

# Polarisation von Licht

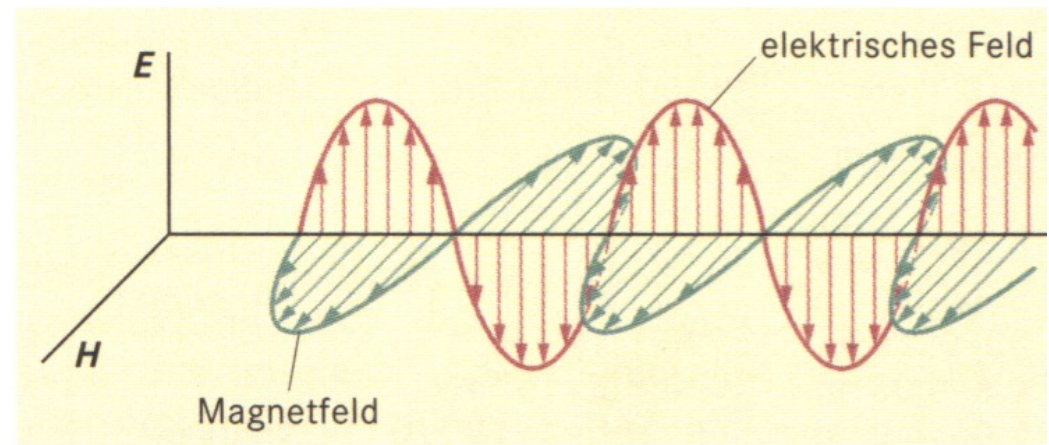
A decorative orange crosshair consisting of a vertical line on the left and a horizontal line extending to the right, intersecting at the start of the title text.

# Gliederung

- Was ist (polarisiertes) Licht?
- Arten von polarisiertem Licht
- Möglichkeiten der Polarisation
  - Reflexion
  - Streuung
  - Doppelbrechung
- Anwendungen

# Was ist Licht?

- Elektromagnetische Transversalwelle.
- Elektrisches und magnetisches Feld schwingen in Phase und senkrecht zueinander.
- In der Regel wird nur das elektrische Feld betrachtet.
- (Linear) polarisiertes Licht schwingt nur in einer Ebene.
- Bei unpolarisiertem Licht wechselt die Schwingungsebene ständig und regellos.



# Linear polarisiertes Licht

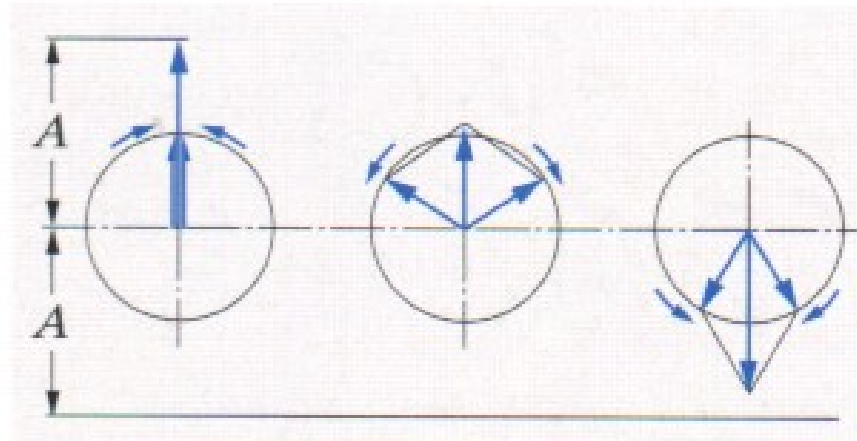
- Schwingt nur in einer Ebene, der Polarisationsebene bzw. -richtung.
- Eine linear polarisierte Welle lässt sich aus zwei anderen in Phase und senkrecht zueinander befindlichen Wellen zusammensetzen.
- Durch Änderung der Amplituden ändert sich die Polarisationsrichtung.

