

Syn- und Disproportionierung: Sonderfälle der Redox-Reaktion

Annemarie Eimer, WS 07/08; Ludwig Seliger, WS 20/21

Gliederung

1	Oxidationszahlen	2
2	Die Redox-Reaktion	2
3	Die Sonderfälle der Redox-Reaktion	3
3.1	Synproportionierung (Praefix: „Syn-“, lat.: zusammen).....	3
3.2	Disproportionierung (Praefix „Dis-“, lat.: auseinander, entzwei)	3
4	Die „Auto-Batterie“ mit Syn- und Disproportionierung	4
5	Syn- und Disproportionierung anhand des Miracle Mineral Supplements (MMS)	5
5.1	Disproportionierung	5
5.2	Synproportionierung	6

Einstieg 1: Die „Auto-Batterie“

Syn- und Disproportionierung sind nicht so alltagsfremd wie viele glauben, denn kein Verbrenner-Auto würde ohne diese beiden Sonderfälle der Redox-Reaktion laufen. Sie sind sehr wichtig in der Auto-Batterie und ohne die fährt bekanntlich kein Auto.

Einstieg 2: „Miracle Mineral Supplements“

Im Zuge der COVID-19-Pandemie hört man immer wieder von Desinfektionsmitteln zur inneren Anwendung. Eins davon sind die sogenannten „Miracle Mineral Supplements“. Das sind angebliche Allheilmittel gegen Krankheiten wie Malaria, Krebs und eben auch COVID-19. Im Folgenden wird untersucht, welche chemischen Prozesse dahinterstecken und welche ähnlichen Reaktionen es gegebenenfalls gibt.



Abb. 1: Auto-Batterie [1]

1 Oxidationszahlen

Um aber den Zusammenhang zwischen Autobatterie und Syn- und Disproportionierung herzustellen, müssen erst die Oxidationszahlen verstanden werden.

Die Oxidationszahl gibt formal die Verhältnisse der Elektronen-Dichte um ein Atom an.

Eine positive Oxidationszahl bedeutet, dass die Elektronen-Dichte gegenüber Normal-Zustand ist verringert. Im Gegensatz dazu gibt es die negative Oxidationszahl, welche eine Erhöhung der Elektronen-Dichte um das Atom angibt. Ob ein Atom Elektronen zieht oder nicht hängt von der höheren Elektro-Negativität ab. Je höher, umso mehr zieht das Atom! Wenn also zwischen den Atomen einer Verbindung ein Elektro-Negativitäts-Unterschied besteht, so zieht das Atom mit der höheren Elektro-Negativität ein Elektron vom Atom mit der niedrigeren Elektro-Negativität zu sich.

Zum Beispiel Wasser: Die Elektro-Negativität von H ist niedriger als die von Sauerstoff O. Bilden diese beiden Komponenten das Molekül H_2O , so zieht der Sauerstoff mit seiner höheren Elektro-Negativität je ein Elektron von den Wasserstoffen ab. Somit hat Sauerstoff durch den „Gewinn“ von zwei zusätzlichen Elektronen die Oxidationszahl -2 und jedes Wasserstoff-Atom von +1, da diesen je ein Elektron abgezogen worden ist.

Allgemein gilt:

- Wasserstoff-Atome in einem Molekül erhalten die Oxidationszahl +1, das bedeutet, die Elektronen-Dichte ist verringert.
- Sauerstoff-Atome in einem Molekül erhalten normalerweise die Oxidationszahl -2. Die negative Oxidationszahl gibt hier eine höhere Elektronen-Dichte an. (Sonderfall: Peroxide, z.B. H_2O_2).

2 Die Redox-Reaktion

Eine Redox-Reaktion ist eine chemische Reaktion, bei der eine Oxidation und eine Reduktion stattfinden. Es reagiert ein Molekül „A“, das Elektronen abgibt (= Donator), mit mindestens einem Molekül „B“, das die abgegebenen Elektronen aufnimmt (= Akzeptor).

