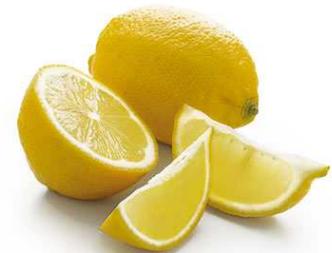
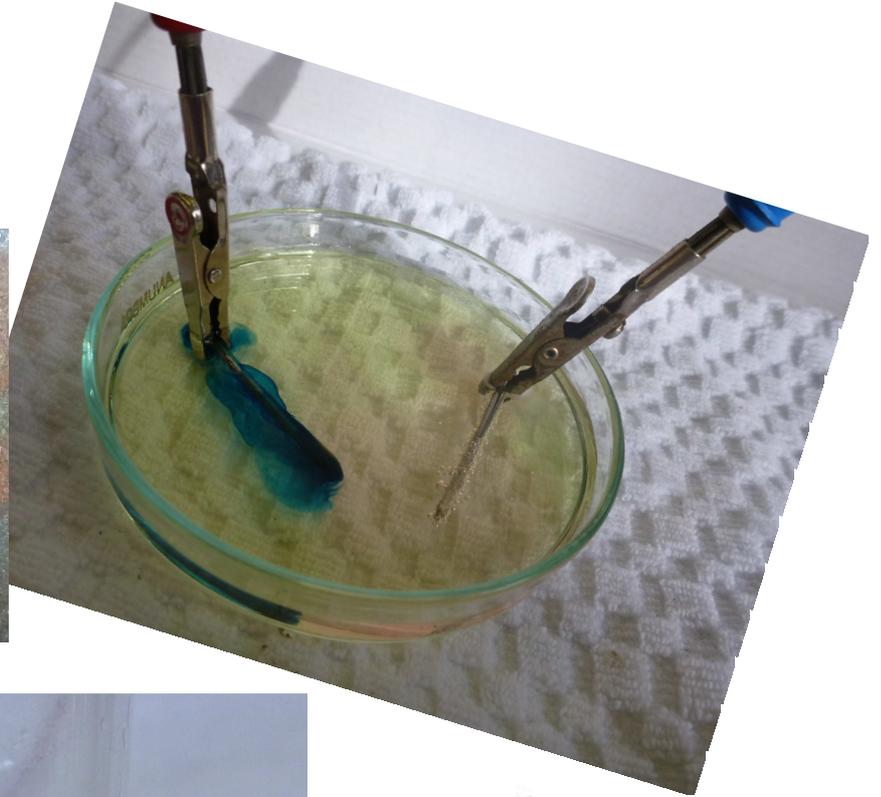


Schulversuchspraktikum

Name: Jennifer Ahrens

Semester: Sommersemester 2012

Klassenstufen 7 & 8



Entrosten

Auf einen Blick:

In dieser Unterrichtseinheit werden Versuche zum Entrosten und zum Rostschutz vorgestellt, die für die 7. und 8. Klasse konzipiert sind. Es werden 2 Lehrerversuche und 2 Schülerversuche vorgestellt.

Die Schülerinnen und Schüler erfahren durch die Versuche, dass Rost durch Säuren wieder entfernt werden kann. Zudem erfahren sie, dass unedle Metalle edlere Metalle und spezielle Stromkreise (kathodischer Korrosionsschutz) vor Rost schützen können.

Inhalt

1	Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele.....	2
2	Lehrerversuche	3
2.1	V 1 – Schnelles Entrosten mit Salzsäure	3
2.2	V 2 – Korrosionsschutz.....	4
3	Schülerversuche.....	6
3.1	V 3 – Kathodischer Korrosionsschutz	6
3.2	V 4 – Entrosten auf pflanzliche Art.....	9
4	Reflexion des Arbeitsblattes	12
4.1	Erwartungshorizont (Kerncurriculum).....	12
4.2	Erwartungshorizont (Inhaltlich).....	12
5	Literaturverzeichnis.....	13

1 Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele

Die Versuche thematisieren das Entrosten und den Rostschutz und werden der 7. und 8. Klassenstufe den Basiskonzepten *Stoff-Teilchen* und *chemische Reaktion* zugeordnet. Das Rosten ist vielen Schülerinnen und Schülern aus dem Alltag bekannt, sei es beispielsweise das eigene verrostete Fahrrad oder das Auto der Eltern. Rost ist überall im Alltag zu finden.