# Zirkular polarisiertes Licht

- Spitze des Schwingungsvektors beschreibt eine Kreisbahn.
- Rechts- oder linkszirkular.
- Lässt sich aus zwei linear polarisierten zueinander senkrechten Wellen zusammensetzen.
- Amplituden müssen dazu gleich groß sein.
- Die Phasenverschiebung muss  $\pi/2$  betragen.

# Elliptisch polarisiertes Licht

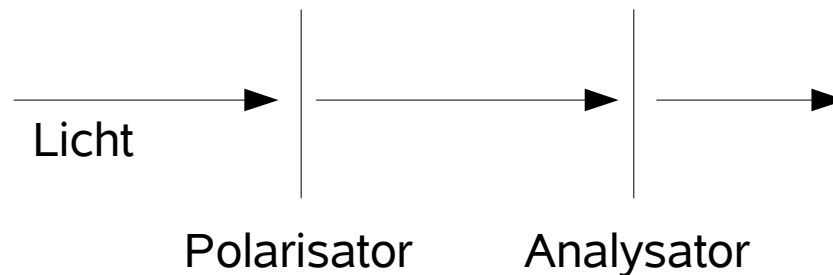
- Eigentlich der allgemeine Fall: Linear und zirkular polarisiertes Licht sind nur Sonderfälle.
- Aus zwei elliptisch polarisierten Lichtwellen lässt sich eine linear polarisierte zusammensetzen.



MESCHEDE, Dieter: *Gerthsen Physik*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2004; S. 552

# Polarisatoren und Analysatoren

- *Polarisatoren* wandeln unpolarisiertes in polarisiertes Licht um.
- Alle Polarisatoren in einem Strahlengang nach dem ersten, werden *Analysatoren* genannt, da sich mit diesen die Polarisation des Lichtes bestimmen lässt.



# Amplituden-/Intensitätsänderung

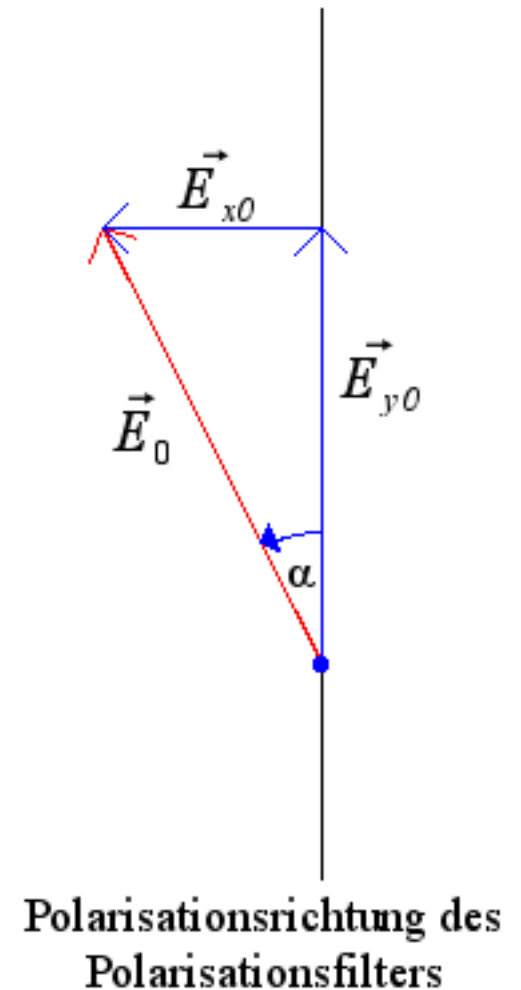
- Fällt linear polarisiertes Licht unter dem Winkel  $\alpha$  durch einen Linearpolarisator, ändert sich die Amplitude folgendermaßen:

$$E_0' = E_0 \cos(\alpha)$$

- Dem entsprechend die Intensität:

$$I = I \cos^2(\alpha)$$

- Sind zwei Linearpolarisatoren um  $90^\circ$  zueinander gedreht, fällt kein Licht durch diese. Man spricht von einer *gekreuzten* Stellung.

