

## MUSTERLÖSUNGEN

### DECHEMAX-Schülerwettbewerb 2016/2017

**Wir können eure Protokolle nicht zurückschicken und können euch auch im Einzelnen keine Auskunft zur Korrektur geben.**



Alle Rechte an den eingesandten Lösungen gehen an die DECHEMA e.V. über, das schließt auch die Texte und Abbildungen ein, die von der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. uneingeschränkt verwendet und zitiert werden können. Die DECHEMA e. V. kann über die eingesandten Lösungen frei verfügen und insbesondere über deren Aufbewahrung oder Vernichtung nach der Auswertung frei entscheiden.

Bitte beachtet auch:

Die **Muster**lösungen erläutern nur recht knapp die richtigen Antworten. Wenn ihr also in etwa das geschrieben habt, was hier steht, heißt das deshalb noch nicht, dass ihr ein Anrecht auf einen Preis habt.



Wir danken an dieser Stelle ganz besonders den KjVIs, die den Versuch „rostende Schiffe“ für den Wettbewerb konzipiert und bereitgestellt haben!

## Teil A Was ist los im Meerwasser?

### 1. Verschollen im Bermuda-Dreieck

Manch einem ist vielleicht das mysteriöse Bermuda-Dreieck ein Begriff. Dort, in einem Gebiet zwischen Florida, der Karibik und den Bermuda-Inseln, sollen zahlreiche Schiffe (und Flugzeuge) auf unerklärliche Art „verschwunden“ sein. Wir wollen das Bermuda-Dreieck im Versuch simulieren:

#### Material:

- Ein Kronkorken
- Eine kleine Schüssel mit Wasser
- 2 bis 3 Strohhalme

#### Vorgehensweise:

Legt den Kronkorken so in eine Schüssel mit Wasser, dass er wie ein Schiff schwimmt. Mit 2 bis 3 Strohhalmem bläst man Luft direkt unter dem Boot in das Wasser.

#### Fragen:

- a) Warum versinkt das intakte unbeschädigte ‚Boot‘ im sprudelnden Wasser?

Der Kronkorken schwimmt nach dem archimedischen Prinzip (Auftriebskraft ist größer als die Gewichtskraft) auf der Wasseroberfläche. Sobald Luft unterhalb des Bootes eingeleitet wird, verringert sich die Dichte des Wassers (bzw. des Luft-Wasser-Gemisches) an dieser Stelle. Dadurch ist die Gewichtskraft des Kronkorkens größer als die Auftriebskraft des Luft-Wasser-Gemisches, sodass der Kronkorken untergeht. Tatsächlich gibt es Spekulationen darüber, ob auf diese Weise Schiffe verunglückt sind, die man „auf mysteriöse Weise verschollen“ glaubte. Im Bermudadreieck lagern Methanhydrate auf dem Meeresboden. Durch mechanische Störungen (z.B. Seebeben) können sich die Methanhydrate vom Meeresboden lösen. Beim Aufsteigen zersetzen sie sich in Methangas und Wasser. Das aufsteigende Methan wirkt an der Wasseroberfläche wie die eingeleitete Luft im Experiment. Dies könnte eine Erklärung für das ‚Verschwinden‘ von Booten im Bermudadreieck sein.

- b) Wie müsste ein Boot konstruiert sein, damit es auch unter diesen Bedingungen schwimmt?

Ein solches Boot müsste erheblich leichter sein, so dass das verdrängte Volumen kleiner als das Volumen des Bootes ist. Das Boot sollte abgeschlossene Hohlräume

(z.B. U-Boot) besitzen, damit es, selbst wenn es untergeht oder Wasser eindringt, wieder aufsteigen kann.

- c) Warum ist zum Beispiel der Plastikverschluss einer PET-Flasche im Gegensatz zum Kronkorken nicht für diesen Versuch geeignet?

Der Plastikverschluss einer PET-Flasche besteht meist aus Polypropylen (PP). Dieses hat eine geringere Dichte als Wasser, wodurch der Deckel praktisch nicht sinken kann. Selbst wenn dieser vollständig mit Wasser gefüllt ist, ist die mittlere Dichte geringer als die des Wassers. Aus diesem Grund taucht er wieder auf, auch wenn man den Deckel unter Wasser drückt.

## 2. Wie Kolumbus nach Amerika kam

### Material

- Blaue Tinte
- Salz
- Ein Glas
- Ein Becherglas / Behälter aus dem man gut ausgießen kann

### Vorgehensweise:

- Stellt eine gesättigte Salzlösung her und färbt diese anschließend mit Tinte (spart nicht an der Tinte, die Lösung sollte ordentlich dunkel sein). Das Glas wird gut halbvoll mit Wasser gefüllt. Das gefärbte Salzasser wird vorsichtig von der Seite dazu gegossen.
- Nehmt etwas Wasser (etwa so viel, wie man zur Herstellung eines Eiswürfels benötigt) und färbt dieses mit Tinte ein. Stellt das gefärbte Wasser ins Gefrierfach. Füllt ein (hohes) Glas mit Wasser und legt den farbigen Eiswürfel hinein.

