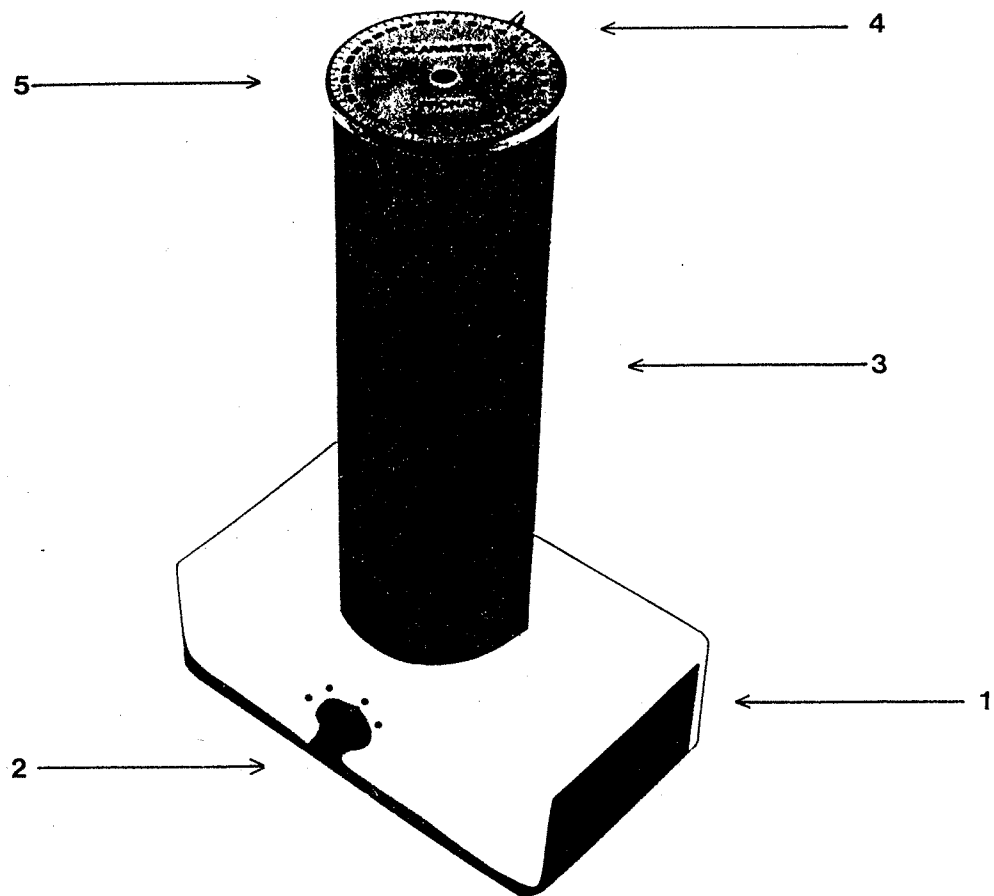


## POLARIMETER



### Technische Daten

Das Schüler-Polarimeter besteht aus folgenden Teilen:

(1) - Grundgehäuse mit Stromversorgungsteil, 220 V Anschluß

(2) - Dioden-Schalter

sichtbares Licht

Wellenlänge

grün

ca. 560 nm

gelb

ca. 590 nm

orange

ca. 630 nm

rot

ca. 650 nm

(3) - Meßkammer mit Meßzylinder (100 ml), Meßzylinderführung und eingebautem Polarisationsfilter (Polarisator)

(4) - feststehende Randmarkierung zur Meßwertbestimmung

(5) - drehbare Analysatorscheibe mit Gradskala und eingebautem Polarisationsfilter (Analysator)

**CONATEX**  
DIDACTIC

Lehrmittel GmbH

Rombachstr. 65 - D-66539 Neunkirchen

Tel.: 06821-94110 - Fax: 06821-4411

Internet: <http://www.conatex.com>

E-mail: [didactic@conatex.com](mailto:didactic@conatex.com)

Physikalische Versuche für den Unterricht in Naturwissenschaft und Technik

87 61 160.31

Was leistet das Schüler-Polarimeter?

Mit dem Polarimeter bist Du in der Lage

1. den Drehsinn und den Drehwinkel einer optisch aktiven Substanz festzustellen;
2. die Konzentration einer bekannten optisch aktiven Substanz in einer Lösung zu bestimmen;
3. die Abhängigkeit von Wellenlänge, Schichtlänge und der Temperatur auf den Drehwinkel zu untersuchen;
4. die spezifische Drehung einer bekannten optisch aktiven Substanz zu ermitteln;
5. die Änderung des Drehwinkels in Abhängigkeit von der Zeit bei der Inversion von Rohrzucker zu verfolgen (Geschwindigkeitsgesetz 1. Ordnung);
6. mit Hilfe geeigneter Eichkurven bei bekannter Konzentration einer Lösung über die zu messenden Drehwinkel die Art einer optisch aktiven Substanz abzuleiten.

Mit dem Schüler-Polarimeter findest Du den Einstieg in eine moderne Meßmethodik, die Polarimetrie.

Informiere Dich, wo die Polarimetrie zur praktischen Anwendung kommt.

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

Hast Du auch eigene Anwendungsideen?

-----  
-----  
-----  
-----

## Das Prinzip der Polarimetrie

Optisch aktive Stoffe drehen die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes um einen bestimmten Winkelbetrag.

Um die optische Aktivität nachzuweisen, benötigst Du polarisiertes Licht.

Schickst Du einen gewöhnlichen Lichtstrahl, in dem das Licht in allen Ebenen schwingt, durch einen Polarisationsfilter, so hat der austretende Lichtstrahl nur noch eine Schwingungsebene, ähnlich wie ein Tau, dessen Ende man schnell auf- und abbewegt.

Das Licht ist polarisiert.