Ein zentraler inhaltlicher Aspekt, den die Schülerinnen und Schüler lernen sollen, ist, dass man Rost durch Säuren wieder entfernen kann. Außerdem kann man Metalle durch unedlere Metalle vor Korrosion bewahren bzw. durch edlere Metalle die Korrosion beschleunigen. Weiterhin kann man Metalle auch mittels Strom vor Korrosion schützen.

Neben den inhaltlichen Kompetenzen sollen auch prozessbezogene Kompetenzen gefördert werden. Dazu gehört, dass die Schülerinnen und Schüler die „Experimente nach sachgerechter Anleitung durchführen“ (KC S. 51) und die „Versuche sorgfältig beobachten“ (KC S. 51) und protokollieren. Zudem sollen sie erkennen, dass „chemische Reaktionen in der Alltagswelt stattfinden“ (KC S. 59) und „für Natur und Technik von Bedeutung sind“ (KC S. 59). Des Weiteren nutzen sie Kenntnisse aus der Mathematik.

Der erste Lehrerversuch (V1) kann als Einstiegsversuch in das Thema Rost dienlich sein, um zu zeigen, dass Säuren (hier Salzsäure) Rost entfernen kann. Je nach Kenntnisstand der Klasse, kann auch die Reaktionsgleichung thematisiert werden. Im Versuch (V4) sollen die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass auch in Pflanzen Säuren enthalten sein können, die Rost entfernen (hier: Zitrone und Rhabarber). Daran anschließend könnte man den Korrosionsschutzversuch (V2) in den Unterricht einzubringen, bei dem aufgezeigt wird, dass Cola nicht nur Rost entfernen kann, sondern auch eine Schutzschicht bildet. Zudem wird gezeigt, dass man ein Stück Metall durch ein zusätzliches unedleres Metall vor Rost schützen kann, da es als Opferanode agiert. Wenn man jedoch ein edleres Metall hinzugibt, beschleunigt man die Korrosion des Metalls, da es dann selbst zur Opferanode wird. Verbildlicht wird dies mit Phenolphthalein und rotem Blutlaugensalz. Metalle kann man auch durch Anlegen eines Stroms vor Rost schützen, was der Schülerversuch V3 (kathodischer Korrosionsschutz) zeigt.

2 Lehrerversuche

2.1 V 1 – Schnelles Entrosten mit Salzsäure

Rost kann sehr effektiv und schnell mit Salzsäure entfernt werden und eignet sich daher gut als Lehrerversuch. Die Schülerinnen und Schüler sollten wissen, dass Rost durch Oxidation mit Sauerstoff in Gegenwart von Wasser entsteht und das Rosten eine chemische Reaktion ist.

Gefahrenstoffe		
Salzsäure	H: 314-335	P: 260-301+330+331-303+361+353 305+351+338-405-501



Materialien: Standzylinder (50ml), Becherglas, Bindfaden, rostiger Nagel.

Chemikalien: Wasser, 15%ige Salzsäure.

Durchführung: In den Standzylinder werden ca. 20 ml 15%ige Salzsäure gefüllt. Dann wird der rostige Nagel an einem Faden befestigt und in die Salzsäure gestellt. Nach einer Minute wird der Eisennagel aus der Salzsäure herausgezogen und mit Wasser abgespült.

Beobachtung: Der Nagel ist abwärts der Eintauchnaht silbrig-glänzend. Die Salzsäure hat sich am Boden gelblich verfärbt.



Abb. 1 - Rostiger Nagel in 15%iger Salzsäure.

Deutung: $\text{FeOOH}_{(s)} + 3\text{HCl}_{(aq)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(aq)} \rightarrow \text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}_{(aq)}$

Es entsteht gelbliches Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat.

Entsorgung: Die Lösung wird im Säure-Base-Behälter entsorgt.

