

Praktikum SC

Optische Aktivität und Saccharimetrie

Hanno Rein, Florian Jessen

betreut durch Gunnar Ritt

19. Januar 2004

1 Vorwort

In den meisten Fällen setzt man bei verschiedensten Rechnungen stillschweigend voraus, dass die Materialien in allen Richtungen die gleichen Eigenschaften haben. Man stellt jedoch fest, dass bei bestimmten Stoffen nicht die so gewonnenen Vorhersagen eintreten. Beispiele sind Lösungen, die die Polarisations Ebene drehen, oder auch Mineralien wie Kalkspat, durch den man alles doppelt sieht. Aber auch andere Materialien zeigen diese Effekte, zum Teil jedoch nur unter bestimmten Bedingungen. Diese Phänomene sollen hier untersucht werden.

2 Physikalische Grundlagen

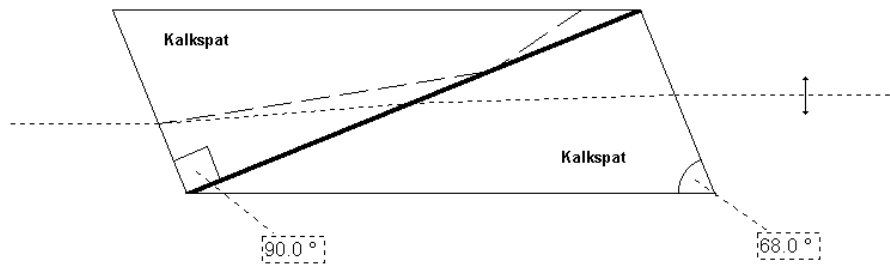
2.1 Polarisation

Wenn man von polarisiertem Licht spricht, meint man in aller Regel die *lineare Polarisation*. Dabei schwingen die E und B Vektoren in festen Ebenen (E und B sind stets senkrecht zueinander und zur Ausbreitungsrichtung). Überlagert man jedoch zwei Wellen verschiedener Phase, die verschieden linear polarisiert sind, so ergibt sich als resultierende eine Welle, deren E und B Vektoren zwar weiterhin senkrecht zueinander und zur Ausbreitungsrichtung stehen, aber ihre räumliche Orientierung stetig ändern. Haben die ursprünglichen Wellen die gleiche Amplitude, so ergibt sich eine *zirkulare Polarisation*, im Allgemeinen die *elliptische*. Es sei hierbei noch einmal auf die Lissajous'schen Figuren verwiesen.

2.2 Doppelbrechung und Nicol'sches Prisma

Tritt in einem Material die sogenannte Doppelbrechung auf, wenn man diese mit Licht bestrahlt, so liegt die Ursache darin, dass das Licht je nach Polarisations Ebene verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeiten hat (optisch anisotrope Medien). Parallel zur Hauptachse läuft jedes Licht mit der Hauptlichtgeschwindigkeit. Licht, dessen E Vektor senkrecht zur Hauptachse läuft ebenfalls mit dieser Geschwindigkeit, Licht anderer Polarisations Ebenen mit einer anderen. Der Effekt zeigt sich darin, dass das Licht nicht wie gewohnt an einer Stelle aus dem Material wieder austritt, sondern an mehreren. Bekannt ist dieser Effekt besonders beim Kalkspat ($CaCO_3$). Die Erklärung erfolgt wieder über das Huygen'sche Prinzip. Die Wellen werden dazu in Komponenten (senkrecht und parallel zur Hauptachse) zerlegt, deren Ausbreitung bekannt ist. Dabei ist zu beachten, dass jetzt nicht mehr grundsätzlich Kugelwellen entstehen, sondern in jeder Richtung die jeweilige Ausbreitungsgeschwindigkeit zu berücksichtigen ist. Allgemein entstehen Rotationsellipsoide.