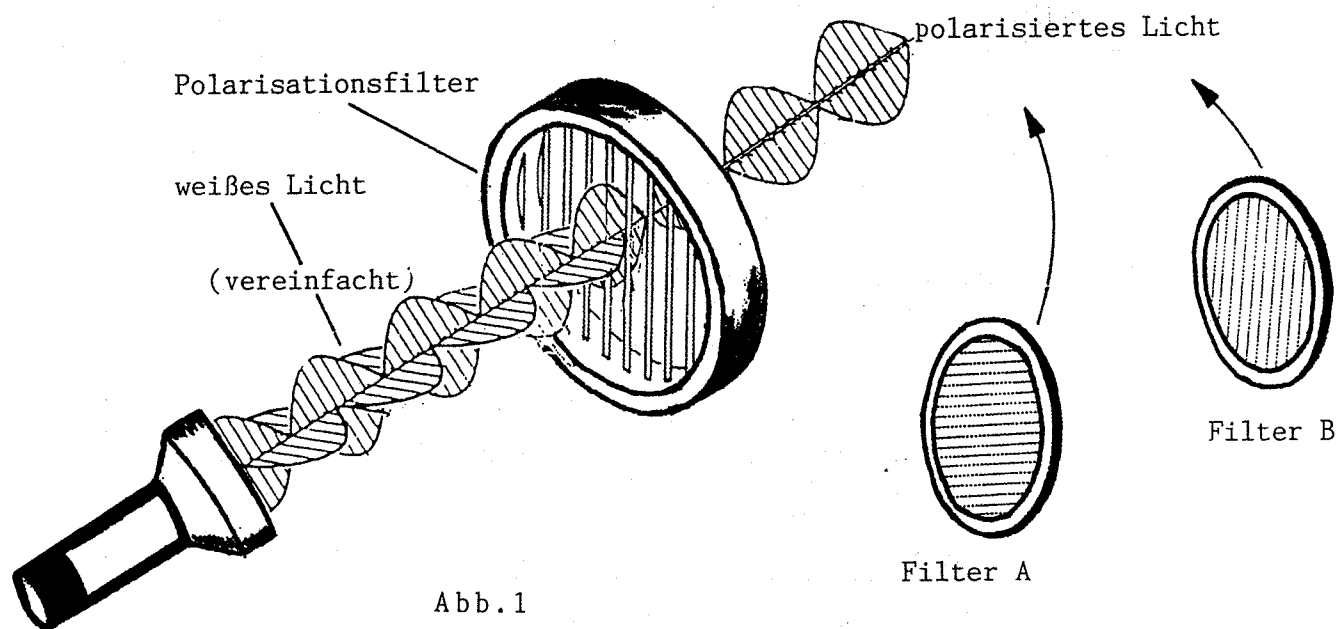


Abb.1

Den Polarisationsfilter kannst Du Dir aus feinsten Kristallstreifen aufgebaut vorstellen, die Licht nur in einer Schwingungsebene hindurchlassen.

Werden zwei Polarisationsfilter hintereinandergeschaltet, so kann das Licht nur dann beide Filter passieren, wenn sie bestimmte Stellungen zueinander einnehmen.

Überlege: Welche Stellung muß ein zweiter Polarisationsfilter haben, damit das durch den vorgeschalteten Filter schon polarisierte Licht hindurchtreten kann (vgl. Abb.1)?

Stellung von  
Filter A

Stellung von  
Filter B

Untersuche nun Digitalanzeigen und Rechnerdisplays mit einem Polarisationsfilter.  
Welche Entdeckung kannst Du machen?

Überlege: Welche Wirkung hat die Lösung einer optisch aktiven Substanz zwischen zwei zueinander senkrecht stehenden Polarisationsfiltern?

## Wie arbeitest Du mit dem Schüler-Polarimeter?

1. Stecke den Netzanschluß in eine Steckdose (220 V) und nimm die Analysatorscheibe von der Meßkammer herunter.
2. Stelle mit dem Diodenschalter die Diode mit der gewünschten Wellenlänge ein.

Beachte:

Die jeweilige Diode muß in eine Position genau unter dem Polarisationsfilter im Boden der Meßkammer (Polarisator) gebracht werden.

3. Verschließe die Meßkammer wieder mit der Analysatorscheibe und drehe sie, bis die Zahl 360 ihrer Gradskala mit der festen Markierung am oberen äußeren Rand der Meßkammer übereinstimmt. Du erkennst beim Durchschauen durch den Polarisationsfilter in der Mitte der Analysatorscheibe (Analysator) im Polarisator einen Lichtpunkt, dessen Farbe der gewünschten Wellenlänge entspricht.
4. Drehe die Analysatorscheibe langsam gegen den Uhrzeigersinn bis die Randmarkierung mit der Zahl 90 auf der Gradskala übereinstimmt. Nach dieser Drehung des Analysators um  $90^\circ$  gegenüber seiner Ausgangseinstellung ist der vorher festgestellte Lichtpunkt nicht mehr zu erkennen.
5. Nimm die Analysatorscheibe ab und stelle den Meßzylinder (100 ml) mit der zu untersuchenden Lösung in die Meßkammer.

Beachte:

Der Meßzylinder muß außen trocken sein.

Der Meßzylinder muß durch die eingebaute Führung hindurch bis hinter auf den Boden der Meßkammer geschoben werden; er ist dann automatisch zentriert und standsicher.

Niemals die Lösung direkt in die Meßkammer gießen!

6. Verschließe die Meßkammer mit der Analysatorscheibe und bringe sie wiederum in die Einstellung  $90^\circ$ , wie im Arbeitsschritt 4. Sie stellt die Ausgangseinstellung für alle Messungen dar.  
Du beobachtest, daß der Lichtpunkt am Boden der Meßkammer nun erkennbar ist.

Beachte:

Stets mit relativ hochkonzentrierten Lösungen arbeiten.

7. Drehe die Analysatorscheibe langsam gegen- beziehungsweise mit dem Uhrzeigersinn, bis der Lichtpunkt wieder erlischt.

Beachte:

Auftretendes Streulicht am Rand des Meßzylinders hat keine Bedeutung und kann daher vernachlässigt werden.

8. Lies auf der Analysatorscheibe ab, mit welcher Zahl der Gradskala die Randmarkierung der Meßkammer jetzt übereinstimmt.

Beachte:

Je nach Art der gelösten Substanz und der gewählten Wellenlänge kann sich die Auslöschung des Lichtpunktes über mehrere Winkelgrade erstrecken. Ermittle dann zur exakten Bestimmung des Drehwinkels den jeweiligen Mittelwert.