Literatur: (Mühlbauer 2009; Wikipedia)

Anmerkungen: Je nach Einbettung in den Unterricht kann das Fe^{3+} mittels $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (gelbes Blutlaugensalz) nachgewiesen werden, so dass Berliner Blau entsteht.

2.2 V 2 – Korrosionsschutz

Es wird gezeigt, dass ein Metall vor Korrosion geschützt werden kann, wenn ein unedleres Metall hinzugeben oder das Metall mit einer Schutzschicht umhüllt wird. Die Schülerinnen und Schüler sollten für diesen Versuch wissen, dass Rost durch Oxidation mit Sauerstoff in Gegenwart von Wasser entsteht und Metalle „edler“ oder „unedler“ als andere Metalle sein können.

Gefahrenstoffe

Phenolphthalein	H: 350-341-361f	P: 201-281-308+313
-----------------	-----------------	--------------------



Materialien: 6 Petrischalen, Becherglas, 4 blanke Eisennägel, Magnesiumband, lackierter Eisennagel, dünnes Zinkplättchen, Kupferdraht, rostiger Nagel, Bunsenbrenner, Dreifuß.

Chemikalien: Wasser, Agar-Agar, Phenolphthalein, Rotes Blutlaugensalz, Cola.

Durchführung: Der rostige Nagel wird **einen Tag vor Versuchsbeginn** in ein Becherglas mit Cola gelegt.

6 g Agar-Agar werden mit 300 ml Wasser unter Erhitzen gelöst. Anschließend werden 4-5 Spatelspitzen NaCl und 2-3 Spatelspitzen Kaliumhexacyanoferrat(III) hinzugegeben, sowie ca. 20 Tropfen Phenolphthalein. In jede Petrischale, wird jeweils ein blanker Nagel, ein lackierter Nagel, ein Nagel mit Magnesiumband umwickelt, ein Nagel mit durchbohrtem Zinkplättchen, ein kupferumwickelter Nagel und ein mit Cola entrosteter Nagel gegeben. Anschließend wird die Agar-Agar-Lösung in die Petrischalen gegeben, so dass die Substanzen vollkommen mit der Lösung bedeckt sind. Die Petrischalen dürfen ca. 2-3 Stunden nicht bewegt werden.

Beobachtung: Nach 2-3 Stunden ist zu erkennen, dass sich das nun feste Agar-Agar um den blanken Eisennagel blau verfärbt hat. Beim kupferummantelten Eisennagel ist eine stärkere Blaufärbung an den Enden zu erkennen; jedoch ist die Lösung in der Nähe des Kupferdrahtes rosa gefärbt. Der Eisennagel, der mit einem Magnesiumband umwickelt ist, zeigt ebenfalls eine rosa Färbung. Beim lackierten und Cola-entrosteten Eisennagel ist keine Färbung zu erkennen. Die Zinkplatte ist weißlich verfärbt, wohingegen an den Enden am Nagel eine Rosaverfärbung sichtbar ist. In den rosafarbenen Bereichen kann man zudem aufsteigende Gasbläschen beobachten.

