

Dispersion, Farben

Dispersion

Es gibt Wellen, bei denen die Ausbreitungsgeschwindigkeit v von der Frequenz f abhängt, d.h. $v = v(f)$. Dieses Phänomen nennt man **Dispersion**.

Beispiele von Wellen **mit** Dispersion:

- Wellen auf Wasseroberflächen
- Lichtwellen in einem Medium: Licht verschiedener Frequenzen (bzw. Wellenlängen) breitet sich in einem Medium unterschiedlich schnell aus. Die Dispersion von Licht erklärt bei einem Prisma das Aufspalten von weissem Licht in die verschiedenen Spektralfarben oder das Entstehen eines Regenbogens.

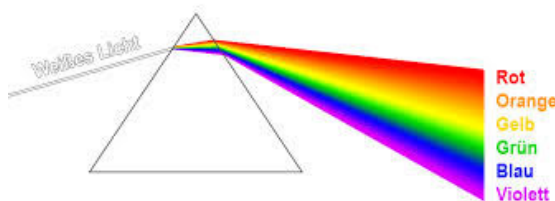
Beispiele von Wellen **ohne** Dispersion:

- Lichtwellen im Vakuum: Licht jeder Frequenz breitet sich mit der Vakuumlichtgeschwindigkeit c aus.
- Schallwellen in Luft: Wenn man eine Band oder ein Orchester von Weitem spielen hört, dann hört man die hohen Töne (hohe Frequenzen) und die tiefen Töne (tiefe Frequenzen) gleichzeitig. Die Musik ist nicht zeitlich „verzerrt“. Das bedeutet, dass sich Schallwellen verschiedener Frequenzen mit gleicher Geschwindigkeit ausbreiten.

Bemerkung: Für alle Wellen (mit oder ohne Dispersion) gilt die Beziehung $v = \lambda \cdot f$. Diese Beziehung darf man aber nicht so auffassen, dass v von f abhängt. Bei Wellen ohne Dispersion, d.h. wenn v für alle f gleich gross ist, ist das Produkt $\lambda \cdot f$ konstant, d.h. wenn sich z.B. f verdoppelt, dann halbiert sich λ .

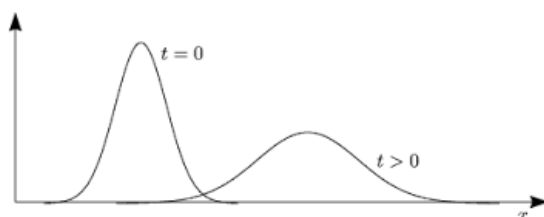
In der **Optik** kann man Dispersion wie folgt ausdrücken: Die Brechzahl n eines Mediums hängt von der Frequenz f der Lichtwelle ab, d.h. $n = n(f)$.

Mit einem Prisma kann man weisses Licht in Licht verschiedener Farben aufspalten. Diese Aufspaltung erklärt, dass weisses Licht ein Gemisch von Licht unterschiedlicher Frequenzen ist. Das Auftrennen in die verschiedenen Farben erklärt sich auch aus dem Brechungsgesetz: Der Ausfallswinkel (bei der Brechung an der Grenzfläche Luft-Prisma) für den gebrochenen Lichtstrahl hängt von der Brechzahl des Prismamaterials und daher (weil die Brechzahl wegen der Dispersion von der Frequenz abhängt) von der Frequenz ab.



Aufspaltung von weissem Licht in verschiedene Farben am Prisma

Das Wort **„Dispersion“** kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „Zerfliessen“: Eine Welle besteht im allgemeinen aus einem Gemisch vieler Frequenzen. Bei Dispersion breiten sich die einzelnen Frequenzanteile mit verschiedenen Geschwindigkeiten aus. Das bewirkt, dass sich die Wellenform verändert. Sie „zerfliesst“.



„Zerfliessen“ einer Welle wegen Dispersion

Farben

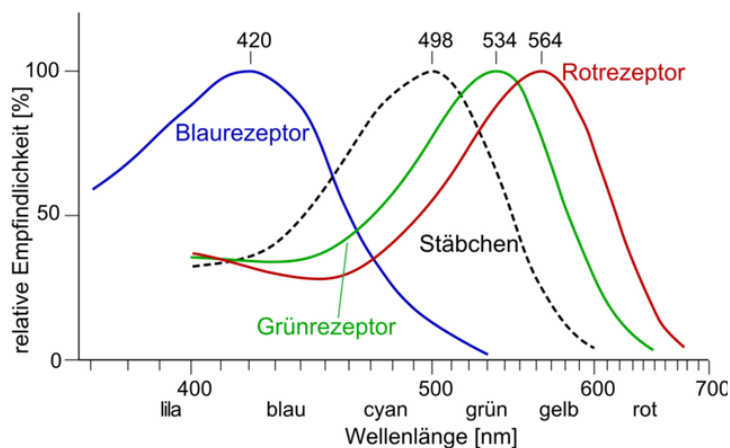
Bei Farben muss zwischen **Spektralfarben** und **Mischfarben** unterschieden werden.

