

Korrosion auf dem Meer – Metalle opfern sich

Dirk Beyer, Würselen

Niveau: Sek. II

Dauer: 5 Unterrichtsstunden à 90 Minuten

Kompetenzen: Die Lernenden können ...

- ausgewählte Phänomene und Zusammenhänge erläutern und dabei Bezüge zu übergeordneten Prinzipien, Gesetzen und Basiskonzepten der Chemie herstellen.
- chemische Sachverhalte und Erkenntnisse in gegebene fachliche Strukturen begründet einordnen.
- kriteriengeleitet beobachten und erfassen und gewonnene Ergebnisse frei von eigenen Deutungen beschreiben.
- in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig chemische und anwendungsbezogene Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen bearbeiten.
- für Bewertungen in chemischen und anwendungsbezogenen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen.
- in bekannten Zusammenhängen ethische Konflikte bei Auseinandersetzung mit chemischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Internetrecherchen
- ✓ Umgang mit neuen Medien
- ✓ Schülerversuche
- ✓ kooperative Lernformen
- ✓ fachübergreifenden Unterricht

I/E

Hintergrundinformationen

Das Themenfeld „Korrosion und Korrosionsschutz“ ist vielen Lernenden der Oberstufe aus dem Alltag unter dem Phänomen „Rost/Rostschutz“ bekannt und lässt sich anhand einer Vielzahl möglicher Beispiele kontextualisieren.

Im Chemieunterricht der Oberstufe wird es dem Oberthema „**Elektrochemie**“ zugeordnet und spielt sowohl im Grundkurs als auch im Leistungskurs eine wichtige Rolle. Eine detailliertere Sichtung des aktuellen Kernlehrplans Nordrhein-Westfalens zeigt auf, dass den Lernenden nicht nur entscheidendes Grundwissen bzw. fachbezogene Kompetenzen zu (**elektrochemischen**) **Korrosionsprozessen** (u. a. Säure- und Sauerstoffkorrosion) und **Maßnahmen zum Korrosionsschutz** vermittelt werden müssen, sondern auch die Folgen von Korrosionsprozessen hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Aspekte.

Unter dem Begriff „Korrosion“ wird eine auf atmosphärischen Bedingungen beruhende Oxidation von Metallen verstanden. Als Oxidationsmittel können hierbei entweder H^+ -Ionen (**Säurekorrosion**) oder (Luft-)Sauerstoff (**Sauerstoffkorrosion**) fungieren. Säurekorrosionsphänomene treten besonders häufig in Verbindung mit sehr kohlenstoffhaltigem oder schwach saurem, SO_2 -haltigem Wasser („saurer Regen“) auf. Auch die Verbindung zweier Metalle im Rahmen eines sogenannten „Lokalelements“ bewirkt den beschriebenen Effekt. Der im Alltag als „Rosten“ bezeichnete Prozess ist ein typischer Sauerstoffkorrosionsvorgang, der durch Luftfeuchtigkeit und hohen Sauerstoffgehalt überwiegend bei unedleren Metallen (häufig Eisen) auftritt. Hierbei

findet eine Oxidation und fortlaufende Reaktion vom Eisen zu Eisen-Ionen in Form von Eisen(II)-hydroxid und dessen weitere Reaktion zu einem Eisenoxidhydrat statt.

Ein besonderes Augenmerk richtet diese Unterrichtsreihe auf die **Kontextualisierung** des Korrosionsphänomens anhand von Windrädern und Bohrplattformen im Meerwasser, wobei sowohl die Säurekorrosion als auch die Sauerstoffkorrosion zentrale Elemente bilden. Diese werden nicht nur in der Theorie, sondern auch im Schülerversuch behandelt. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist der Schutz unedler Metalle wie Eisen, durch die Verwendung von Opferanoden (z. B. im Schiffsbau) sowie moderner Hochleistungsmaterialien.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Unterrichtsreihe „Korrosion auf dem Meer – Metalle opfern sich“ ist als ergänzendes Material zum Chemieunterricht der Oberstufe zu verstehen, sie kann jedoch auch davon unabhängig verwendet werden. Sie richtet sich hauptsächlich an das Niveau eines Grundkurses, da auf komplexere Redoxreaktionen sowie quantitative Betrachtungen verzichtet wird. Die Arbeitsmaterialien können aber auch im Leistungskurs als angenehme Einstiegssequenz genutzt werden.