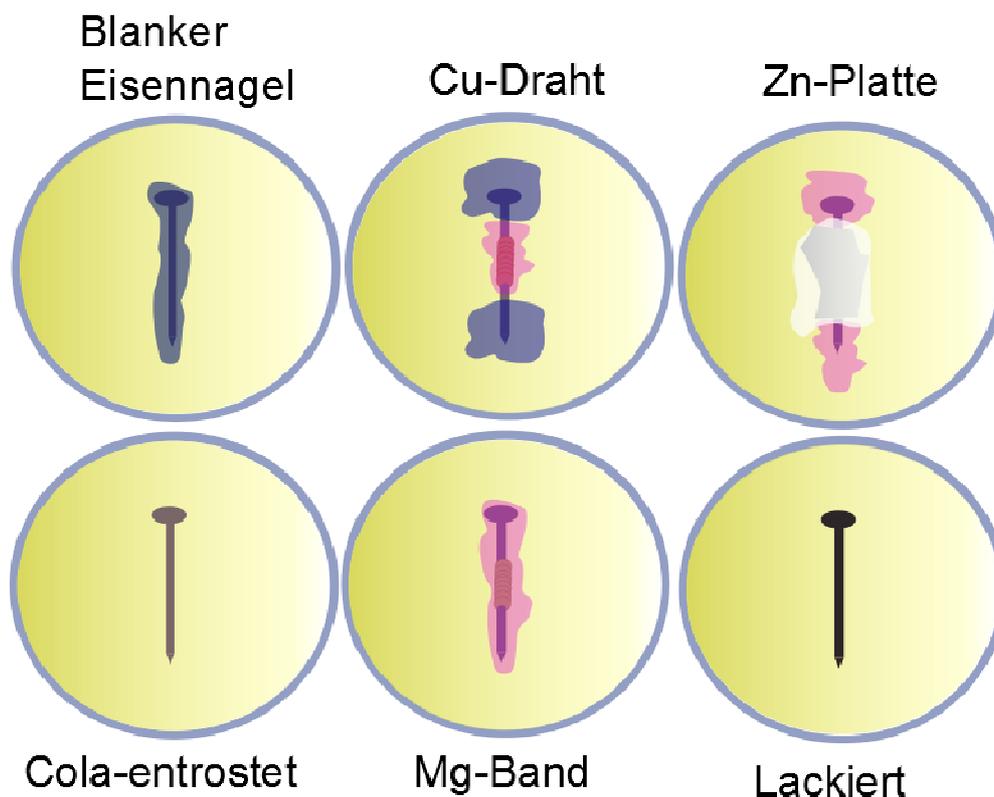
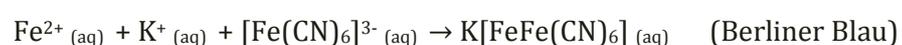
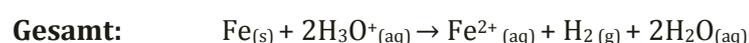
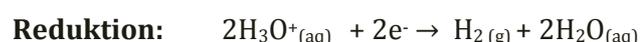


Abb. 2 - Skizze der erstarrten Agar-Lösung in den Petrischalen.

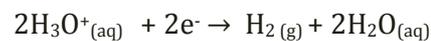
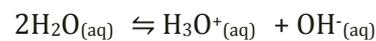
Deutung: Der **blanke Eisennagel** oxidiert und es entstehen Eisen-Ionen, die mit rotem Blutlaugensalz durch die blaue Verfärbung (Berliner Blau) nachgewiesen werden. Der blanken Eisennagel ist somit nicht geschützt vor Rost.



Der **Kupferdraht** bewirkt, dass der Eisennagel noch schneller rostet, was an dem größeren blauen Gebiet deutlich wird. Kupfer ist edler als Eisen, wodurch Eisen zur Opferanode wird. Unedlere Metalle wie **Magnesium**

und Zink bewahren hingegen den Eisennagel vor dem Rosten, da nun sie als Opferanode dienen. Man sieht hier keine Blaufärbung da keine Eisenionen in Lösung gegangen sind. Zudem ist zu erkennen, dass sich weißes Zinkoxid gebildet hat. Beim **lackierten Eisennagel** ist keine Veränderung zu erkennen, der Eisennagel ist somit nicht oxidiert und vor Korrosion sicher. Der mit **Cola** entrostete Nagel wurde nicht nur vom Rost entfernt mittels Zitronen- und Kohlensäure, sondern er wurde durch die enthaltene Phosphorsäure mit einer schützenden Eisenphosphatschicht überzogen.

Das Phenolphthalein verfärbt sich aufgrund des leichten basischen Milieus an der „Kathode“ zart rosa. Das basische Milieu kommt durch die in Lösung gegangenen Elektronen zustande:



Durch das entstehende Wasserstoffgas konnten zudem an der „Kathode“ aufsteigende Gasbläschen beobachtet werden.

Entsorgung: Das erstarrte Agar-Agar wird im Feststoffabfall entsorgt.

