

Der Abbau von Ethanol zu Ethanal

Ein oxidativer Vorgang?



LNCU.de
ID 23581
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

Aufgaben

- 1 Fassen Sie die wesentlichen Aussagen von **M1** und **M2** mündlich zusammen.
- 2 Formulieren Sie wiederholend, was unter den Fachbegriffen **Oxidation** und **Reduktion** zu verstehen ist.
- 3 Prüfen Sie für sich, ob Sie bei Ansicht der Reaktionsgleichung erkennen könnten, dass es sich bei der Umwandlung von Ethanol zu Ethanal um einen **oxidativen Abbau** handelt.

M1 Ethanal, ein Oxidationsprodukt?

Risiken durch Ethanol und seine Abbauprodukte

Seit einiger Zeit gibt es ein **Positionspapier**  der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), in welchem sie betont, dass es keine sichere oder gesundheitsfördernde Menge an Alkohol gibt. Die Empfehlung lautet, grundsätzlich auf Alkohol zu verzichten.



Dort steht: „Der Konsum alkoholischer Getränke ist ein führender Risikofaktor für eine Vielzahl von Erkrankungen und vorzeitigen Tod [...]. Die psychoaktiven und schädlichen Auswirkungen alkoholischer Getränke werden zum größten Teil dem darin enthaltenen Ethanol [...] bzw. seinen im Körper entstehenden Abbauprodukten, insbesondere Acetaldehyd (**Ethanal**), zugeschrieben.“ ²

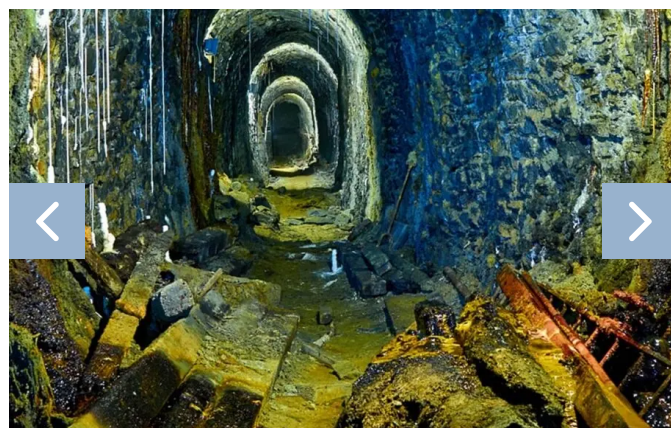
Dass Ethanol gefährlich ist, wusste ich. Aber was ist **Ethanal**? Und wie entsteht das im Körper?



Laut Fachleuten entsteht es durch **Oxidation**. Im Ethanal sehen einige Wissenschaftler den eigentlichen Verursacher des sogenannten **Katers**, also Übelkeit, Erbrechen, hässliche Kopfschmerzen etc. ³

Bisher Bekanntes und Unbekanntes zur Oxidation

Oxidationen und auch Redoxreaktionen kennen wir bereits aus einem anderen Zusammenhang, z. B. der Elektrochemie.



Galerie 1: Redoxreaktionen an einer Eisenleiter in einer Kupfermine. ⁴

Bei **Redoxreaktionen**, an denen Ionen beteiligt sind, ist der Elektronenaustausch relativ leicht zu erkennen, denn da kann man die Zahl der abgegebenen bzw. aufgenommenen Elektronen direkt aus der Ladung der einzelnen Ionen ablesen.

Redoxreaktionen, also ein Elektronenaustausch, gibt es auch zwischen Molekülen.

Aber wie kann man hier Oxidation und Reduktion erkennen?

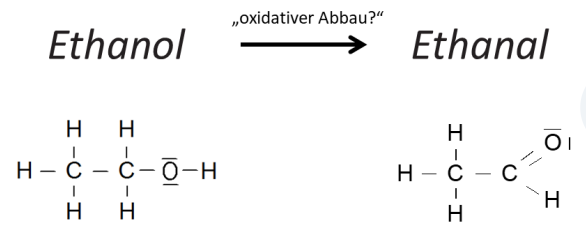


Abb. 1: Reaktionsgleichungen zur Redoxreaktion im Körper. ⁵

Was können wir schon erklären?

- 4 In M2 wird von zwei Versuchen gesprochen. Notieren Sie nach Ansicht des Videos und unter Beachtung der Informationen für beide Reaktionen möglichst alle jeweiligen Edukte und Produkte in ihren Strukturformeln (think – pair – share).
- 5 Versuchen Sie bei allen ionischen Verbindungen bereits eventuelle Ladungen zu bestimmen.