9. Berechne die Differenz zu  $90^\circ$  und notiere den festgestellten Drehwinkel.

## Wichtige Parameter in der Polarimetrie

### - Der Drehwinkel $\alpha$

Der Drehwinkel gibt an, um welchen Betrag die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes durch die optisch aktive Substanz in einer Lösung gedreht wird.

### - Die Schichtlänge $l$

Die Schichtlänge bezeichnet die Strecke, welche das polarisierte Licht zwischen dem Polarisator und dem Analysator in der Lösung einer optisch aktiven Substanz zurücklegt.

### - Die Konzentration $c$

Durch die Konzentration wird angegeben, welche Menge einer optisch aktiven Substanz im jeweiligen Lösungsmittel gelöst ist. Die Angabe der Konzentration erfolgt bei den Messungen in  $\text{g/cm}^3$ .

### - Die Wellenlänge $\lambda$

Jede Diode des Schüler-Polarimeters gibt überwiegend Licht mit einer bestimmten Wellenlänge ab. Die Wellenlänge des Lichtes bestimmt dessen Farbe.

In der Literatur beziehen sich Meßdaten gewöhnlich auf die D-Natriumspektrallinie (gelb, 589 nm) und sind daher für das Schüler-Polarimeter nicht anwendbar.

### - Die Temperatur $T$

Zum Zeitpunkt einer polarimetrischen Messung herrscht in der Lösung eine bestimmte Temperatur (gewöhnlich Zimmertemperatur). Sie sollte für alle Messungen im Interesse der Vergleichbarkeit der Ergebnisse möglichst unverändert bleiben.

### - Der spezifische Drehwinkel $[\alpha]$

Der spezifische Drehwinkel ist ein Maß für die optische Aktivität einer Lösung, bezogen auf

- eine bestimmte optisch aktive Substanz,
- eine bestimmte Wellenlänge des polarisierten Lichtes,
- eine Schichtlänge von 1 Dezimeter ( $1\text{dm} = 10\text{ cm}$ ),
- eine Konzentration von  $1\text{g}$  Substanz pro  $1\text{ cm}^3$  Lösung,
- eine Temperatur der Lösung von  $20^\circ$  Celsius.

Der spezifische Drehwinkel ist unter den aufgeführten Bedingungen eine Stoffkonstante.

## Der mathematische Zusammenhang der Größen

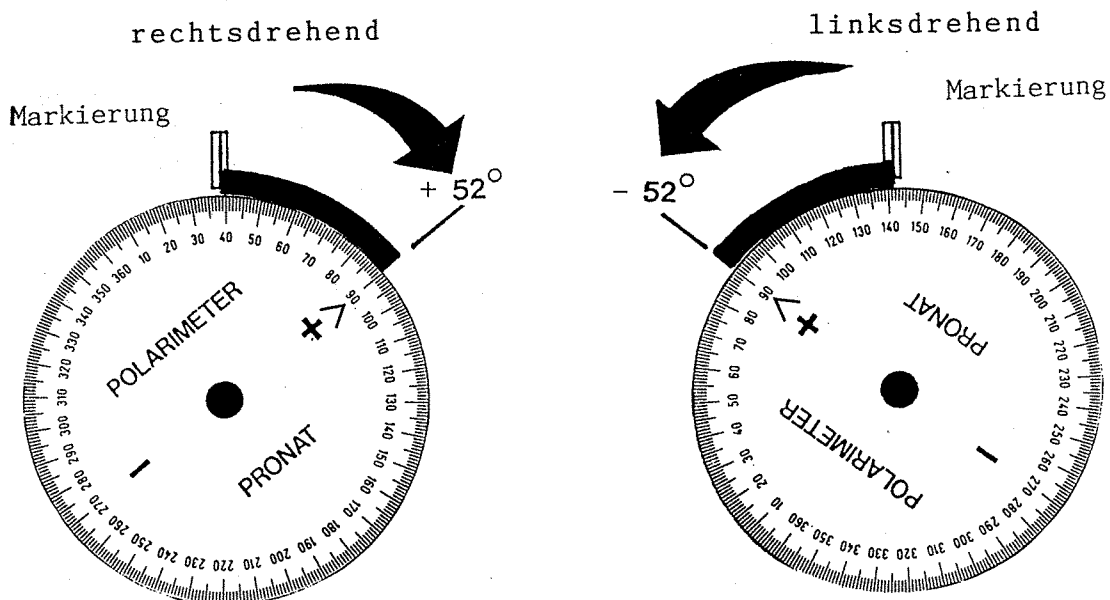
$$\alpha^\circ = [\alpha]_\lambda^T \cdot l \cdot c$$

## Der Drehsinn

Rechtsdrehend ist eine Substanz, die das polarisierte Licht im Uhrzeigersinn dreht, linksdrehend ist dagegen eine Substanz, die das polarisierte Licht entgegen dem Uhrzeigersinn dreht.

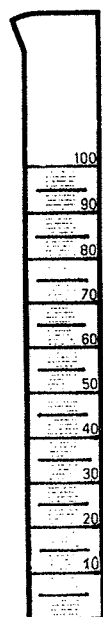
Für die Kennzeichnung der optischen Aktivität solcher Substanzen verwendet man die Zeichen (+) für rechtsdrehend und (-) für linksdrehend.

Meßtechnisch zeigt sich dieser Sachverhalt beim Schüller-Polarimeter in folgender Weise:



Die Ermittlung der Schichtlänge einer Lösung aus dem im Meßzylinder eingenommenen Volumen

|  |                          |
|--|--------------------------|
| allgemeine Umrechnungsformel                   |                          |
| $n \text{ (cm}^3\text{)} \cong 0,0192 \cdot n$ | $= \square \text{ (dm)}$ |



Volumen ----- Schichtlänge

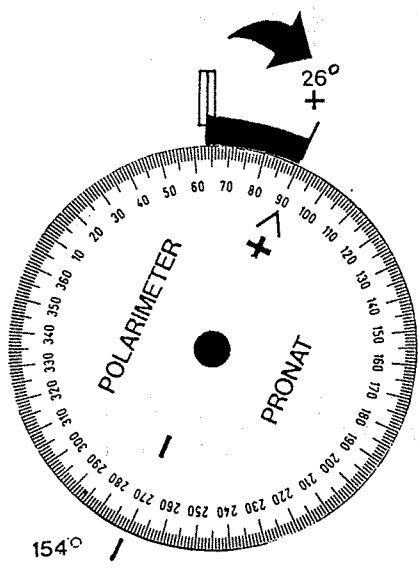
|         |         |
|---------|---------|
| 19,2 cm | 1,92 dm |
| 15,4 cm | 1,54 dm |
| 11,5 cm | 1,15 dm |
| 7,6 cm  | 0,76 dm |
| 3,8 cm  | 0,38 dm |