Diese Eigenschaft kann man nutzen, um verschiedene Polarisierungen voneinander zu trennen. Um so linear polarisiertes Licht zu erhalten, darf nur ein Strahl aus der Anordnung austreten. Dies wird im sogenannten Nicol'schen Prisma erzielt. Typischerweise verwendet man hierbei wieder Kalkspat. Der Kristall wird so zersägt, dass einer der Strahlen durch Totalreflexion zur Seite abgelenkt und dort absorbiert wird. Übrig bleibt linear polarisiertes Licht.



2.3 Optische Aktivität

Unter optischer Aktivität versteht man die Eigenschaft von Materialien die Polarisationssebene zu drehen. Dies tritt auf bei Kristallen, aber auch bei Lösungen von Zucker und vielen anderen Kohlenstoffverbindungen. Der Winkel, um den die Polarisationssebene dabei gedreht wird, ist abhängig von der Strecke, die das Licht in diesem Medium durchläuft und von dessen Wellenlänge (\Rightarrow Rotationsdispersion). Bei Lösungen kommt eine Abhängigkeit von der Konzentration hinzu. Man erhält folgende Abhängigkeit des Drehwinkels

$$\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot \frac{q}{100} \quad (1)$$

Hierbei ist $[\alpha]$ die spezifische Drehwinkel, l die Länge des Lichtwegs und q die Konzentration der optisch aktiven Substanz in Prozent. Diese Besonderheit kann man ausnutzen, um bei bekanntem Drehwinkel auf die Konzentration zu schließen, ohne eventuelle Begleitstoffe abtrennen zu müssen. Die Ursache für diese Drehung liegt in der Struktur der Moleküle. Viele Kohlenstoffverbindungen haben eine asymmetrische Anordnung der C-Atome. Aus der Tatsache, dass es hierbei im Allgemeinen zwei Isomere gibt, ergeben sich die rechts- bzw. linksdrehenden Moleküle (\Rightarrow Chiralität).

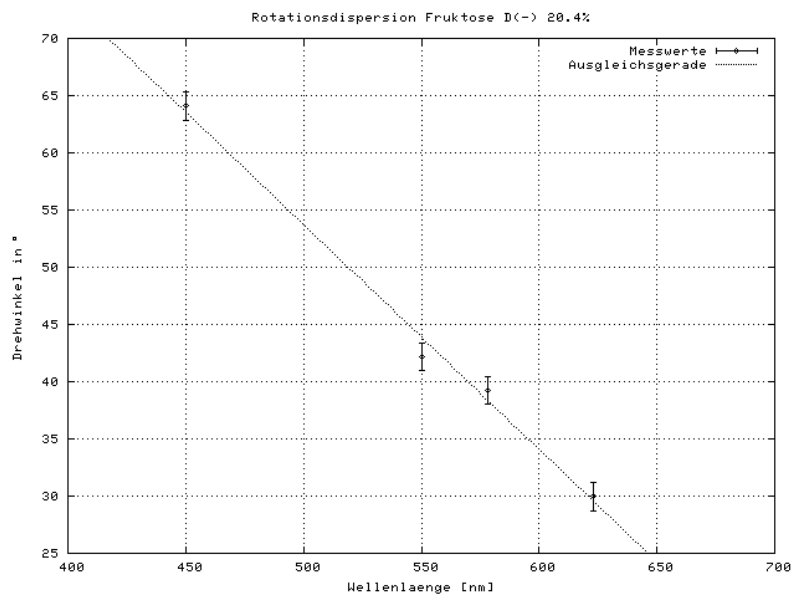
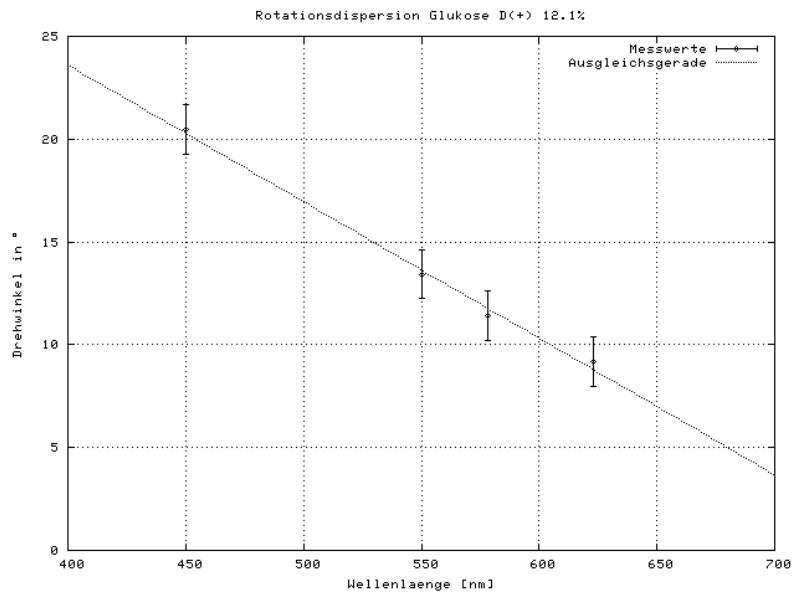
3 Auswertung