Eine Frage zum Setting

- 6 Stellen Sie abseits davon eine begründete Vermutung auf, warum wir im Modellexperiment im Labor **Propan-1-ol** anstelle von **Ethanol** verwenden.

M2 Wir nähern uns an: Zwei Modellexperimente

Um den Begriff der **Oxidation** in diesem Zusammenhang besser zu verstehen, schauen wir uns eine ähnliche Reaktion im Labor an. Auch hier oxidieren wir einen Alkohol, ersetzen aber Ethanol durch Propan-1-ol und NAD^+ durch Kupferoxid:



Video 1: Eintauchen von heißem Kupferoxid in Propan-1-ol ⁶

Bei dem Demonstrationsexperiment handelt es sich streng genommen um zwei Versuche:

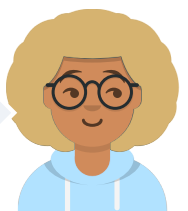
1. Zunächst wird Kupfer in der Brennerflamme durch Sauerstoff aus der Luft zu **Kupferoxid (CuO)** oxidiert.
2. Dann wird das erhitzte Drahtnetz mit dem Kupferoxid in **Propan-1-ol** getaucht. Dabei entstehen **Propanal und Wasser**.

Beide Produkte ließen sich eindeutig nachweisen. Darauf wird hier verzichtet.



Bei der gemeinsamen Auswertung der beiden Versuche lernst du, Elektronenübertragungen mit Hilfe von sogenannten **Oxidationszahlen** sichtbar zu machen.

Wir wollen dazu erst einmal zusammen schauen, was wir bereits erkennen und an welcher Stelle in der Beschreibung der Redoxvorgänge wir im Moment noch scheitern (müssen).





Oxidationszahlen bestimmen und nutzen

- 7 Vollziehen Sie das Beispiel aus **M3** nach.
- 8 „Thinking classroom“: Wenden Sie das Konzept der Oxidationszahlen auf die Reaktion von Propan-1-ol mit Kupferoxid an. Ermitteln Sie, welcher Reaktionspartner **Elektronendonator** und welcher Reaktionspartner **Elektronenakzeptor** ist. Beziehen Sie gemeinsam eine begründete Position, die Sie auch vorstellen können.
- 9 **Für Schnelle:** Skizzieren Sie 2-Butanol und 2-Methyl-2-butanol in ihrer Valenzstrichformel und bestimmen Sie alle Oxidationszahlen im Molekül.

M3 Das Konzept der sogenannten Oxidationszahlen

Redoxreaktionen mit Molekülen

Bei vielen (bio)chemischen Reaktionen handelt es sich um Redoxreaktionen, d.h. in irgendeiner Form werden Elektronen ausgetauscht.

Das ist anfänglich schwer zu erkennen, da die Atome in Molekülen oft keine echten Ladungen aufweisen. Hier helfen die sogenannten **Oxidationszahlen**. Diese beschreiben an Stelle von echten Ladungen „fiktive“.

Wie man Oxidationszahlen ermittelt und benutzt betrachten wir einmal an der Beispielreaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser.

Oxidationszahlen - ein einfaches Beispiel

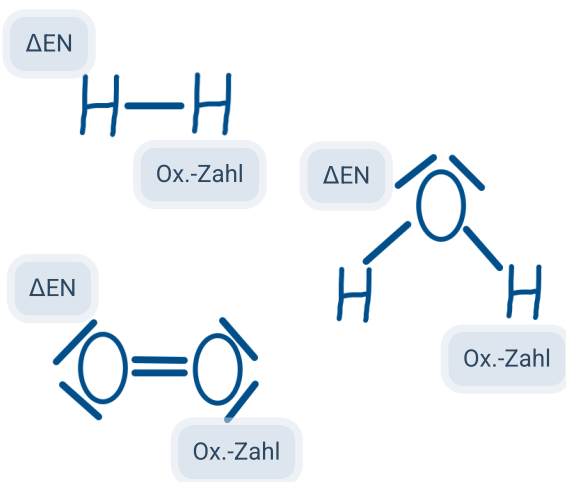


Abb. 2: Oxidationszahlen aus Strukturformeln ableiten. ⁷

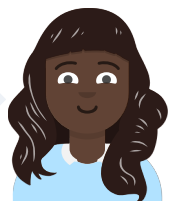
Oxidationszahlen bestimmen - Vorgehensweise detaillierter erklärt



Betrachte in der Strukturformel die **bindenden Elektronenpaare**. Für die Aufstellung von Oxidationszahlen prüfe, ob die Elektronen vollständig einem der beiden Atome zugeordnet werden können.

