

Landolt-Reaktion Grundrezept und Varianten

Es werden zwei farblose Flüssigkeiten zusammen geschüttet. Zunächst bleibt die Lösung farblos. Erst nach einer bestimmten Zeit kommt es plötzlich zum Farbumschlag nach blau. Die Zeit bis zum Farbumschlag kann über die Konzentration gesteuert werden. Es ist auch eine Variante möglich, bei der eine Flüssigkeit hergestellt wird, die so aussieht, als wäre es Bier.

Hintergrund

Der Landolt-Reaktion ist ein Klassiker der Zeitreaktionen (dieser Versuch wird oft als Ioduhr bezeichnet). Der Versuch hat seinen didaktischen Platz im Unterricht, um die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration aufzuzeigen, ein Thema, das erst in der Oberstufe aufgegriffen wird.

Am Anfang eines Oberstufenpraktikums kann der Versuch verwendet werden, um das genaue Arbeiten zu trainieren. Stimmen die Konzentrationen der Lösungen und wurden die richtigen Mengen abgemessen, sind die Zeiten bis zum Farbumschlag reproduzierbar.

Daneben wird der Versuch oft in Showvorführungen eingesetzt. Hier erweist sich dieser Versuch als ein wahres Chamäleon, da er sehr vielfältig eingesetzt werden kann.

Gefahren



Signalwort: Gefahr

Ethanol ist leicht entzündlich (Flüssigkeit und Dampf). Kaliumiodat ist brandfördernd, reizt die Augen und kann die Atemwege reizen. Beide Stoffe verursachen schwere Augenreizungen. Verdünnte Säuren wie Schwefelsäure ist gegenüber Metallen korrosiv.



Schutzbrille und Handschuhe tragen. Ethanol von Zündquellen entfernt halten.

Chemikalien

Ethanol H225 H319 P210 P240 P403 + P233 P305 + P351 + P338
 Kaliumiodat H272 H315 H319 H335 P220 P261 P305 + P351 + P338
 Natriumsulfit
 Schwefelsäure 0,5 molar H290
 Stärke, löslich
 Spülmittel (nur Biervariante)

Landolt-Reaktion Grundrezept und Varianten

Materialien

Becherglas 250 ml, 1000 ml
 Messkolben 500 ml, 1000 ml
 Messzylinder 2 x 100 ml, 1 x 10 ml
 Digitalwaage 0,01 g Auflösung, Alufolie als Wägepapier, Spatel
 Dreifuß mit Drahtnetz und Bunsenbrenner, alternativ Heizplatte
 Magnetrührer, Rührfisch
 Stoppuhr
 Showvariante: 10 x 100 ml Bechergläser, Doppelkanne
 Bierherstellung: 2 oder 3 Biergläser, z. B. Maßkrüge aus Glas

Herstellung der Lösungen

Die Lösungen können nicht auf Vorrat hergestellt werden, sie müssen immer frisch angesetzt werden.

Lösung A

2,15 g Kaliumiodat in einem 500 ml Messkolben in etwa 450 ml destilliertem Wasser lösen und auf 500 ml auffüllen. Den Kolben mehrmals auf den Kopf stellen, damit überall die gleiche Konzentration vorliegt.

Lösung B

In einen 1000 ml Messkolben 80 ml 0,5 molare Schwefelsäure, 10 ml Spiritus und etwa 500 ml dest. Wasser geben. Darin 1,16 g Natriumsulfit auflösen und auf 1000 ml mit destilliertem Wasser auffüllen. Auch hier den Kolben mehrmals auf den Kopf stellen, damit überall die gleiche Konzentration vorliegt.

Lösung C

1,0 g Stärke in einem 250 ml Becherglas mit etwa 100 ml dest. Wasser aufschlänmen. Die Stärke in der Siedehitze lösen. Dabei die Flüssigkeit mit einem Glasstab herumrühren, damit die Stärke nicht anbrennt.

Durchführung 1 (Unterrichtsvariante nach Lit. 1)

In Bechergläsern, 1000 ml, werden Lösungen, wie in der Tabelle angegeben, angesetzt. Flüssigkeit mit dem Magnetrührer durchmischen. Zuerst wird das Wasser hineingeben und die Rührgeschwindigkeit reguliert. Dann Lösung A und B gleichzeitig zugeben und die Zeit bis zum Farbumschlag stoppen.

	Wasser	Lösung A	Lösung B	Lösung C
Becherglas 1	200 ml	100 ml	100 ml	20 ml
Becherglas 2	400 ml	100 ml	100 ml	20 ml
Becherglas 3	600 ml	100 ml	100 ml	20 ml

Beobachtung 1

	Umschlagzeit
Becherglas 1	12 - 15 s
Becherglas 2	25 - 30 s
Becherglas 3	55 - 60 s

Landolt-Reaktion Grundrezept und Varianten

Durchführung 2 (Showvariante nach Lit. 2)

Es wird das Doppelgefäß verwendet. Die in der Tabelle angesprochenen Gefäße 1 und 2 sind die Behälter des Doppelgefäßes.

	Wasser	Lösung A	Lösung B	Lösung C
Gefäß 1	200 ml	100 ml	---	10 ml
Gefäß 2	200 ml	---	100 ml	10 ml

10 Bechergläser, 100 ml, werden nebeneinander aufgestellt und mit der Doppelkanne jeweils etwa mit 50 ml Lösung gefüllt. Zugig arbeiten, damit man die Gläser befüllt hat, bevor das erste Becherglas umschlägt.

