

2.2.8 Polarisation des Lichts

Beugung und Interferenz sind sowohl bei Längs- wie auch bei Querwellen möglich; aus diesen Versuchen lässt sich also nicht entscheiden, ob die Lichtwellen Transversal- oder Longitudinalwellen sind. Nach der Theorie von Maxwell ist Licht eine elektromagnetische Welle und damit eine Querwelle.

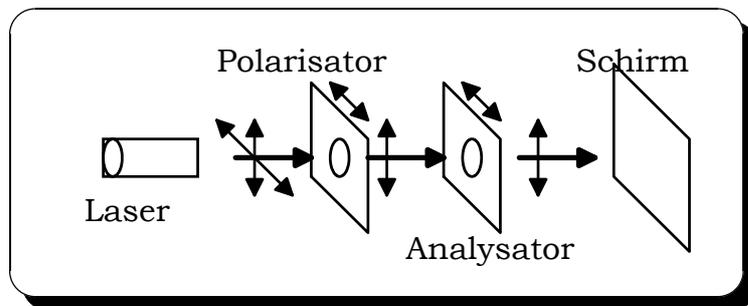
Polarisation, die definierte Zeitabhängigkeit der Richtung des Schwingungsvektors, tritt nur bei Transversalwellen auf. Man spricht dabei von linearer Polarisation, wenn der Schwingungsvektor stets in einer Ebene liegt. Bei linear polarisierten Wellen heißt die Ebene, in der der Ausbreitungs- und der Schwingungsvektor liegen, Schwingungsebene, die dazu senkrechte Polarisationsebene.

Mikrowellen werden von einem schwingenden Dipol erzeugt, und ihre Schwingungsvektoren liegen bei der Ausbreitung eines Punktes der Wellenfront stets in je einer Ebene; sie sind also polarisiert. Der Nachweis der Polarisation von Mikrowellen gelingt mit dem sog. Hertzschen Gitter.

Polarisation durch Absorption

Die Polarisierbarkeit von Licht lässt sich mit dem nachfolgendem Versuch zeigen, in dem sog. Polarisationsfolien verwendet werden.

Versuch:



Das Licht einer Lampe fällt durch zwei gleichsinnig gerichtete Polarisationsfolien. Dann wird die eine Polarisationsfolie gegenüber der anderen gedreht. Ergebnis: Beim Verdrehen der beiden Folien gegeneinander wird das Licht dahinter dunkler; völlige Auslöschung erreicht man bei senkrecht gekreuzten Polarisationsfiltern.

Erklärung: Die Polarisationsfolien bestehen aus Kunststofffolien, die in einer Richtung stark auseinander gezogen wurden. In die dabei entstehenden Kohlenwasserstoffketten werden Jodatome eingelagert, die - ähnlich den Dotierungsatomen eines n-Halbleiters - Elektronen liefern, die sich nur längs dieser Ketten bewegen können. Dadurch entstehen außerordentlich dünne "Leitungsdrähte", also ein mikroskopisch feines Hertzsches Gitter. Die erste Folie, der sog. Polarisator, lässt nur Licht durch, in dem alle Schwingungsvektoren in Richtung des Polarisators herausgefiltert sind. Das

durchgelassene Licht weist nur mehr Schwingungsvektoren senkrecht zum Polarisator auf. Die zweite Folie, der Analysator, dient zum Nachweis der Polarisation.

Anmerkung:

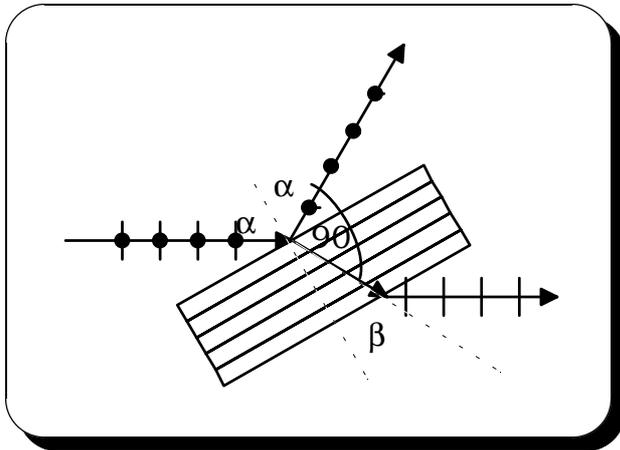
Aufhellung hinter gekreuzten Polarisationsfiltern erhält man, wenn man zwischen die Filter ein drittes Filter einbringt, das gegenüber den beiden anderen einen Winkel von jeweils 45° bildet. Die zusätzliche Folie lässt einen Lichtanteil mit um 45° gedrehter Polarisationsebene durch; dieser kann den Analysator teilweise passieren.

Zusammenfassung: Licht kann durch Absorption linear polarisiert werden, verhält sich also wie eine Querwelle.

Polarisation durch Reflexion; Brewstersches Gesetz

Angler setzen - zumal bei anhaltender Erfolglosigkeit - zur Vermeidung störender Reflexionen an der Wasseroberfläche Polarisationsbrillen auf. Nach den Ergebnissen des vorigen Abschnitts muss das auf die Brille fallende Licht bereits polarisiert sein, um von der Polarisationsbrille abgeschirmt zu werden. Offenbar ist das reflektierte Licht zumindest teilweise polarisiert. Ohne Verwendung einer Polarisationsbrille ist dagegen für einen Betrachter das Wasser bei schräger Aufsicht wegen der Reflexionen weitgehend undurchsichtig. Ein Versuch bringt Klarheit:

Versuch:



Auf einen Satz zusammengeklebter Glasplatten fällt Licht unter verschiedenen Winkeln auf. Gebrochener und reflektierter Strahl werden mit Analysatoren auf Polarisation untersucht.

Ergebnisse: Bei einem Einfallswinkel von ca. 56° sind gebrochener und reflektierter Strahl senkrecht zueinander vollständig polarisiert. Dann stehen beide Strahlen senkrecht aufeinander.

Erklärung: Die E-Vektoren der nicht polarisierten einfallenden Strahlen können in Komponenten parallel und senkrecht zur Einfallsebene (durch die Strahlen und das Einfallslot aufgespannt) zerlegt werden. Im Glas regt die

ankommende elektromagnetische Welle die Elektronen zu erzwungenen Schwingungen an, durch die elektromagnetische Wellen hervorgerufen werden. Die schwingenden Ladungen wirken wie Hertz'sche Dipole, senden also in ihrer Längsachse überhaupt keine elektromagnetischen Wellen aus. Stehen gebrochener und reflektierter Strahl aufeinander senkrecht, dann besteht die reflektierte Welle ausschließlich aus der senkrecht zur Einfallsebene schwingenden Komponente: Sie ist polarisiert. Im gebrochenen Strahl verarmen dagegen die senkrechten Anteile der Welle; nach Brechung an mehreren Glasplättchen besteht die gebrochene Welle praktisch nur mehr aus parallel zur Einfallsebene schwingenden Komponenten: Auch sie ist polarisiert.

Der sog. Brewstersche Winkel (David Brewster, 1781 - 1868) lässt sich aus der Bedingung berechnen, dass gebrochener und reflektierter Strahl aufeinander senkrecht stehen. Dann gilt

$$\alpha + \beta + 90^\circ = 180^\circ \text{ bzw. } \alpha + \beta = 90^\circ \text{ oder}$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha.$$

Aus dem Brechungsgesetz $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ folgt

$$\frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = n.$$

Für Kronglas mit einer Brechzahl $n = 1,5$ ergibt sich daraus $\tan \alpha = 1,5$; also ist $\alpha = 56^\circ$.

Zusammenfassung: Fällt Licht so auf ein durchsichtiges Medium mit der Brechzahl n , dass reflektierter und gebrochener Strahl aufeinander senkrecht stehen, dann ist das reflektierte Licht vollständig linear polarisiert. Für den Einfallswinkel α muss dazu $\tan \alpha = n$ gelten (Brewstersches Gesetz).