z. B. eine Flamme oder beschleunigte Elektronen beeinflusst. Die Atome werden zur Energieaufnahme gezwungen und reagieren darauf, indem sie einen Teil ihrer Elektronen in einen energetisch höheren Zustand bringen. Die Atome befinden sich so in einem energetisch ungünstigeren, einem **angeregten Zustand**. Um wieder in den energetischen Grundzustand zurückkehren zu können, geben die Atome nun die aufgenommene Energie wieder ab. Diese Energieabgabe kann in Form von elektromagnetischer Strahlung, Licht erfolgen. Falls das abgestrahlte Licht eine Wellenlänge innerhalb des sichtbaren Spektrums aufweist, kann die Strahlung vom menschlichen Auge als farbiges Licht wahrgenommen werden. Dieser Vorgang kann bildlich dargestellt werden:

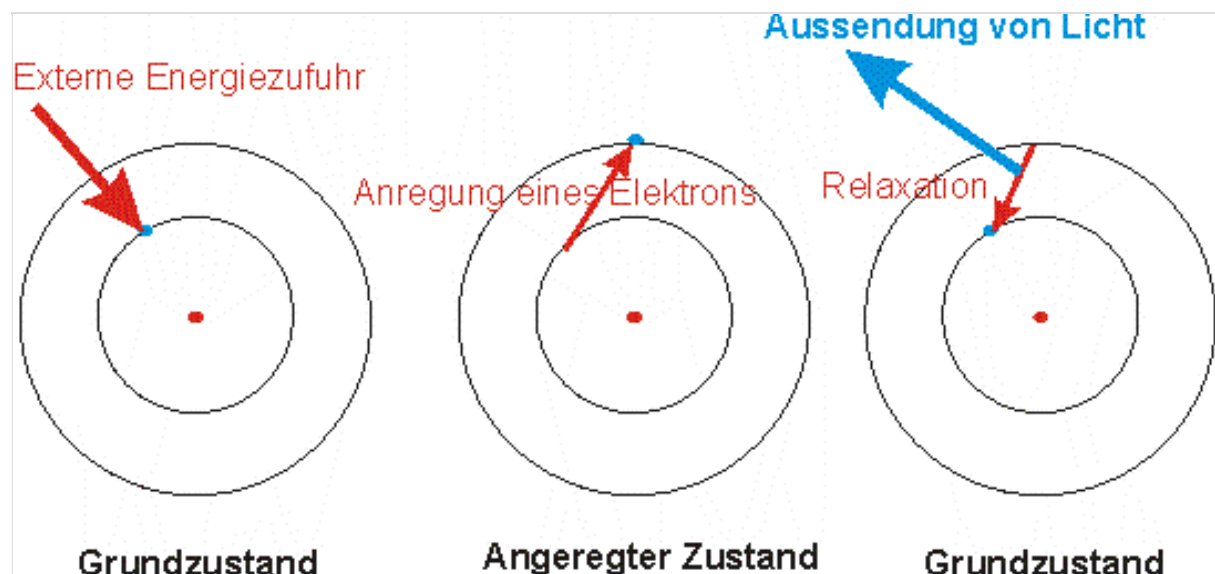
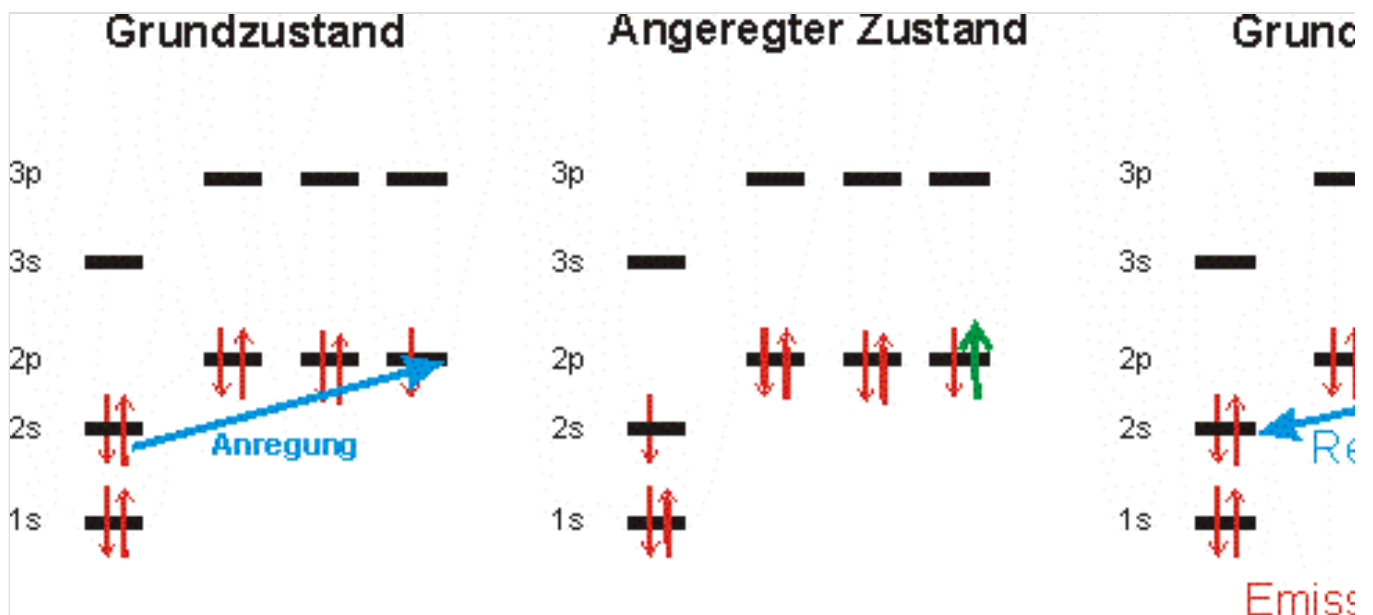


Bild 10.7: Prinzip der Erzeugung von Emissionsfarben

Da es sich bei diesem Prozess um Umwandlungen von Energien handelt, kann das Ganze auch durch die Energieniveaus von Elektronen dargestellt werden.

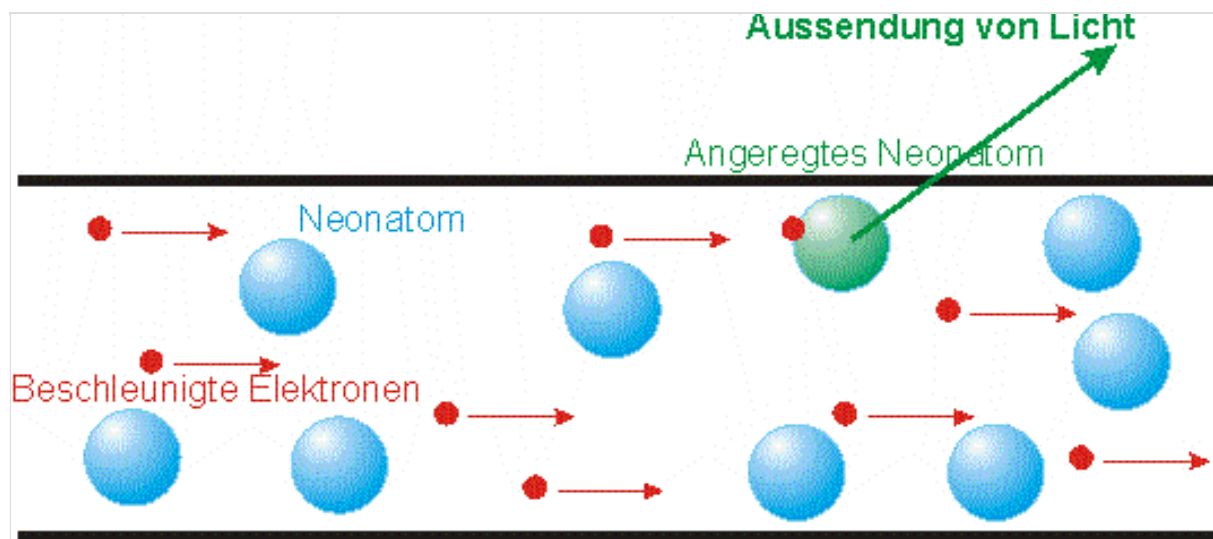


**Bild 10.8:** Prinzip der Erzeugung von Emissionsfarben

Das abgestrahlte Licht muss nun genau der Energiedifferenz der beteiligten Orbitale entsprechen. Anders ausgedrückt heisst dies, die Wellenlänge und damit die Farbe des abgestrahlten Lichts ist abhängig davon, welchen Energieunterschied die Orbitale besitzen, zwischen welchen die elektronische Anregung und die [Relaxation](#) stattfindet. Unter dieser Voraussetzung muss ein Atom unter denselben Bedingungen immer dieselbe Wellenlänge erzeugen und da den Elektronen definierte Energiezustände zugeschrieben werden können, ist die Wellenlänge des abgestrahlten Lichts konkret und definiert. Man beobachtet z. B. beim Element Natrium, das in eine Flamme gebracht wird stets eine gelbe Lichterscheinung. Sie ist zurückzuführen auf die Anregung eines einzigen Elektrons pro Atom. Die Wellenlänge des erzeugten Lichts ist 589 nm. Dieses gelbe Licht wird immer dann erzeugt, wenn Natrium selbst oder Natriumverbindungen verbrannt werden. Dies geschieht sicherlich mancherorts zur Analyse von Verbindungen oder Gemischen, andererseits entsteht die gelbe Färbung aber auch wenn natriumhaltige Stoffe, z. B. Holz verbrannt werden. Die gelbe Farbe, die ein [Kaminfeuer](#) erzeugt, ist im wesentlichen genau auf die Anregung und anschliessende Relaxation von Natriumverbindungen zurückzuführen.

Ein analoger Prozess spielt sich ab in einer Neonröhre. Das Licht einer [Neonröhre](#) wird erzeugt durch die Anregung und anschliessende Relaxation von Neonatomen. Die externe Energie, welche zugeführt wird, um die Anregung zu erzeugen ist allerdings nicht thermische Energie, Wärme, sondern die kinetische Energie von Elektronen, die in einer Spannungsquelle erzeugt werden und durch den mit Neonatomen gefüllten Raum zur [Anode](#) hin beschleunigt werden. Die kinetische Energie der Elektronen wird beim Aufprall auf die Neonatome umgewandelt und Elektronen der Neonatome in einen energetisch ungünstigeren Zustand versetzt.





