

6.4 Optische Aktivität - Ergänzungen und Lösung

Wirkung von optisch aktiven Molekülen auf polarisiertes Licht

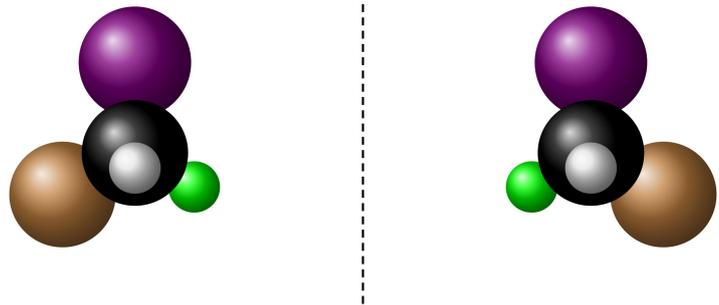
Bewegen sich Lichtwellen durch einen Stoff hindurch, werden sie von den Molekülen des Stoffes beeinflusst. Das geschieht zum Beispiel dadurch, dass die Elektronen mit den elektromagnetischen Wellen wechselwirken und dadurch, dass die Wellen die Teilchen nicht ungehindert passieren können. Je nachdem, wie ein Molekül im Raum positioniert ist, wenn es auf eine Lichtwelle trifft, beeinflusst es unterschiedliche Schwingungsebenen unterschiedlich stark. Die Darstellung ist stark vereinfacht:



Die Moleküle in Flüssigkeiten bewegen sich zufällig (Brown'sche Molekularbewegung). Aufgrund der riesigen Zahl an Molekülen (ein Liter Wasser enthält $344 \cdot 10^{23}$ Teilchen) passiert die Lichtwelle für jedes Wasser-Molekül, das die Lichtwelle beeinflusst statistisch gesehen auch ein weiteres Teilchen, das so ausgerichtet ist, dass es genau den entgegengesetzten Effekt hat. Im Mittel findet also keine Beeinflussung der Schwingungsebenen statt, weil sich die Effekte der einzelnen Moleküle gegenseitig aufheben.

Dies gilt allerdings nicht für chirale, also optisch aktive Moleküle. Dargestellt ist ein trisubstituiertes Methan (CHBrFI) und sein Enantiomer.

Das linke Molekül lässt sich nicht durch Drehung in das rechte Molekül überführen. Daher können nicht alle Positionierungen im Raum eingenommen werden und es gibt nicht für jede Positionierung eines Moleküls, das die Schwingungsebene beeinflusst eine Positionierung mit entgegengesetztem Effekt.



In Summe heben sich die Effekte der Moleküle auf die Schwingungsebenen also nicht vollständig auf und es kommt zu einer Drehung der Schwingungsebene von polarisiertem Licht.

Spezifischer Drehwinkel

Dieser Text beantwortet Aufgaben 2 bis 5 des Arbeitsblatt 6.4 (optische Aktivität).

Der Winkel α , um den man den Analysator eines Polarimeters drehen muss, sodass die maximale Lichtintensität erreicht wird (\rightarrow Gitter des Analysators parallel zur Schwingungsebene des polarisierten Lichts), heißt **Drehwinkel**.

Der Drehwinkel α einer Probenlösung ist abhängig von...

- ... der Konzentration der Probenlösung (Massenkonzentration β , Einheit: $[\frac{\text{g}}{\text{mL}}]$)
- ... der Länge der Messzelle l , Einheit: $[\text{dm}]$ (je länger die Messzelle, desto mehr Moleküle treten in Wechselwirkung mit den Lichtwellen)
- ... dem Lösemittel (z. B. Wasser, Ethanol ...)
- ... der Wellenlänge des polarisierten Lichts
- ... der Temperatur

Die Temperatur hat nur einen sehr geringen Einfluss auf den Drehwinkel.

Um die Drehwinkel vergleichen zu können, misst man bei Raumtemperatur (25° C) und einer Wellenlänge von 589 nm. Der **spezifische Drehwinkel** $[\alpha]$ ist dann definiert als:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{\beta \cdot l} \quad \text{Einheit: } \left[\frac{\text{°} \cdot \text{mL}}{\text{dm} \cdot \text{g}} \right]$$

In der Literatur wird $[\alpha]$ meistens dimensionslos (ohne Einheiten) angegeben.

Wird die Schwingungsebene im Uhrzeigersinn gedreht, ist der Drehwinkel positiv und man spricht von einem rechtsdrehenden Stoff. Entsprechend spricht man bei einem negativen Drehwinkel von einem linksdrehenden Stoff. In manchen Fällen wird diese Information bei der Benennung ergänzt, z. B. D(+)-Glucose. Auf manchen Milchprodukten wird damit geworben, dass nur rechtsdrehende Milchsäure (L(+)-Milchsäure) enthalten sei, die besser vom Körper verwertbar sei. Diese Aussage bleibt aber lediglich ein Werbeversprechen, der Körper produziert selbst beide Milchsäure-Arten und kann auch beide verwerten.

Tabelle 1: Spezifische Drehwinkel von Glucose und Fructose

Stoff	$[\alpha]$
D(+)-Glucose	+52,7°
L(-)-Glucose	-52,7°
D(-)-Fructose	-92,4°
L(+)-Fructose	+92,4°

Die Tabelle zeigt:

- Enantiomere drehen die Schwingungsebene von polarisiertem Licht um den gleichen Betrag, aber in die entgegengesetzte Richtung (D(+)-Glucose: +52,7°, L(-)-Glucose: -52,7°).
- Es ist kein Rückschluss von der D- bzw. L-Form auf den spezifischen Drehwinkel ((+)/((-)) möglich (D-Glucose ist rechtsdrehend, D-Fructose linksdrehend).

Weiterführende Aufgaben

Aufgabe 6: Ein Gemisch, das aus einem Stoff und dessen Enantiomer im Verhältnis 1:1 besteht, heißt **Racemat**. Erklären Sie, welchen spezifischen Drehwinkel ein Racemat aufweist.

Aufgabe 7: Mithilfe von Polarimetrie kann man die Konzentration einer Probenlösung ermitteln. Für eine Lösung von D-Milchsäure ($[\alpha] = -2,6^\circ$) wird mit einer 1,5 dm langen Messzelle ein Drehwinkel von $-1,95^\circ$ gemessen. Zeichnen Sie die Fischer-Projektion des enthaltenen Milchsäure-Enantiomers und berechnen Sie die Massenkonzentration β .

Aufgabe 8: Für Medikamente ist es in manchen Fällen wichtig, dass sie **enantiomerenrein** hergestellt werden, d. h., dass nur das für die beabsichtigte Wirkung nötige Enantiomer enthalten ist. Dass unterschiedliche Enantiomere unterschiedliche Wirkungen haben können, wurde vor allem durch das Medikament Contergan deutlich.

Schlagen Sie ein Verfahren vor, mit dem einfach überprüft werden kann, ob ein Medikament enantiomerenrein vorliegt.