### Fragen:

- Wo fließt stark salzhaltiges Wasser entlang?



Wird das salzhaltige Wasser vorsichtig zu Süßwasser geschüttet, sinkt das Salzwasser aufgrund seiner höheren Dichte zu Boden. Dies kann durch vorheriges Einfärben einer der beiden Flüssigkeiten sichtbar gemacht werden.

- Wo fließt das kalte Wasser von dem Eisblock entlang?

Der gefärbte Eiswürfel schwimmt zunächst auf der Wasseroberfläche. Eis hat eine geringere Dichte als Wasser bei Raumtemperatur. Beim Schmelzen des Eiswürfels bilden sich farbige Schlieren, die nach unten sinken. Dies ist dadurch zu erklären, dass kaltes Wasser eine größere Dichte als warmes hat (Bei 4°C besitzt Wasser seine höchste Dichte – „Dichteanomalie des Wassers“). Nach längerer Zeit erhält man durch Diffusion eine vollständig gefärbte Lösung, d.h. wir erhalten eine einheitliche Temperatur- und Dichteverteilung.

- c) Was haben diese Beobachtungen mit den Meeresströmungen zu tun?

Kaltes und salziges Wasser sinkt nach unten. Wir haben modellhaft die thermohaline Zirkulation der Ozeane nachgestellt. In der Nähe der Pole gefriert Wasser. Da das im Meerwasser enthaltene Salz nicht mitgefriert, bleibt es im umliegenden Wasser zurück und erhöht damit dessen Salzgehalt. Das kalte, salzhaltige Wasser sinkt auf den Meeresgrund, wodurch an der Oberfläche Wasser aus wärmeren Gebieten nachströmt. Das warme Wasser kühlt sich erneut an den Polen ab, das kalte salzhaltige fließt am Meeresgrund auf Grund des Konzentrationsgefälles Richtung Süden und erwärmt sich dort. Auf diese Weise entstehen Meeresströmungen, die einst sogar für die Seefahrt wichtig waren. Heute kennt man vor allem den Golfstrom, der so heißt, weil das Wasser, das zum Nordpol strömt und dort absinkt, aus dem Golf von Mexiko stammt. Das warme Wasser aus dem Golf von Mexiko bewirkt, dass es für unsere Breiten in Westeuropa recht warm ist.

- d) Beschreibt, wie ihr die gesättigte Lösung hergestellt habt. Müsst ihr dazu etwas rechnen oder nachschlagen? Oder geht es auch einfacher?

Eine Lösung ist dann mit Kochsalz gesättigt, wenn in ihr so viel Kochsalz gelöst ist, dass einfach nicht mehr Salz gelöst werden kann. Überschüssiges Salz wird sich deshalb einfach am Boden des Gefäßes absetzen. Man braucht also einfach immer weiter Salz zuzugeben und so lange zu rühren, bis man nicht mehr alles lösen kann. Die Salzlösung kann dann einfach abdekantiert werden. Rechnen ist also nicht nötig



### 3. Wenn die Ozeane sauer werden...

Schon in der ersten Runde des Wettbewerbes musstet ihr euch darüber Gedanken machen, was es für Auswirkungen auf die Meere hat, wenn immer mehr CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre ist. Was da genau passiert, wollen wir uns in ein paar Versuchen genauer anschauen.

Anmerkung: Vielleicht fragt ihr euch, warum wir destilliertes Wasser verwenden statt Salz- oder Meerwasser. Spezielles Salz für die Herstellung von Meerwasser kann man schließlich in der Zoohandlung bekommen. Allerdings üben die im Meerwasser gelösten Stoffe eine Pufferfunktion aus, so dass die Effekte in den Versuchen ein wenig „ausgebremst“ werden.

#### I) Was macht das CO<sub>2</sub> mit dem Wasser?

##### Material

- Blaue Tinte (es muss eine sein, die mit einem Tintenkiller entfernbar ist)
- Eine Muschel (vom letzten Strandurlaub oder aus der Zoo- oder Dekohandlung)
- 2 Gläser, möglichst hochwandig
- Ein Gefäß für ein Wasserbad
- Strohhalm
- Destilliertes Wasser (zum Beispiel aus dem Wäschetrockner)

##### Vorgehensweise

*[Ein kleiner Tipp für diese Versuchsreihe: Nehmt gleich mehrere Gläser oder eine größere Menge „Tintenwasser“, das ihr über Nacht mit einer Muschel stehen lasst. Ihr braucht es mehrere Male.]*

Nehmt eines der Gläser, füllt es mit destilliertem Wasser und gebt so viel Tinte hinzu, dass eine deutliche Blaufärbung gerade gut zu sehen ist. Ein bis zwei Tropfen sollten auf jeden Fall genügen – eher weniger. Legt eine Muschel in das Glas und lasst alles über Nacht stehen.

