

Versuch K5. Geschwindigkeitskonstante pseudo-erster-Ordnung (V. 3.1)

I Ziel des Versuchs

Die Geschwindigkeit der Rohrzuckerinversion ist bei 2 verschiedenen Säurekonzentrationen zu bestimmen.

II Theoretischer Hintergrund

In Gegenwart von Säuren hydrolysiert Rohrzucker (Saccharose) zu Glucose und Fructose:



In wässriger Lösung ist kann die Wasserkonzentration als konstant angesehen werden. Die Protonen haben eine katalytische Wirkung, werden also während der Hydrolyse nicht verbraucht. Die Protonenkonzentration kann als konstant angesehen werden und damit ergibt sich für die Geschwindigkeit der Rohrzuckerinversion ein Geschwindigkeitsgesetz pseudo-erster Ordnung:

$$\frac{dc}{dt} = -k \cdot c(t) \quad (1)$$

mit c = Konzentration des Rohrzuckers und k = Geschwindigkeitskonstante bei gegebener Wasser- und Säurekonzentration.

Integration von Gleichung 1 liefert:

$$\ln\left(\frac{c(t=0)}{c(t)}\right) = k \cdot t \quad (2)$$

Aus der zeitlichen Konzentrationsänderung des Rohrzuckers lässt sich also die Geschwindigkeitskonstante k bestimmen.

Zucker enthalten chirale C-Atome und sind damit optisch aktiv. Der Winkel, um den die Schwingungsebene von linear polarisiertem Licht gedreht wird, ist gegeben durch:

$$\alpha = \alpha^* \cdot c \cdot l \quad (3)$$

mit l = Schichtdicke und α^* = spezifischer Drehwinkel. Der Drehwinkel ist damit ein direktes Maß für die Konzentration. Die gesamte Drehwinkeländerung ($\alpha_0 - \alpha_\infty$)

entspricht der Gesamtkonzentration an Rohrzucker. Die Drehwinkeländerung bis zur Zeit t ($\alpha_t - \alpha_\infty$) liefert ein Maß für die umgesetzte Menge Rohrzucker zum Zeitpunkt t .

Damit ergibt sich aus Gleichung (2):

$$\ln\left(\frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}\right) = k \cdot t \quad (4)$$

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Optische Aktivität, Polarometrie
- Mechanismus der Rohrzuckerinversion
- Geschwindigkeitsgesetze 1., 2., pseudo-erster Ordnung
- Geschwindigkeitsbestimmender Schritt, Quasistationarität, vorgelagertes Gleichgewicht
- Katalyse

IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

Informieren Sie sich über den Mechanismus der säurekatalysierten Rohrzuckerinversion und leiten Sie Gleichung 1 ab.

V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Zunächst sind für den Versuch folgende Lösungen herzustellen:

- a) 200 ml einer Stammlösung von 150 g/l Rohrzucker
- b) jeweils 50 ml einer 1,5 und 2,0 M HCl Lösung

Sie können die doppelte Menge der Lösungen zusammen mit der 2. Gruppe herstellen.

Zunächst ist der Nullpunkt des Polarimeters mit destilliertem Wasser einzustellen. In die Bedienung werden Sie vom zuständigen Assistenten eingewiesen. Zur Messung des Anfangsdrehwinkels α_0 werden 50 ml der Rohrzuckerstammlösung mit 50 ml destilliertem Wasser versetzt und blasenfrei in die Messröhre des Polarimeters eingefüllt. Die Polarimeterröhre ist dabei einmal mit der Lösung zu spülen.

Zur Beobachtung der Reaktion werden 50 ml der Rohrzuckerstammlösung mit 50 ml HCl-Lösung gemischt. Gleichzeitig wird die Stoppuhr gestartet. Mit der Mischung wird die Polarimeterröhre nach einmaligem Spülen wieder blasenfrei befüllt und der

Drehwinkel alle 2 min abgelesen. Der Rest der Mischung wird in einem Kolben gefüllt, verschlossen und etwa 1 h im Wasserbad bei 60°C temperiert.

Nachdem sich der Drehwinkel um mindestens 3° geändert hat, entleert man die Polarimeterröhre und füllt nach einmaligem Spülen die bei 60°C temperierte Lösung ein und bestimmt so den Drehwinkel α_∞ (warum?).

Der Versuch wird mit der zweiten HCl-Lösung wiederholt.

VI a) Auswertung während des Versuchstages

1. Berechnen Sie die gesamte Drehwinkeländerung ($\alpha_0 - \alpha_\infty$) und den zeitlichen Verlauf Drehwinkeländerung $a(\alpha_t - \alpha_\infty)$.
2. Bestimmen Sie die Geschwindigkeitskonstante pseudo-erster-Ordnung graphisch mit Hilfe von Gleichung (4).
3. Bestimmen Sie daraus die Geschwindigkeitskonstante k'' zweiter Ordnung ($k = k'' \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]$).

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Berechnen Sie die Zeit, nach welcher 50% des Rohrzuckers invertiert wurde.
2. Diskutieren Sie die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Säurekonzentration. Gibt es Konzentrationsbereiche in denen die Reaktionsgeschwindigkeit unabhängig von der Säurekonzentration ist?

VII Materialien

1. Verwendete Chemikalien

Rohrzucker

Salzsäure   Signalwort: Gefahr

Gefahrenbezeichnung(en)

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

Vorsichtsmaßnahmen

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P304 + P340 + P310: BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen. Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Versuch K5

Messprotokoll

„Rohrzuckerinversion“

Gruppe	Umgebungstemp.[°C]	Datum/ Stempel
Name		

	1,5 M HCl	2,0 M HCl
α_0		
α_∞		
$\alpha_0 - \alpha_\infty$		

1,5 M HCl

Zeit	$\alpha(t)$	$\alpha(t) - \alpha_\infty$
------	-------------	-----------------------------

2 M HCl

Zeit	$\alpha(t)$	$\alpha(t) - \alpha_\infty$
------	-------------	-----------------------------