**Bild 10.9:** Das Prinzip einer Neonröhre

## 10.3 Anorganische Absorptionsfarben

Beindet man sich in einem absolut dunklen Raum, so kann Licht erzeugt werden, indem man bestimmte Stoffe verbrennt und oder durch eine hohe Spannung anregt. In beiden Fällen werden Emissionsfarben erzeugt. Ohne dieses Licht lassen sich die Farben von Gegenständen, die sich in diesem Raum befinden jedoch nicht erkennen. Es sind Farbphänomene zu deren Farbigkeit selbst Licht notwendig ist. Es sind Absorptionsfarben

Die Absorptionsfarben von Gegenständen oder Textilien entstehen dadurch, dass sie von Licht be- oder durchschienen werden. Bei diesem Prozess wird ein Teil des eingestrahnten Lichts umgewandelt, Elektronen werden angeregt und damit ist die Farbe erzeugt.

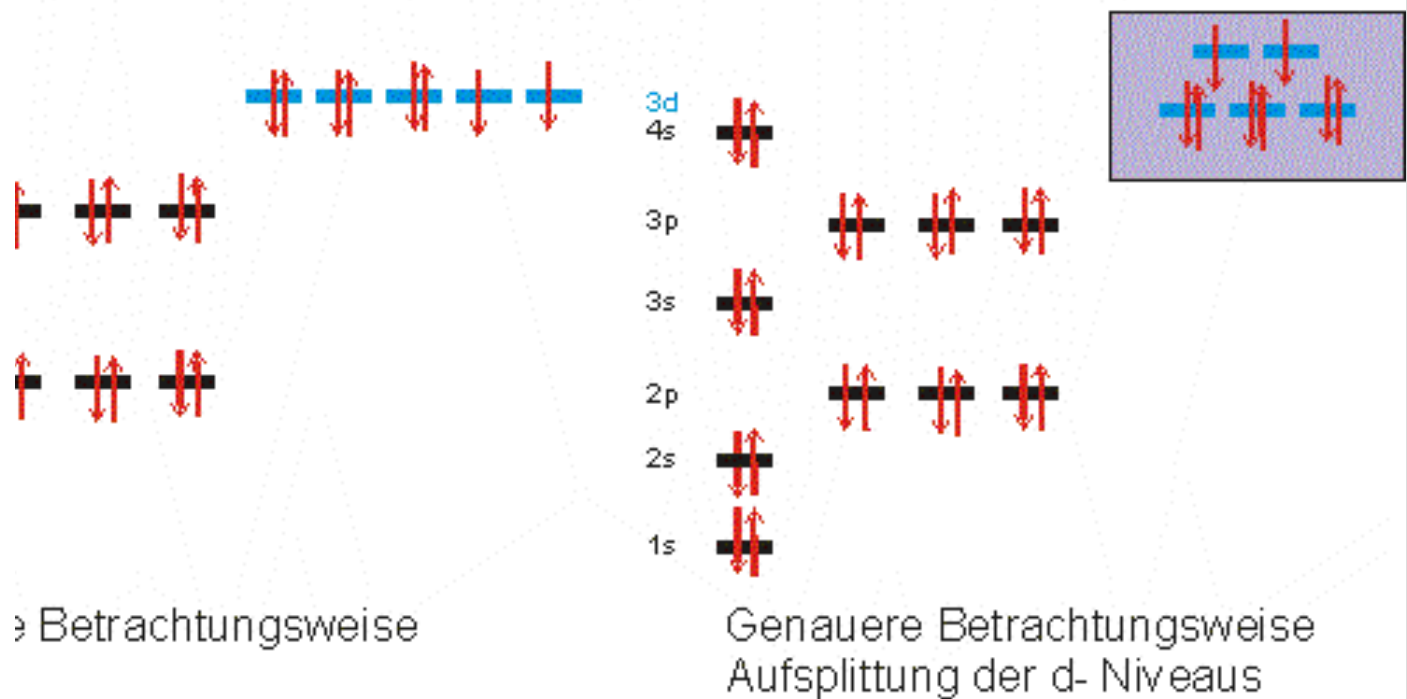


**Bild 10.10:** Eine Ikone

Historisch gesehen sind vor allem die Farben von Übergangsmetallen und deren Ionen von Bedeutung. Sie wurden früher eingesetzt als Farbpigmente und namhafte Maler haben sie verwendet um damit ihre Kunstwerke zu fertigen. Um das Phänomen Farbe bei Übergangsmetallen zu verstehen, muss noch einmal kurz auf die Elektronenverteilung, im Speziellen auf die Elektronen in den den d - Orbitalen eingegangen werden:

Der Einfachheit halber wurden bisher die 5 d- Orbitale eines Elements als energetisch gleichwertig betrachtet. Eine genauere Betrachtung ergibt allerdings, dass von den 5 d - Orbitalen jeweils drei bzw. zwei gleichwertig sind, die beiden Gruppierungen sich aber energetisch unterscheiden. In Bildern ausgedrückt, heisst das folgendes:

## Energieniveaus von Atomorbitalen



**Bild 10.11:** Die Energien in d - Orbitalen

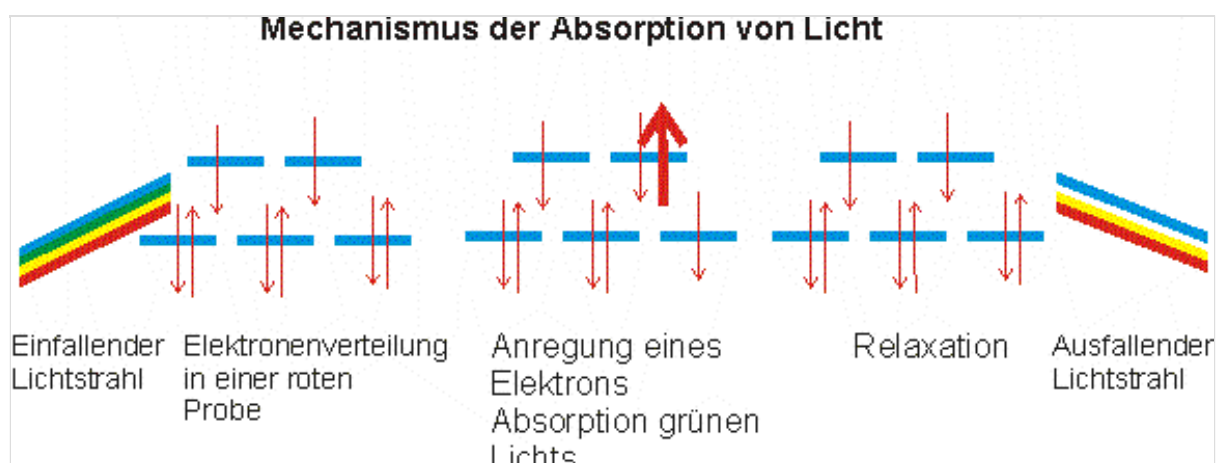
Die Farbe eines Übergangsmetalls wird nun dadurch erzeugt, dass ein einfallender Lichtstrahl mindestens ein Elektron in einem d - Orbital anregt. Dabei wird die Energie des Lichts umgewandelt und fehlt danach im austretenden Lichtstrahl. Die eine Komponente des Lichts wurde umgewandelt, absorbiert, vom Übergangsmetall quasi geschluckt. Durch die Absorption einer Komponente des weissen Lichts erscheint der austretende Lichtstrahl verändert. Er weist eine **Farblücke** auf. Der Farbeindruck, der dadurch entsteht, entspricht der **Komplementärfarbe** der absorbierten Komponente, d. h. eine rot erscheinende Lösung eines Übergangsmetalls absorbiert grünes Licht.

Die Beziehungen zwischen [Wellenlänge](#) , [Frequenz](#) und Energie gelten dabei nach wie vor.

$$E = h \times \nu$$

oder

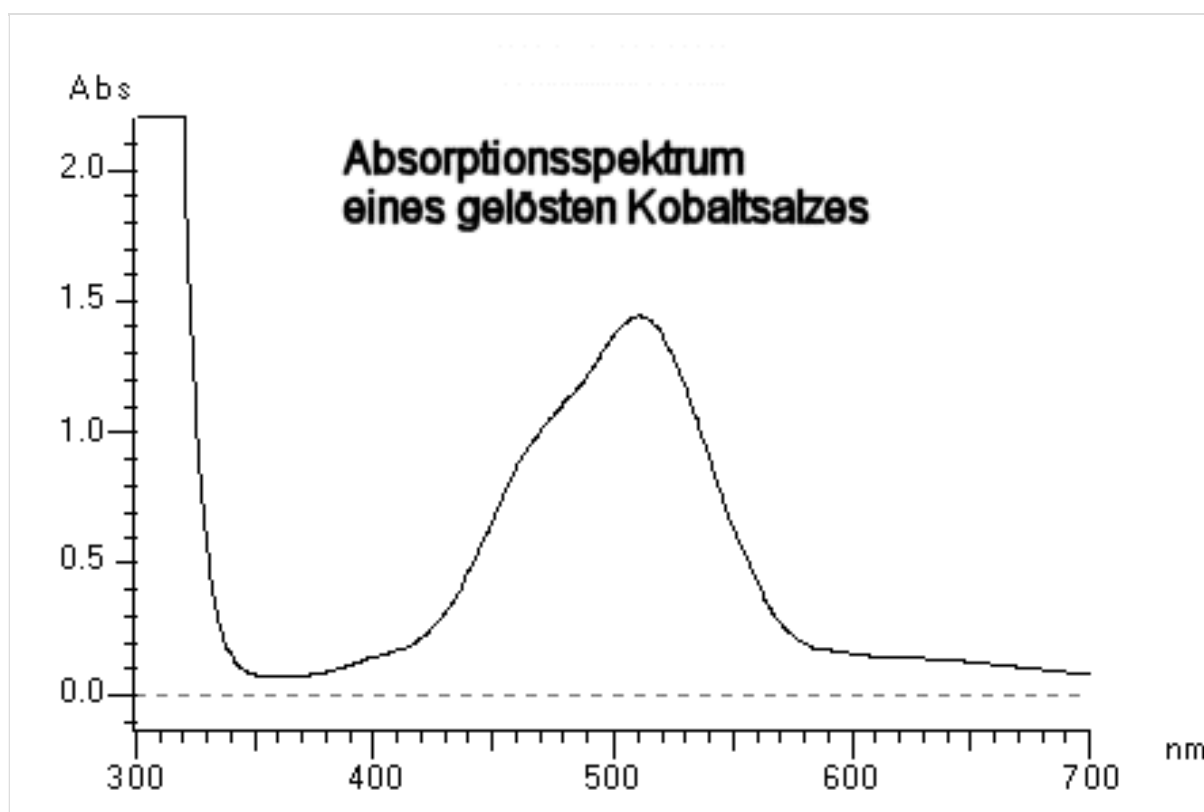
$$E = h \times c / \lambda$$






So kann der Energieunterschied zweier d - Orbitale in einer Übergangsmetallverbindung ermittelt und bestimmt werden. Eine weitere Konsequenz aus dieser Betrachtung ist die, dass der energetische Abstand der d - Orbitale keineswegs einen konstanten Wert aufweist, sondern sehr stark abhängig ist von der Art der Verbindung, bzw. der Atome, die direkt mit dem Übergangsmetall in Wechselwirkung stehen.