1. **gleiche Elektronegativität** → Elektronen werden gerecht geteilt.
Haben zwei Atome dieselbe Elektronegativität, bekommt jeder Partner gedanklich ein Elektron aus dem gemeinsamen Paar.
Beispiel: H-H in H_2 → beide Wasserstoffatome erhalten je 1 Elektron → Oxidationszahl: 0.
2. **unterschiedliche Elektronegativität** → Das elektronegravere Atom „zieht“ die Bindungselektronen stärker an und bekommt deshalb beide Elektronen zugeordnet. **Beispiel** H_2O : Sauerstoff (EN = 3,5) ist deutlich elektronegravere als Wasserstoff (EN = 2,1). → In jeder O-H-Bindung ordnen wir beide Elektronen dem O-Atom zu.

Oxidationszahlen aus der Zuordnung ableiten (Vergleich zum elementaren Atom)



Wasserstoff:

Ein einzelnes Wasserstoffatom besitzt 1 Valenzelektron. Im Wassermolekül bekommt es aus der O-H-Bindung kein Elektron mehr zugeordnet. → Es „verliert“ ein Elektron im Vergleich zum elementaren Zustand (Oxidationszahl 0) → Oxidationszahl: +1

Sauerstoff:

Ein einzelnes Sauerstoffatom besitzt 6 Valenzelektronen. Im Wassermolekül werden ihm durch beide O-H-Bindungen zwei zusätzliche Elektronen zugeordnet. → Es „gewinnt“ zwei Elektronen im Vergleich zum elementaren Zustand (dort Oxidationszahl 0) → Oxidationszahl: -2

Mache am Ende eine schnelle Kontrolle über die Gesamtladung:

Die Oxidationszahlen der beiden





Thinking Classroom



- ☑ Wir arbeiten im Stehen (3er-Teams) an Whiteboards.
- ☑ Fehler wischen wir einfach weg.
- ☑ Wir dürfen andere Boards ansehen, Ideen aufgreifen und weiterdenken.
- ☑ Wir zeigen Denkwege, nicht nur Ergebnisse.



Abb. 3: Erklärung der Methode. ⁸

Wasserstoffatome (+I und +I) und des Sauerstoffatoms (-II) im Wassermolekül ergeben zusammen 0 → passt zur Gesamtladung eines neutralen Wassermoleküls.



Oxidationszahlen benutzen

Wechselt ein Atom im Laufe einer chemischen Reaktion die formale Ladung, also seine Oxidationszahl, so entspricht das – gleichbedeutend mit dem Wechsel einer echten Ladung – einer Aufnahme bzw. Abgabe von Elektronen.

Also kann man Oxidationen und Reduktionen nicht nur am Wechsel echter, sondern auch am Wechsel formaler Ladungen erkennen: **Oxidation bei steigender Oxidationszahl, Reduktion bei sinkender Oxidationszahl!**

Einzelnachweise

- ¹ Eine gute Übersicht erhält man hierzu z. B. unter [1] Heiko Krabbe, Simon Zander, Hans E. Fischer (o. J.), Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht Materialien zur Lehrerfortbildung, online frei zugänglich unter <http://www.ganzin.de/wp-content/uploads/2015/10/Lernprozessorientierte-Gestaltung-von-Physikunterricht.pdf>
- ² Richter M, Tauer J, Conrad J, Heil E, Kroke A, Virmani K, Watzl B on behalf of the German Nutrition Society (DGE): Alcohol consumption in Germany, health and social consequences and derivation of recommendations for action – Position statement of the German Nutrition Society (DGE). Ernährungs Umschau 2024; 71(10): online first + eSupplement, S. 1, CC BY-NC-ND, online zugänglich, letzter Zugriff 27.11.2024
- ³ vgl. Klaus Roth, Alkohol und seine Folgen – Die Chemie des Katers, in: Chemie in unserer Zeit, 2007, 41, 46 – 55
- ⁴ Zeichnungen von Gregor von Borstel, reales Fotos mit freundlicher Genehmigung von Georg Hoff, <http://www.hamburg-heide-harz.de/fotoalbum/harz/goslar-rammelsberg-roederstollen.shtml>
- ⁵ Gregor von Borstel, 2021
- ⁶ Gregor von Borstel, 2022
- ⁷ Gregor von Borstel, 2025
- ⁸ Gregor von Borstel, 2025