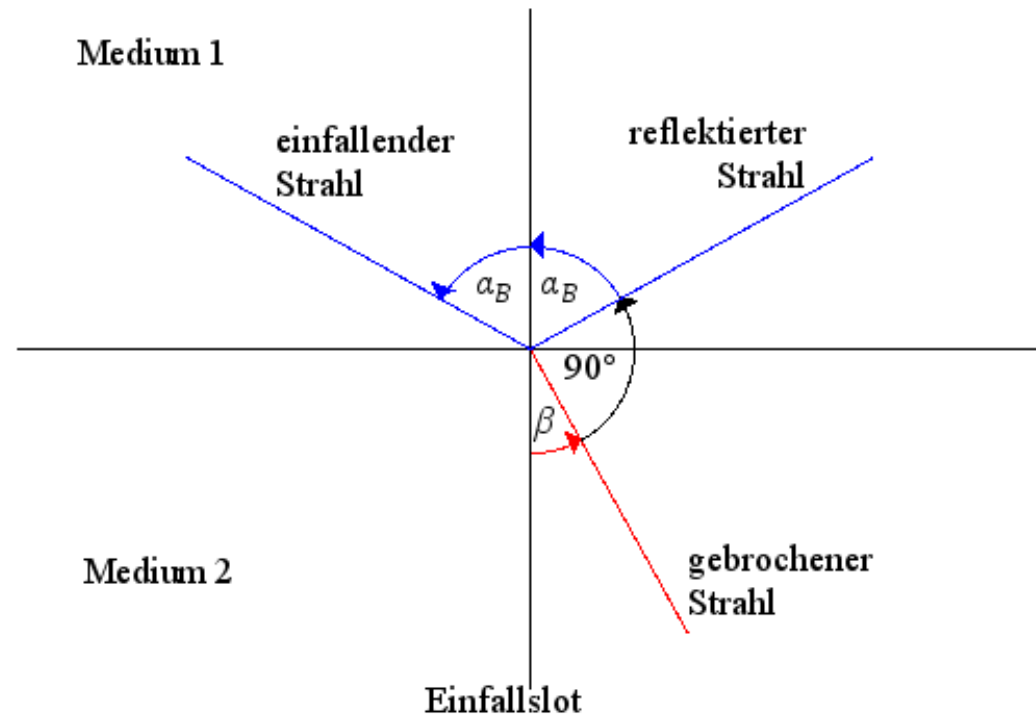


# Polarisation durch Reflexion

- Reflektiertes Licht ist bei vielen Materialien teilweise linear polarisiert.
- Entspricht der Einfallswinkel dem *Brewster-Winkel*, so ist es vollständig polarisiert.
- Formel für den Brewster-Winkel:  
$$\tan(\alpha_B) = n$$
- Beim Brewster-Winkel stehen gebrochener und reflektierter Strahl senkrecht zueinander.

# Herleitung des Brewster-Winkels

$$\begin{aligned}n &= \frac{\sin(\alpha_B)}{\sin(\beta)} \\ &= \frac{\sin(\alpha_B)}{\sin(90^\circ - \alpha_B)} \\ &= \frac{\sin(\alpha_B)}{\cos(\alpha_B)} \\ &= \frac{b:c}{a:c} \\ &= \tan(\alpha_B)\end{aligned}$$