Zur Feststellung des Drehsinns einer optisch aktiven Substanz mit Hilfe des Schüler-Polarimeters

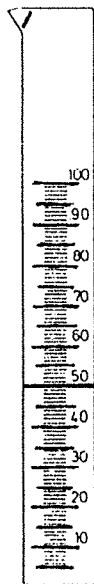
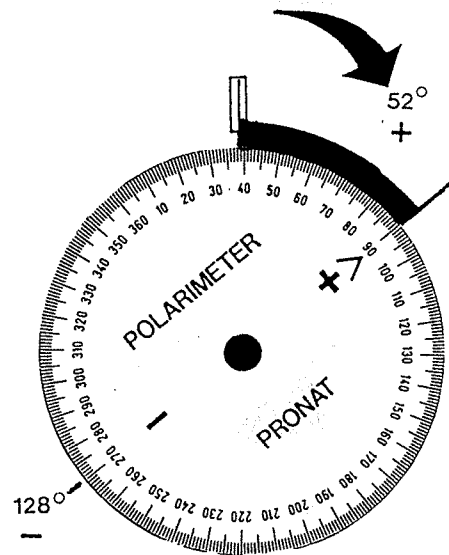
Um genau festlegen zu können, ob eine optisch aktive Substanz rechts- oder linksdrehend ist, sind zwei Messungen nötig.

1. Eine polarimetrische Messung mit halber Schichtlänge.
2. Eine polarimetrische Messung mit ganzer Schichtlänge.

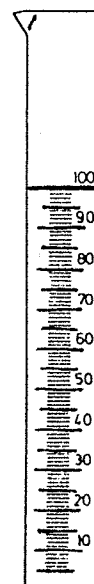
Nach der theoretischen Vorstellung von der Ursache der Drehung des polarisierten Lichtes muß sich mit zunehmender Schichtlänge auch der Drehwinkel vergrößern. Dieser Sachverhalt wird durch die 2. Messung überprüft.