Die so erzeugte Farbe ist nicht nur ästhetisch wertvoll, sondern geradezu charakteristisch für ein Übergangsmetallion mit einer definierten Umgebung. Dies kann ausgenutzt werden, um eine Verbindung nachzuweisen bzw. sie zu identifizieren. Die chemische Analyse nützt dies aus bei der Erzeugung von Spektren im ultravioletten und sichtbaren Bereich [UV/VIS-Spektroskopie](#) . Abgebildet ist das UV/VIS - Spektrum einer wässrigen Lösung von  $\text{Co}^{2+}$  - Ionen ( $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ).



In der  
Folge  
sind  
einige


Bild 10.13: Das UV/VIS-Spektrum von  $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$

[Pigmente](#)  aufgelistet, die von namhaften Malern im letzten Jahrtausend verwendet wurden. Man muss allerdings nicht so weit zurückgehen, um eine Anwendung von farbigen Übergangsmetallpigmenten zu suchen: Bis vor nicht allzu langer Zeit wurden Kellerräume mit [Bleiweiss](#) gestrichen, die schillernden Farben von Autos sind z. T. heute noch auf anorganische Farbpigmente zurückzuführen und da und dort sind Gegenstände farbig aufgrund von Übergangsmetallverbindungen. Selbstverständlich sind diese Verbindungen dort nicht anzutreffen, wo gesundheitliche Bedenken angeführt werden können, z. B. bei Kleinkinderspielsachen, Lebensmitteln oder Kosmetika.

Name des Pigments	Formel
Bleiweiss	$2\text{Pb}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$
Cadmiumgelb	$\text{CdS}$
Chromgelb	$\text{PbCrO}_4$
roter Ocker	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Bleimennige	$\text{Pb}_3\text{O}_4$
Ultramarin	$\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$
Kobaltblau	$\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
Malachit	$2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
Grünspan	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot (\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

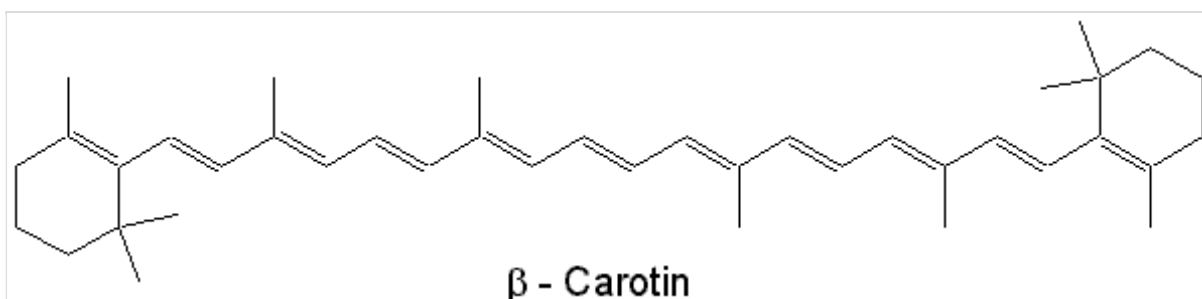
**Tabelle 10.1: Farbpigmente**

## 10.4 Organische Absorptionsfarben

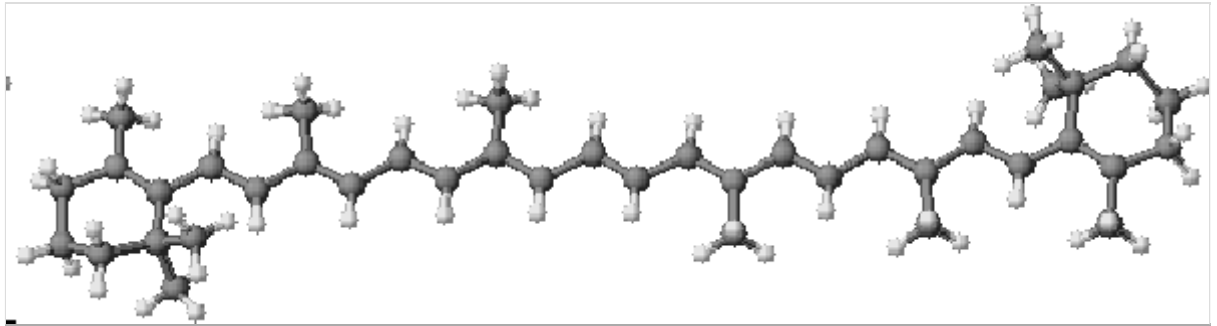
Organische Farbstoffe, deren Farbigkeit auf der Absorption von farbigem Licht beruht, sind keine Erfindung der Menschheit. Sicherlich haben es Menschen verstanden die Vorbilder der Natur  zu übernehmen und den eigenen Wünschen anzupassen, aber Früchte, Beeren und Gemüse produzieren organische Absorptionsfarbstoffe und beleben dadurch unseren Alltag. Zwei sehr gut bekannte Farbstoffe aus der Pflanzenwelt sind der orange Farbstoff von Karotten, Carotin und der intensiv rote Farbstoff von Tomaten, Lycopin.



**Bild 10.14: Karotten**

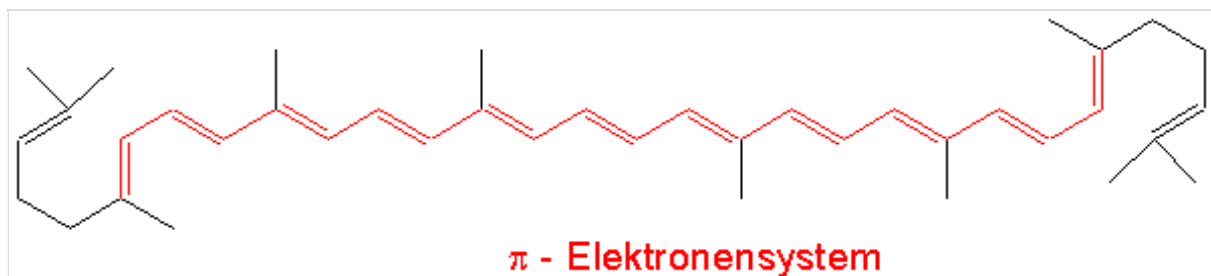


**Bild 10.15: Carotin**



**Bild 10.16:** Carotin



Die Erzeugung der Farbe in organischen Molekülen geschieht in der selben Weise, wie bei den anorganischen Absorptionsfarben. Allerdings enthalten organische Moleküle und Atome keine d - Orbitale in denen Elektronen angeregt werden können. Organische Farbstoffe weisen dafür ein ausgeprägtes  $\pi$  - Elektronensystem auf, in welchem Elektronen durch das sichtbare Licht angeregt werden können. Das  $\pi$  - Elektronensystem ist an der Molekülstruktur leicht zu erkennen, es ist eine ausgedehnte Abfolge von Einfach- und Doppelbindungen.




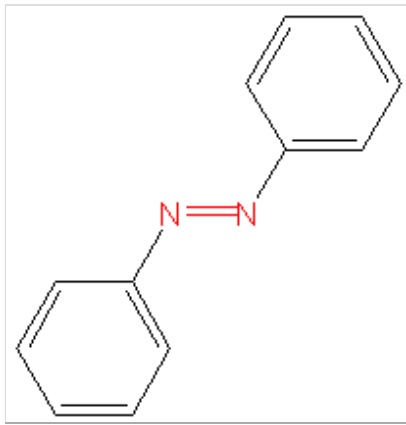
**Bild 10.17:** Ein  $\pi$  - System

Die Absorption des Lichts geschieht innerhalb dieses  $\pi$  - Systems und es gilt nach wie vor, dass die absorbierte Farbe der Komplementärfarbe der beobachteten Farbe entspricht. Das  $\pi$  - System selbst kann nun verschieden aufgebaut sein. Es bildet das Grundgerüst des Farbstoffs und wird deshalb als **Chromophor** (=Farbträger) bezeichnet. Die Unterschiede der Chromophoren geben Anlass zur Klassierung der organischen Farbstoffe in fünf verschiedene Klassen:

## 1. Azofarbstoffe

Der Chromophor , das Grundgerüst eines Azofarbstoffes  sind zwei über eine Azo-Brücke verknüpfte Benzolringe. Es bildet zugleich das Elektronensystem, das für die Farbigkeit verantwortlich ist. Durch Variation der an die Benzolringe angehängten Gruppen wird eine Veränderung der Farbe und der Farbintensität bewirkt.

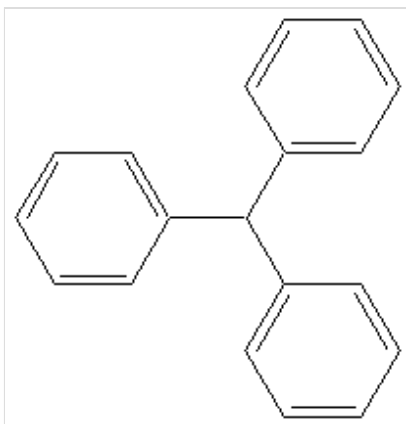
Methylorange , ein häufig gebrauchter Säure-Base-Indikator ist ein Azofarbstoff. Methylorange Azo-Brücke ändert seine Farbe wie jeder Säure-Base-Indikator durch eine



**Bild 10.18:** Der Chromophor eines Azofarbstoffs

Protonierung. Ansonsten sind Azofarbstoffe noch heute die meistgebrauchten Farbstoffe zur Färbung von Textilien.

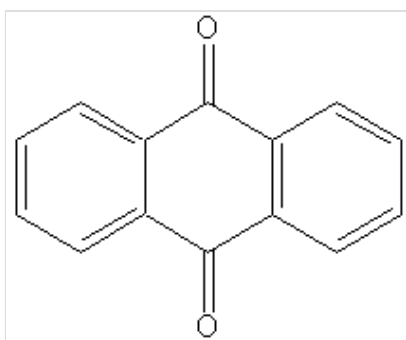
## 2. Triphenylmethanfarbstoffe



**Bild 10.21:** Der Chromophor eines Triphenylmethanfarbstoffs

Farbstoffe, die zur Klasse der [Triphenylmethanfarbstoffe](#) gehören, besitzen als Chromophor eine [Triphenylmethangruppe](#). Zu ihnen gehören die beiden Säure-Base-Indikatoren [Phenolphthalein](#) und [Bromthymolblau](#). Obwohl [Bromthymolblau](#) und [Phenolphthalein](#) der selben Farbstoffklasse angehören, zeigen sie völlig unterschiedliche Farben in sauren oder basischen Lösungen.