Am nächsten Tag teilt ihr die Flüssigkeit gleichmäßig auf 2 Gläser auf (entfernt die Muschel). Nehmt nun einen Strohhalm und pustet damit mehrere Sekunden (min 20) in die Flüssigkeit in dem einen Glas, so dass es ordentlich blubbert. Lasst danach alles wenige Minuten stehen.

Nehmt das Glas, in das ihr gepustet habt, und legt die Muschel wieder hinein. Wartet wieder über Nacht und beschreibt, was passiert.

##### Fragen

- a) Was beobachtet ihr? Könnt ihr erklären, was passiert?

Am nächsten Tag hat sich das „Tintenwasser“ entfärbt. Der Grund dafür ist die Muschel, durch deren Kalk, der sich teilweise im Wasser löst, das Wasser basischer

wird. Bei diesem pH-Wert entfärbt sich die Tinte. Das ist übrigens genau das, was auch der Tintenkiller macht.

- b) Im Gegensatz zum vorhergehenden Versuch sollt ihr hier mit der Tinte sparsam umgehen. Warum? Welche Funktion übt die Tinte hier aus?

Die Tinte ist im Prinzip ein Indikator. Je nachdem, welcher pH-Wert im Wasser herrscht, ist sie blau oder farblos. Sie zeigt also an, welcher pH-Wert im Wasser herrscht. Während ihr im vorhergehenden Versuch („Kolumbus-Versuch“) die Tinte benutzt habt, um das Wasser einzufärben, damit ihr die Strömung beobachten könnt (dazu braucht mal viel Tinte, damit man den Vorgang deutlich sehen kann), wird ein Säure-Base-Indikator immer nur in kleinen Mengen zugegeben, da der Indikator selbst mit Säuren oder Basen reagiert. Bei zu viel Tinte hätte die Muschel also deutlich mehr zu tun gehabt.

- c) Da das ein Experiment zur Versauerung der Ozeane ist, müssen wir nun die Verbindungen dazu suchen.

Welche Funktion übt die Muschel – in unserem Glas und im Meer - aus?

Sie macht das Meerwasser basischer.

- d) Was passiert, wenn man in die Flüssigkeit pustet? Was hat das mit der Versauerung des Meeres zu tun?



In unserer Atemluft ist  $\text{CO}_2$  gelöst. Dieses  $\text{CO}_2$  löst sich durch das Pusten mit dem Strohhalm im Wasser. Kohlendioxid reagiert mit dem Wasser als Säure (Kohlendioxid und Wasser reagieren zu Kohlensäure). Somit wird das Wasser wieder saurer und die Tinte wieder blau. Die Versauerung des Meeres kommt ebenfalls durch das viele  $\text{CO}_2$  zustande, das, Dank menschlicher Mithilfe, in immer größeren Konzentrationen in der Atmosphäre gelöst ist. (Aber das kennt ihr ja bereits aus der ersten Runde...)

- e) Was könnt ihr sehen, wenn ihr die beiden Gläser vergleicht?

In dem Glas, in das hineingepustet wurde, ist nun eine deutliche Blaufärbung zu sehen.

- f) Und zum letzten Teil: Was heißt das für die Muscheln (und andere kalkhaltige Organismen) im Ozean?

Bei immer mehr  $\text{CO}_2$  im Wasser geben die Muscheln immer mehr Kalk ins Wasser ab. Das geht den kalkhaltigen Organismen auf Dauer an die Substanz – sie lösen sich auf.

	Angefärbtes Wasser, bevor die Muschel hineingelegt wurde
	Wasser nachdem die Muschel über Nacht dargelegt hat.
	Nach dem Pusten mit dem Strohhalm färbt sich das Wasser langsam wieder blau.

## II) Wo Wasser und Luft aufeinandertreffen

In Meer gibt es ständig einen  $\text{CO}_2$ -Austausch zwischen der Luft und der Wasseroberfläche. Hier wird  $\text{CO}_2$  vom Wasser aufgenommen oder wieder abgegeben. In welche Richtung die Vorgänge ablaufen, hängt z.B. von der Temperatur (in Luft und Wasser) ab oder davon, wo wie viel  $\text{CO}_2$  schon vorhanden ist. Durch verschiedene Vorgänge im Meer (s. „Kolumbus-Versuche“) kann das  $\text{CO}_2$  dann in tiefere Schichten transportiert werden. Dann spricht man vom Meer als sogenannte Kohlenstoffsénke (s. Frage der Woche Nr. 3).



### Material

- Blaue Tinte
- Eine Muschel (vom letzten Strandurlaub)
- Backpulver
- Essigessenz
- 2 hochwandige Gläser und eine Abdeckung

### Vorgehensweise

Falls ihr nicht noch vom ersten Versuch übrig habt, nehmt eines der Gläser, füllt es etwa zur Hälfte mit destilliertem Wasser und gebt so viel Tinte hinzu, dass eine deutliche Blaufärbung gerade gut zu sehen ist. Ein bis zwei Tropfen sollten auf jeden Fall genügen – eher weniger. Legt eine Muschel in das Glas und lasst alles über Nacht stehen.