Beispiel für eine rechtsdrehende Substanz



1/2 Schichtlänge



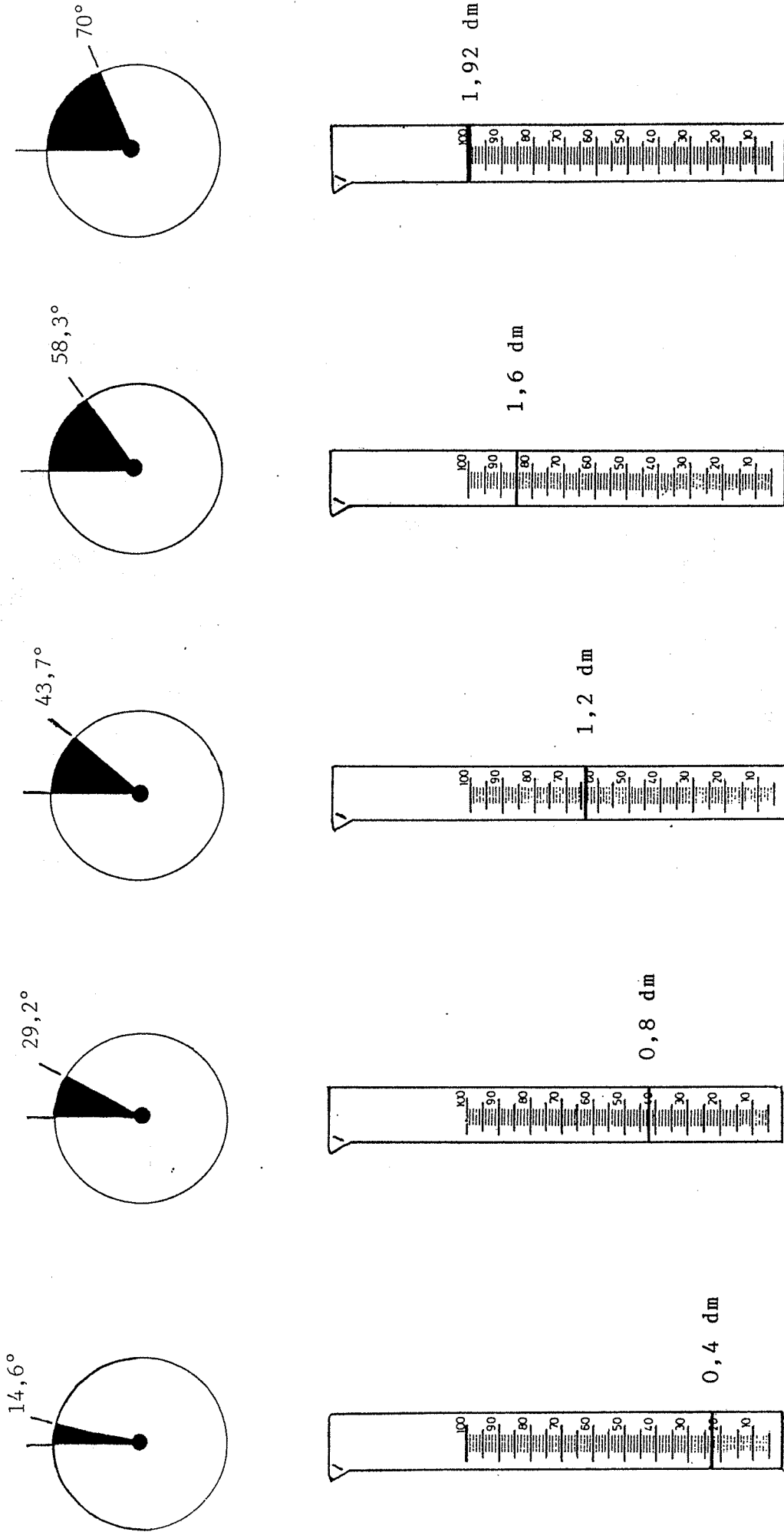
1 Schichtlänge

1. Messung

2. Messung

Die Veränderung des Drehwinkels in Abhängigkeit von der Schichtlänge

am Beispiel einer Rohrzuckerlösung

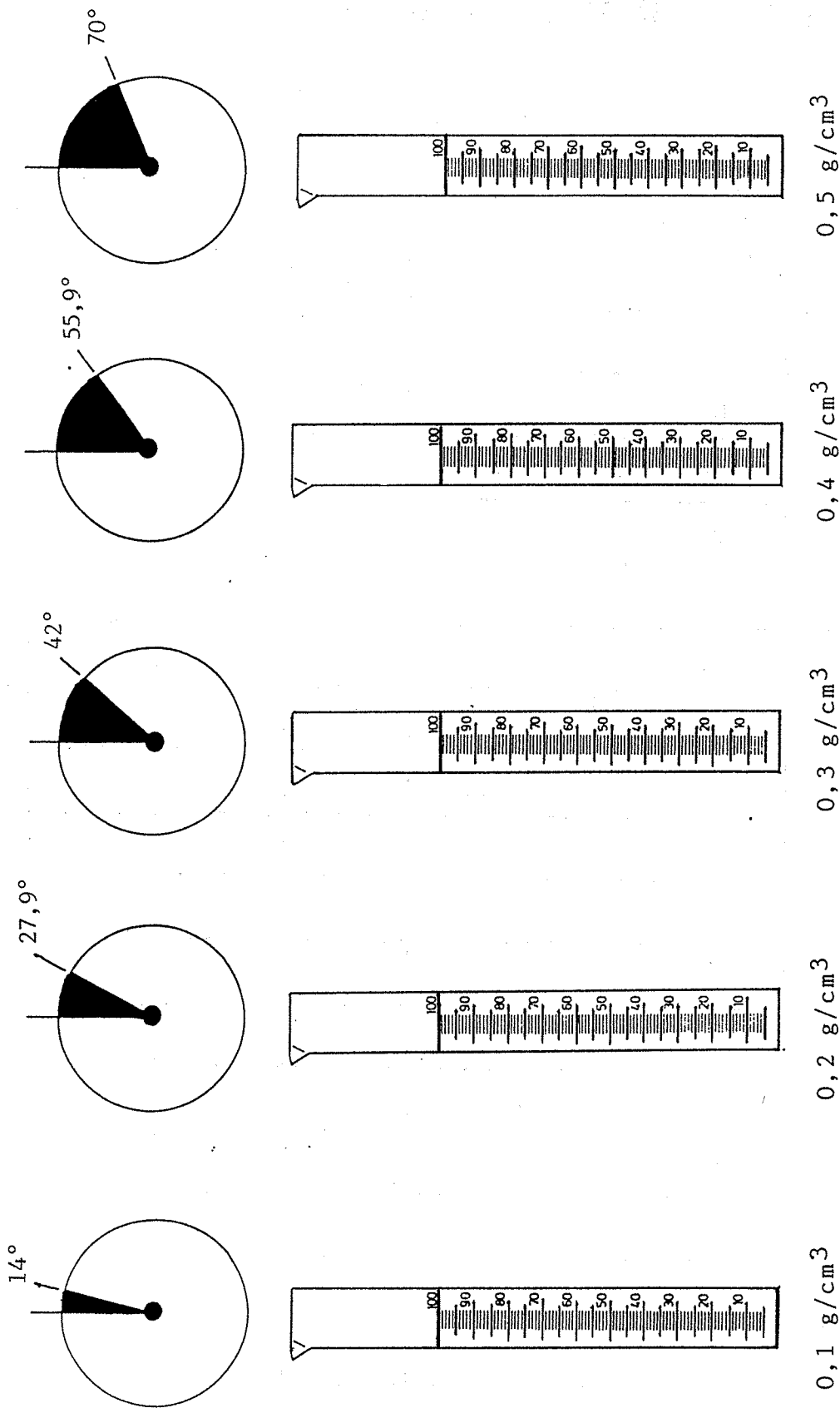


Konzentration der Rohrzuckerlösung: 0,5 g/cm<sup>3</sup>      Temperatur: 20° C      Wellenlänge: 560 nm (grüne Diode)



Die Veränderung des Drehwinkels in Abhängigkeit von der Konzentration

am Beispiel einer Rohrzuckerlösung



Schichtlänge: 1,92 dm      Temperatur: 20°C      Wellenlänge: 560 nm (grüne Diode)

# Die Messung optischer Aktivität

Untersuche die Drehung des polarisierten Lichtes bei einer Rohrzuckerlösung und verändere bei jeder Messung die Konzentration, die Schichtlänge und die Farbe des Lichtes.

| Gruppe   | Konzentration<br>$c$ (g/100 cm <sup>3</sup> ) | Schichtlänge*<br>$l$ (dm) | Gemessener Drehwinkel bei der Farbe der Leuchtdioden: |        |         |       |
|----------|---|---------------------------|---|--------|---------|-------|
|          |   |                           | grün ○  | gelb ○ | orange○ | rot ○ |
| <b>1</b> | 10  | 0,76                      |   |        |         |       |
|          | 10  | 1,15                      |   |        |         |       |
|          | 10  | 1,54                      |   |        |         |       |
|          | 10  | 1,92                      |   |        |         |       |

|          |    |      |  |  |  |  |
|----------|----|------|--|--|--|--|
| <b>2</b> | 20 | 0,76 |  |  |  |  |
|          | 20 | 1,15 |  |  |  |  |
|          | 20 | 1,54 |  |  |  |  |
|          | 20 | 1,92 |  |  |  |  |

|          |    |      |  |  |  |  |
|----------|----|------|--|--|--|--|
| <b>3</b> | 30 | 0,76 |  |  |  |  |
|          | 30 | 1,15 |  |  |  |  |
|          | 30 | 1,54 |  |  |  |  |
|          | 30 | 1,92 |  |  |  |  |

|          |    |      |  |  |  |  |
|----------|----|------|--|--|--|--|
| <b>4</b> | 40 | 0,76 |  |  |  |  |
|          | 40 | 1,15 |  |  |  |  |
|          | 40 | 1,54 |  |  |  |  |
|          | 40 | 1,92 |  |  |  |  |

( 1 dm = 10 cm )

W e l l e n l ä n g e n

\* Zur Ermittlung der Schichtlänge vergleiche auch Gerätebeschreibung.