Literatur: (Unbekannt; Nordolz 2010; Contatex-Didactic)

3 Schülerversuche

3.1 V 3 – Kathodischer Korrosionsschutz

In diesem Versuch wird gezeigt, dass man Metalle durch Anlegen eines Stroms vor Korrosion schützen kann. Die Schülerinnen und Schüler sollten wissen, dass Strom aus sich bewegenden Ladungen (hier: Elektronen) besteht. Außerdem sollten sie wissen, dass nur dann ein Strom fließen kann, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Die Begriffe Kathode und Anode können in diesem Zusammenhang thematisiert werden, falls sie nicht bereits erlernt worden sind. Falls man den Effekt des kathodischen Korrosionsschutzes durch Reaktionsgleichungen erklären möchte, sollten die Schülerinnen und Schüler zudem wissen, dass bei einer Oxidation Elektronen frei werden.

Gefahrenstoffe

Phenolphthalein

H: 350-341-361f

P: 201-281-308+313



Materialien: Becherglas, Wasserschale, Stativmaterial, 4 Kabel, 4 Krokodilklemmen, eine Batterie, zwei blanke Eisennägel.

Chemikalien: Wasser, Phenolphthalein, Rotes Blutlaugensalz.

Durchführung: Die Wasserschale wird ca. 1-2 cm hoch mit Wasser befüllt. Anschließend werden 2 Spatelspitzen NaCl und 2 Spatelspitzen Kaliumhexacyanoferrat(III) hinzugegeben, sowie ca. 10 Tropfen Phenolphthalein.

Die Kabel werden mit Krokodilklemmen an den beiden Polen der Batterie befestigt. Die Enden der Kabel werden ebenfalls mit Krokodilklemmen verbunden und jeweils ein Eisennagel an ihnen angeklemt. Die Kabel werden zur Stabilisation an Stativen befestigt.

Der Versuch beginnt, wenn die beiden Eisennägel in die Flüssigkeit der Wasserschale eintauchen.

Beobachtung: Ein Eisennagel verfärbt sich in der wässrigen Lösung blau. Der andere Nagel färbt sich leicht rosa und es bilden sich Bläschen an seiner Oberfläche.

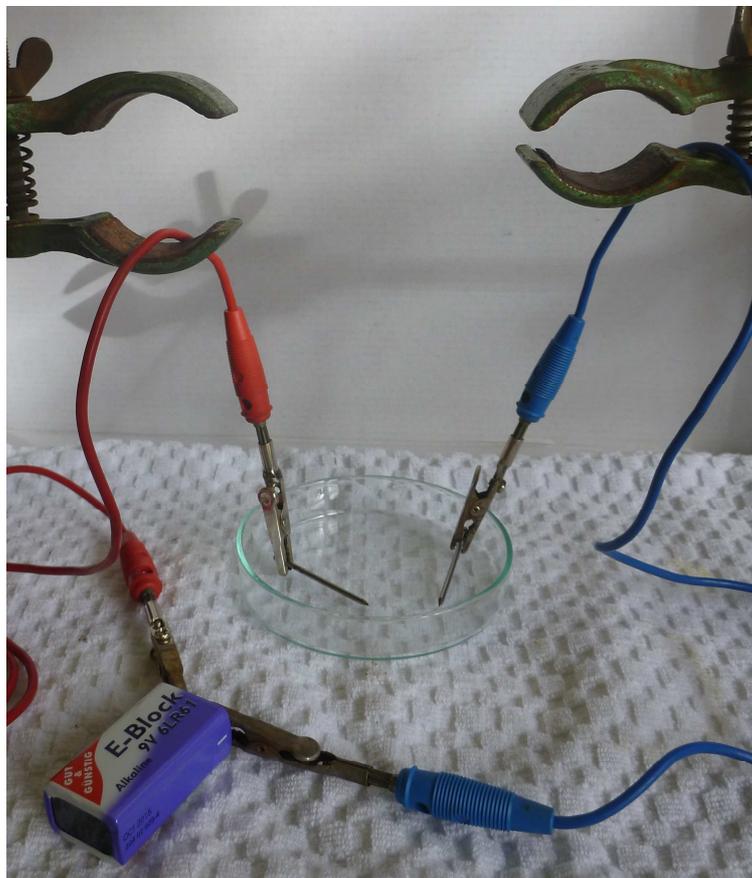


Abb. 3 - Versuchsaufbau.