Am nächsten Tag nehmt ihr das zweite Glas und füllt ein wenig Backpulver hinein. Dann schüttet ihr darauf ein bis zwei Teelöffel Essigessenz (Vorsicht! Schäumt stark). Deckt dieses Glas zunächst für wenige Minuten ab (nicht fest verschließen, da sonst Druck entsteht!). Entfernt aus dem ersten Glas die Muschel. Nehmt nun das Glas mit dem Backpulver und kippt es über dem Tintenwasserglas aus, aber nur so weit, dass keine Flüssigkeit mit auskippt. (Das sieht es wenig nach Zauberei aus, aber es passiert wirklich etwas). Deckt nun das andere Glas ab und beobachtet, was passiert.

### Fragen

- a) Was passiert, chemisch gesehen, wenn ihr Backpulver mit Essigessenz zusammenkippt? Warum schäumt es so?

Backpulver (Natriumhydrogencarbonat) reagiert mit (Essig)säure zu Natriumacetat, Kohlendioxid und Wasser. Das gasförmige, entweichende Kohlendioxid verursacht das Schäumen.



- b) Was kippt ihr da in das andere Glas?

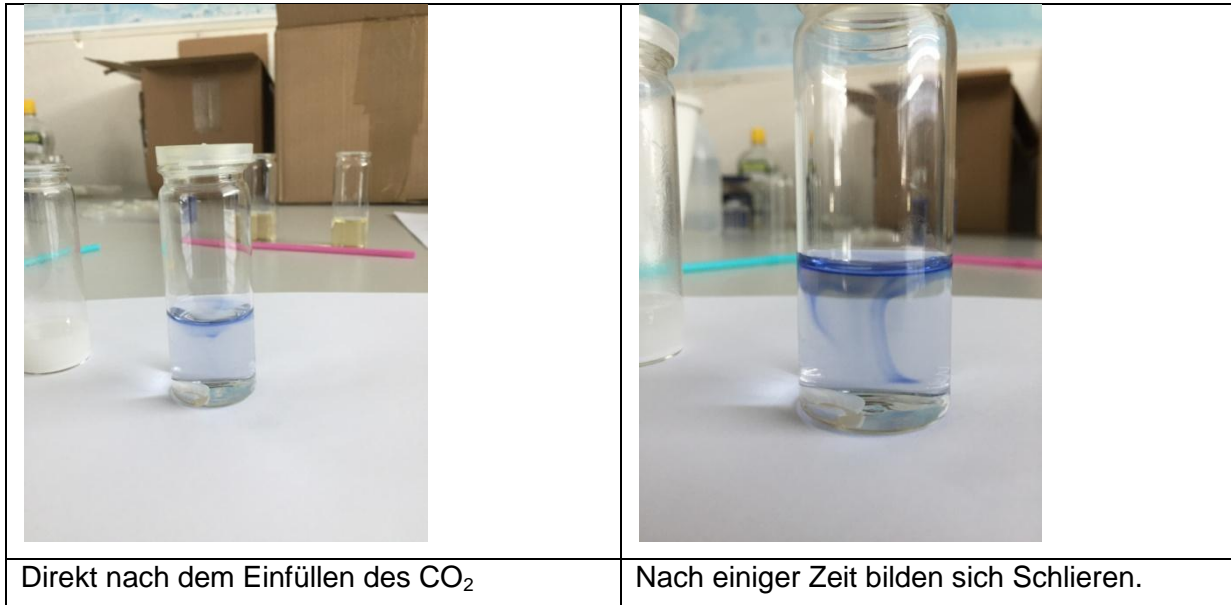
Das gasförmige  $\text{CO}_2$  entweicht zwar aus dem Reaktionsgemisch, es ist aber schwerer als die Luft. Da wir ein Glas mit hoher Wand verwendet haben, bleibt es daher im Glas. Wenn wir dieses kippen, fließt das schwere, farblose Gas in das Glas mit dem Tintenwasser.

- c) Was beobachtet ihr direkt nach dem Einkippen und nach einiger Zeit? Erklärt eure Beobachtungen.

Nach einiger Zeit sieht man, dass das Tintenwasser an der Oberfläche blau wird. Erst nach einiger Zeit bilden sich blaue Schlieren, die nach unten sinken. Die Durchmischung beginnt.

d) Könnt ihr anhand dieses Versuches erklären, was im Ozean passiert?

Auch im Ozean (und anderen Gewässern) ist das Kohlendioxid zunächst nur in den oberen Wasserschichten gelöst. Man spricht von Oberflächenversauerung.