Mit dem Schüler-Polarimeter experimentell ermittelte  
Drehwinkel ausgewählter optisch aktiver Substanzen  
(Schichtlänge 1,92 dm).

1. Saccharose (= Rohrzucker)

| Wellenlänge (nm) | Konzentration             |       |                            |
|------------------|---------------------------|-------|----------------------------|
|                  | 50g/-                     | 25g/- | 10g/in 100 cm <sup>3</sup> |
|                  | r e c h t s d r e h e n d |       |                            |
| ca. 650 (rot)    | 51°                       | 24°   | 11°                        |
| ca. 630 (orange) | 53°                       | 26°   | 10°                        |
| ca. 590 (gelb)   | 63°                       | 30°   | 9°                         |
| ca. 560 (grün)   | 70°                       | 34°   | 14°                        |

2. Fructose (= Fruchtzucker)

| Wellenlänge (nm) | Konzentration           |       |                            |
|------------------|-------------------------|-------|----------------------------|
|                  | 50g/-                   | 25g/- | 10g/in 100 cm <sup>3</sup> |
|                  | l i n k s d r e h e n d |       |                            |
| ca. 650 (rot)    | 70°                     | 35°   | 13°                        |
| ca. 630 (orange) | 75°                     | 36°   | 13°                        |
| ca. 590 (gelb)   | 88°                     | 41°   | 15°                        |
| ca. 560 (grün)   | 92°                     | 46°   | 18°                        |

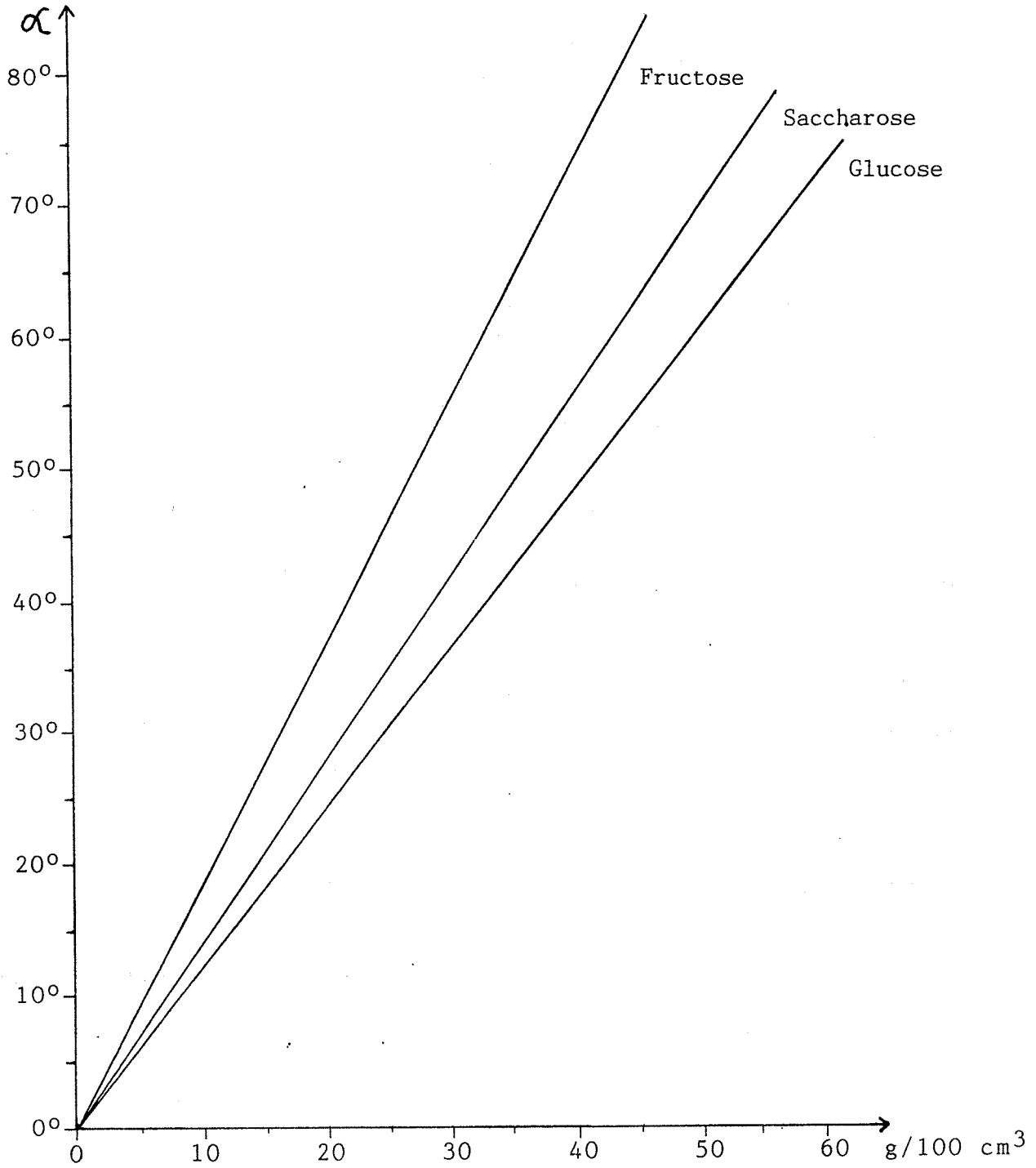
3. Glucose (= Traubenzucker)

| Wellenlänge (nm) | Konzentration             |       |                            |
|------------------|---------------------------|-------|----------------------------|
|                  | 50g/-                     | 25g/- | 10g/in 100 cm <sup>3</sup> |
|                  | r e c h t s d r e h e n d |       |                            |
| ca. 650 (rot)    | 50°                       | 20°   | 8°                         |
| ca. 630 (orange) | 47°                       | 22°   | 9°                         |
| ca. 590 (gelb)   | 60°                       | 25°   | 10°                        |
| ca. 560 (grün)   | 61°                       | 30°   | 12°                        |

Hinweis: Beim Ansetzen der jeweiligen Lösungen ist zu beachten, daß die einzuwiegende Substanzmenge in einem Meßzylinder bzw. Meßkolben zusammen mit dem Lösungsmittel ein Volumen von 100 cm<sup>3</sup> ergibt.