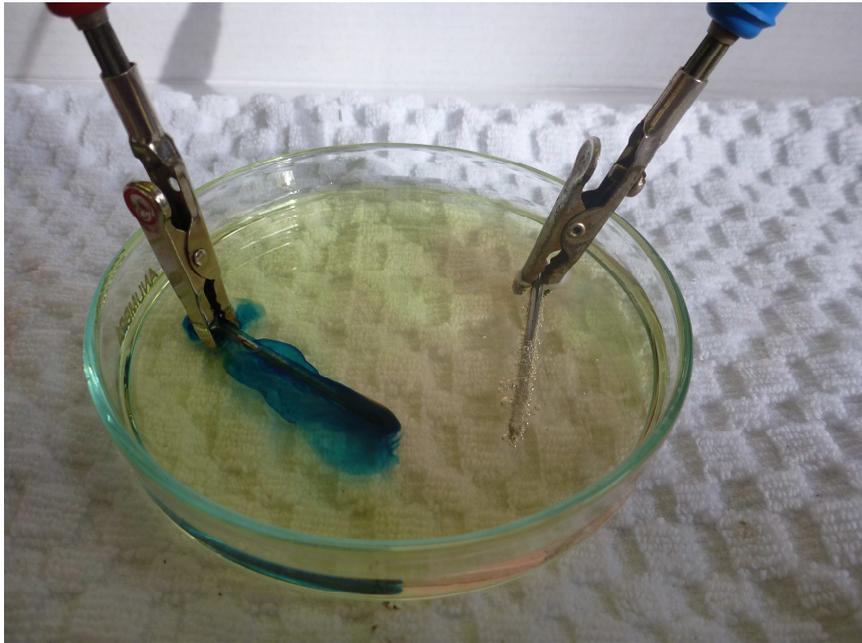
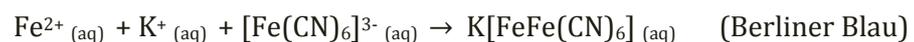
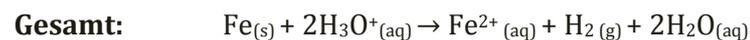
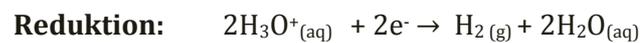


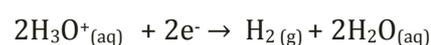
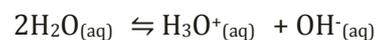
Abb. 4 - Verfärbung der wässrigen Lösung nach dem Stromschluss.

Deutung:

Durch die angelegte Spannung wird ein Eisennagel zur Anode und der andere zur Kathode. An der Kathode gelangen Elektronen in die Lösung, wodurch der Eisennagel geschützt wird, da ihm keine Elektronen entzogen werden und eine Oxidation ausbleibt. Der Nagel wird dadurch nicht rosten. Dem anderen Nagel werden hingegen Elektronen entzogen, wodurch die Oxidation des Eisens noch schneller abläuft. Der Eisennagel, der die Anode bildet, wird dadurch zur Opferanode. Die gebildeten Eisenionen gehen in Lösung und reagieren mit dem roten Blutlaugensalz, wodurch eine starke Blaufärbung entsteht. An der Kathode entsteht Wasserstoffgas.



Das Phenolphthalein verfärbt sich aufgrund des leichten basischen Milieus an der Kathode zart rosa.



Entsorgung: Die Lösung wird im Schwermetall-Behälter entsorgt.

Literatur: (Tausch 2004)

Anmerkungen: Die Lösung sollten am besten von der Lehrkraft hergestellt werden, da die Schülerinnen und Schüler nicht mit unverdünntem Phenolphthalein arbeiten sollten. Alternativ kann das Phenolphthalein auch weggelassen werden.