### III) Wann hat das Meer zu viel?

#### Material

- Vitamin-Brausetabletten
- Ein Babyfläschchen mit Skala (ihr könnt auch ein zylinderförmiges Glas nehmen, an dem ihr mit einem Edding die Mess-Stände eintragt)
- Einen kleinen Trichter
- Eine größere Wasserschüssel

#### Vorgehensweise

Füllt zunächst das Fläschchen bis zum Überlauf mit Wasser. Deckt es nun mit der Hand dicht ab, dreht es über der mit Wasser gefüllten Schüssel um und stellt es so hinein, dass es bis oben hin mit Wasser gefüllt bleibt. Platziert nun den Trichter umgedreht unter das Fläschchen. Legt eine Brausetablette unter den Trichter und wartet, bis sie sich aufgelöst hat. Lest an der Skala ab, wie viel Gas im Fläschchen ist bzw. wie viel Wasser verdrängt wurde.

Legt nun eine zweite Brausetablette unter den Trichter und wartet wieder, bis diese vollständig aufgelöst ist. Lest ab, wie viel Wasser insgesamt verdrängt wurde.

Wiederholt den Versuch, indem ihr sehr kaltes oder heißes Wasser in den Kolben füllt. (Achtung! Damit ihr euch am heißen Wasser nicht verbrennt, deckt den Kolben z. B. mit einem

Marmeladenglasdeckel statt mit der Hand ab. Tragt am besten Haushaltshandschuhe für zusätzlichen Schutz)

Tragt alle Mess-Ergebnisse in eine Tabelle ein und vergleicht sie.

### Fragen

- a) Was fällt auf, wenn ihr die Messwerte nach der ersten und der zweiten Tablette ablest?

Nach dem Auflösen der ersten Brausetablette wurde viel weniger Wasser verdrängt, als nach dem Auflösen der zweiten.

- b) Wieso ist das so?



Das Kohlendioxid aus der ersten Brausetablette wurde zunächst im Wasser gelöst. Erst, als so viel Kohlendioxid im Wasser gelöst war, dass kein weiteres sich mehr darin lösen konnte, gaste es aus und verdrängte das Wasser. Beim Auflösen der zweiten Brausetablette wurde dann nur noch Wasser verdrängt, weil sich in dem gesättigten Wasser kein  $\text{CO}_2$  mehr lösen konnte.

- c) Welchen Einfluss hat die Wassertemperatur?

In kälterem Wasser kann sich mehr  $\text{CO}_2$  lösen, als in warmem. Deshalb wurde bei dem Versuch mit warmem/heißem Wasser mehr Wasser aus dem Fläschchen verdrängt.

- d) Wo wird demnach mehr  $\text{CO}_2$  vom Ozean aufgenommen? Vor der Küste Grönlands oder in der Karibik?

Entsprechend wird vor der Küste Grönlands, wo das Wasser kälter ist, mehr  $\text{CO}_2$  aufgenommen als in der Karibik.

	
<p>Nach dem Auflösen der ersten Brausetablette wurden etwa 50 ml Wasser verdrängt.</p>	<p>Nach dem Auflösen der zweiten Tablette waren es über 200 ml.</p>

## Teil B: Rostende Schiffe

### Einführung

Waren aus aller Welt werden über die Ozeane per Schiff zu uns gebracht: Elektronik aus China, Weizen aus den USA, Kaffee aus Südamerika und Südostasien.

Die Schiffe müssen Wind und Wetter und vor allem auch dem Meerwasser trotzen. Besonders der ständige Kontakt zum Salzwasser ist eine Herausforderung, denn Salz ist zwar einerseits ein Konservierungsstoff, andererseits greift es auch die stählerne Hülle der Schiffe an.

Man kann die Stahlhaut schützen, indem man sie lackiert. Der Lack ist nicht wasserdurchlässig und schützt den Stahl daher vor dem aggressiven Salzwasser. Das funktioniert jedoch nur, solange die Lackschicht absolut unversehrt ist. Es passiert aber schnell, dass es mal eine kleine Schramme gibt.

Deshalb haben Schiffe eine sogenannte „Opferanode“, damit auch offene Stellen nicht gleich rosten. Stattdessen beginnt die Korrosion an der Opferanode und setzt sich erst am Stahl fort, wenn die Anode bereits korrodiert ist.

Im folgenden Experiment wird deutlich, wie schnell Eisen im Salzwasser rostet und wie eine Opferanode den Korrosionsprozess eine Zeit lang aufhält.

### Material

1. Messkolben/-becher 500 ml
2. Vier Bechergläser oder Wassergläser
3. Drei Eisennägel
4. Ein (alter) Teelöffel aus Edelstahl
5. Magnesiumband oder Anspitzer aus Magnesium
6. Schleifpapier
7. Vaseline oder Lackfarbe/Nagellack
8. Ethanol oder Desinfektionsmittel zum Entfetten
9. Stativ und Stativklammern
10. Ein Messkabel (Kupferdraht) mit Krokodilklemmen

### Vorgehensweise

1. 3.5%-ige Kochsalzlösung herstellen:  
In einem 500 ml Messkolben werden  $(17.5 \pm 0.5)$  g NaCl (Kochsalz) eingewogen, mit Wasser gelöst und bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt. Verteile die Lösung gleichmäßig auf die vier Bechergläser.
2. Entfette zwei Nägel gründlich mit etwas Ethanol/Haushaltsdesinfektionsmittel. Schleife einen Nagel und das Magnesiumband/den Magnesiumanspitzer etwas an und verbinde die beiden Teile an den angeschliffenen Stellen über das Messkabel.
3. Montiere den Nagel und das Magnesiumband so an einem Stativ, dass die beiden Metalle in ein Becherglas mit Kochsalzlösung eintauchen, die Klemmen und der Kupferdraht jedoch nicht. Achte dabei darauf, dass die elektrische Verbindung bestehen bleibt.