E I C H G E R A D E

(grüne Diode, 560 nm)



Bestimmung der spezifischen Drehung ( bei 560 nm )

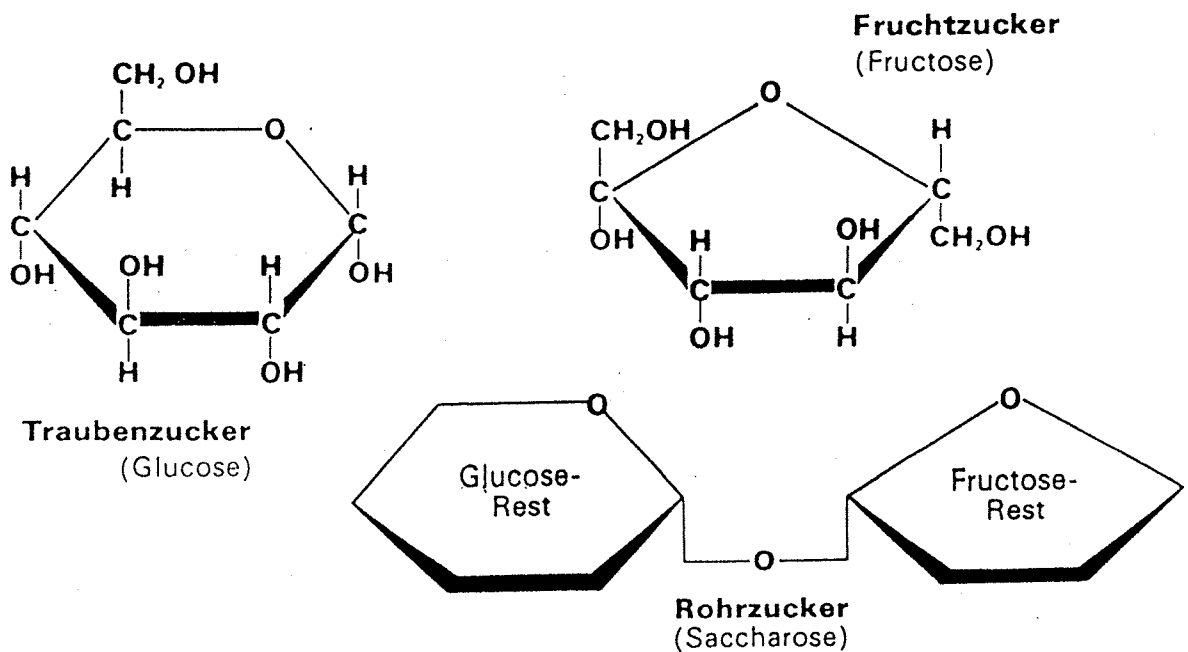
1. Saccharose  $[\alpha] = \frac{70}{0,5 \cdot 1,92} = 72,9 \text{ [grd} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}\text{]}$

2. Fructose  $[\alpha] = \frac{92}{0,5 \cdot 1,92} = 95,8 \text{ "}$

3. Glucose  $[\alpha] = \frac{61}{0,5 \cdot 1,92} = 63,5 \text{ "}$

Schüler-Polarimeterwerte

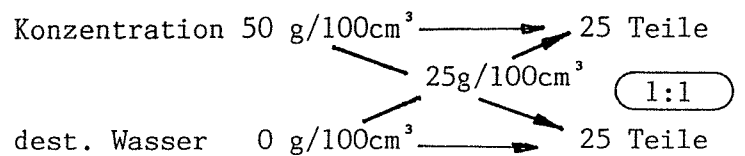
Strukturformeln der verwendeten Zucker



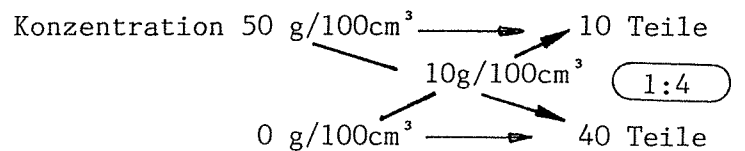
Hinweise zur Herstellung der Lösungen

1. 50 g/in 100 cm<sup>3</sup>: 50 g Zucker einwiegen, in ca. 40 cm<sup>3</sup> dest. Wasser auflösen und im Meßkolben bzw. Meßzylinder auf 100 cm<sup>3</sup> auffüllen.

2. 25 g/in 100 cm<sup>3</sup>: Die hergestellte Lösung von Nr. 1 verdünnen.



3. 10 g/ in 100 cm<sup>3</sup> : Die hergestellte Lösung von Nr. 1 verdünnen.



Frage: Wie verändert sich der Drehwinkel einer 0,3 %igen Rohrzuckerlösung nach Zugabe von Salzsäure?

Wie kannst Du diese Frage durch einen Versuch beantworten?

1. Wiege genau 30 g Rohrzucker (Saccharose) ab.
2. Löse den Rohrzucker in ca. 60 ml destilliertem Wasser. Benutze dazu einen 100 ml Meßkolben.
3. Füge vorsichtig (Schutzbrille) 15 ml 25 %ige Salzsäure hinzu.
4. Ergänze den Lösungsansatz im Meßkolben mit destilliertem Wasser bis auf 100 ml.
4. Gieße diese Lösung nun in den Meßzylinder des Schüler-Polarimeters. - Hast Du genau gearbeitet, erhältst Du eine Schichtlänge von 1,92 dm.
6. Stelle den Meßzylinder in die Meßkammer.
7. Setze eine Stoppuhr in Gang und miß sofort den Drehwinkel der Lösung.
8. Miß dann jeweils in Abständen von 5 Minuten erneut den Drehwinkel und notiere alle Meßwerte.
9. Beende die Meßreihe nach 30 Minuten und übertrage die Meßwerte in die Tabelle.

| Zeit           | Start | 5 Min. | 10 Min. | 15 Min. | 20 Min. | 25 Min. | 30 Min. |
|----------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha^\circ$ |       |        |         |         |         |         |         |

10. Zeichne die Inversionskurve.

-----

Welche Geräte und Chemikalien brauchst Du für den Versuch?