3.2 V 4 – Entrosten auf pflanzliche Art

In diesem Versuch wird gezeigt, dass die Citronensäure einer Zitrone und die Oxalsäure von Rhabarber zum Entfernen von Rost genutzt werden kann. Die Schülerinnen und Schüler sollten für diesen Versuch mit einer Pipette umgehen können, oder den Umgang mit ihr durch diesen Versuch ohne größere Gefahren durch die hohe Verdünnung erlernen.

Gefahrenstoffe

-

H: -

P: -

Materialien: Becherglas, Erlenmeyerkolben, Filter mit Filterpapier, Mörser und Pistille, Zitronenpresse, Messer, rostiges Blech, Zitrone, einige Rhabarberstangen.

Chemikalien: -

Durchführung: Auf einen verrosteten Blech werden zwei Kreise eingezeichnet und mit der Substanz beschriftet, die an der jeweiligen Stelle zum Einsatz kommt (Zitrone und Rhabarber). Die Zitrone wird mit der Zitronenpresse ausgepresst und der Saft in ein Becherglas gefüllt. Der Rhabarber wird klein geschnitten und in einem Mörser zerdrückt. Der Saft wird abfiltriert. Mit einer Pipette werden wenige Tropfen der Substanzen an den jeweils markierten Stellen aufgetragen. Dann wird ungefähr eine Stunde gewartet. Anschließend werden die Reste mit Wasser abgespült.

Beobachtung: Der Rost ist an den markierten Stellen nicht mehr zu sehen.



Abb. 5 - Utensilien für die Rhabarber-Flüssigkeit.

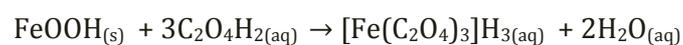


Abb. 6 - Entrostete Blech.

Deutung: Der Rost wird durch die Citronensäure komplexiert. Es entsteht ein Eisen(III)-citrat-hydrid.



Der Rost am Eisennagel wird durch die Oxalsäure des Rhabarbers abgelöst. Es entsteht ein Trioxaltoferrat(III)-hydrid.



Entsorgung: Die Lösungen werden über das Abwasser entsorgt.

Literatur: (Wiechoczek 2010; Otto)

Anmerkungen: Rhabarber besitzt besonders viel Oxalsäure ab Mitte September, wenn man ihn nicht mehr essen sollte und er im Geschäft auch nicht mehr zu erwerben ist.

Entrosten auf pflanzliche Art

Nur wenige Metalle sind wirklich gut vor Rost geschützt. Doch muss es gleich die Chemiekeule sein, mit der wir den Rost bekämpfen wollen? Kann man auch mit einer Zitrone oder mit Rhabarber Rost entfernen? Genau das sollst du in diesem Experiment herausfinden!

Materialien: Becherglas, Erlenmeyerkolben, Filter mit Filterpapier, Mörser und Pistille, Zitronenpresse, Messer, rostiges Blech, Zitrone, einige Rhabarberstangen.

Chemikalien: -

Durchführung: Zeichne auf ein verrostetes Blech zwei Kreise ein und beschrifte sie mit der Substanz, die an der jeweiligen Stelle zum Einsatz kommt (Zitrone und Rhabarber). Presse eine Zitrone mit einer Zitronenpresse aus und fülle den Saft in ein Becherglas. Anschließend schneide den Rhabarber klein und zerdrücke ihn in einem Mörser. Den Saft musst du dann noch abfiltrieren.



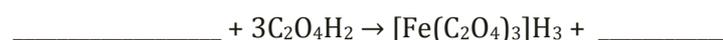
Gib dann mit einer Pipette wenige Tropfen der Substanzen an den jeweils markierten Stellen auf das Blech. Dann musst du ungefähr eine Stunde warten und die Reste mit Wasser abspülen.

Auswertung:

- 1.) Vergleiche die behandelten Stellen mit nicht behandelten Stellen und deute deine Beobachtungen.
- 2.) Angenommen, dass dein Rost aus 1,85g Eisen, 1,07g Sauerstoff und 0,033g Wasserstoff bestand: Wie ist das Atomzahlverhältnis und welche Summenformel hat Rost demnach?
- 3.) Rost reagiert mit Citronensäure ($C_6H_8O_7$) zu einem Eisen(III)-citratohydrid: $Fe(C_6H_5O_7)_2 \cdot H_3O$. Vervollständige die Reaktionsgleichung und achte dabei auf den Erhalt der Atome! Welche weiteren Produkte entstehen? Schreibe anschließend das Reaktionsschema auf.