## 3. Anthrachinonfarbstoffe

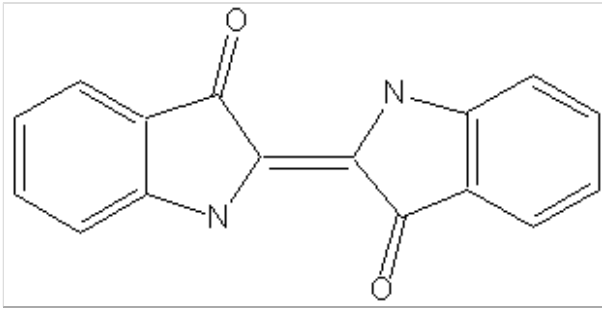


**Bild 10.25:** Der Chromophor eines Anthrachinonfarbstoffs



Das Grundgerüst eines [Anthrachinonfarbstoffs](#) ist das Molekül [Anthrachinon](#). Es ist eine oxidierte Form des Anthracen. Dank ihrer Lichtechtheit sind Anthrachinonfarbstoffe noch heute begehrte Farbstoffe. [Alizarin](#), als ein sehr bekannter Vertreter der Anthrachinonfarbstoffe wurde bereits 1870 aus Krappwurzeln isoliert. Später wurde [Alizarin](#) als Lebensmittelfarbstoff zur Färbung von Tafelbutter verwendet. Anthrachinonfarbstoffe sind meist Küpenfarbstoffe.

## 4. Indigofarbstoffe

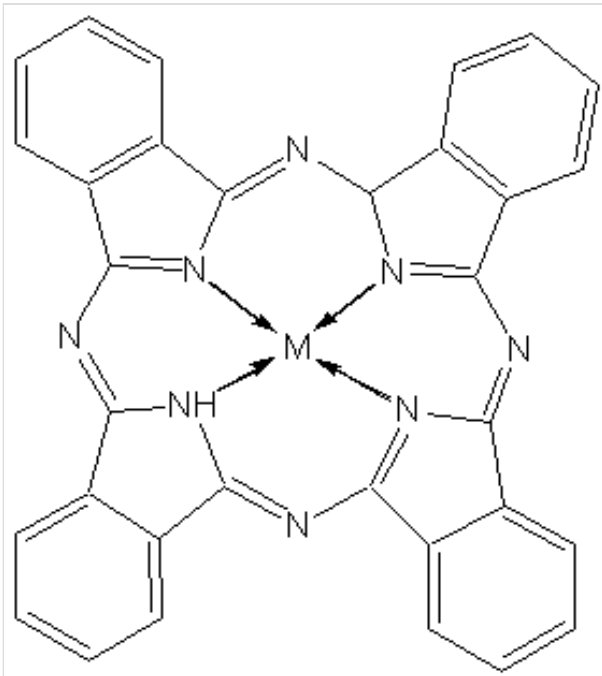
Zu den [Indigofarbstoffen](#) gehören einige wertvolle natürliche und künstliche Farbstoffe. [Indigo](#) selbst wurde bereits vor mehr als 4000 Jahren verwendet, erlebte seine Blüte aber



**Bild 10.28:** Indigo

erst im vorletzten Jahrhundert als Lewis damit begann Arbeiterhosen mit [Indigo](#) einzufärben. Es entwickelten sich daraus die heute überall bekannten und bereits gesellschaftsfähigen Jeans. Ein chemisch dem Indigo enger Verwandter ist das [Purpur](#)  welches im Altertum aus [Purpurschnecken](#)  gewonnen wurde. Das entsprechend teure [Purpur](#) war Adeligen vorbehalten.

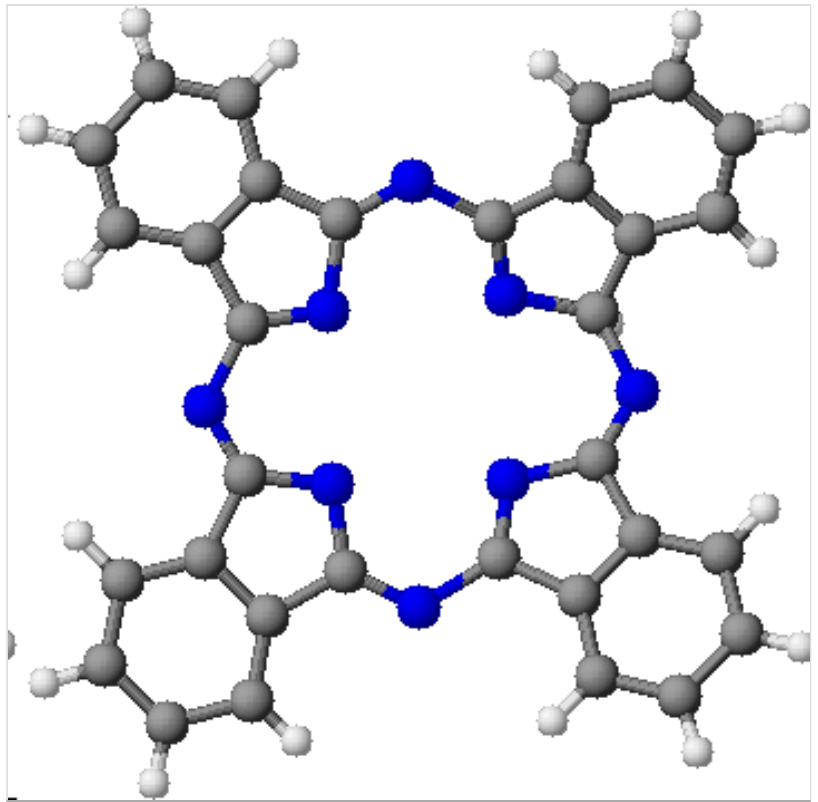
## 5. Phthalocyaninfarbstoffe



**Bild 10.32:** Ein Phthalocyaninfarbstoff

[Phthalocyaninfarbstoffe](#) sind Farbstoffe, die der Natur, dem [Chlorophyll](#) im Speziellen nachempfunden sind. Sie bestehen aus einem ausgedehnten [Chelatliganden](#), einem **Porphyrin** in dessen Zentrum ein Metallion eingebettet ist. Durch verschiedene Metallionen können verschiedene Farben erzeugt werden. Phthalocyaninfarbstoffe besitzen besonders bei der Färbung von Kunststoffen eine enorme Bedeutung. So ist auch der Farbstoff in Compactdiscs, der ihre Verwendung erst möglich macht, ein Phthalocyaninfarbstoff.

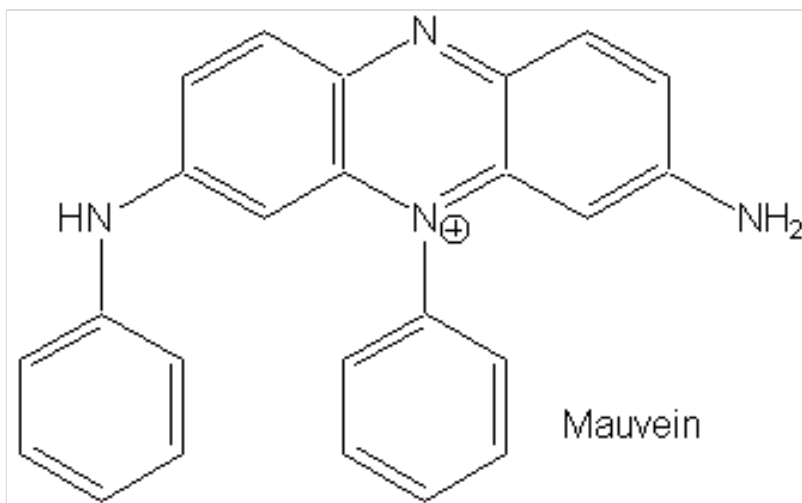




**Bild 10.33:** Ein Phthalocyaninfarbstoff

Unterbrechen Sie hier Ihre Lektüre. Lösen Sie die Aufgaben 4 und 5 der [Übungsaufgaben](#).

## 10.5 Färbeverfahren



**Bild 10.34:** Mauvein



**Bild 10.35:** William H. Perkin

Insbesondere das Färben von Textilien stellte im 19. Jahrhundert eine neue Herausforderung an die Chemie dar. Bis anhin waren einige Farbstoffe bekannt, mit denen sich Textilien dauerhaft färben liessen. Meist kamen Naturfarbstoffe zum Einsatz, deren Lichtechtheit oder aber Farbton oft zu wünschen

übrig liessen. Das Angebot war begrenzt. Erst durch die Entdeckung des ersten künstlichen Farbstoffs, Mauvein im Jahre 1856 durch **W. H. Perkin** konnten gezielt Farbstoffe hergestellt werden, die den Wünschen der Kunden entsprachen. Es entwickelte sich ein ganzer Industriezweig mit der Aufgabe Textilien nachhaltig zu färben.

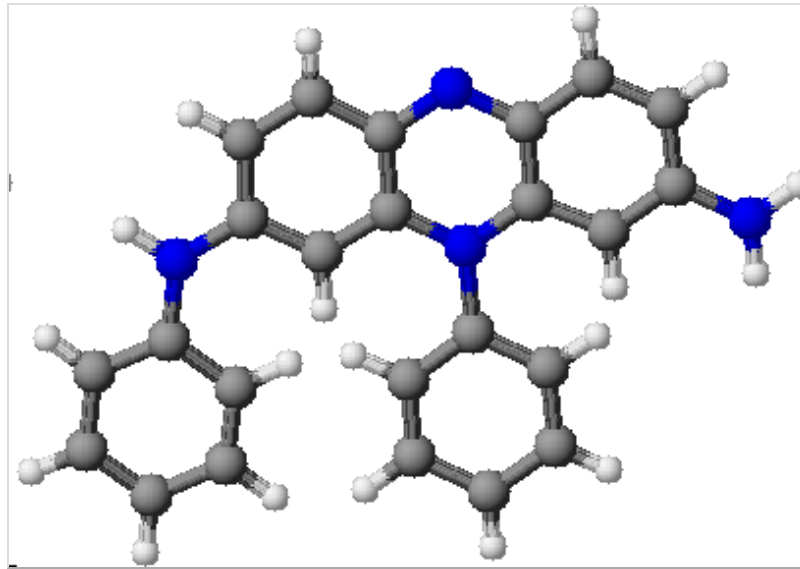
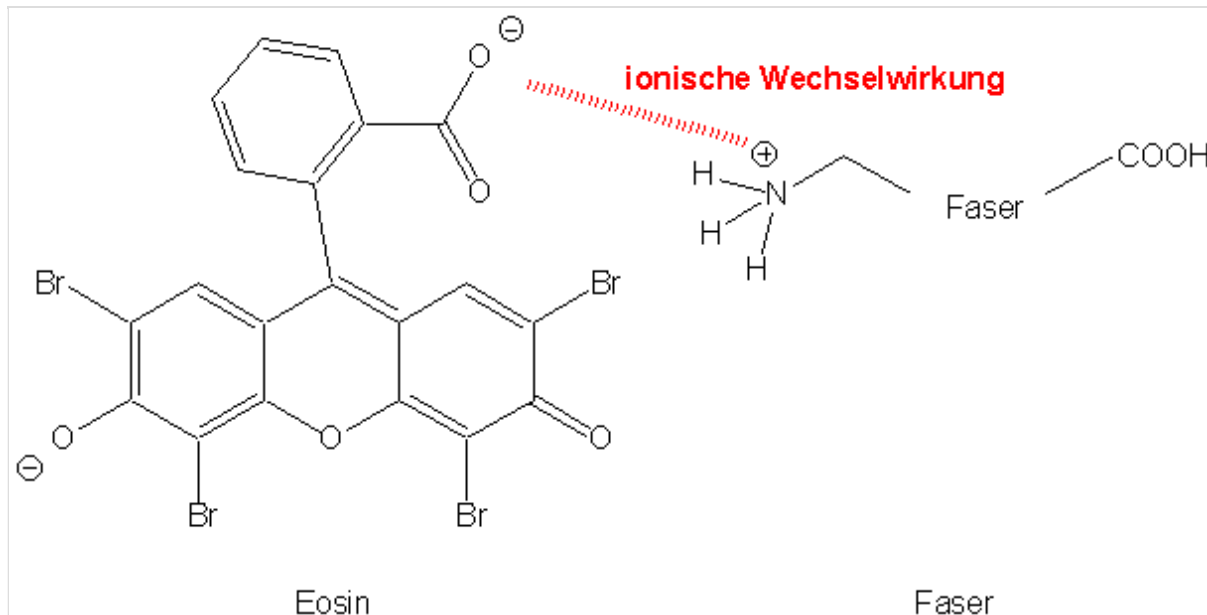


