

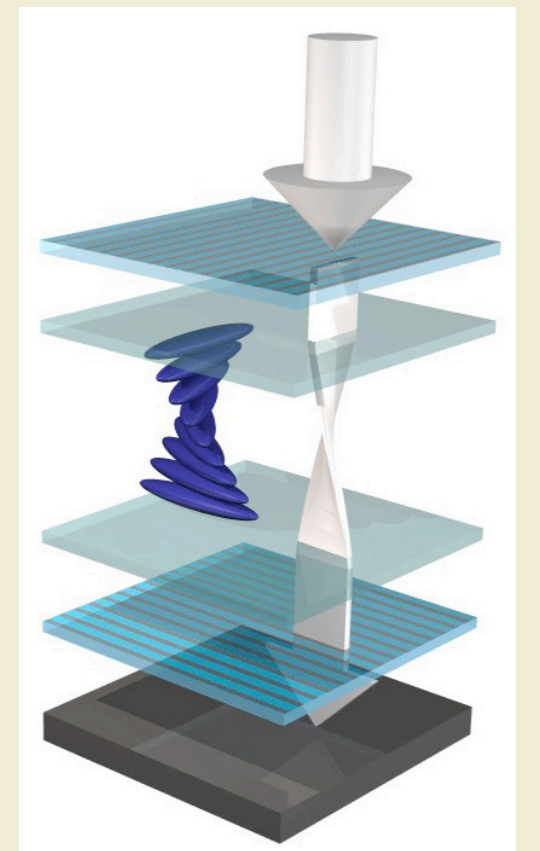
Drehung der Polarisation

Der Flüssigkristallbildschirm

Bildschirme sind heute allgegenwärtig und aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken: sei es im Fernseher, im Handy, im Taschenrechner oder sogar in der Armbanduhr. Das Herz vieler moderner Bildschirme (Displays) bilden Flüssigkristalle (engl. liquid crystals); daher kommt die Abkürzung LCD (Liquid Crystal Display). Im Vergleich zu den früheren Röhrenbildschirmen bieten sie zahlreiche Vorteile: Sie sind wesentlich dünner, flimmern weniger und lassen sich in ihrer Größe flexibel skalieren. Darüber hinaus sind sie energieeffizienter und sogar biegsame Bildschirme sind inzwischen möglich.

Die Geschichte der Flüssigkristalle reicht bis ins Jahr 1888 zurück, als der Botaniker Friedrich Reinitzer sie entdeckte. Das Besondere an ihnen ist, dass sie sich wie eine Flüssigkeit verhalten können, obwohl sie schon eine teilweise kristalline Ordnung zeigen (z. B. eine Ausrichtung der Moleküle oder eine Anordnung in Schichten). Einen entscheidenden Durchbruch erzielten 1970 Wolfgang Schadt und Martin Helfrich mit der Erfindung der nematischen Drehzelle, die als Grundlage für moderne LCDs dient.

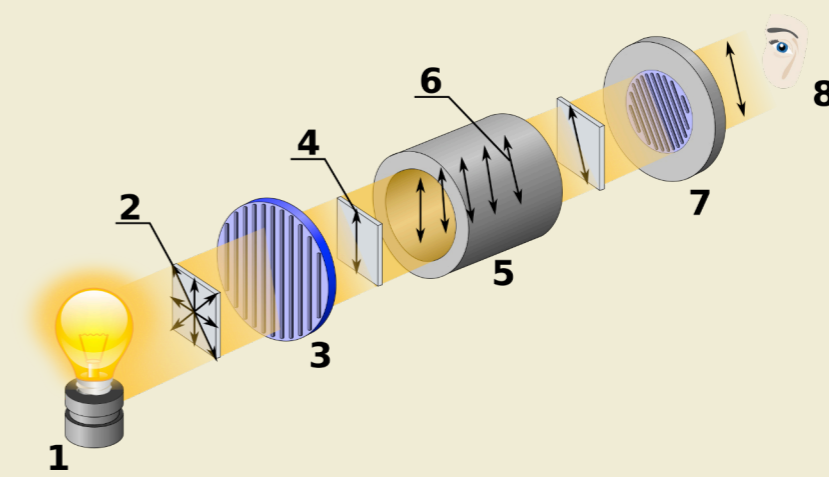
Ein zentraler Aspekt bei LCDs ist die Verwendung von polarisiertem Licht: Ein Flüssigkristall befindet sich zwischen zwei Polarisationsfiltern, deren Achsen senkrecht zueinander stehen. Die Teilchen im Flüssigkristall können die Polarisationsrichtung des Lichts verändern, sodass es durch die gekreuzten Filter hindurchtritt (vergleiche dazu das Exponat zur Polarisation). Elektrische Felder beeinflussen diese Ausrichtung und steuern dadurch die Intensität von farbigen Unterpixeln (Rot, Grün, Blau), die zusammen die Farbe eines einzelnen Pixels bestimmen.