Eine **Spektralfarbe** besteht aus Licht einer einzigen Frequenz (bzw. Wellenlänge). Bei einem Prisma wird das Licht in Spektralfarben zerlegt.

Eine **Mischfarbe** besteht aus einem Gemisch von Licht verschiedener Frequenzen.

Beispiel: Wenn man rotes Licht sieht, dann könnte es sich um eine Spektralfarbe handeln. Das Licht könnte also aus einer einzigen Frequenz bestehen. Das rote Licht könnte aber auch aus einem Gemisch von vielen Frequenzen bestehen, wobei das Auge das Gemisch als Rot interpretiert.

Die **Farbwahrnehmung im Auge** geschieht über drei Typen von Rezeptoren, den sogenannten Zäpfchen, die sich auf der Netzhaut befinden. Je nach Frequenz(en) des ins Auge einfallenden Lichts, werden die drei Zäpfchenarten verschieden stark gereizt. Das Zusammenspiel der Reizungen ergibt einen entsprechenden Farbeindruck (additive Farbmischung). Die Stäbchen sind für das Hell-/Dunkelsehen verantwortlich.



Relative Empfindlichkeit der drei Zäpfchenarten im menschlichen Auge

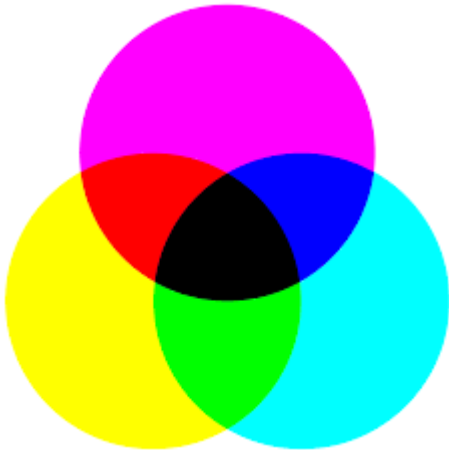
Bei der **additiven Farbmischung** geht es um den Farbeindruck, der entsteht, wenn zwei oder mehr Lichtquellen eine weiße Fläche bestrahlen. So erzeugt z.B. rotes und grünes Licht zusammen den Farbeindruck Gelb. Dabei spielt es keine Rolle, ob das rote und grüne Licht je spektralrein (aus einer einzigen Frequenz) oder selbst bereits Gemische aus mehreren Frequenzen sind.

Anwendungsbeispiel für additive Farbmischung: Farben auf einem Bildschirm (Computer, Fernseher, usw.)



Farbaddition: Rot + Grün = Gelb, Rot + Blau = Purpur, Grün + Blau = Cyan

Bei der **subtraktiven Farbmischung** wird aus Licht, das aus einem Gemisch mehrerer Frequenzen besteht, ein Teil herausgefiltert.



Farbsubtraktion

Beispiel:

Der Purpur-Filter (im Bild Kreis oben) lässt von weissem Licht (= Rot + Grün + Blau, siehe Farbaddition) nur Purpur durch. Purpur ist ein Gemisch aus Rot und Blau. Das Purpur-Filter filtert aus weissem Licht also Grün heraus (Subtraktion: Weiss – Grün = Purpur).

Der Gelb-Filter (im Bild Kreis links unten) lässt von weissem Licht (= Rot + Grün + Blau, siehe Farbaddition) nur Gelb durch. Gelb ist ein Gemisch aus Rot und Grün. Das Gelb-Filter filtert aus weissem Licht also Blau heraus (Subtraktion: Weiss – Blau = Gelb).

Beim Hintereinanderschalten von Purpur- und Gelb-Filter wird also von weissem Licht zuerst Grün und dann Blau herausgefiltert. Übrig bleibt Licht der Farbe Rot (Subtraktion: Weiss – Grün – Blau = Rot).

Anwendungsbeispiel für subtraktive Farbmischung: Farbendruck auf Papier