Die vorliegenden **Materialien 1–6** sind abwechslungsreich gestaltet und beziehen nicht nur kooperative Lernformen, Elemente der Binnendifferenzierung und verschiedene **Kontexte**, sondern auch Schülerversuche und moderne Medien, mit ein. Die Lernenden werden zu Beginn für das Phänomen „Rost“ sensibilisiert und machen sich anschließend im Schülerversuch ein eigenes Bild, bevor sie sich intensiver mit den jeweiligen theoretischen Grundlagen beschäftigen.

Material **M 1** dient als Einführung in die Unterrichtssequenz: Die Lernenden erhalten zwei Bildimpulse und einen Auszug aus einem Zeitungsartikel von Alfons Westerwiede (2010), der auf die Problematik „Korrosion“ hinsichtlich verschiedener Stahlkonstruktionen im Meer hinweist. Zu diesen gehören u. a. Schiffe, Ölbohrplattformen und Windräder. Als **Einstieg** in die Stunde kann ebenfalls ein Bildimpuls eines rostigen Schiffes per Beamer oder Folie gezeigt werden:

http://www.verkehrsrundschau.de/sixcms/media.php/4494/RostigesSchiff_Fotolia.jpg

Die Lernenden erhalten anschließend die Aufgabe, ihr Vorwissen bezüglich Rost, Korrosion und Korrosionsschutz zu aktivieren. Hierzu können folgende Impulsfragen verwendet werden:

- *Was ist mit dem Schiff geschehen?*
- *Warum liegt das Schiff auf dem Trockenen?*
- *Was führt zur Bildung von Rost?*
- *Wie hätte das Verrosten des Schiffes gestoppt bzw. verhindert werden können?*

Antworten auf die oben genannten Impulsfragen erhalten die Lernenden während des Lesens des Zeitungsartikels. Im Rahmen der **Individualisierung** wird hierzu die **Think-Pair-Share-Methode** verwendet, wodurch jeder Lernende sein Lesetempo individuell bestimmen kann. Der Text liefert nicht nur erste Informationen bezüglich des Korrosionsprozesses, sondern informiert zudem noch über zusätzliche Interventions- und Präventionsmaßnahmen, die im späteren Verlauf der Unterrichtsreihe aufgegriffen werden.

Ergänzt wird der Artikel durch einen kurzen Videoclip, der zusätzliche Hintergrundinformationen zur Rostbildung (durch Sauerstoffkorrosion) und Korrosionsprävention aufgreift. Der Clip kann von den Mitgliedern der Lerngruppe entweder per Smartphone, Laptop oder iPad angeschaut werden. Alternativ besteht die Möglichkeit, ihn im Anschluss an die PAIR-Phase mit dem gesamten Kurs anzusehen. Die Lernenden sollten nun alle wichtigen Informationen zusammengetragen haben, um aus ihren Stichpunkten ein individuelles Diagramm zu erstellen, das die Bildung von Rost visualisiert. Dies kann in Partner- oder

Kleingruppenarbeit erfolgen, wobei es sich aufgrund der späteren Vergleichbarkeit lohnt, die Diagramme auf OHP-Folien zu skizzieren, die anschließend gruppenweise im Plenum präsentiert werden können.