Bild 10.36: Mauvein

Mit der Textilfärberei waren aber auch Kenntnisse bezüglich der Struktur der zu färbenden Faser notwendig. Man musste sich aneignen, zu wissen, wie die Farbstoffe an der Textilfaser haften. Schliesslich lassen sich verschiedene Farbstoffe auf Grund der Art der Wechselwirkung zwischen Faser und Farbstoff klassieren. Die verschiedenen Färbetechniken sind der entsprechenden Problemstellung angepasst.

### 1. Saure Farbstoffe

Saure Farbstoffe besitzen saure funktionelle Gruppen wie z. B.  $\text{-COOH}$ ,  $\text{-SO}_3\text{H}$  oder phenolisches  $\text{-OH}$ , welche in einer Säure-Base-Reaktion zu den einfach geladenen Anionen werden. Die Fasern selbst, es eignen sich vor allem Wolle, Seide und Polyamidfasern (Proteinfasern) werden protoniert und dadurch positiv geladen. Die Haftung zwischen Faser und Farbstoff ist demzufolge eine ionische Wechselwirkung.



**Bild 10.37: Eosin**

## 2. Basische Farbstoffe

Basische Farbstoffe besitzen basische funktionelle Gruppen wie z. B.  $\text{-NH}_2$ , oder  $\text{-NR}_2$ . Sie werden hauptsächlich zur Färbung von Polyacrylnitrilfasern verwendet, es können aber auch Peptidfasern wie Wolle und Seide damit behandelt werden. Die Haftung zwischen Faser und Farbstoff geschieht in der selben Weise, allerdings ist in diesem Fall der Farbstoff positiv geladen, die Faser negativ.

## 3. Beizenfarbstoffe

Beizenfarbstoffe werden verwendet, wenn die Affinität zwischen der Faser und dem Farbstoff zu gering ist, um eine Echtheit zu garantieren, d. h. der Farbstoff leicht wieder von der Faser abgetrennt werden kann. Beizen dienen hier als Bindemittel zwischen Faser und Farbstoff. Beizen sind Lösungen von Aluminium-, Chrom- oder Eisensalzen. Die Faser wird getränkt mit einer dieser Metallsalzlösungen, worauf sich die Metallionen fein verteilt auf der Oberfläche der Faser befinden. Ein geeigneter Farbstoff kann nun ebenfalls in Wechselwirkung mit dem Metallion treten. Die Metallionen werden so auf der einen Seite von der Faser auf der anderen Seite vom Farbstoff umgeben, so dass ein eigentlicher stabiler Komplex entsteht. Es entsteht oft ein unlöslicher Metallkomplex.

## 4. Entwicklungsfarbstoffe

Entwicklungsfarbstoffe sind Azofarbstoffe die auf der Faser direkt hergestellt werden. Die Faser wird mit der basischen Lösung einer Kupplungskomponente getränkt und danach zur Bildung des Farbstoffs in eine kalte Lösung der eines Diazoniumsalzes gegeben. Der Farbstoff bildet sich dabei direkt auf der Faser und haftet durch Adsorptionskräfte. Da basische Lösungen Proteinfasern (Wolle, Seide) zerstören, können Direktfarbstoffe hierfür nicht verwendet werden. Es eignen sich besonders Cellulosefasern (Baumwolle, Leinen) zur Färbung.

## 5. Direktfarbstoffe

Direktfarbstoffe liegen in einer wässrigen Lösung in kolloidaler Form vor. Sie werden auf die Textilfaser in einer "Flotte" aufgezogen und verteilen sich in makroskopischen Zwischenräumen. Für die Haftung zwischen der Faser und dem Farbstoff sind zwischenpartikuläre Kräfte, Van-der-Waals- oder Dipol-Dipol-Kräfte verantwortlich. Sehr viele Azofarbstoffe eignen sich als Direktfarbstoffe. Sie werden im Inneren der Faser als Farbstoffagglomerate eingelagert.

## 6. Küpenfarbstoffe

Küpenfarbstoffe sind wasserunlösliche Farbstoffe. Sie können dadurch nur sehr schlecht auf eine Faser übertragen werden. Durch eine Reduktion (Verküpfung) kann ein derartiger Farbstoff jedoch in eine wasserlösliche Form (Leuko-Form) gebracht, eigentlich reduziert werden. Die Faser wird nun mit in dieser Lösung (Küpe) getränkt, worauf die reduzierte Form des Farbstoffs auf die Faser aufzieht. Die abschliessende Oxidation oft mittels Sauerstoff, durch Stehenlassen an der Luft, überführt die Leuko-Form des Farbstoffs wieder in gewünschte Form, d. h. das Textil färbt sich langsam beim Trocknen, wenn es der Küpe entnommen wird. Das wohl bekannteste Beispiel eines Küpenfarbstoffs ist Indigo.

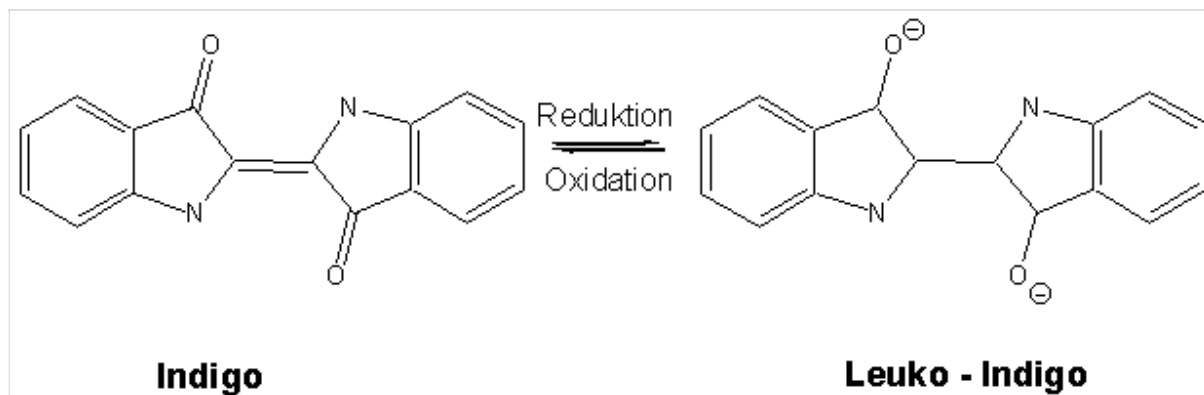


Bild 10.38: Indigo

## 7. Reaktivfarbstoffe

Reaktivfarbstoffe enthalten spezielle funktionelle Gruppen, die in der Lage sind mit der Faser direkt eine kovalente Bindung einzugehen. Der Farbstoff wird dadurch besonders waschecht. Reaktivfarbstoffe werden am häufigsten zur Färbung von Cellulosefasern verwendet.

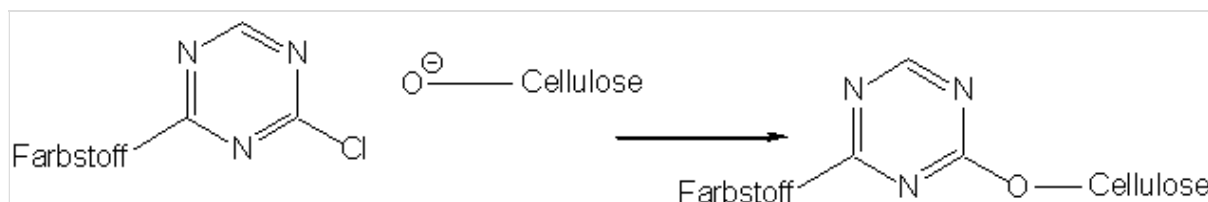


Bild 10.39: Ein Reaktivfarbstoff


## 8. Dispersionsfarbstoffe

Viele synthetische Fasern lassen sich nicht mit Direktfarbstoffen färben, da diese auf Grund des unpolaren Charakters der Faser nicht adsorbiert werden können. Der Trick der Dispersionsfarbstoffe besteht darin, sie im Wasser fein zu verteilen und mittels Quellungsmitteln auf die Faser diffundieren zu lassen. Dispersionsfarbstoffe sind hydrophob, wasserabstossend

und besitzen dadurch eine gute Waschechtheit.

## 10.6 Lebensmittelfarbstoffe

Unsere Welt ist bunt. Sie ist es tatsächlich. Neben all den natürlichen Farbeindrücken und den Farben die den Menschen zur Verfügung stehen die Umwelt zu verschönern, haben Farbstoffe auch vor unseren Nahrungsmitteln nicht halt gemacht. Einige Nahrungsmittel sind versetzt mit verschiedenen Stoffen wie Konsistenzgebern, Antioxidantien und vielem mehr. Viele Nahrungsmittel sind aber auch versetzt mit natürlichen oder künstlichen Farbstoffen, damit sie besser aussehen. Man isst auch mit dem Auge!