Oxidation:



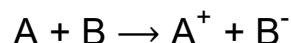
Molekül „A“ gibt bei der Oxidation ein Elektron ab = Reduktionsmittel

Reduktion:



Molekül „B“ nimmt bei der Reduktion ein Elektron auf = Oxidationsmittel

Redox:



Molekül „A“ gibt ein Elektron an Molekül „B“ ab.

Beispiel:

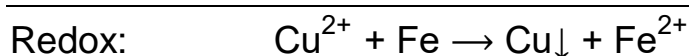


Abb. 2: Redox-Reaktion – ein Beispiel

3 Die Sonderfälle der Redox-Reaktion

3.1 Synproportionierung (Praefix: „Syn-“, lat.: zusammen)

Um aber nun genau klären zu können, wie genau Auto-Batterien von Syn- und Disproportionierung abhängen, müssen nun die beiden Sonderfälle der Redox-Reaktion geklärt werden. Die Synproportionierung, auch Komproportionierung genannt beschreibt einen Sonderfall der Redox-Reaktion. Hier gibt es zwei Edukte mit je einer hohen und einer niedrigeren Oxidationszahl eines Elementes, die sich zu einem Produkt mit „mittlerer“ Oxidationszahl dieses Elementes zusammenfügen.

Beispiel: Iodat und Iodid in saurer Lösung synproportionieren zu elementarem Iod.

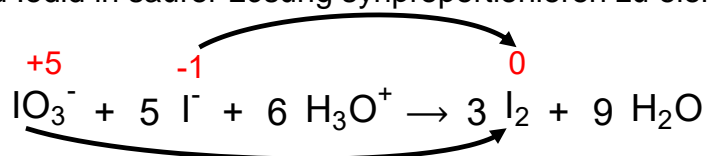


Abb. 3: Synproportionierung von Iodat und Iodid zu Iod

3.2 Disproportionierung (Praefix „Dis-“, lat.: auseinander, entzwei)

Die Disproportionierung ist genau das Gegenteil einer Synproportionierung. Bei diesem Sonderfall werden aus einem Edukt eines gleichen Elementes „mittlerer“ Oxidationszahl zwei Produkte dieses Elementes. Wobei eines der Produkte eine höhere und das andere eine niedrigere Oxidationszahl besitzt. Das Edukt tritt somit gleichzeitig als Oxidations- und als Reduktionsmittel auf.

Beispiel: Wasserstoffperoxid wird disproportioniert zu Sauerstoff und Wasser unter Peroxidase- oder Platin-Katalyse.

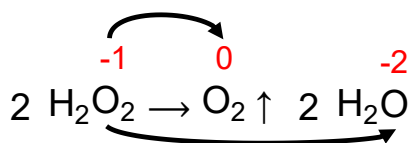


Abb. 4: Disproportionierung von Wasserstoffperoxid zu Sauerstoff und Wasser

Versuch: Disproportionierung von Wasserstoffperoxid

Material:

- Spatel
- Petrischale
- Reagenzglas
- Glimmspan
- Feuerzeug/Streichholz

Chemikalien:

- **Wasserstoffperoxid**-Lösung
w= 10%
CAS-Nr.: 7722-84-1
- **Amylase (Kartoffel-Scheiben)**
oder
- **Platin**-Plättchen



Gefahr

H272, H318
P210, P280, P305+P351+P338

Durchführung: Man gibt in ein Reagenzglas etwa fünf kleine Stückchen einer Kartoffel und auch in eine Petrischale zur Veranschaulichung ein bis zwei dünne Kartoffel-Scheiben. Die Kartoffel-Stücke nun mit 10%iger Wasserstoffperoxid-Lösung überschichten.

Beobachtung: Es steigen Bläschen im Reagenzglas und in der Petrischale auf. Nach circa fünf Minuten Reaktion kann man nun eine der entstandenen Komponenten mithilfe der Glimmspan-Probe nachweisen. Der Glimmspan glüht hell auf. Anstatt der Kartoffel kann auch Platin als Katalysator verwendet werden.

Deutung: Durch die Katalysation der in der Kartoffel enthaltenen Amylase wird Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser disproportioniert. Der Sauerstoff wird mithilfe der Glimmspan-Probe nachgewiesen.