Die genauere Untersuchung der (Sauerstoff-)Korrosion von Eisen ist im Material **M 2** Hauptbestandteil eines **Schülerversuchs**. In Reagenzgläsern werden hierbei verschiedene Umweltszenarien/Reaktionsbedingungen nachgestellt und darauf basierend die Korrosionsprozesse von Eisen und Kupfer untersucht. Durch Veränderung verschiedener Reaktionsbedingungen wie z. B. durch Verwendung von destilliertem Wasser, Leitungswasser, NaCl-Lösung sowie verschiedener Metalle (edel/unedel) und Oberflächen (Eisenwolle vs. Eisennagel) beobachten und dokumentieren die Lernenden über einen Zeitraum von einer Stunde bis zu fünf Tagen den Korrosionsprozess. In der dritten Aufgabe führen sie anschließend eine **Internetrecherche** zu der Frage durch, wie eventuell gebildeter Rost am Eisennagel bzw. an der Eisenwolle wieder entfernt werden kann, und übertragen auch diese Möglichkeiten auf den Alltagsgebrauch (z. B. Rostentfernung an Fahrrad, Auto, Gartengeräten etc.).

Das Material **M 3** liefert das **theoretische Fundament** zur Sauerstoffkorrosion. Die Lernenden erarbeiten den Korrosionsprozess nach der **Tandem-Methode**. Dabei erstellt Lernender A eine Grafik zum sogenannten „Tropfenversuch von Evans“, der die elektrochemischen Vorgänge beim Rosten von Eisen veranschaulicht. Lernender B beschäftigt sich mit einem dazugehörigen Sachtext, der mithilfe der **Kernaussagenmethode** bearbeitet wird. Zunächst arbeiten die Lernenden in Einzelarbeit mit den gegebenen Materialien und gehen anschließend in einen materialhomogenen Austausch mit den Lernenden A zwecks Vervollständigung erarbeiteter Informationen. Danach erfolgt der zweite Austausch mit den Lernenden von B, in dem der Zusammenhang zwischen Text- und Bildmaterial gemeinsam erarbeitet wird. Für schnellarbeitende Tandempaare steht eine **Expertenaufgabe** zur Verfügung (Binnendifferenzierung).

Eine weitere Verknüpfung von Theorie und Praxis findet sich in den Materialien **M 4** und **M 5** wieder. Während **M 2** und **M 3** einen vertiefenden Blick auf den Prozess der *Sauerstoffkorrosion* werfen, bezieht sich der Schülerversuch **M 4** auf den Prozess der *Säurekorrosion* sowie die Funktionsweise von Opferanoden. Letzteres wird dann in Material **M 5** theoretisch fundiert. Opferanoden stellen ein wichtiges Verfahren dar, um korrosionsanfällige Metalle – meistens Eisen – vor Rost zu schützen. Sie finden vielseitige Anwendung im Schiffsbau, an Bohrplattformen und in Heizkesseln.

Die **Weiterentwicklung neuer Verfahrensweisen** und Materialien zum Schutz vor Korrosion ist ein wichtiges und sowohl ökonomisch als auch ökologisch interessantes Forschungsgebiet. Material **M 6** fungiert zudem als ergänzender Abschluss der Reihe und beschäftigt sich mit drei verschiedenen modernen Verfahrensweisen zur Korrosionsprävention. Hierzu zählen Korrosionshemmende Hightech-Nanomaterialien für empfindliche Metalle, aktiver Korrosionsschutz durch spezielle Metalllegierungen sowie kathodischer Korrosionsschutz durch Opferanodentechnik vom Meeresboden. Je nach Neigung suchen sich die Mitglieder der Lerngruppe einen **individuellen Vertiefungsschwerpunkt** aus, zu dem sie in Einzel-, Partner- oder Kleingruppenarbeit weitere Nachforschungen betreiben. Ihre Ergebnisse präsentieren sie zu einem späteren Zeitpunkt dem Kursplenum. Die Dauer der Forschungs- und Recherchephase ist von der jeweiligen Kurslehrkraft frei festlegbar und kann 45 Minuten bis zu mehrere Doppelstunden umfassen. Auch eine detaillierte Ausarbeitung eines der Themen im Rahmen einer **Facharbeit** ist denkbar. Das Arbeitsblatt wird je nach Anzahl der Kursteilnehmer und individueller Neigungen kopiert, sodass alle Lernenden den Arbeitsauftrag erhalten. Im Rahmen der Optimierung des selbständigen Lernprozesses können vor Beginn der eigentlichen Rechercheaufgabe verschiedene Recherchemethoden sowie mögliche Präsentationsformen und -techniken im Plenum wiederholt bzw. erarbeitet werden.

