



Unterscheidung von Aldehyden und Ketonen

Stand: 25.03.2019

| | |
|---|--|
| Jahrgangsstufen | 12 |
| Fach/Fächer | Chemie (Ausbildungsrichtung ABU und T) |
| Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele | - |
| Zeitraumen | 45 Minuten |
| Benötigtes Material | Siehe Hinweise zum Unterricht |

Kompetenzerwartungen

Diese Aufgabe unterstützt den Erwerb folgender Kompetenzen:

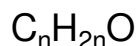
Die Schülerinnen und Schüler

- unterscheiden Aldehyde und Ketone durch geeignete Nachweisreaktionen. (FOS C12 (T, ABU) 4)

Aufgabe – Schülerversuch

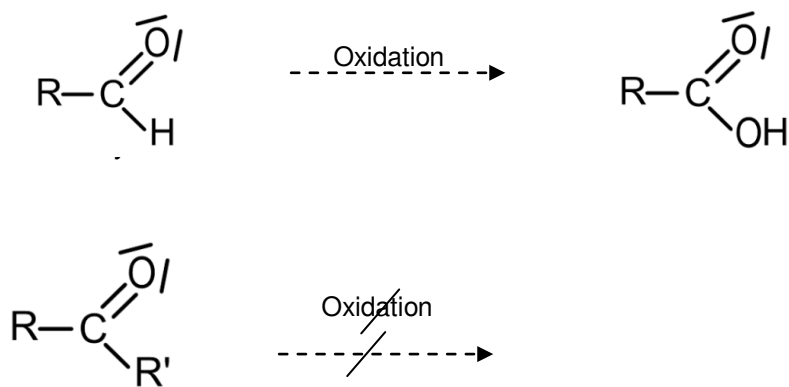
Aldehyde und Ketone sind wichtige Verbindungsklassen in der organischen Chemie. Beispielsweise werden sie verwendet bei der Herstellung von Kunststoffen, Farbstoffen, Parfums und Medikamenten.

Die einfachsten Vertreter sind Alkanale und Alkanone mit jeweils einer Aldehyd- bzw. einer Ketogruppe. Sie sind durch dieselbe allgemeine Summenformel gekennzeichnet:



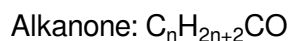
Beide Verbindungsklassen haben außerdem die Carbonylgruppe als strukturelles Merkmal gemein und weisen dementsprechend ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften auf. Sie sind z. B. meist leicht flüchtig, brennbar und besitzen oft einen charakteristischen, intensiven Geruch.

Um Aldehyde nachzuweisen, kann die Fehling-Probe durchgeführt werden. Dabei nutzt man die Oxidierbarkeit von Aldehyden. Das Produkt der Oxidation ist dann eine Carbonsäure. Da Ketone im Gegensatz zu den Aldehyden am Carbonyl-Kohlenstoffatom kein Wasserstoffatom tragen, sind diese nicht oxidierbar. Somit dient die Fehling-Probe auch dazu, zwischen Aldehyden und Ketonen zu unterscheiden.



Allgemeine Reaktionsschemata für die Oxidation eines Aldehyds bzw. eines Ketons.
(R bzw. R' steht dabei für einen organischen Rest)

Um wenigstens die einfachsten Aldehyde und Ketone anhand der Formel besser unterscheiden zu können, werden auch folgende allgemeine Summenformeln benutzt:



Nachweis eines süßen Aldehyds

Cola ist ein beliebtes Erfrischungsgetränk. Seit einiger Zeit sind neben normalen auch „zero“-Produkte erhältlich. Dabei wird Zucker (vereinfacht Glukose, $C_6H_{12}O_6$, ein Aldehyd) durch Zuckerersatzstoffe ausgetauscht. Weisen Sie mit nachfolgender Beschreibung zur Durchführung der Fehling-Probe nach, bei welcher der vorgegebenen Getränkeproben es sich um das „zero“-Produkt handelt.

Durchführung der Fehling-Probe:

1. In einem Becherglas (ca. 100 mL) erhitzt man ein Wasserbad (z. B. mit einer Heizplatte).
2. In je ein Reagenzglas werden die zu untersuchenden Proben (ca. 2 cm hoch) pipettiert.
3. In ein drittes Reagenzglas wird Aceton (ca. 2 cm hoch) gegeben, es dient als Kontroll- bzw. Blindprobe, denn hier wird die Fehling-Probe negativ verlaufen.
In ein viertes Reagenzglas wird Glucoselösung (ca. 2 cm hoch) gegeben, es dient als Kontroll- bzw. Positivkontrolle, denn hier wird die Fehling-Probe positiv verlaufen.
4. In einem weiteren Reagenzglas mischt man sich das „Fehlingsche Reagens“: dazu werden die „Fehling-Lösung I“ (= hellblaue Kupfersulfatlösung ($CuSO_4$) mit der „Fehling-Lösung II“ (= farblose, basische Lösung eines Weinsäuresalzes) zu gleichen Teilen gemischt (zweckmäßig sind je ca. 4 cm hoch im Reagenzglas).
5. Jeweils ein Viertel des entstandenen Fehling-Reagens (= dunkelblaue Lösung) gibt man zu den vier zu untersuchenden Proben und stellt die Reagenzgläser in das Wasserbad (vgl. 1.), das unter Verwendung von Siedesteinchen sanft am Kochen gehalten wird. Nach einigen Minuten sollten sich deutlich sichtbare Unterschiede einstellen.
6. Chemikalien nach den Anweisungen der Lehrkraft entsorgen.

Aufgaben:

1. Notieren Sie Ihre Beobachtungen während der Durchführung der Fehling-Probe.
2. Erstellen Sie die Strukturformel von Glucose, leiten Sie dann entsprechend dem obigen Reaktionsschema die Strukturformel der entstandenen Carbonsäure ab und benennen beide Moleküle nach IUPAC.
3. Am Pult finden Sie einige Kupferverbindungen. Vergleichen Sie den Inhalt des Reagenzglases der positiv verlaufenen Fehling-Probe mit den Kupferverbindungen und entscheiden Sie, welche Kupfer-Ionen entstanden sind.
4. Da die Fehling-Probe in basischem Milieu stattfindet, reagiert die Carbonsäure durch die Deprotonierung in der Lösung zum Carboxylat. Stellen Sie unter Berücksichtigung dieser Information zwei Teilgleichungen und eine Gesamtgleichung für den vollständigen Elektronenübergang auf. Geben Sie dabei auch die Oxidationszahlen an, um die Elektronenaufnahme und -abgabe zu zeigen. Zur besseren Übersicht darf der organische Rest dabei mit „R-“ abgekürzt werden.
5. Identifizieren Sie begründet unter Ihren Proben des Versuchs das „zero“-Produkt.
6. Formulieren Sie ein allgemeines Fazit über den Zusammenhang der Oxidierbarkeit von Aldehyden bzw. Ketonen und der Fehling-Probe.
7. Aufgabe für die Schnellen: Erklären Sie die Struktur der allgemeinen Summenformeln für Alkanale und Alkanone.

Quellen- und Literaturangaben

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung: „*Chemie? - Aber sicher! Experimente kennen und können*“, Akademiebericht 475; Dillingen 2014

C. E. Mortimer; U. Müller: *Chemie*, 8. Aufl., 114ff., Thieme Verlag Stuttgart, 2003

Abb. 1: selbst erstellt.

Hinweise zum Unterricht

- Für den Schülerversuch werden ein Erfrischungsgetränk mit normalem Zuckergehalt und eines mit einem Zuckerersatzstoff (sogenannte „zero“-Produkte) benötigt. Außerdem verschiedene Kupfersalze (z. B. Kupfer(II)-oxid, Kupfer(I)-oxid und Kupfer(I)-chlorid) für Aufgabe 3.
- Das Entfärben der Cola-Produkte mithilfe von Aktivkohle ist nicht notwendig.
- Bei dem „zero“-Produkt kann es vereinzelt zu rötlichen Schlieren kommen. Hier können die Ergebnisse im Plenum diskutiert werden. In jedem Fall ist aber ein deutlicher Unterschied zum Erfrischungsgetränk mit normalem Zuckergehalt zu beobachten.
- Entsorgung:
 Schüler: Reste in den Sammelbehälter am Pult entleeren, Reagenzgläser mit sehr wenig Wasser füllen, schwenken und erneut in den Sammelbehälter entleeren, dann am Platz gründlich spülen.
 Lehrkraft: Überstand im Sammelbehälter in Behälter für organische Abfälle, Niederschlag (Kupfer(I)-oxid) in Behälter für Schwermetalle.
- Kenntnisse über das Aufstellen von Oxidationszahlen werden für Aufgabe 4 vorausgesetzt.