4 Die „Auto-Batterie“ mit Syn- und Disproportionierung

Syn- und Disproportionierung sind Sonderformen der Redox-Reaktion. Bei der Synproportionierung verschmelzen eine niedrige und eine höhere Oxidationszahl und einer mittleren. Im Gegensatz dazu steht die Disproportionierung, bei der genau das Gegenteil passiert. Hier wird durch die Redox-Reaktion eine mittlere Oxidationszahl zu einer niedrigeren und einer höheren.

Wo wir nun die Oxidationszahlen, die Redox-Reaktion und deren Sonderformen kennen, ist es uns jetzt möglich zu erkennen, warum man diese Sonderfälle in der Auto-Batterie braucht.

Die Synproportionierung beschreibt die **Entladung des Blei-Akkus**, indem Blei (Oxidationszahl 0) und Blei(IV)-oxid (Oxidationszahl von Blei +4) zu Blei(II)-sulfat (Oxidationszahl von Blei +2) synproportionieren:

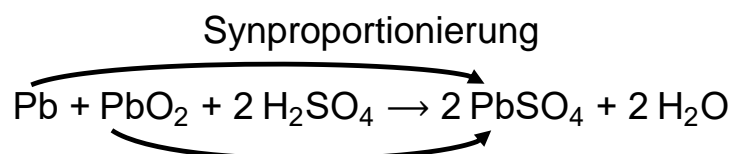
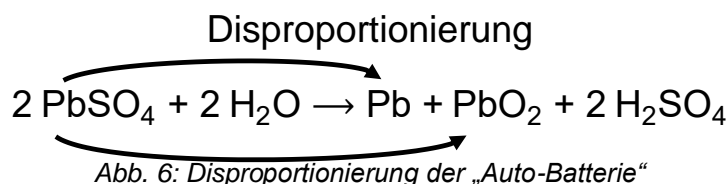


Abb. 5: Synproportionierung der „Auto-Batterie“

Die Disproportionierung hingegen beschreibt das **Aufladen des Blei-Akkus** in folgender Form:



Hier disproportioniert Blei(II)-sulfat zu Blei(0) und Blei(IV)-oxid.

5 Syn- und Disproportionierung anhand des Miracle Mineral Supplements (MMS)

5.1 Disproportionierung

Hauptbestandteil der MMS ist das Natriumsalz der Chlorigen Säure Natriumchlorit (NaClO_2) [7], welches nicht mit dem Natriumsalz der Salzsäure Natriumchlorid (NaCl) verwechselt werden darf. Natriumchlorit ist ein weißes, geruchloses, **giftiges** Pulver. [8]



Auf Beipackzetteln dieses scheinbaren „Medikaments“ wird beschrieben, dass es vor der Einnahme mit Zitronensäure o. ä. (funktioniert mit jeder Säure) angesäuert werden muss.

Versuch: Ansäuern von Natriumchlorit-Lösung

Material:

- Reagenzglas mit Stopfen (und Reagenzglasgestell)
- destilliertes Wasser
- Spatel, Pipette
- Abzug

Chemikalien:

- **Natriumchlorit** [8]  Gefahr
CAS-Nr.: 7758-19-2
H271, H301, H310, H314, H373, H410
P210, P280, P301+P330+P331, P310, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P370+P378
- **Eisessig** [9]  Gefahr
CAS-Nr.: 64-19-7
H226, H314
P210, P280, P301+P330+P331, P303+P361+P353, P305+P351+P338

Durchführung: Im Abzug werden einige Spatelspitzen Natriumchlorit in einem Reagenzglas in 1-2 ml destilliertem Wasser gelöst. Zu dieser Lösung wird reichlich Eisessig pipetiert. Das Reagenzglas wird bei Bedarf (z. B. Herausnehmen aus dem Abzug) mit einem Stopfen verschlossen.

Beobachtung: Auf **Stoffebene** lässt sich feststellen, dass eine mehr oder weniger starke Gasentwicklung stattfindet. Die farblose Lösung im Reagenzglas verfärbt sich zunächst gelb, später über bernsteinfarben bis dunkelbraun. Bei aufgesetztem Stopfen färbt sich die Luft über der Lösung im Reagenzglas gelblich.