Mithilfe von **M 6** wird zudem ein Bogen zu **M 1** gespannt, da das Thema „Korrosion und Korrosionsschutz auf dem Meer“ erneut aufgegriffen und unter Einbezug neuer Informationen aus **M 2–M 5** vertieft betrachtet wird.

I/E



Sicherheitshinweise

Zu den Schülerversuchen liegen Gefährdungsbeurteilungen vor. Es werden jedoch in den Schülerversuchen keine Gefahrstoffe verwendet, die einem größeren Sicherheitsrisiko unterliegen.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

Möglichkeiten zum fächerübergreifenden Unterricht ergeben sich z. B. zum **Physikunterricht** auf Basis der elektrochemischen Prozesse sowie des Kontaktelements im Korrosionsprozess. Auch die Themen „Opferanode“ und „galvanisches Element“ sind in diesem Zusammenhang für den fächerübergreifenden Unterricht denkbar. Im **Erdkunde- und Biologieunterricht** spielen die ökologischen und ökonomischen Faktoren eine Rolle, die durch Sauerstoffkorrosion im Meer (Bohrplattformen, Windräder) beeinflusst werden. Auch die Produktion von Elektronen im Meeresboden durch Mikroorganismen, die als mögliche „Opferanoden der Zukunft“ wirken könnten, ist im Ökologieunterricht des Oberstufenkurses Biologie thematisierbar.

Literatur

Asselborn, Wolfgang u. a.: Chemie heute SII. Gesamtband. Schroedel. Braunschweig 2009. S. 288 f. bzw. S. 301 ff.

Eines der gängigsten Schulbücher für den Chemieunterricht der Sek. II.

Brenner, Gerd: Fundgrube Methoden II – Für Deutsch und Fremdsprachen. Cornelsen Scriptor. Berlin 2010.

Hilfreiches Einführungs- und Nachschlagewerk zu verschiedenen Unterrichtsmethoden sowie deren Durchführung und Didaktisierung.


Kranz, Joachim; Schorn, J.: Chemie Methodik – Handbuch für die Sekundarstufen I und II. Cornelsen Scriptor. Berlin 2008. S. 73–81.

In diesem Handbuch werden wichtige Methoden des Chemieunterrichts an praktischen Beispielen zusammengefasst und illustriert. Es eignet sich als Einstieg in verschiedene Methoden sowie als Nachschlagewerk und theoretische Fundierung.

Schmidkunz, Heinz: Chemische Freihandversuche Band I. Aulis Verlag Deubner. Köln 2011. S. 126.

Die wichtigsten Lehrer- und Schülerversuche werden in diesem Buch für die Sekundarstufen I und II zusammengefasst. Die Versuchsbeschreibungen sind knapp und verständlich, die fachlichen Hintergründe werden erläutert. Auf einer CD liegen Sicherheitsdatenblätter zu jedem Versuch bereit.

Materialübersicht

- ⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch
 ⌚ D = Durchführungszeit Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt
 # Die **Gefährdungsbeurteilungen** finden Sie auf  **CD 60**.