Geräte: Schüler-Polarimeter

Meßkolben (100 ml)

Waage

Stoppuhr

Pipette mit Peleusball (10 ml)

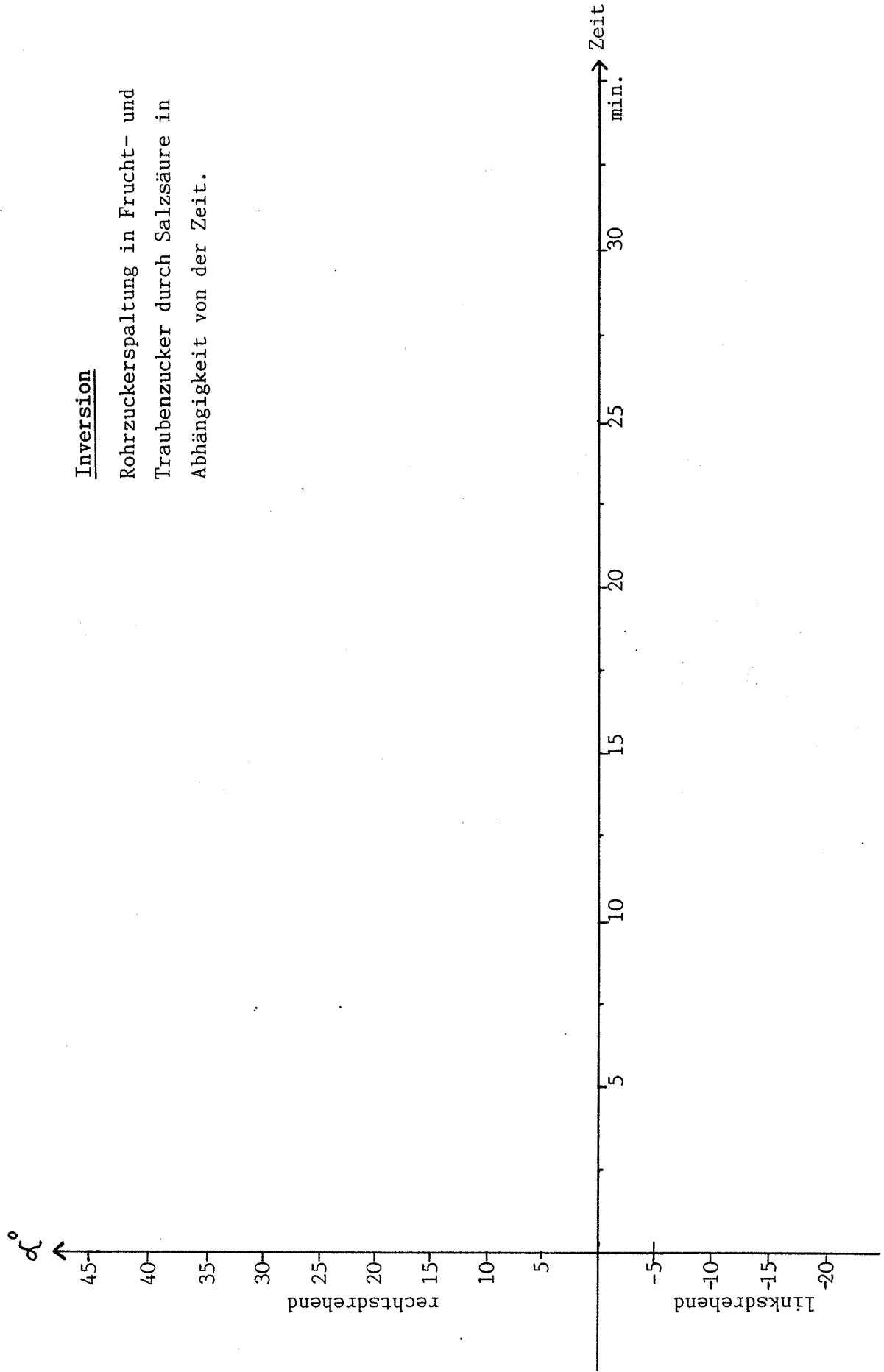
Chemikalien: Rohrzucker

Salzsäure (25 %ig)

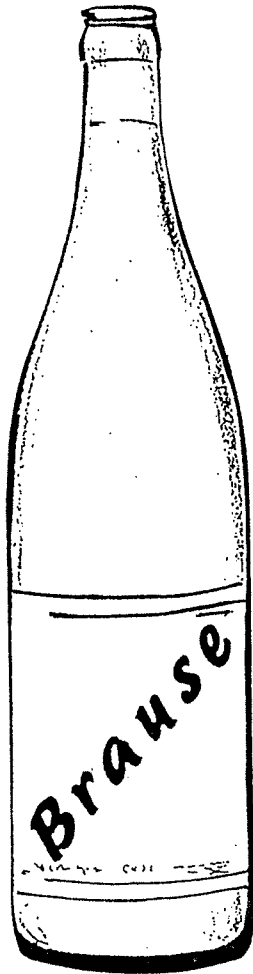
dest. Wasser

Inversion

Rohrzuckerspaltung in Frucht- und Traubenzucker durch Salzsäure in Abhängigkeit von der Zeit.



FRAGE: Wieviel Gramm Zucker sind in einem Liter klarer Brause?



1. Fülle 100 ml klare Brause in den Meßzylinder des Schüler-Polarimeters.  
Verwende dabei nur stark saccharosehaltiges Getränk.
2. Bestimme den Drehwinkel und den Drehsinn mit Hilfe der grünen Diode (560 nm).
3. Berechne den Zuckergehalt.

Rechenhilfe:

Brause enthält oft Rohrzucker (Saccharose).  
Der spezifische Drehwinkel von Rohrzucker beträgt  $+72,9^\circ$  \*.

Formel:  $\alpha^\circ = [\alpha] \cdot l \cdot c$

Umstellung:  $c = \frac{\alpha^\circ}{[\alpha] \cdot l} \quad \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$

Rechnung:

In \_\_\_\_\_ ml Brause sind \_\_\_\_\_ g Rohrzucker,  
in 1000 ml Brause sind \_\_\_\_\_ g Rohrzucker  
enthalten.

\* experimentell unter Standardbedingungen mit dem Schüler-Polarimeter ermittelter Wert