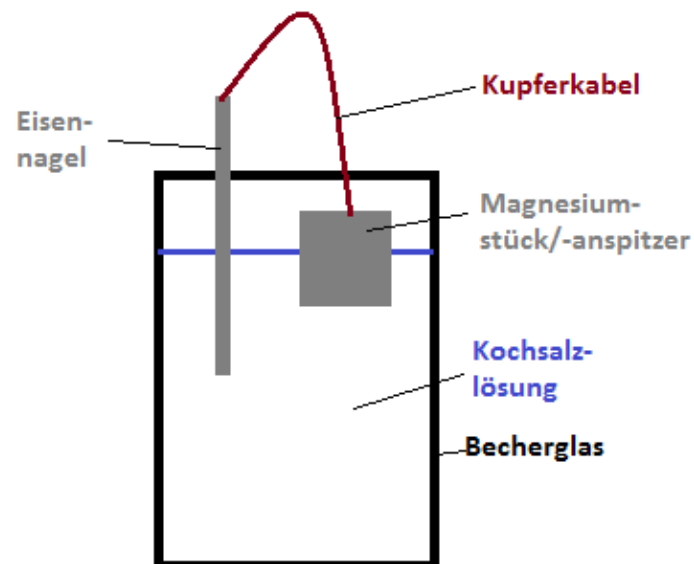


Abbildung 1: schematischer Versuchsaufbau Becherglas 1 (Eisenstück mit Magnesium-Opferanode)

4. Lege den zweiten Nagel in das zweite Becherglas mit Salzwasser.
5. Nimm denn dritten Nagel und lackiere ihn vollständig z.B. mit Nagellack. Alternativ kannst Du ihn mit einem zähen Fett, z.B. Vaseline, komplett einreiben. Lege den Nagel anschließend in das dritte Becherglas mit Salzwasser.
6. Entfette den Edelstahlöffel und leg ihn in das vierte Becherglas mit Salzwasser.
7. Beobachte die vier Bechergläser nach einigen Tagen. Dokumentiere (Beschreibung, Fotos) deine Versuchsergebnisse.

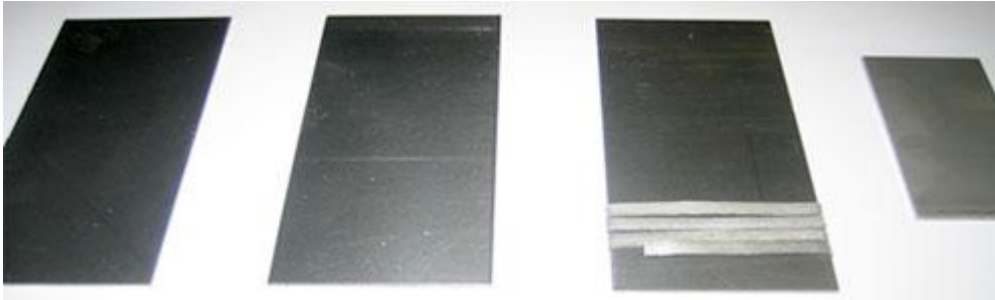


Abbildung 2: Vorbereitete Metallprobekörper,  
von links nach rechts: 1. Stahl (Vergleichsstück, wird nicht eingetaucht)  
2. Stahl 3. Stahl mit Magnesiumband 4. Edelstahl