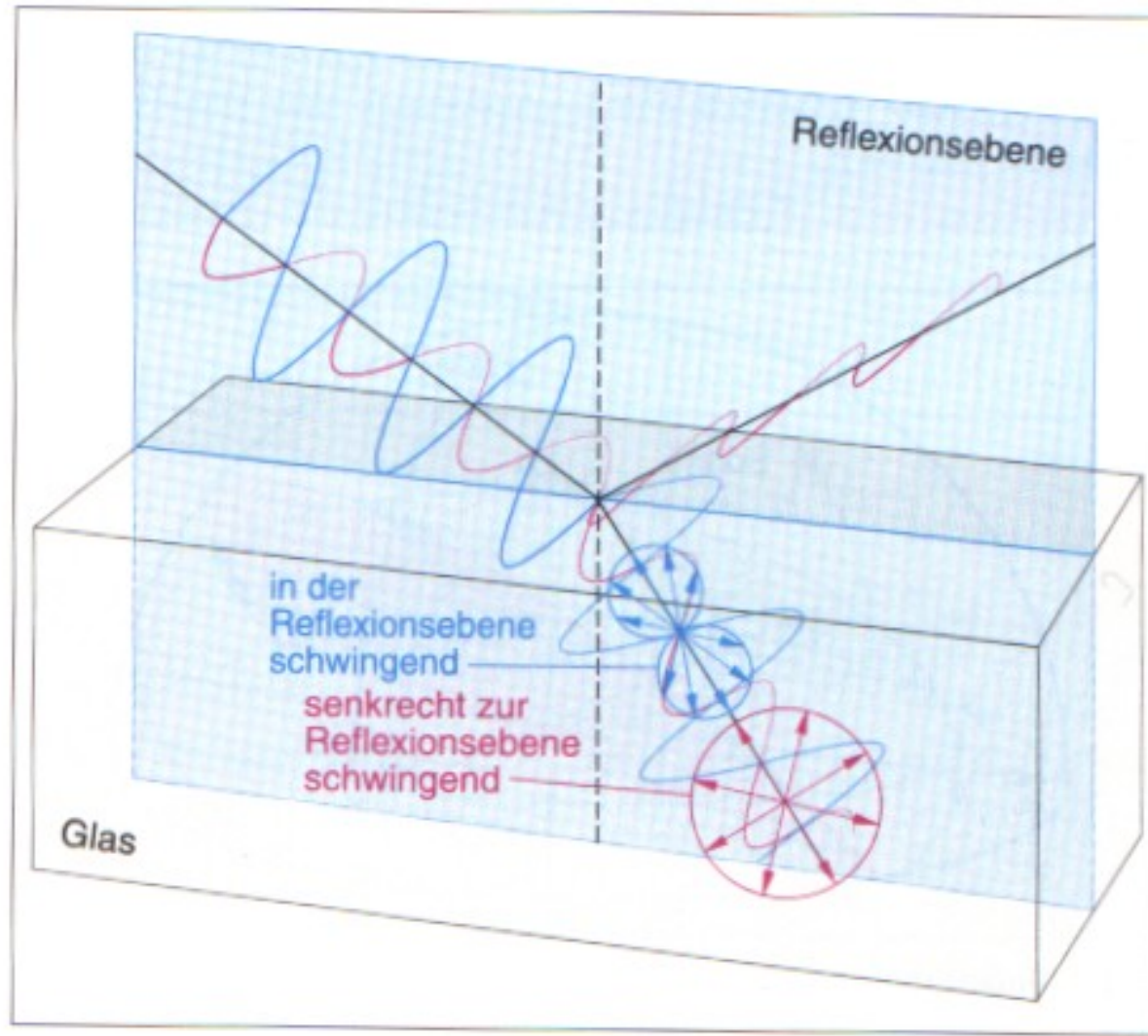
# Hertz'sche Dipole

- Metallstab indem Schwingungen erzeugt werden.
- Strahlen elektromagnetische Wellen ab.
- Allerdings nicht in Schwingungsrichtung.

# Polarisation durch Reflexion

- Einfallendes Licht regt im Glas Dipole zum Schwingen an.
- Diese wirken wie Hertz'sche Dipole, strahlen also nicht in Schwingungsrichtung.
- Schwingungsrichtung liegt in der Polarisationssebene des einfallenden Lichtes und senkrecht zum gebrochenen Strahl.