Selbstverständlich müssen Lebensmittelhersteller genau deklarieren welche Farbstoffe sie einer Speise zugegeben haben und auch für die Farbstoffe selbst gelten strenge Regeln die eingehalten werden müssen, damit der Verzehr gefärbter Speisen keine unerwünschten Nebenwirkungen erzeugt. Die heute verwendeten Lebensmittelzusatzstoffe sind tabelliert in einer Liste mit E - Nummern. Ein Teil dieser Liste umfasst [Farbstoffe](#) . Nachstehend ist ein Teil der Liste der E - Nummern aufgeschrieben. Es sind Farbstoffe, die den Weg in unsere Lebensmittel gefunden haben.


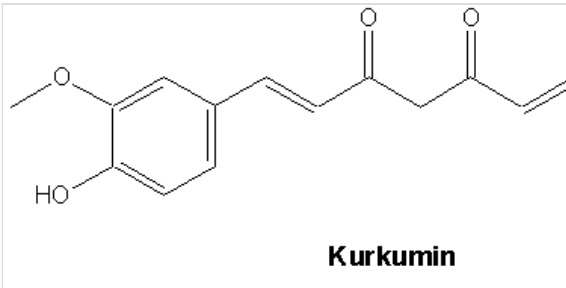
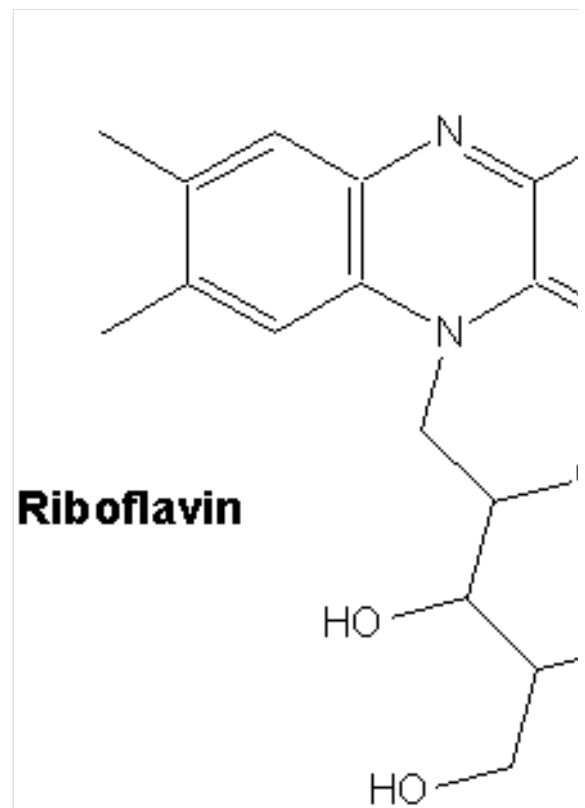
E - Nummer	Name	Struktur
<a href="#">E 100</a> 	<a href="#">Kurkumin</a>	<div><p><b>Kurkumin</b></p></div>