Abbildung 3: Gasentwicklung am Magnesiumband

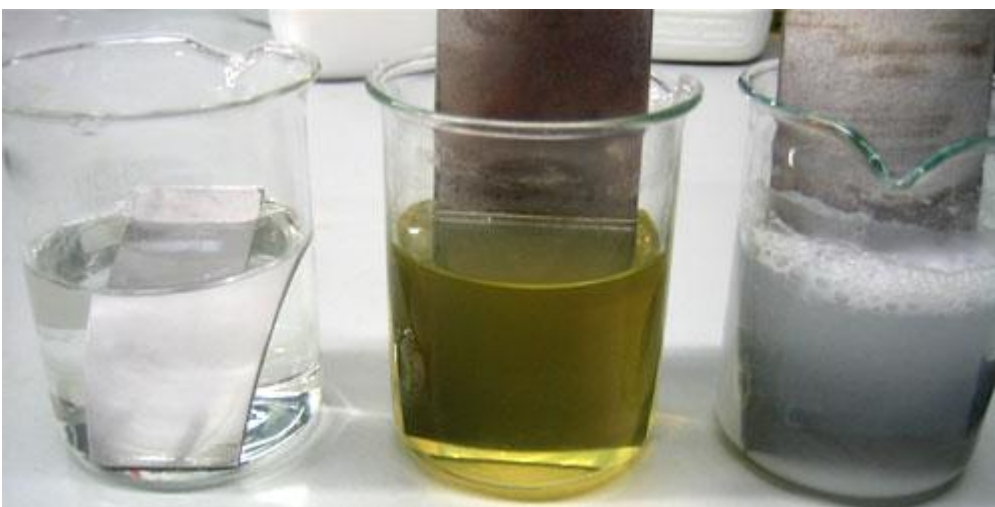


Abbildung 4: Metallprobekörper nach einer Stunde im Salzwasser.  
Von links nach rechts: 1. Edelstahl 2. Stahl 3. Stahl mit Magnesiumband



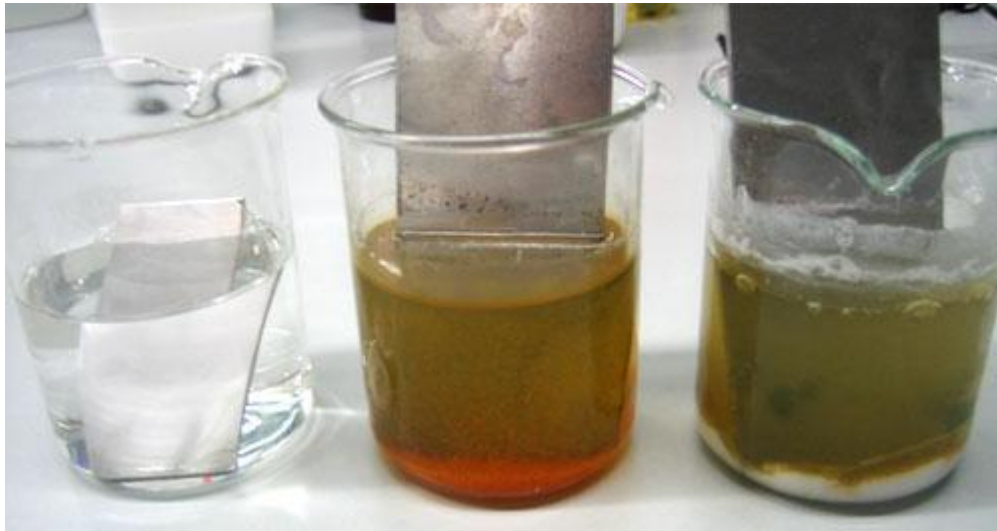


Abbildung 5: Metallprobekörper nach 20 Stunden im Salzwasser.  
Von links nach rechts: 1. Edelstahl 2. Stahl 3. Stahl mit Magnesiumband



Abbildung 6: Probenkörper nach 20 Stunden im Salzwasser.  
Von links nach rechts: 1. Edelstahl, 2. Stahl, 3. Stahl mit Magnesiumband,  
4. Reste des Magnesiumbandes, 5. Vergleichsprobe

### Fragen

1. Warum korrodiert der einzelne Nagel im Salzwasser?

Der im Wasser gelöste Sauerstoff geht mit dem Eisen eine sogenannte Redoxreaktion ein. Bei dieser gibt ein Reaktionspartner Elektronen ab (**Oxidation**), der andere Partner nimmt diese auf (**Reduktion**). Der Partner mit dem geringeren

Standardelektrodenpotential gibt Elektronen ab.

Nach der elektrochemischen Spannungsreihe hat das Eisen ein geringeres Standardelektrodenpotential als der Sauerstoff (siehe Tabelle unten). In der stattfindenden Redoxreaktion wird das Eisen demnach durch den Sauerstoff oxidiert, während der Sauerstoff selbst reduziert wird. Der Sauerstoff fungiert also als Oxidationsmittel.

Das gelöste Kochsalz löst sich im Wasser und bildet Ionen. Diese Salzionen beschleunigen das Rosten, da sie die Leitfähigkeit des Wassers erhöhen und so den Elektronentransport begünstigen. Das Meer, in dem recht viele Salze gelöst sind, wirkt folglich stark korrosiv – ein Problem für metallische Werkstoffe. Für jedes meerestaugliche Schiff ist ein Korrosionsschutz somit unabdingbar, um eine sichere Fahrt zu gewährleisten.

<i>Reaktion</i>	<i>Standardpotential</i>
$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^{-}$	-0,41 V
$4 OH^{-} \rightleftharpoons O_2 + 2 H_2O + 4e^{-}$	0,40 V

2. Warum schützt das Fett bzw. der Lack den Nagel?

Das Fett bzw. der Lack bildet eine sogenannte passive Korrosionsschutzschicht aus. Der für die Redoxreaktion erforderliche Kontakt zwischen Metall und Sauerstoff/Wasser wird unterbunden.

Dies ist gerade für Bauteile, bei denen kein Abkratzen der Lackierung zu erwarten ist, eine sehr preiswerte Variante des Korrosionsschutzes. So zum Beispiel für Autos oder Boote.

