



Ein alternativer Sauerstoffnachweis

Marco Rossow^{*[a]} und Axel Schunk^{*[b]}

Stichworte: Sauerstoff · Qualitative Analyse · Redox-Reaktionen

1. Einleitung

Im Unterricht wird Sauerstoff meistens durch die Glimmspan-Probe nachgewiesen [1]. Diese ist aber bei zu geringen Gas-mengen, in Anwesenheit von Wasser oder vor größeren Grup-pen oft nicht gut zu erkennen und auch nicht immer eindeutig. Der Nachweis kann dann alternativ durch eine Farbreaktion erfolgen.

Einige Farbstoffe können als Redox-Indikator eingesetzt werden. Dazu gehören Methylenblau und Indigocarmin [2]. Indigocarmin (Indigotin I) ist die Sulfonsäure des Indigo, als solche gut wasserlöslich und zeigt eine dem Indigo entspre-chende Redox-Abhängigkeit: durch Reduktionsmittel lässt es sich in eine gelbliche Leukoform überführen und wird durch Sauerstoff reoxidiert (Abb. 1).

Indigocarmin ist als Lebensmittelfarbstoff zugelassen (E 132) und findet sich beispielsweise in vielen blauen Ostereierfar-ben. Daher ist er leicht zugänglich. [3]

2. Experimente

Versuch 1: Unterscheidung von Gasen

Geräte und Chemikalien: Einweg-Spritzen: 1 × 1 mL, 2 × 5 mL, 1 × 20 mL, Drei-Wege-Hahn, Adapterstück female-female, 2 Kanülen; blaue Ostereierfarbe mit Indigotin, Entfärber auf Dithionit-Basis (z. B. Heitmann Power-Entfärber), z. B. Stickstoff (GHS04)

Herstellung der Lösungen: Man löst eine halbe Tablette der Ostereierfarbe in 300 mL Wasser. Dieses Reagenz ist über lange Zeit verwendbar. Außerdem löst man 1 g Entfärber in 500 mL Wasser. Diese Lösung verliert mit der Zeit ihre Wir-kung und muss spätestens nach einer Woche neu hergestellt werden.

Durchführung und Beobachtung: Zunächst füllt man unter Verwendung einer Kanüle 5 mL Farbstoff-Lösung in die 20-mL-Spritze. Dann wird eine der 5 mL-Spritzen mit Entfärber-Lösung befüllt. Die Spritzen werden über einen 3-Wege-Hahn

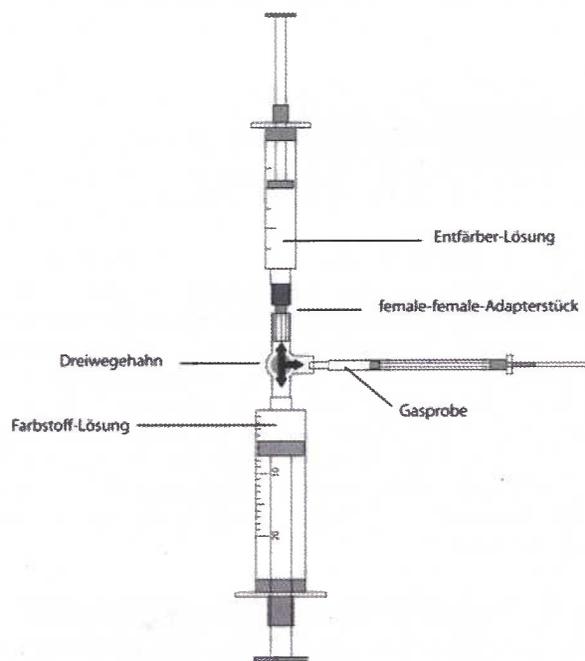
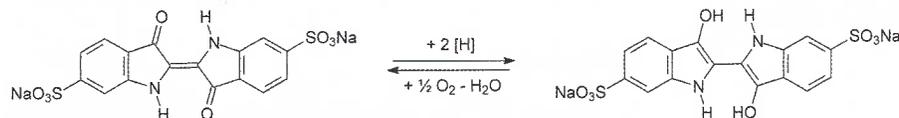


Abb. 2: Versuchsaufbau

und einen Adapter wie in Abb. 2 dargestellt miteinander ver-bunden. Die Apparatur sollte möglichst gut entlüftet sein.