M 1	Ab	Korrosion auf dem Meer	
M 2	SV, GBU#	Die Korrosion von Eisen	
	⌚ V = 5 min	<input type="checkbox"/> Leitungswasser	<input type="checkbox"/> Reagenzglashalter
	⌚ D = 20 min	<input type="checkbox"/> destilliertes Wasser	<input type="checkbox"/> Schutzbrille
		<input type="checkbox"/> Eisenwolle	<input type="checkbox"/> Schmirgelpapier
		<input type="checkbox"/> Eisennägel	<input type="checkbox"/> 6 Reagenzgläser
		<input type="checkbox"/> Natriumchlorid-Lsg.(w = 5 %)	<input type="checkbox"/> 2 Gummistopfen
		<input type="checkbox"/> Kupferblech	
M 3a	Ab	Sauerstoffkorrosion im Fokus (Tandembogen A)	
M 3b	Ab	Sauerstoffkorrosion im Fokus (Tandembogen B)	
M 4	SV, GBU#	Die Redoxchemie der Opferanode	
	⌚ V = 15 min	<input type="checkbox"/> 3 Eisennägel	<input type="checkbox"/> Schmirgelpapier
	⌚ D = 20 min	<input type="checkbox"/> Kupferblech/-draht	<input type="checkbox"/> flache Plastik-/Glaswanne (alternativ: große Petrischalen)
		<input type="checkbox"/> Zinkblech/-granalien	
		<input type="checkbox"/> 150 ml NaCl-Lsg. (0,1 mol/l)	
		<input type="checkbox"/> Kaliumhexacyanidoferrat(III)-Lsg. (1%ig) 	
		<input type="checkbox"/> Phenolphthalein-Lsg. (w = 1 %)	
		<input type="checkbox"/> Gelatine (oder Agar-Agar)	
M 5	Ab	Opferanoden – wie funktionieren sie?	
M 6	Ab	Korrosionsschutz – eine Herausforderung für die Zukunft	

I/E

M 2 Die Korrosion von Eisen

Die Korrosion von Eisen ist für viele Unternehmen und Privatpersonen eine oft sehr teure Angelegenheit. Ob Bestandteile des eigenen Autos oder Ölplattformen und Windräder auf hoher See – alle sind irgendwann mal vom „Rost“ betroffen. Doch aus welchem Grund korrodiert bzw. rostet Eisen und warum geschieht dieser Prozess an einigen Stellen mehr oder weniger bzw. schneller oder langsamer? Antworten auf diese Fragen liefert der folgende Schülerversuch.

Schülerversuch: Wann rostet Eisen?

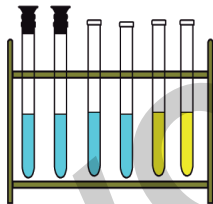
🕒 Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 20 min



Chemikalien / Gefahrenhinweise	Geräte
<input type="checkbox"/> Leitungswasser <input type="checkbox"/> destilliertes Wasser <input type="checkbox"/> Eisenwolle <input type="checkbox"/> Eisennägel <input type="checkbox"/> Natriumchlorid-Lsg. (w = 5 %) <input type="checkbox"/> Kupferblech	<input type="checkbox"/> 6 Reagenzgläser <input type="checkbox"/> 2 Gummistopfen <input type="checkbox"/> Reagenzglashalter <input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Schmirgelpapier
Achtung: Eisenwolle und frisches Kupferblech können manchmal scharfkantig sein.	
Entsorgung: Die Eisennägel und das Kupferblech werden nach dem Versuch erneut abgeschmirgelt und können ein weiteres Mal verwendet werden. Die Eisenwolle wird im Restmüll entsorgt. Die Lösungen können im Ausguss entsorgt werden.	

I/E

Versuchsaufbau



Versuchsdurchführung

Verwenden Sie neue Eisenwolle und schmirgeln Sie die Eisennägel vor dem Versuch gut ab. Geben Sie von den Lösungen bzw. dem Leitungswasser so viel hinzu, dass die Metalle etwas aus der Flüssigkeit herausragen können. Dokumentieren Sie Ihre Beobachtungen nach 1 Stunde, 1–2 sowie 5–6 Tagen. Sie können auch Fotos von den Reagenzgläsern anfertigen.