Beobachtung 2

Die zwei Flüssigkeiten werden erst beim Ausgießen miteinander gemischt. Nach etwa 25 - 30 s schlägt die Lösung im ersten Becherglas um, die anderen Lösungen folgen im Rythmus des Einschenkens.

Durchführung 3 (Bierherstellung)

Soll eine bierähnliche Flüssigkeit hergestellt werden, wird die Stärkelösung weggelassen und eine kleine Menge Spülmittel für die Schaumbildung zugesetzt.

Die Durchführung erfolgt am besten in einem typischen Trinkgefäß, um Assoziationen zu Bier noch zu verstärken, in Bayern ist das am ehesten ein Maßkrug. Um die Schaumbildung zu erhöhen, wird während der Wartezeit noch einmal umgeschüttet.

Während der Wartezeit kann man nach dem beliebtesten Getränk der Deutschen fragen, all das suggeriert den Zuschauern, dass bei dieser Reaktion auch wirklich Bier entsteht.

	Wasser	Lösung A	Lösung B	Lösung C
Bierkrug	400 ml	100 ml	100 ml	---

Beobachtung 3

Nach kurzer Zeit schlägt die Farbe nach hellbraun um, der typischen Farbe eines hellen Bieres, bedingt durch die Iodfärbung. Durch das Umschütten bildet sich eine schöne Schaumkrone.

Zusatzvariante zu Durchführung 3

Will man die Zuschauer total verblüffen, wird das künstliche Bier gegen echtes Bier in einem gleichen Gefäß unauffällig ausgetauscht. Dieses echte Bier kann dann den Zuschauern zum Trinken angeboten werden. Naturgemäß will niemand das vermeintliche chemische Gebräu trinken. Umso größer ist die Verblüffung, wenn man dann als Experimentator selber einen Schluck nimmt.

Das Austauschen funktioniert am besten, wenn man den Krug mit der Iodlösung nach dem Versuch unter den Tisch stellt, wo ein echtes Bier schon vorbereitet ist. Man führt erst einen weiteren Versuch aus, kommt dann noch einmal auf die Bierherstellung zurück, mit den Worten, dass die Zuschauer noch gar nicht probieren durften. Der Effekt ist umwerfend, da das wissenschaftlich vorgebildete Auditorium keine Tricksereien erwartet.

Landolt-Reaktion Grundrezept und Varianten

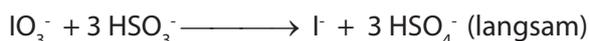
Auswertung:

In den „Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft“ veröffentlichte Hans Landolt (1831-1910) eine bahnbrechende Arbeit „Ueber die Zeitdauer der Reaction zwischen Jodsäure und schwefeliger Säure“:

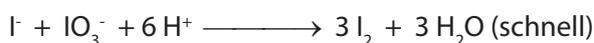
„Wird zu wässriger schwefeliger Säure Jodsäurelösung im Überschuss gesetzt, so findet bekanntlich Abscheidung von Jod statt. Diese Reaction erfolgt sofort, wenn die Flüssigkeiten concentrirt sind; nimmt man dieselben aber verdünnt, so tritt die frappante Erscheinung auf, dass die mit etwas Stärke versetzte Mischung sich anfangs vollständig klar erhält und erst nach Verfluss einer gewissen Zeit, welche einige Secunden bis Minuten betragen kann, plötzlich tief bläut. Unter Anwendung gleicher Mengen der beiden Lösungen und Innehaltung der nämlichen Temperatur ist die Zeitdauer von dem Momente des Mischens bis zum Eintritt der Blaufärbung vollständig constant, und es kann dieselbe leicht mittels der Uhr bestimmt werden. (Lit. 3).“

Iod und Stärke bilden eine blaue Einlagerungsverbindung. Am Anfang der Reaktion liegt aber noch kein Iod vor, dieses muss sich erst bilden. Die Chemie der Landoltschen Zeitreaktion wird in drei Reaktionsschritten dargestellt.

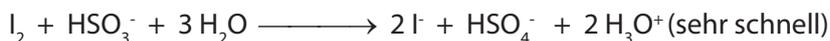
Die Iodatlösung wird von Hydrogensulfit zum Iodid reduziert:



Iodid und Iodat reagieren in saurer Lösung unter Bildung von elementarem Iod, welches mit Stärke eine blaue Einlagerungsverbindung bildet:



Iod wird aber auch von Sulfiten sehr schnell zu Iodidionen reduziert:



Daher wird erst nach völligem Verbrauch der Sulfiten die blaue Einlagerungsverbindung sichtbar.

Die Reaktion bis zum Farbumschlag ist damit zeitverzögert und lässt sich durch Verdünnen mit Wasser bei sonst gleichen Bedingungen noch stärker verzögern.

Entsorgung

Die Lösungen enthalten nur geringe Konzentrationen unbedenklicher Stoffe, so dass sie über das Abwasser entsorgt werden können (Lit. 4).

Bezugsquelle

Die Doppelkanne kann als Landoltkännchen unter <https://www.vsn-shop.ch> bezogen werden. Der Preis beträgt 235 CHF, zuzüglich Versand und Mehrwertsteuer bei der Einfuhr nach Deutschland.

Literatur

- (1) H.W. Roesky, K. Möckel: Chemische Kabinettstücke, VCH, Weinheim, S. 245 - 248
- (2) Michael Strauss and Angela Gatesy, J. Chem. Educ., 1993, 70 (11), p 943
- (3) <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cber.188601901293>
- (4) <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/2101>