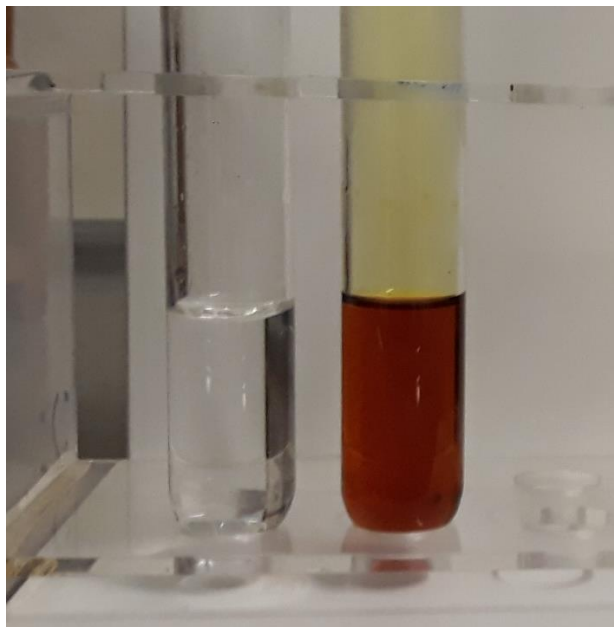
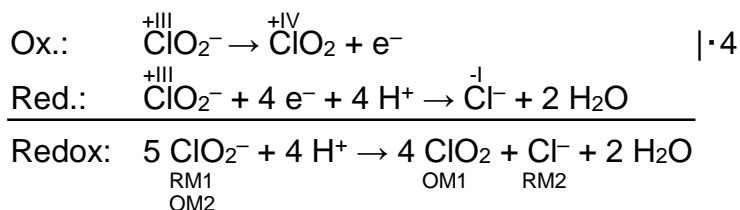
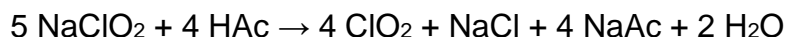


Abb. 7: Färbung der Natriumchlorit-Lösung vor und nach dem Ansäuern

Auswertung: Die Gasentwicklung und Färbung sind Indizien dafür, dass **Chlordioxid (ClO₂)** entstanden ist. Das ist ein **giftiges**, bernsteinfarbenes, stark oxidierendes Gas. [10]

Auf **Teilchenebene** passiert Folgendes:



Das Element Chlor wird aus der Oxidationsstufe +III (Chlorit-Anion ClO₂⁻) sowohl in die Oxidationsstufe +IV (Chlordioxid in ClO₂) oxidiert als auch in die Oxidationsstufe -I (Chlorid-Anion Cl⁻) reduziert. Es findet also eine **Disproportionierung** statt. [11]

5.2 Synproportionierung

Die Synproportionierung (auch Komproportionierung) ist das genaue Gegenstück zur Disproportionierung. Ein einfacher Versuch soll das Ablaufen einer solchen Reaktion anhand der von Ammoniumchlorid (NH₄Cl) mit Kaliumnitrit (KNO₂) verdeutlichen (es würde auch mit jedem anderen Ammoniumsalz und jedem anderen Nitrit funktionieren):

Versuch: Erhitzen einer Ammoniumnitrit-Lösung

Material:

- Reagenzglas (und Reagenzglasgestell)
- 2 Spatel
- destilliertes Wasser
- Gasbrenner (und Feuerzeug)
- Holzspan

Chemikalien:

- **Ammoniumchlorid** [12]

CAS-Nr.: 12125-02-9

H302, H319

P305+P351+P338



Achtung

- **Kaliumnitrit** [13]

CAS-Nr.: 7758-09-0

H272, H301, H400

P210, P220, P221, P301+P330+P331+P310, P370+P378



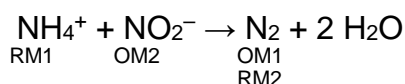
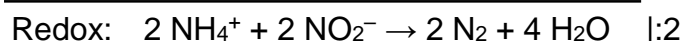
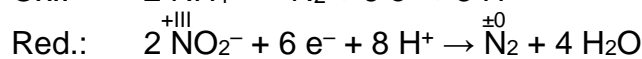
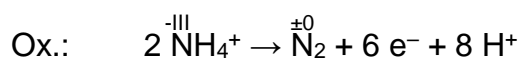
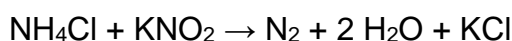
Gefahr