3. Welches Gas steigt am Magnesiumband auf?

Es handelt sich um molekularen Wasserstoff.



4. Warum rostet der Edelstahlöffel kaum?

Bei rostfreiem Edelstahl handelt es sich nicht um reines Eisen, sondern um eine Eisenlegierung. Meistens sorgt ein erhöhter Chromanteil für den gewünschten Effekt der Rostfreiheit. Das im Eisen gelöste Chrom bildet an der Oberfläche des Löffels eine Schicht aus Chromoxid aus. Ähnlich zur Fett- oder Lackschicht schützt diese den Löffel vor Korrosion. Anders als bei einer Lackbeschichtung bildet sich die Schutzschicht stets nach, falls die Oberfläche durch zum Beispiel tiefe Kratzer beschädigt werden sollte. Gerade letztere Eigenschaft ist für Gebrauchsgegenstände wie Besteck oder Werkzeug von großer Bedeutung, da hier mit Beschädigungen der Oberfläche zu rechnen ist. Das „Nachwachsen“ der Schutzschicht wird jedoch durch einen stark erhöhten Materialpreis



gegenüber herkömmlichem Stahl eingekauft.

5. Warum korrodiert der mit dem Magnesiumstück verbundene Nagel nicht? Warum korrodiert zuerst das Magnesium?

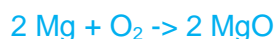
Der verbundene Nagel wird durch das Magnesium vor Korrosion geschützt.

Magnesium ist ein unedleres Metall als Eisen. Das heißt es hat ein geringeres bzw. negativeres Standardelektronenpotential. Das Magnesium ist somit „gewillter“ seine Elektronen abzugeben, als das Eisen. Ohne Magnesium würde das Eisen seine Elektronen an den im Wasser gelösten Sauerstoff abgeben und hierdurch oxidiert werden. Ist das Eisen jedoch elektrisch mit dem Magnesiumstück verbunden, so fließen Elektronen aus dem Magnesium in das Eisen und werden dort Anstelle der Elektronen des Eisens an den Sauerstoff abgegeben. Hierbei wird das Magnesium oxidiert (Oxidation = Abgabe von Elektronen). Da das Magnesium oxidiert, um das Eisen vor Oxidation zu schützen, spricht man von einer Opferanode. Opferanoden müssen nach einer Weile ausgetauscht werden, sobald sie zu stark oxidiert sind.

Gerade für große Bauteile wie z.B. Schienen, welche aufgrund ihrer Belastung nicht durch Lack geschützt werden können, stellt der Korrosionsschutz durch eine Opferanode eine kostengünstige Alternative zur Verwendung eines rostfreien Edelstahls dar. Schiffe werden neben der Lackschicht ebenfalls durch Opferanoden geschützt. Durch den doppelten Schutz wird gewährleistet, dass das Schiff selbst nach Beschädigung der Lackschicht nicht anfängt zu rosten.

6. Was ist der weiße Belag auf dem Magnesium?

Bei dem weißen Belag handelt es sich um Magnesiumoxid bzw. „Magnesiumrost“.



7. Kann man auch ein Magnesiumstück auf diesem Weg vor Korrosion schützen? Welche Anforderungen muss eine Opferanode zum Schutz eines Magnesiumbauteils erfüllen? Welches Metall kommt dafür in Frage?

Ja, auch das Magnesium kann durch eine Opferanode vor Korrosion geschützt werden. Wichtig ist, dass das Magnesium mit der Opferanode elektrisch verbunden ist. Zudem muss es sich bei der Opferanode um ein Metall handeln, welches ein geringeres bzw. negativeres Standardelektrodenpotential aufweist, als das Magnesium (-2,36V). Hierfür kommt beispielsweise Calcium (-2,87V) in Frage.

Weitere mögliche Metalle sind z.B.: Natrium, Strontium, Kalium, Lithium.

(Achtung! Alkalimetalle reagieren sehr stark mit Wasser!)

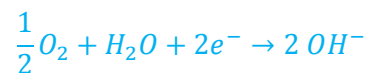
Lässt sich kein geeignetes Material finden (Kostengründe, Sicherheitsrisiko, usw.) kann der Korrosion auch mit einer sogenannten Fremdstromanode entgegengewirkt werden. Hierbei ersetzt eine künstlich generierte elektrische Spannung die Opferanode.

8. Stelle die Reaktionsgleichung für die Anodenreaktion, die Kathodenreaktion und die Gesamtreaktion auf für das Eisenstück, das mit dem Magnesiumstück im Salzwasser verbunden ist.

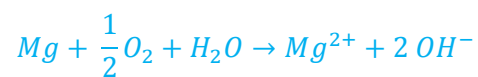
Anode (Oxidation des Magnesiumstücks):



Kathode (Reduktion des Sauerstoffs am Eisenstück):



Gesamtreaktion:



(Alternativ können die Gleichungen auch mit 2 multipliziert werden)