Bild 10.41: Kurkumin



**E 101** 

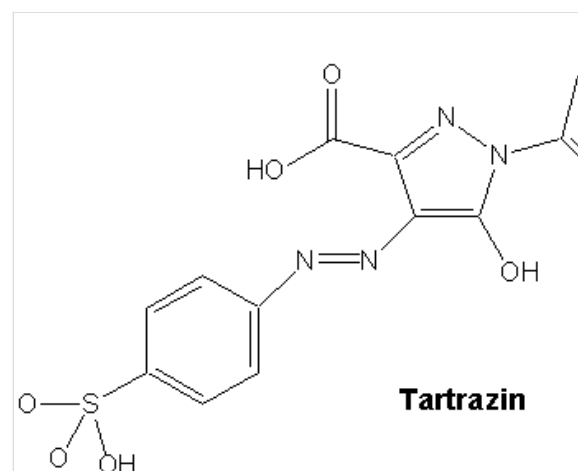
Riboflavin, Riboflavin-5â€™-phosphat



**Bild 10.43:** Riboflavin, Riboflavin-5â€™

**E 102** 

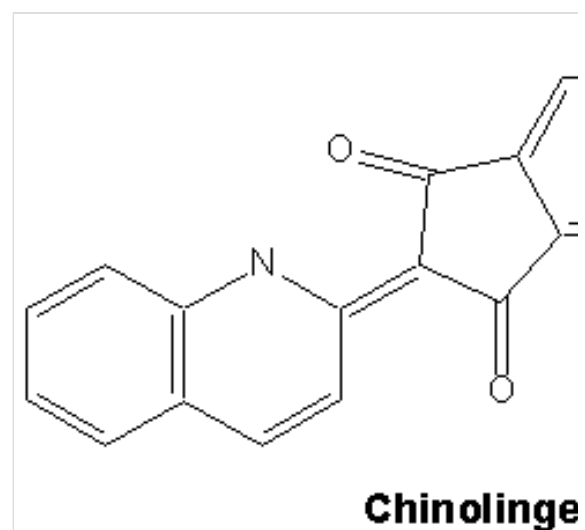
Tartrazin



**Bild 10.45:** Tartrazin

**E 104** 

Chinolingelb



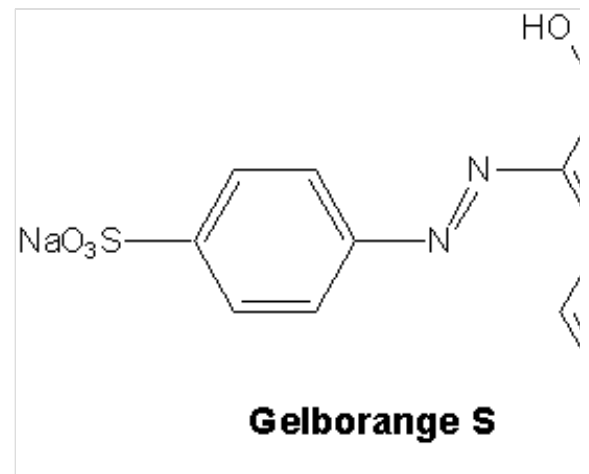


Bild 10.49: Gelborange S

E 110

Gelborange S

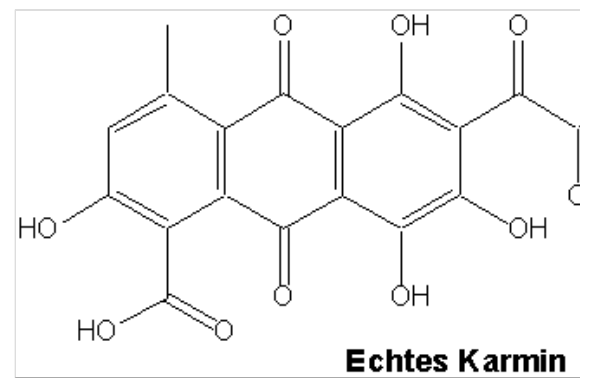


Bild 10.51: Karmin

E 120

Karmin

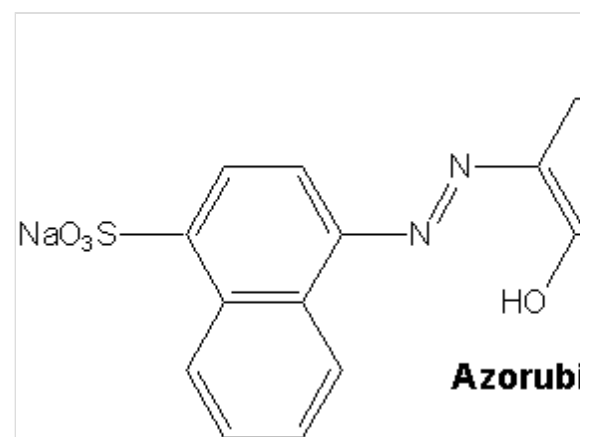


Bild 10.53: Azorubin

E 122

Azorubin

E 123 

Amaranth

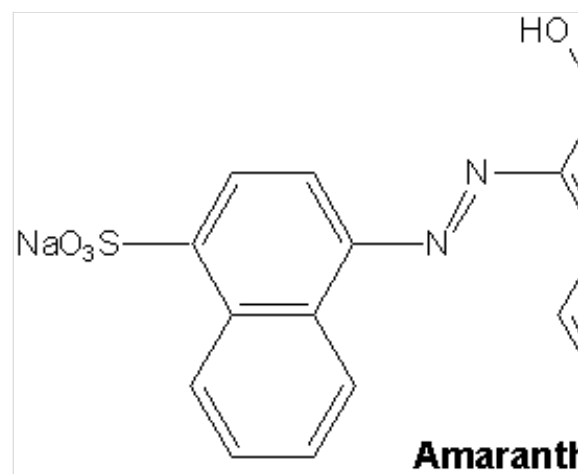


Bild 10.55: Amaranth

E 124 

Cochenillerot A

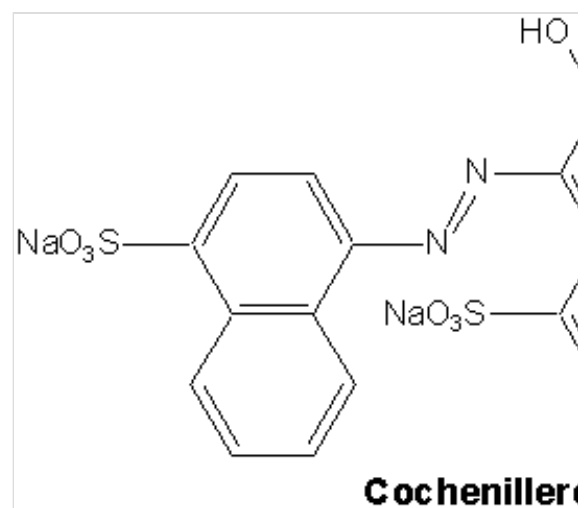


Bild 10.57: Cochenillerot A

E 127 

Erythrosin

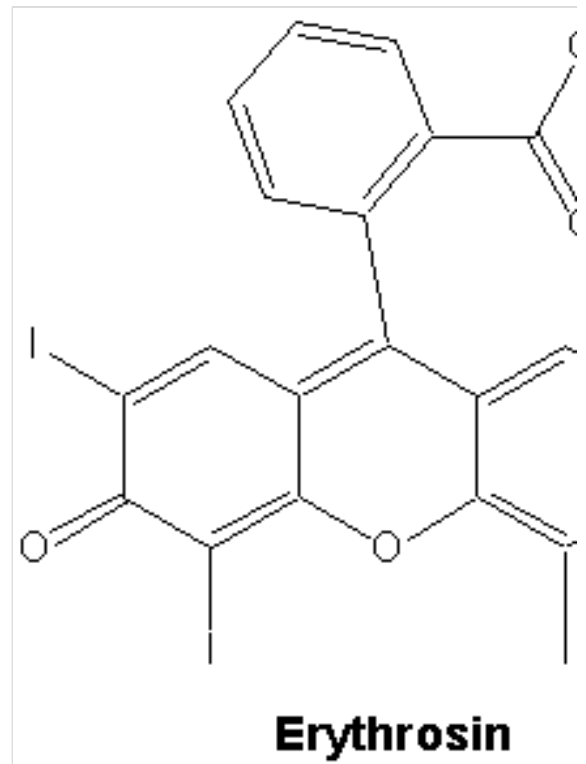


Bild 10.59: Erythrosin

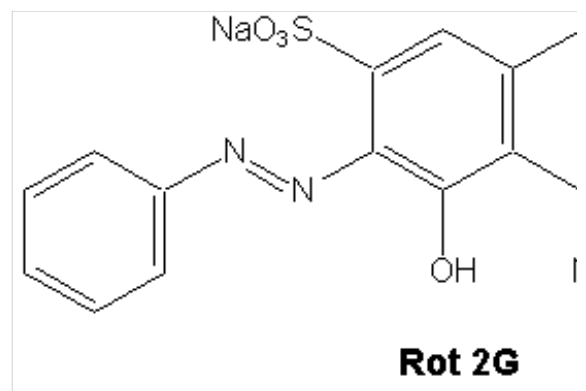


Bild 10.61: Rot 2G

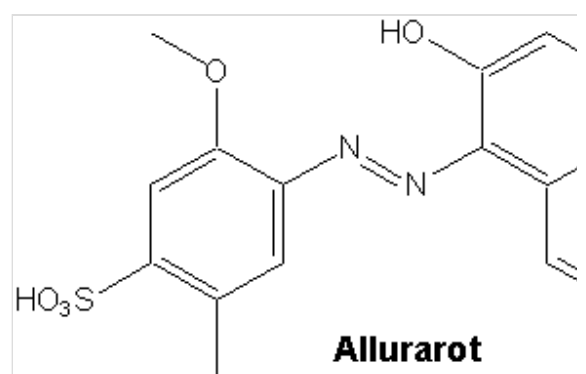


Bild 10.63: Allurarot AC

**E 128** 

Rot 2G

**E 129** 

Allurarot AC

E 131 

Patentblau V

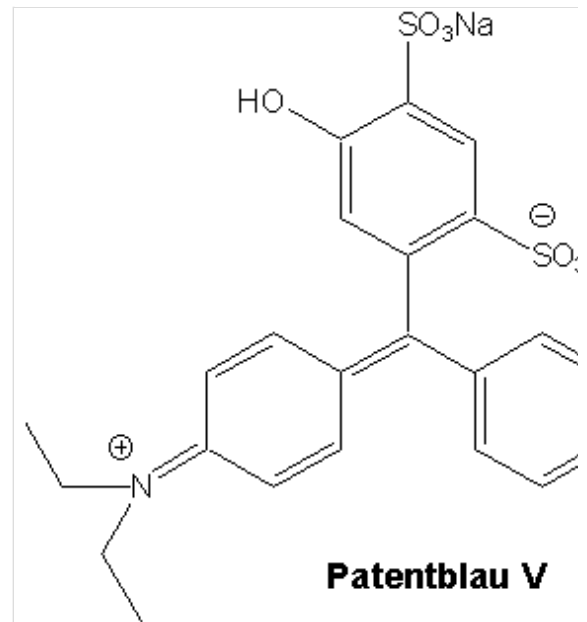


Bild 10.65: Patentblau V

E 132 

Indigotin I

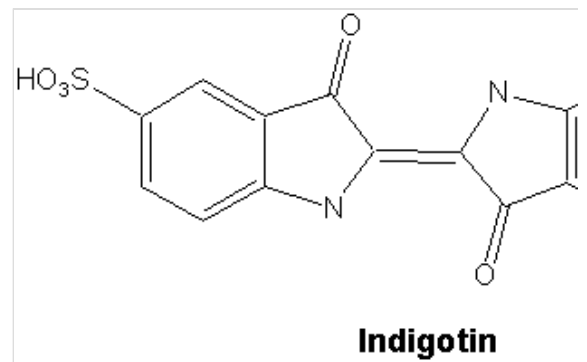


Bild 10.67: Indigotin I

E 133 

Brillantblau FCF

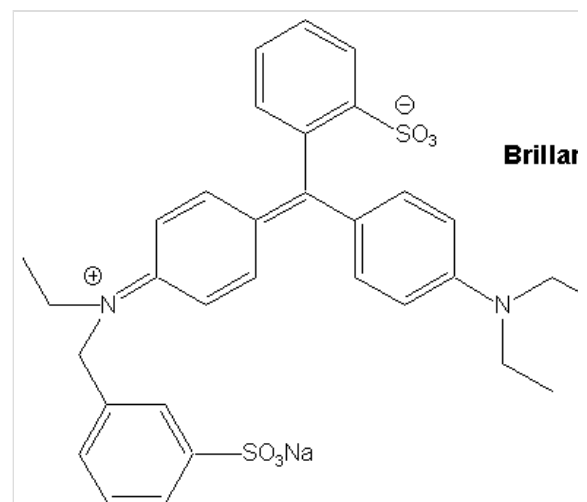


Bild 10.69: Brillantblau FCF



E 140 

Chlorophylle, Chlorophylline

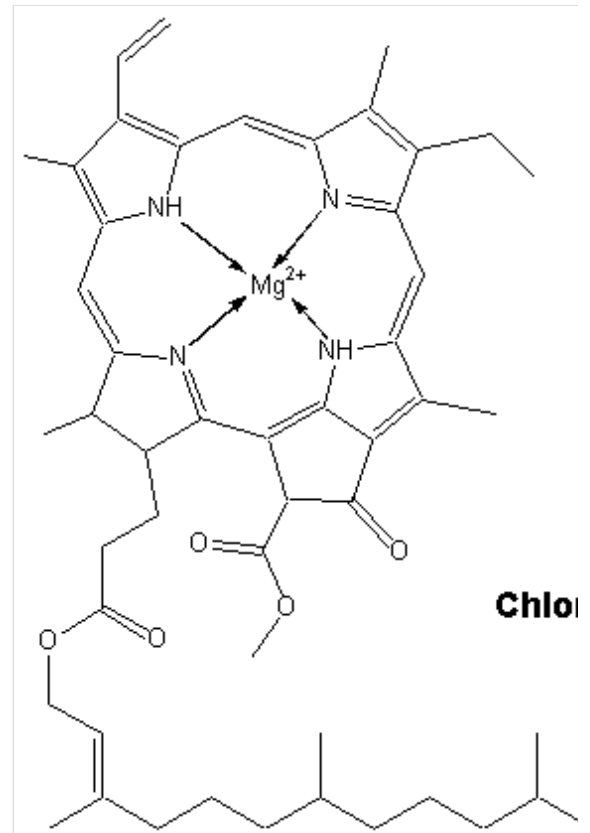


Bild 10.71: Chlorophylle, Chlorophylline

E 141

Kupferhaltige Komplexe der Chlorophylle und Chlorophylline

Kupferhaltige Komplexe der Chlorophylle und Chlorophylline

E 142 

Grün S

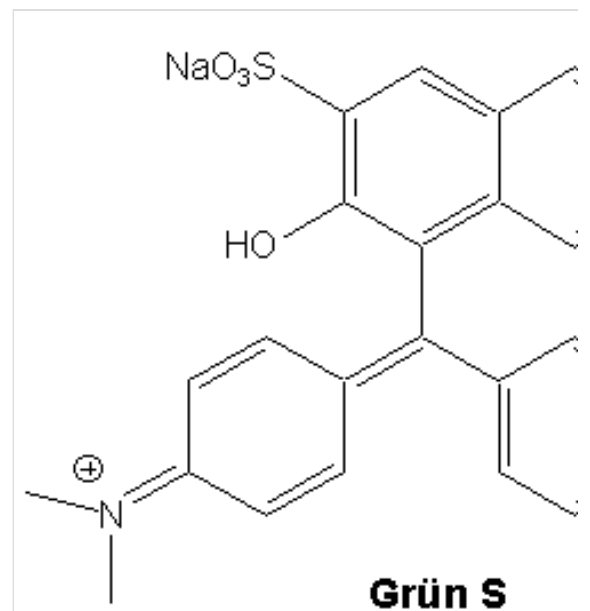


Bild 10.73: Grün S

E 150a

Einfaches Zuckerkulör

Einfaches Zuckerkulör

E 150b

Sulfitlaugen-Zuckerkulör

Sulfitlaugen-Zuckerkulör

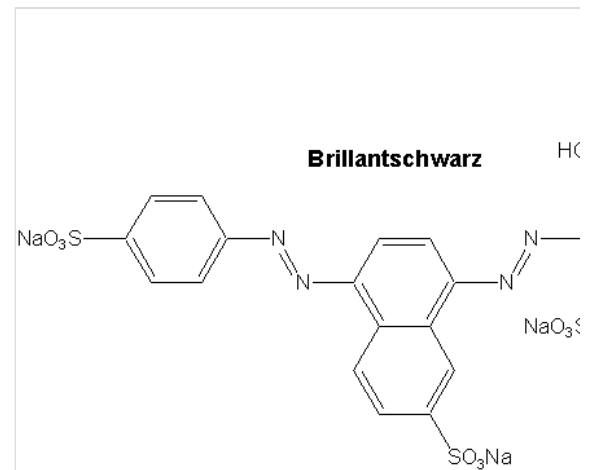
**E 150b**      Sulfitlaugen-Zuckerkulör