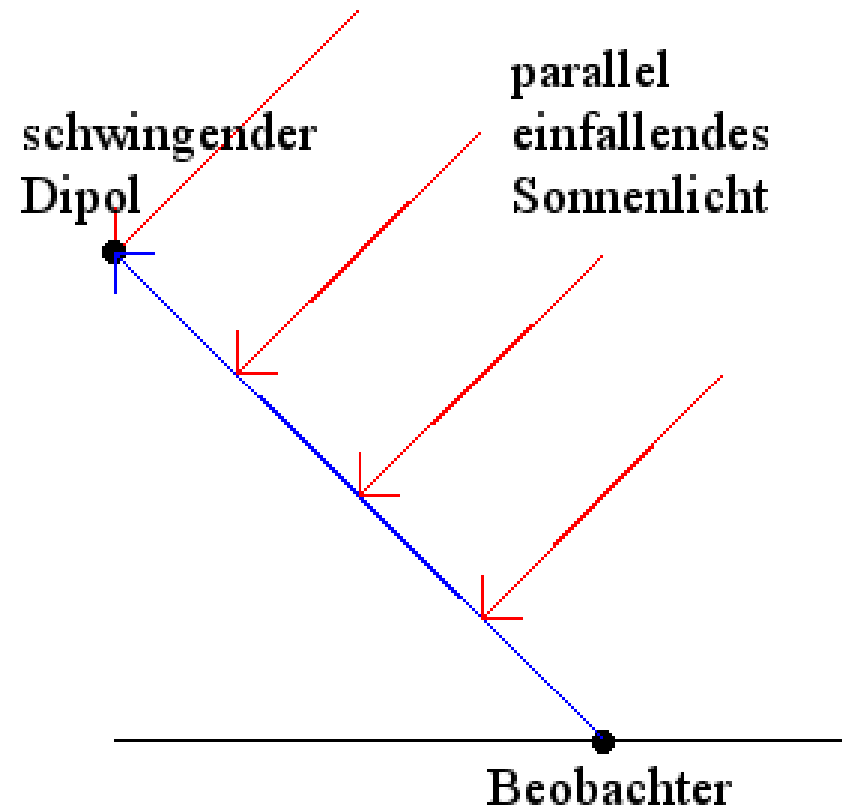
# Polarisation durch Reflexion



GREHN, Joachim; KRAUSE, Joachim: *Metzler Physik*. Metzler, Hannover, 1998; S. 313

# Polarisation durch Streuung

- Von der Atmosphäre gestreutes Licht ist an  $90^\circ$  zur Sonne entfernten Punkten vollständig polarisiert.
- Gleiches Prinzip wie bei der Polarisation durch Reflexion.



# Doppelbrechung

- *Optisch anisotrope* Stoffe (z.B. Kalkspat,  $\text{CaCO}_3$ ) zeigen das Phänomen der Doppelbrechung.
- Bei ihnen ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit – und somit auch der Brechungsindex – von verschiedenen polarisiertem Licht unterschiedlich.

# Optische Achse

- Entlang der *optischen Achse* weist ein doppelbrechender Stoff eine hohe Symmetrie auf.
- In diese Richtung ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit aller Polarisationsrichtungen gleich  $c_o$ .
- $c_o$  wird als Hauptlichtgeschwindigkeit des Kristalls bezeichnet.

# Ordentliches und außerordentliches Licht

- Fällt Licht senkrecht zur optischen Achse ein, so gibt es...
  - ordentliches Licht: Dies ist senkrecht zur optischen Achse polarisiert und hat die Geschwindigkeit  $c_0$ .
  - außerordentliches Licht: Dies ist nicht senkrecht zur optischen Achse polarisiert und hat die Geschwindigkeit  $c_{ao}$ .
- Fällt das Licht nicht senkrecht zur optischen Achse ein, ist die Geschwindigkeit des außerordentlichen Lichts zwischen  $c_0$  und  $c_{ao}$ .