Benötigte Materialien und Chemikalien

| MATERIALIEN | CHEMIKALIEN / PROBEN |
|----------------------------------|---|
| Becherglas (ca. 100 mL) | Erfrischungsgetränk (normale und „zero“-Version) |
| Vierbein | Aceton |
| Ceran-Platte | Fehling-Lösung I (Kupfersulfat-Lösung) |
| Gasbrenner | Fehling-Lösung II (alkalische Kalium-Natriumtartrat-Lösung) |
| 3 Reagenzgläser | Verschiedene Kupfersalze zum Vergleich |
| Spatel | |
| Handschuhe, Schutzbrille, Kittel | |
| Abfallbehälter am Pult für Reste | |



Weiterführende Hinweise:

1. Normalen Cola-Produkten wird Saccharose zugesetzt. Durch die enthaltene Säure kommt es allerdings zur Spaltung des Disaccharides und die Fehling-Probe verläuft trotzdem positiv. Im einleitenden Text „Nachweis eines süßen Aldehyds“ wird deshalb vereinfachender Weise Zucker mit Glukose gleichgesetzt.
2. Zur konsequenten Unterscheidung von Formal- und Gesamtladungen sollten erstere in einem Kreis repräsentiert und zusätzlich die Gesamtladung angegeben werden (siehe Carboxylat-Ion in der Oxidations-Teilgleichung). In der Literatur wird dies jedoch oft vernachlässigt und außerdem auf die zusätzliche Angabe der Gesamtladung verzichtet.

Beispiele für Lösungen der Schülerinnen und Schüler

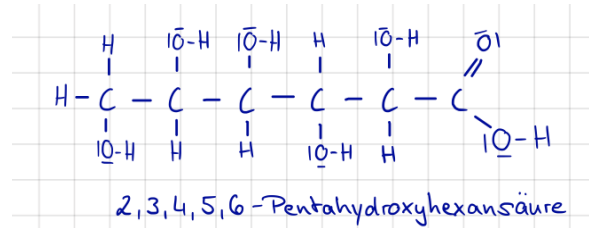
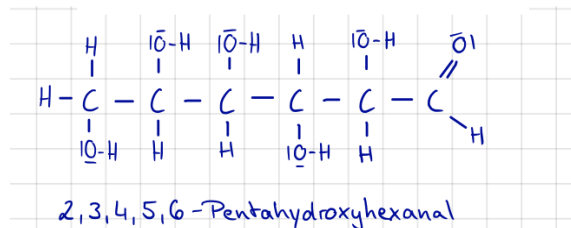
Zu 1.:



Abb. 1: Die vier Proben nach Zugabe des Fehling-Reagens.

Die Blindprobe (ganz links) zeigt keine Veränderung. Bei den anderen drei Proben zeigt sich sofort nach Zugabe des Fehling-Reagens eine blaugrüne Färbung. Bei zwei Proben bildet sich anschließend ein roter, flockiger Niederschlag (zweite Probe von links: positive Kontrollprobe; dritte Probe von links: Cola; vierte Probe von links: „zero“-Produkt).

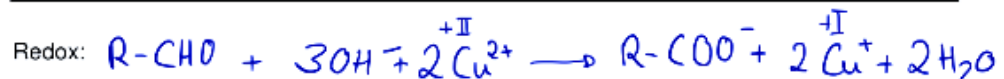
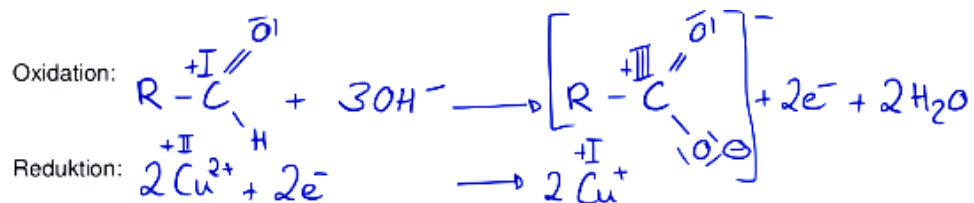
Zu 2.:



Zu 3.:

Es sind Kupfer(I)-Ionen entstanden.

Zu 4.:



Zu 5.:

Bei der Probe mit dem roten Niederschlag handelt es sich um Cola, bei der ohne Niederschlag um das „Zero“-Produkt. Da die Cola Glukose (ein Aldehyd) enthält, welche Reduktionsmittel für die Kupfer(II)-Ionen ist, entsteht hier der rote Feststoff. [Die blau/grüne Färbung erscheint durch die Mischung von Cola mit der Fehling-Lösung]

Zu 6.:

Aldehyde lassen sich zu Carbonsäuren oxidieren, wohingegen Ketone nicht oxidierbar sind. Mithilfe der Fehling-Probe kann zwischen Aldehyd und Keton unterschieden werden.

Zu 7.:

In den Summenformeln werden die funktionellen Gruppen betont und ermöglichen somit das Erkennen auf den ersten Blick (-CHO als Aldehydgruppe mit endständiger Carbonylgruppe und -CO als Carbonylgruppe).