3.1 Rotationsdispersion

Nach unserer Messung ergeben sich folgende Drehwinkel. Die Winkel sind jeweils die Mittelwerte aus 4 Messungen.

Lösung	Wellenlänge λ	Drehwinkel α
D(+) Glucose $p = 12.1\%$	$\lambda_1 = 623 \text{ nm}$	$\alpha_1 = 9.18^\circ$
D(+) Glucose $p = 12.1\%$	$\lambda_2 = 578 \text{ nm}$	$\alpha_2 = 11.43^\circ$
D(+) Glucose $p = 12.1\%$	$\lambda_3 = 550 \text{ nm}$	$\alpha_3 = 13.43^\circ$
D(+) Glucose $p = 12.1\%$	$\lambda_4 = 450 \text{ nm}$	$\alpha_4 = 20.48^\circ$
D(-) Fructose $p = 20.4\%$	$\lambda_1 = 623 \text{ nm}$	$\alpha_1 = 29.95^\circ$
D(-) Fructose $p = 20.4\%$	$\lambda_2 = 578 \text{ nm}$	$\alpha_2 = 39.20^\circ$
D(-) Fructose $p = 20.4\%$	$\lambda_3 = 550 \text{ nm}$	$\alpha_3 = 42.20^\circ$
D(-) Fructose $p = 20.4\%$	$\lambda_4 = 450 \text{ nm}$	$\alpha_4 = 64.08^\circ$

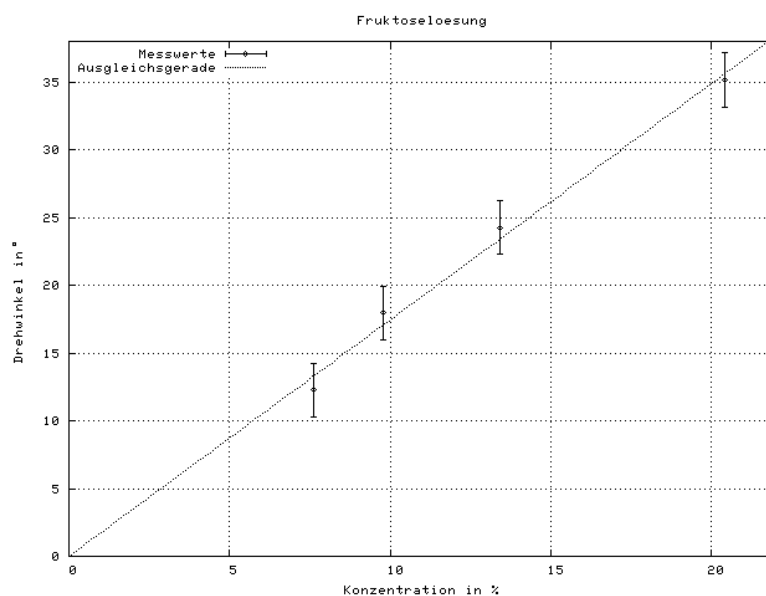
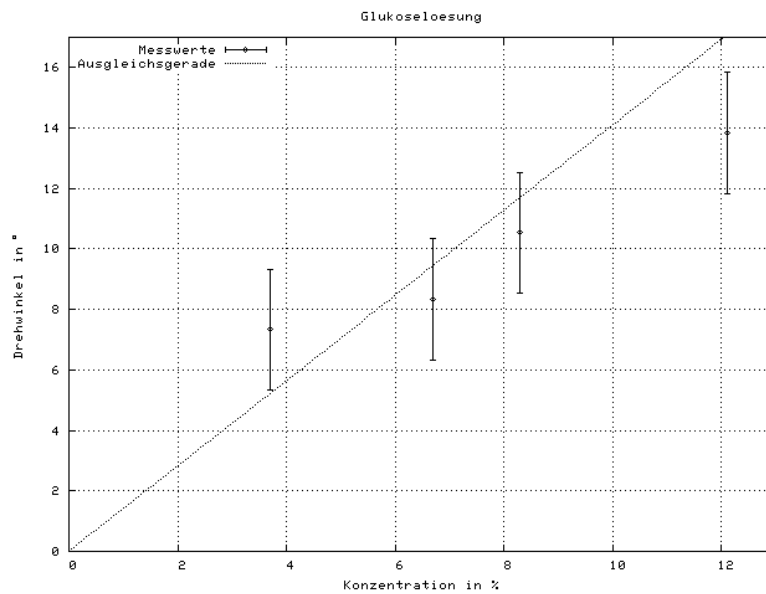
Daraus ergeben sich mit einem geschätzten zufälligen Messfehler von $\sigma_\alpha = 1.2^\circ$ die folgenden Schaubilder:



3.2 Drehvermögen

3.2.1 Eichung

Zur Eichung werden Proben mit bekannter Konzentration verwendet. Es wurde ein Fehler bei der Winkelmessung von $\sigma_{Winkel} = 2^\circ$ angenommen. Trägt man den Drehwinkel als Funktion der Konzentration auf so erhält man folgende Schaubilder:



Man erkennt, dass die Messung der Glukose nicht sehr exakt ist. Aus der Steigung der Ausgleichsgeraden erhält man das spezifische Drehvermögen der Stoffe:

$$\phi_{0,Glukose} = (1.41 \pm 0.19) \frac{^\circ}{\%} \quad (2)$$

$$\phi_{0,Fructose} = (1.74 \pm 0.05) \frac{^\circ}{\%} \quad (3)$$

Dabei ist die Glukoselösung rechts- und die Fructoselösung linksdrehend.

3.2.2 Unbekannte Proben

Die Konzentration p_X der unbekanntenen Proben ergibt sich durch

$$p_X = \frac{\alpha_X}{\phi_0} \quad (4)$$

Nach der Gaußschen Fehlerfortpflanzung ist gilt für den Fehler

$$\sigma_{p_X} = \sqrt{\left(\sigma_{\alpha_X} \cdot \frac{1}{\phi_0}\right)^2 + \left(\sigma_{\phi_0} \cdot \frac{\alpha_X}{\phi_0^2}\right)^2} \quad (5)$$

Probe	Drehrichtung	Zuckerart	Drehwinkel	Konzentration
X1	linksdrehend	Fruktose	$\alpha_{X1} = 4.26^\circ \pm 0.35^\circ$	$p_{X1} = (2.44 \pm 0.21)\%$
X2	rechtsdrehend	Glukose	$\alpha_{X2} = 16.87^\circ \pm 0.52^\circ$	$p_{X2} = (11.96 \pm 1.68)\%$
X3	rechtsdrehend	Glukose	$\alpha_{X3} = 7.74^\circ \pm 0.35^\circ$	$p_{X3} = (5.49 \pm 0.79)\%$
X4	linksdrehend	Fruktose	$\alpha_{X4} = 29.79^\circ \pm 0.13^\circ$	$p_{X4} = (11.96 \pm 0.49)\%$

Leider liegen uns keine Vergleichswerte der Proben vor. Dennoch scheint die Messung relativ exakt zu sein.