Nun gibt man 2 mL der Entfärber-Lösung in die Farbstoff-Lösung. Diese färbt sich in kurzer Zeit gelb. Diese gelbe Lösung ist das eigentliche Nachweisreagenz (Abb. 3).

Jetzt kann man über den noch freien Anschluss des Drei-Wege-Hahns verschiedene Gase in die Spritze mit der Rea-genz-Lösung geben. Dabei ist es sinnvoll, mit etwa 5 mL Stickstoff eine Blindprobe durchzuführen. Auch nach kräftigem Umschütteln ist die Lösung nach wie vor gelb. Bei vertikaler Anordnung der Apparatur kann der Stickstoff problemlos wieder aus der 20 mL-Spritze entfernt werden.



2 [H] stehen für die Reduktionsäquivalente aus der Oxidation von Dithionit (zu Tetrathionat) bzw. Glucose (zu Gluconsäure).

Abb. 1: Reaktionsgleichung

[a] Dr. M. Rossow
Gymnasium Johanneum Lüneburg
Theodor-Heuss-Str. 1
21337 Lüneburg
* E-Mail: marco@rossirossow.de

[b] Dr. A. Schunk
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Curriculumsorganisation
Charitéplatz 1
10117 Berlin
www.axel-schunk.de
* E-Mail: axel.schunk@charite.de

Nun ist es möglich, den Sauerstoffnachweis zu führen. Schon 1 mL Sauerstoff sorgen nach kurzem Schütteln für eine erneute Blaufärbung der Lösung. (Abb. 4) Wird statt Sauerstoff Stickstoff oder Wasserstoff verwendet, bleibt die Blaufärbung aus. Gibt man statt reinem Sauerstoff Luft zur Nachweis-Lösung, so färbt sich diese nach Zugabe von 2–3 mL Luft zu-nächst grün bzw. türkis (Abb. 5). Eine Zugabe von 5 mL Luft führt zur Blaufärbung.

Erklärung: Indigocarmin wird durch Reduktionsmittel (hier Dithionit) in basischer Lösung reduziert. Während die oxidierte Form tiefblau ist, erscheint die reduzierte = Leukoform

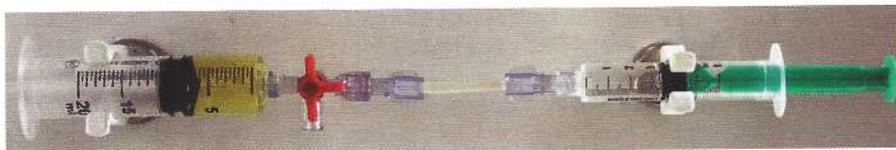


Abb. 3: Aufbau mit reduzierter Lösung



Abb. 4: oxidiert mit reinem Sauerstoff

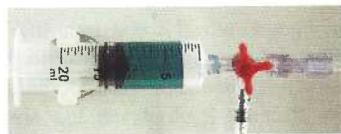


Abb. 5: oxidiert mit Luft(sauerstoff)



Abb. 6: Die Phasen der verrückten Verkehrsampel

gelb. Durch Sauerstoff (oder andere Oxidationsmittel) wird die Leukoform wieder zum blauen Farbstoff oxidiert. Hier wurde gerade so viel Reduktionsmittel zugegeben, dass eine bleibende Gelbfärbung entstand. Durch die Oxidation erhält man eine einige Zeit anhaltende Blau- bzw. Grünfärbung. Mit Vers. 1 kann gezeigt werden, dass Sauerstoff zu einer Blaufärbung führt, andere Gase (Stickstoff, Wasserstoff, Helium) jedoch keine Reaktion zeigen. Des Weiteren wird deutlich, dass in Luft Sauerstoff enthalten ist, dieser aber nicht der Hauptbestandteil sein kann – sondern nur etwa 1/5 des Volumens ausmacht.

Versuch 2: Nachweis von Sauerstoff in ausgeatmeter Luft

Geräte und Chemikalien: großes Reagenzglas, Trinkhalm, Lösungen aus Vers. 1

Durchführung und Beobachtung: In einem Reagenzglas werden 10 mL Farbstoff-Lösung mit 5 mL Entfärber-Lösung versetzt. Es entsteht wieder eine gelbe Lösung. Wird nun ausgeatmete Luft mit einem Trinkhalm durch die Lösung geblasen, zeigt sich dabei eine blaugrüne Färbung.

