Protokoll O5 — Polarimetrie

Till Biskup
Matrikelnummer: 155567

25. Mai 1999

Einführung

Optisch aktive Stoffe besitzen die Eigenschaft, die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes zu drehen. Der Drehwinkel α ist bei festen Stoffen proportional zur Schichtdicke d, bei Lösungen zur Schichtdicke d und zur Konzentration c. Daher kann bei Feststoffen bekannter Schichtdicke das spezifische Drehvermögen α' bzw. bei Lösungen bekannter Konzentration die spezifische Drehung α_0 bestimmt werden.

Die Ermittlung de Drehwinkels erfolgte bei diesem Versuch dadurch, daß zwei Polarisationsfilter, der Polarisator und der Analysator, so gegeneinander verschoben wurden, daß die Lichtintensität der Na–Spektrallampe, die durch ein Fernrohr beobachtet wurde, ihr Minimum erreichte. Diese Einstellung diente gleichzeitig zur Ermittlung des Nullpunktes auf der Skala des Analysators.

Ein zwischen Polarisator und Analysator befindlicher optisch aktiver Stoff dreht die Ebene des polarisierten Lichtes. Der Drehwinkel läßt sich dadurch bestimmen, daß erneut auf das Minimum eingestellt wird: Er ergibt sich als Differenz zwischen dieser Einstellung und dem Nullpunkt.

Aufgaben

1. Messung des Drehwinkels an 4 Quarzplatten bekannter Dicke d und Ermittlung des spezifischen Drehvermögens von Quarz nach Gleichung

$$\alpha = \alpha' \cdot d \tag{1}$$

   aus der graphischen Darstellung α über d.

2. Messung des Drehwinkels für verschiedene Rohrzuckerlösungen bekannter Konzentration und Ermittlung der spezifischen Drehung nach Gleichung

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \frac{d \cdot c}{100} \tag{2}$$

   aus der graphischen Darstellung $\frac{\alpha}{d \cdot c}$ über $d \cdot c$.

3. Abschätzung der Meßunsicherheit für den größten und den kleinsten $d \cdot c$–Wert und Eintragung in die graphische Darstellung aus Aufgabe 2.

1. Messung des Drehwinkels für vier Quarzplatten

Am Fernrohr wurden die Werte α direkt abgelesen. Diese Werte können allerdings noch nicht in die Gleichung für α' eingesetzt werden, da vorher noch der Winkel α_N des Nullpunktes abgezogen werden muß. Der Nullpunkt α_N wurde bestimmt zu:

$$\alpha_N = 0.625^\circ$$

Die Ablesegenauigkeit der Winkel α und α_N betrug jeweils 0.05°. Der Wert für d wurde aus einer dem Versuch beiliegenden Tabelle entnommen. Das spezifische Drehvermögen α' berechnet sich aus der Beziehung (1) und der Berücksichtigung des Nullpunktes zu

$$\alpha' = \frac{d}{\alpha - \alpha_N}$$

Quarz				
Nr.	d [mm]	α [°]	$\alpha - \alpha_N$ [°]	α' [$° \cdot$ mm^{-1}]
1	0.399	9.30	8.68	21.75
2	0.797	18.15	17.53	21.99
3	1.197	26.70	26.08	21.79
4	1.595	35.35	34.73	21.77
			$\overline{\alpha'}$:	21.825

Fehlerbetrachtung Aufgrund der geringen Anzahl der Meßwerte kann hier nur eine Größtfehlerabschätzung durchgeführt werden. Die Ablesegenauigkeit der Winkel auf der Skala des Fernrohres betrug, wie schon erwähnt, 0.05°. Der Fehler für d kann bei diesem Versuch vernachlässigt werden. Aus der Beziehung für die Größtfehlerabschätzung ergibt sich $\Delta\alpha'$ zu

$$\Delta\alpha' = \pm \left| \frac{\Delta(\alpha - \alpha_N)}{(\alpha - \alpha_N)} \right| \cdot \alpha' = \pm\, 0.25° \cdot \mathrm{mm}^{-1}$$

Das spezifische Drehvermögen α' ist demnach wie folgt anzugeben:

$$\alpha' = (21.8 \ \pm\ 0.25)\ ° \cdot \mathrm{mm}^{-1}$$

Abbildung 1: Spezifisches Drehvermögen des Quarzes

2. Messung des Drehwinkels für verschiedene Rohrzuckerlösungen

Die Werte für die Schichtdicke d und die Konzentration der Zuckerlösung c wurden aus der dem Versuch beiliegenden Tabelle entnommen, die Werte für α wie bei Aufgabe 1 direkt am Fernrohr abgelesen und anschließend die Differenz aus ihnen und dem Nullpunkt α_N errechnet. Die spezifische Drehung α_0 ergibt sich aus Gleichung (2) unter Berücksichtigung der Nullpunkt–Korrektur zu:

$$\alpha_0 = \frac{\alpha - \alpha_N}{d \cdot c} \cdot 100$$

Saccharose					
Nr.	d [dm]	c $\left[\frac{\mathrm{g}}{100\ \mathrm{cm}^3}\right]$	α [°]	$\alpha - \alpha_N$ [°]	α_0 $\left[\frac{°\cdot \mathrm{cm}^3}{\mathrm{g}\cdot \mathrm{dm}}\right]$
1	1.000	5	3.90	3.28	65.60
2	1.000	10	7.35	6.73	67.30
3	1.000	20	13.90	13.28	66.40
4	1.000	30	20.75	20.13	67.10
5	1.000	40	27.30	26.68	65.70
6	1.901	20	25.80	25.18	66.23
7	1.901	30	38.70	38.08	66.77
8	2.000	30	40.60	39.98	66.63
9	1.901	40	50.75	50.13	65.93
10	2.000	40	52.90	52.28	65.35
				$\overline{\alpha_0}$:	66.30

Fehlerbetrachtung Allgemein gilt das schon bei Aufgabe 1 ausgeführte: Aufgrund der wenigen Meßwerte ist nur eine Größtfehlerabschätzung sinnvoll. Die Ablesegenauigkeit der Winkel auf der Skala betrug 0.05°, der Fehler der Schichtdicke d kann vernachlässigt werden. Aus der Beziehung für die Größtfehlerabschätzung ergibt sich $\Delta\alpha_0$ maximal zu

$$\Delta\alpha_0 = \pm \left\{ \left| \frac{\Delta(\alpha - \alpha_N)}{\overline{(\alpha - \alpha_N)}} \right| + \left| \frac{\Delta c}{\overline{c}} \right| \right\} \cdot \alpha_0 = \pm\ 8.56° \cdot \mathrm{cm}^3 \cdot \mathrm{g}^{-1} \cdot \mathrm{dm}^{-1}$$

Die spezifische Drehung α_0 ergibt sich also zu:

$$\alpha_0 = (65\ \pm\ 8.56)\ ° \cdot \mathrm{cm}^3 \cdot \mathrm{g}^{-1} \cdot \mathrm{dm}^{-1}$$

Durch die Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf die Berechnung des Mittelwertes ergibt sich der mittlere Fehler $\overline{s_{\alpha_0}}$ des Mittelwertes zu

$$\overline{s_{\alpha_0}} = \pm \frac{\overline{\Delta\alpha_0}}{\sqrt{n}} = \pm\ 2.25$$

und damit der Mittelwert zu

$$\overline{\alpha_0} = (66\ \pm\ 2.25)\ ° \cdot \mathrm{cm}^3 \cdot \mathrm{g}^{-1} \cdot \mathrm{dm}^{-1}$$

Dieser ist in der Grafik ober– und unterhalb des Wertes für den Mittelwert $\overline{\alpha_0}$ abgetragen.

Abbildung 2: Spezifische Drehung der Saccharose

3. Abschätzung der Meßunsicherheit

Die spezifische Drehung α_0 berechnet sich aus dem Drehwinkel α bzw. $\alpha - \alpha_N$ (Nullpunkt–Ausgleich), der Schichtdicke d und der Konzentration c der Lösung. Durch Anwenden der Formel für die Größtfehlerabschätzung erhält man folgende Gleichung:

$$\frac{\Delta\alpha_0}{\alpha_0} = \pm \left\{ \left|\frac{\Delta\alpha}{\overline{\alpha}}\right| + \left|\frac{\Delta c}{\overline{c}}\right| + \left|\frac{\Delta d}{\overline{d}}\right| \right\} \tag{3}$$

Der Fehler für d ist verglichen mit den Fehlern für c und α so klein, daß er vernachlässigt werden kann. Dadurch vereinfacht sich Gleichung (3) entsprechend zu

$$\Delta\alpha_0 = \pm \left\{ \left|\frac{\Delta\alpha}{\overline{\alpha}}\right| + \left|\frac{\Delta c}{\overline{c}}\right| \right\} \cdot \alpha_0$$

Für die beiden Größen c und α_0 sind folgende Fehler einzusetzen:

$$\left|\frac{\Delta c}{\overline{c}}\right| = 10\% = 0.1 \qquad \Delta\alpha = 0.1^\circ$$

kleinster $d \cdot c$–Wert

$$d = 1.000 \text{ dm} \qquad \text{c} = \frac{5 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3}$$

$$\Delta\alpha_0 = \pm\, 8.56 \frac{^\circ \cdot \text{ cm}^3}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\alpha_0 = (66.3 \pm 8.56)\ ^\circ \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$$

größter $d \cdot c$–Wert

$$d = 2.000 \text{ dm} \qquad \text{c} = \frac{40 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3}$$

$$\Delta\alpha_0 = \pm\, 6.66 \frac{^\circ \cdot \text{ cm}^3}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\alpha_0 = (66.3 \pm 6.66)\ ^\circ \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$$

Diese beiden Werte sind als Fehlerbalken in Abb. 2 abgetragen.