Kebes, „LiquidCrystalDisplay-field off“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>
Schematischer Aufbau eines Flüssigkristallbildschirms

Die optisch-aktive Zuckerlösung

Optisch aktive Substanzen haben die Fähigkeit, die Polarisationsrichtung von linear polarisiertem Licht aufgrund ihres spezifischen Molekülaufbaus zu drehen. Oft sind diese Moleküle chiral, was bedeutet, dass sie nicht durch Drehung in ihr Spiegelbild überführt werden können (zum Beispiel sind Deine Hände chiral). Da Zuckermoleküle chiral sind, sind Zuckerlösungen optisch aktiv. Sie können die Polarisation von Licht also drehen.



Kaidor, „Polarimeter (Optical rotation)“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Unpolarisiertes Licht (1, 2) wird mittels eines Polarisationsfilters (3) linear polarisiert (4), trifft dann auf eine optisch aktive Lösung (5), die die Polarisationsrichtung dreht (6), was man mithilfe eines Analysators (7) feststellen kann (8).

Die Experimente

Beim LC-Bildschirm wurde die vordere Polarisationsfilterfolie entfernt, sodass der Bildschirm in allen Farben gleichzeitig, also weiß leuchtet. Hält man einen Polarisationsfilter vor den Bildschirm, erscheint das eigentliche Bild.



Die drei Behälter, die Zuckerlösung enthalten, sind versetzt angeordnet, wodurch linear polarisiertes Licht unterschiedliche Wege durch die Lösung zurücklegt. Ohne einen zweiten Polarisationsfilter ist nichts Besonderes zu sehen. Durch den zweiten Polarisationsfilter erscheinen die Behälter in verschiedenen Farben, die sich mit der Drehung des Filters ändern.



Die Erklärungen

Ohne den vorderen Filter gelangt das gesamte Licht zu unserem Auge, wodurch alle Unterpixel gleich hell leuchten und wir einen weißen Schirm sehen. Die Intensität des Lichts (sozusagen die Menge an Licht), die durch den vorderen Filter kommt, variiert je nach Ausrichtung der Filterachse für jeden Unterpixel. Das ursprüngliche Bild erscheint, wenn die Achse des vorderen Filters senkrecht zu der des hinteren Filters steht; sind die Achsen parallel, sieht man invertierte Farben.

Die Drehung der Polarisationsrichtung in optisch aktiven Substanzen hängt von der Lösungsart (Lösungsmittel und Moleküle), der Lösungskonzentration, der Temperatur, der Länge des Weges und der Lichtwellenlänge ab (optische Rotationsdispersion). Ohne Polarisationsfilter erscheinen alle Behälter in derselben Farbe. Mit einem Filter variiert die Lichtintensität verschiedener Farben je nach Polarisationsachse beim Austritt aus den Behältern relativ zur Filterachse. Dadurch ist ein Farbwechsel beim Drehen des Filters zu beobachten und es zeigen sich verschiedene Farben, wenn das Licht ein, zwei oder drei Behälter passiert hat.