Durchführung: Jeweils einige Spatelspitzen Ammoniumchlorid und Kaliumnitrit werden in ein gemeinsames Reagenzglas gegeben. Dieses Gemisch wird dann in 1-3 ml destilliertem Wasser gelöst. Die so entstandene Ammoniumnitrit-Lösung wird im Reagenzglas über dem Gasbrenner erhitzt. **Vorsicht vor explosionsartiger Gasentwicklung!** Anschließend wird der Holzspan angezündet und in das Reagenzglas gehalten.

Beobachtungen: Auf **Stoffebene** kann festgestellt werden, dass eine sehr starke Gasentwicklung stattfindet. Die Flamme des brennenden Holzspans erstickt, sobald er in das Reagenzglas gehalten wird.

Auswertung: Die Gasentwicklung in Zusammenhang mit dem Ersticken der Flamme deutet auf die Herstellung von elementarem Stickstoff (N₂) hin.

Auf **Teilchenebene** geschieht Folgendes:



Das Element Stickstoff wurde aus den Oxidationsstufen -III (Ammonium-Kation NH₄⁺) und +III (Nitrit-Anion NO₂⁻) gleichzeitig in die Oxidationsstufe ±0 (Stickstoff N₂) oxidiert bzw. reduziert. Es findet also eine **Synproportionierung** statt. [11]

Zusammenfassung 2:

Hinter den „Miracle Mineral Supplements“ steckt also eine Disproportionierungsreaktion, bei der Natriumchlorit gleichzeitig oxidiert und reduziert wird und giftiges Chlordioxid entsteht. Das Gegenstück zu einer solchen Reaktion ist die Syn- oder Komproportionierung. Im vorliegenden Fall wurden Ammonium-Kationen und Nitrit-Anionen zeitgleich zu elementarem Stickstoff oxidiert bzw. reduziert.

Abschluss 2:

Die vermeintliche Wirkung der „Miracle Mineral Supplements“ wurde an einer Malariaerkrankung entdeckt. Das auch zur Wasserdeseinfektion verwendete Chlordioxid scheint die Plasmodien im Körper zu Tode oxidiert zu haben, doch normalerweise oxidiert diese Verbindung auch unsere Zellen, was gesundheitsschädlich ist. Abschließend bleibt zu hoffen, dass die Vernunft siegt und von der Anwendung der MMS abgesehen wird.

Quellen:

1. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starterbatterie_Blei-Calcium.jpg?use-lang=de; Urheber: Rainer Kamenz; Lizenz: „[Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 international](#)“; 11.12.2020
2. Riedel, E.: Anorganische Chemie, 2. Aufl., Walter de Gruyter Verlag, Berlin – New York, 1995
3. <http://de.wikipedia.org/wiki/Redoxreaktion>; 15.11.2007
4. <http://de.wikipedia.org/wiki/Disproportionierung>; 15.11.2007
5. <http://de.wikipedia.org/wiki/Synproportionierung>; 15.11.2007
6. Holleman, A.F.; Wiberg, E.: Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 100. Aufl., Walter de Gruyter Verlag, Berlin - New York, 1985
7. <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/miracle-mineral-supplement-mms-erhebliche-gesundheitsgefahr-11044> , 21.12.2020
8. <https://gestis.dguv.de/data?name=001630> , 22.12.2020
9. <https://gestis.dguv.de/data?name=011400> , 01.02.2021
10. <https://gestis.dguv.de/data?name=001640> , 22.12.2020
11. Mortimer, C. E.; Müller, U.; Beck, J.: Chemie – Das Basiswissen der Chemie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart; New York 2015.
12. <https://gestis.dguv.de/data?name=001460> , 01.02.2021
13. <https://gestis.dguv.de/data?name=500036> , 01.02.2021