- 4.) Der Rost am Eisennagel wird durch die Oxalsäure ($C_2O_4H_2$) des Rhabarbers abgelöst. Es entsteht ein Trioxaltoferrat(III)-hydrid. Vervollständige die Reaktionsgleichung:



4 Reflexion des Arbeitsblattes

Das Arbeitsblatt beschäftigt sich mit dem Thema Entrosten. Es kann den Basiskonzepten *Stoff-Teilchen* und *chemische Reaktion* zugeordnet werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten bereits wissen, dass alle Materie aus submikroskopisch kleinen Teilchen aufgebaut ist und sich Teilchen durch chemische Bindungen zu Verbänden zusammenlagern können. Sie sollten bereits in der Lage sein Atomsymbole zu benutzen und konstante Atomzahlverhältnisse in chemischen Verbindungen zu erstellen. Zudem sollten sie wissen, dass nach einer chemischen Reaktion die Ausgangsstoffe nicht mehr vorliegen und gleichzeitig immer neue Stoffe entstehen.

4.1 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

Fachwissen:	Die Schülerinnen und Schüler benennen, dass chemische Reaktionen grundsätzlich umkehrbar sind. (Rosten \rightleftharpoons Entrosten) (Aufgabe 1)
	Die Schülerinnen und Schüler errechnen das Atomzahlverhältnis von Rost und können dadurch dessen Formel nennen. (Aufgabe 2)
	Die Schülerinnen und Schüler vervollständigen die Reaktionsgleichungen unter Berücksichtigung der Erhaltung der Atome. (Aufgabe 3 und 4)
Erkenntnisgewinnung:	Die Schülerinnen und Schüler experimentieren sachgerecht nach Anleitung und beobachten und beschreiben das Experiment (Aufgabe 1).

4.2 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

- 1.) Die behandelten Stellen ähneln anderen rostfreien Stellen. Dies bedeutet, dass der Rost entfernt wurde.
- 2.) Mit $n=m/M$ folgt: $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) : n(\text{H}) \cong 0,033 : 0,067 : 0,033 \cong 1:2:1 \rightarrow \text{FeOOH}$
- 3.) $\text{FeOOH} + 2\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \rightarrow [\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2]\text{H}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
Rost + Citronensäure \rightarrow Eisen(III)-cittrato-hydrid + Wasser
- 4.) $\text{FeOOH} + 3\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 \rightarrow [\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]\text{H}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

5 Literaturverzeichnis

Contatex-Didactic. (2012). http://www.conatex.com/mediapool/versuchsanleitungen/VAD_Chemie_Korrosion.pdf. (Zuletzt abgerufen am 02.10.2012 um 15:46).

Mühlbauer, M., & Buchner, J. (2009). http://www.chemie.uni-regensburg.de/Anorganische_Chemie/Pfitzner/demo/demo_ss07/BSCBRost.pdf. Regensburg.

Nordholz, M., & Herbst-Irmer, R. (2010). *Allgemeine und Anorganische Chemie*. Göttingen: Georg-August-Universität.

Otto, N. (kein Datum). http://www.schule-studium.de/Chemie/Reaktionsgleichung_Rosten_Eisen.html. Niederhorbach: (Zuletzt abgerufen am 02.10.2012 um 18:28).

Tausch, M., & Von Wachtendonk, M. (2004). *Chemie 2000+ Band 2*. Bamberg: Buchners Verlag.

Unbekannt. (kein Datum). www.experimentalchemie.de/versuch-033.htm. (Zuletzt abgerufen am 02.10.2012 um 15:47).

Wiehoczek, D. (2010). http://www.chemieunterricht.de/dc2/citrone/c_v16.htm. (Zuletzt abgerufen am 02.10.2012 um 17:54).