# $\lambda/2$ -, $\lambda/4$ -Plättchen

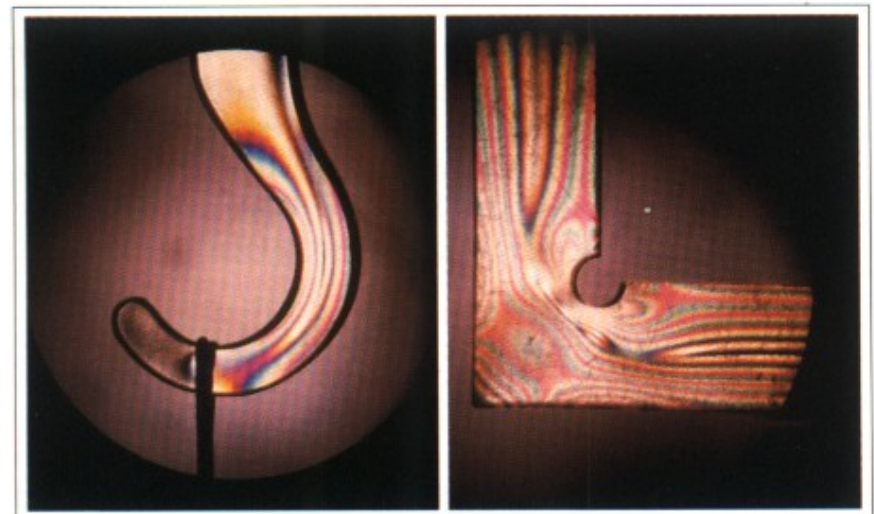
- Plättchen aus einem doppelbrechenden Stoff.
- Optische Achse liegt in der Plättchenebene.
- Jeweils nur für eine Wellenlänge geeignet.
- Senkrecht einfallendes Licht wird nicht gebrochen.
- Trotzdem tritt ein Gangunterschied bei Licht unterschiedlicher Polarisationsrichtungen auf.

# Fotografie

- Polarisationsfilter...
  - ...zur Reduktion von Spiegelungen in Glasscheiben.
  - ...zur Unterdrückung von Streulicht und dadurch eine Verbesserung der Kontraste.

# Spannungsoptik

- Spannungsoptisches Modell zwischen zwei gekreuzten Polarisationsfiltern.
- Bei Krafteinwirkung entstehen farbige Bilder, da der Stoff durch diese optisch anisotrop wird.
- Anhand der Farben, deren Intensität und deren Verlauf sind Aussagen über die auftretenden Belastungen möglich.



GREHN, Joachim; KRAUSE, Joachim: *Metzler Physik*. Metzler, Hannover, 1998; S. 316

# Optische Aktivität

- Häufig bei Stoffen, deren Moleküle keine Spiegelebene haben.
- Lichtgeschwindigkeit bzw. Brechungsindizes von zirkular polarisiertem Licht verschiedener Drehrichtungen unterschiedlich.
- Drehung der Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht.
- Findet Anwendung im Saccharimeter zur Bestimmung der Zuckerkonzentration in einer Lösung.

# Faraday-Effekt

- Manche isotrope Stoffe weisen optische Aktivität auf, wenn ein Magnetfeld parallel zur Lichtausbreitungsrichtung besteht.
- Für den Drehwinkel gilt:  $\alpha = V \cdot l \cdot B$
- Drehwinkel ist im Gegensatz zur natürlichen optischen Aktivität von der Ausbreitungsrichtung des Lichtes abhängig.

# Weitere Anwendungen

- Kerr-Zelle
- LC-Displays
- Sonnenbrillen
- 3D-Kino
  
- Auch viele Tiere machen sich die Polarisation von Licht zunutze.

Noch Fragen?