Sulfitlaugen-Zuckerkulör

**E 150d**      Ammonsulfit-Zuckerkulör

Ammonsulfit-Zuckerkulör

**E 151**  Brillantschwarz



**Bild 10.75: Brillantschwarz**

**E 153**      Pflanzenkohle

Pflanzenkohle

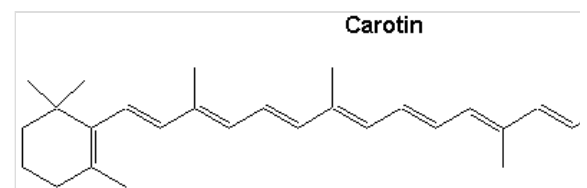
**E 154**      Braun FK

Braun FK

**E 155**      Braun HT

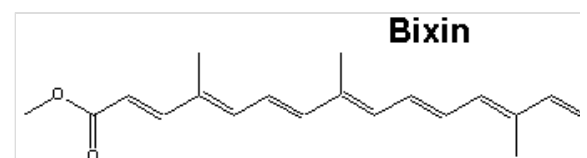
Braun HT

**E 160a**  Carotine



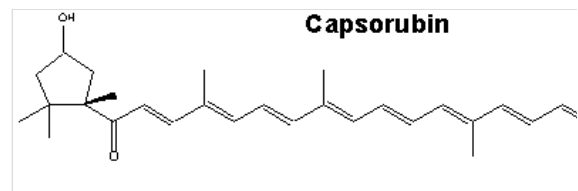
**Bild 10.77: Carotine**

**E 160b**  Bixin



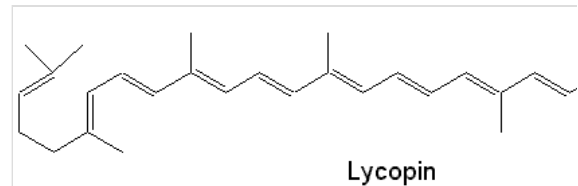
**Bild 10.79: Bixin**

**E 160c**  Paprikaextrakt, Capsanthin, Capsorubin



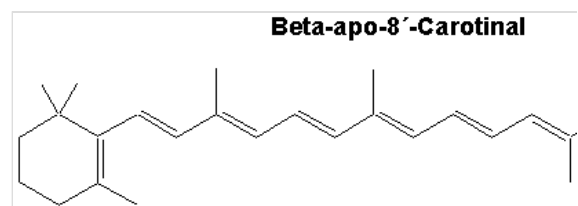
**Bild 10.81:** Capsorubin

**E 160d**  Lycopin



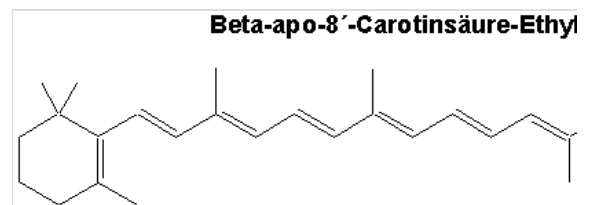
**Bild 10.83:** Lycopin

**E 160e**  Beta-apo-8'-Carotinal (C 30)



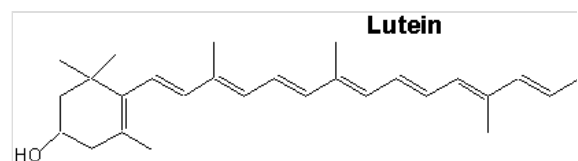
**Bild 10.85:** Beta-apo-8'-Carotinal

**E 160f**  Beta-apo-8'-Carotinsäure-Ethylester (C 30)



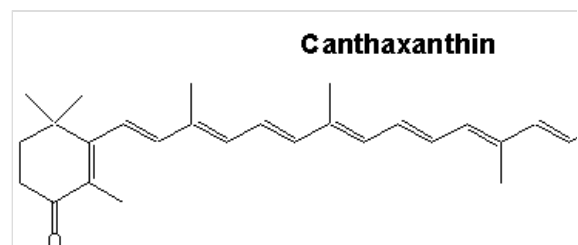
**Bild 10.87:** Beta-apo-8'-Carotinsäure-Et

**E 161b**  Lutein



**Bild 10.89:** Lutein

**E 161g**  Canthaxanthin



**Bild 10.91:** Canthaxanthin

**E 162** 

Betanin

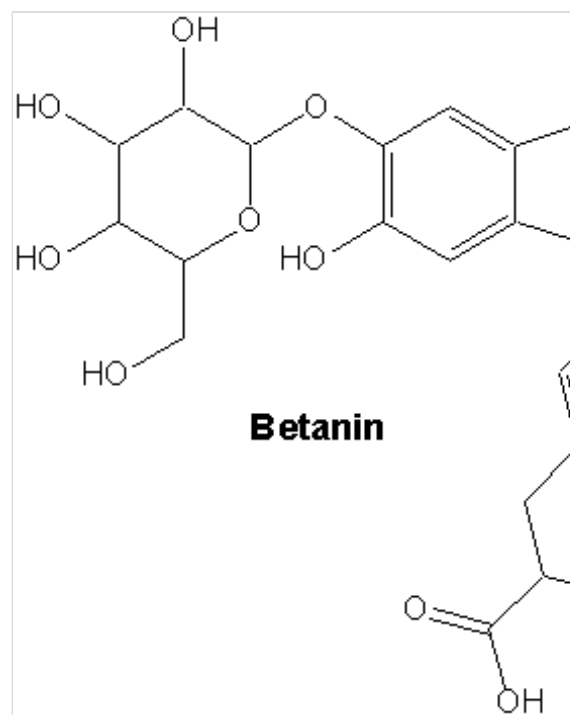


Bild 10.93: Betanin

<b>E 163</b>	Anthocyane	Anthocyane
<b>E 170</b>	Calciumcarbonat	Calciumcarbonat
<b>E 171</b>	Titandioxid	Titandioxid
<b>E 172</b>	Eisenoxide und Eisenhydroxide	Eisenoxide und Eisenhydroxide
<b>E 173</b>	Aluminium	Aluminium
<b>E 174</b>	Silber	Silber
<b>E 175</b>	Gold	Gold
<b>E 180</b>	Litholrubin BK	Litholrubin BK

Tabelle 10.2: E - Nummern von Lebensmittelfarbstoffen

## 10.7 Übungsaufgaben

1. Berechnen sie Energie, die ein einzelnes Elektron aufnimmt, wenn es durch grünes Licht ( $\lambda = 510 \text{ nm}$ ) angeregt wird.



2. Berechnen Sie die Energie des von Natrium abgestrahlten, gelben Lichts ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ )



3. Welche Frequenz besitzt



a) blaues Licht ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ )



b) rotes Licht ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ )

4. Zeichnen oder beschreiben Sie den Chromophor eines Azofarbstoffes



5. Nennen Sie drei natürliche, organische Farbstoffe



## 10.8 Lernkontrolle

1. Beim Einbringen von Kochsalz in eine Flamme

- a) ☐ erlischt die Flamme
- b) ☐ wird die Flamme gelb
- c) ☐ wird die Flamme rot

2. Farben werden erzeugt

- a) ☐ durch Elektronen
- b) ☐ durch Flammen
- c) ☐ durch Atomkerne

3. Blaues Licht

- a) ☐ ist energiereicher als rotes Licht
- b) ☐ hat eine tiefere Frequenz als rotes Licht
- c) ☐ ist infrarotes Licht

4. Ultraviolettes Licht

- a) ☐ hat eine längere Wellenlänge als infrarotes Licht
- b) ☐ ist Wärmestrahlung
- c) ☐ ist für Menschen unsichtbar

5. Je kürzer die Wellenlänge elektromagnetischer Strahlung ist,

- a) ☐ desto tiefer ist ihre Frequenz
- b) ☐ desto energiereicher ist die Strahlung



c) ☐ desto energieärmer ist die Strahlung

6. Die Einheit der Frequenz ist

- a) ☐ Meter
- b) ☐ Sekunde
- c) ☐ Hertz

7. Bei der Erzeugung von Emissionsfarben

- a) ☐ werden Elektronen ausgesendet
- b) ☐ nehmen Atome Licht auf
- c) ☐ ändern Elektronen ihre Energiezustände

8. Emissionsfarben entstehen

- a) ☐ ausschliesslich durch Verbrennen von Substanzen
- b) ☐ wenn Elektronen angeregt werden können
- c) ☐ nur in zweiatomigen Molekülen

9. Beim Verbrennen von Holz

- a) ☐ kann die Emissionsfarbe von Natrium beobachtet werden
- b) ☐ absorbieren Natriumatome Licht
- c) ☐ ist die Farbe auf Sauerstoff zurückzuführen

10. Für die Erzeugung der Farben von Übergangsmetallverbindungen

- a) ☐ sind Elektronen in d - Orbitalen verantwortlich
- b) ☐ muss die Verbindung verbrannt werden
- c) ☐ müssen Elektronen aufgenommen werden

11. Eine Lösung die Licht bei 500 nm absorbiert

- a) ☐ ist grün
- b) ☐ ist rot
- c) ☐ ist farblos

12. Eine Lösung von  $\text{ZnCl}_2$  ist farblos, weil

- a) ☐ Zn kein Übergangsmetall ist
- b) ☐ die Lösung unbrennbar ist
- c) ☐ die d - Orbitale von  $\text{Zn}^{2+}$  gefüllt sind

13. Grünspan

- a) ☐ ist eine Kupferverbindung
- b) ☐ ist ein organisches Pigment
- c) ☐ absorbiert grünes Licht

14. Organische Absorptionsfarbstoffe

- a) ☐ besitzen eine Dreifachbindung
- b) ☐ besitzen ein ausgedehntes  $\pi$ -Elektronensystem
- c) ☐ heissen Pigmente

15. Die Grundeinheit eines organischen Absorptionsfarbstoffes heisst

- a) ☐ Chromomer

- b) ☐ Chromophor
- c) ☐ Azo

16. Chlorophyll ist ein

- a) ☐ Azofarbstoff
- b) ☐ Emissionsfarbstoff
- c) ☐ Phthalocyaninfarbstoff

17. Purpur ist

- a) ☐ eng verwandt mit Indigo
- b) ☐ Indigo
- c) ☐ eng verwandt mit Phenolphthalein

18. Der rote Farbstoff von Tomaten heisst

- a) ☐ Carotin
- b) ☐ Methylrot
- c) ☐ Lycopin

19. Bei einer Verküpfung

- a) ☐ findet eine Redoxreaktion statt
- b) ☐ wird der Farbstoff zerstört
- c) ☐ wird das Textil kupferfarben

20. E - Nummern

- a) ☐ beschreiben ausschliesslich Lebensmittelfarbstoffe
- b) ☐ beschreiben Lebensmittelzusatzstoffe
- c) ☐ beschreiben Textilfarbstoffe

[korrigieren](#)

## 10.9 Literatur

W. Christen

**Grundlagen der organischen Chemie**

Diesterweg/Salle, Sauerländer, 1982

Div. Autoren

**Lexikon der Naturwissenschaftler**

Spektrum, 1996

Div. Autoren

**Chemie heute, Sekundarbereich II**

Schroedel, 1998

A. Jenette, W. Glöckner

## **Farbe, Farbstoff, Färben**

Aulis, 1983

R. E. Dickerson, I. Geis

### **Chemie**

Verlag Chemie, 1981

P. W. Atkins

### **Physical Chemistry 2nd Edition**

Oxford University Press, 1982

P. W. Atkins, J. A. Beran

### **Chemie einfach alles**

VCH, 1992

H. P. Latscha, H. A. Klein

### **Organische Chemie**

Springer, 1990

P. Grob

### **Einfache Schulversuche zur Lebensmittelchemie**

Aulis, 1992

Springer, 1990

H. Keune

### **Taschenlexikon Chemie**

Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990

## 10.10 Web-Links

### **Allgemein**

[Lexikon](#) 

[Theorie](#) 

### **Natürliche Farbstoffe**

[Theorie](#) 

### **Indigo**

Theorie 

Theorie 

## Pigmente

Theorie 

Theorie 