Erklärung: In den Lungen wird der Luft nur ein Teil des Sauerstoffs entzogen – in der Regel nur etwa 1/4, d.h. die ausgeatmete Luft hat noch einen Sauerstoffgehalt von 16 bis 17%, der zu einer deutlichen Oxidation des Leukoindigos führt.

Hinweis: Da bei Kindern das Risiko besteht, dass sie statt in den Trinkhalm zu blasen, die Lösung ansaugen und diese dann zu Schäden durch die im Entfärber enthaltenen Chemikalien führt, kann man sie statt dessen bitten, einen Luftballon aufzublasen. Dieser kann dann mit einem passenden Verbindungsstück oder Stopfen, ggf. zwischengeschaltetem Hahn und angeschlossenem Glasrohr, dazu dienen, die ausgeatmete Luft in die Lösung zu leiten.

Versuch 3: Verrückte Verkehrsampel [vgl. 4]

Geräte und Chemikalien: zwei 100 mL-Bechergläser, Glasstab, Spatel, blaue Farstablette, Glucose, Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol L}^{-1}$ (GHS05), 60 mL-Spritze und 20 mL-Spritze mit Kanülen oder entsprechende Messzylinder

Durchführung: 40 mg einer Tablette der Ostereierfarben und 1,2 g Glucose werden in 40 mL Wasser gelöst. Wenn die Glucose gelöst ist, gibt man 15 mL der Natronlauge dazu. Die Farbe ändert sich spontan von blau nach grün. Nach etwa drei bis vier Minuten erfolgt ein Farbwechsel über rot nach gelb (Abb. 6). Die entstandene Lösung kann wie die in [4] beschriebene verwendet werden. Gießt man sie über eine große

re Distanz (ca. 50 cm) um in ein neues Gefäß, erfolgt wieder eine Grünfärbung, gefolgt vom Farbumschlag rot nach gelb. Auch durch diese gelbe Lösung kann man Luft blasen und erhält das gleiche Farbspiel.

Erklärung: Durch das Umgießen (wichtig ist eine ausreichend große Fallstrecke) wird die Lösung mit Luftsauerstoff versetzt und durch diesen oxidiert. In diesem Versuch ist ein deutlicher Überschuss des Reduktionsmittels (hier Glucose) vorhanden, wodurch nach der Oxidation durch Luftsauerstoff sofort wieder eine Reduktion des Farbstoffs einsetzt und die gelbe Farbe zurückkehrt. Bei dieser Variante entsteht eine radikalische Zwischenstufe, die rot erscheint.

Hinweis: Es kann auch ein mehrfacher Ansatz hergestellt werden, beispielsweise zur Verwendung in Experimentalvorlesungen oder anderen Präsentationen im größeren Rahmen.

3. Fazit

Indigocarmin ist als Bestandteil von Ostereierfarben leicht zugänglich. Eine reduzierte Lösung kann verwendet werden, um Sauerstoff qualitativ und halbquantitativ als Reinstoff oder in Gasgemischen nachzuweisen. Diese Reaktion ist auch sehr gut geeignet, um den bei Photosynthese-Experimenten entstandenen Sauerstoff nachzuweisen. Die Variante der „Verrückten Verkehrsampel“ dient vor allem als Schauversuch.

Literatur

- [1] Schweda, E. (2012). Jander/Blasius – Anorganische Chemie, Bd. 1: Einführung und qualitative Analyse, 17. Aufl., Hirzel, Stuttgart, Kap. 2.2.
- [2] Brandl, H. (1998). Trickkiste Chemie. Bayer. Schulbuch-Verlag, München, 104–135.
- [3] Geeignet sind alle blauen Ostereierfarben, die E 132 = Indigotin I = Indigocarmin enthalten, z.B. Iris-Eierfarben (Heitmann) oder Ostereier-Kaltfarben (Brauns-Heitmann).
- [4] Iddon, B. (1993). Behind the magic show. Chem. Brit. 29, 656–657. Vgl. Roesky, H. W., Möckel, K. (1994). Chemische Kabinettstücke. VCH, Weinheim, 236–237.

*Eingegangen am 11. Mai 2014
 Angenommen am 3. Juni 2014
 Online veröffentlicht am 7. April 2015*