Die einzelnen Reagenzgläser (RG) werden wie folgt vorbereitet:

RG 1	RG 2	RG 3	RG 4	RG 5	RG 6
Eisennägel, Leitungswasser, Stopfen	Eisennägel, NaCl-Lsg., Stopfen	Eisenwolle, Leitungswasser, KEIN Stopfen	Eisenwolle, NaCl-Lsg., KEIN Stopfen	Kupferblech, Leitungswasser, KEIN Stopfen	Kupferblech, NaCl-Lsg., KEIN Stopfen

Aufgaben

- Fassen** Sie die Beobachtungen aus den einzelnen Teilversuchen **zusammen** und **stellen** Sie **Vermutungen** darüber auf, welche Bedingungen die Korrosion beschleunigen bzw. verlangsamen.
- Diskutieren** Sie, welche Umweltbedingungen bzw. Alltagssituationen des Korrosionsprozesses in den unterschiedlichen Reagenzgläsern simuliert werden.
- Recherchieren** Sie: Wie könnten die Eisennägel bzw. Eisenwolle von bereits angelagertem Rost befreit werden?

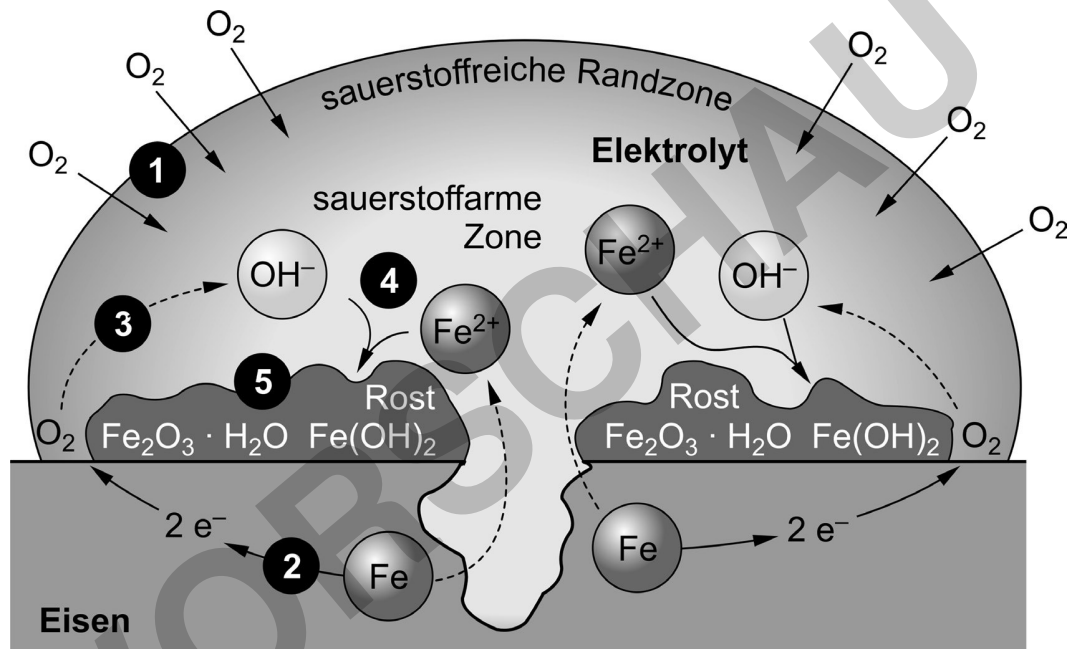
M 3a Sauerstoffkorrosion im Fokus

Tandembogen – Partner A

Infotext

Ein altes Fahrrad in der Garage, die Felgen am Auto, die Eisenschlösser des Gartenhauses ... – wir alle kennen das Problem aus dem Alltag: Rost. Viele metallische Werkstoffe verändern sich über einen bestimmten Zeitraum, wenn sie regelmäßig Luftsauerstoff und Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Sie werden von der Oberfläche ausgehend mit einer Rostschicht versehen, die sich langsam durch das gesamte Metall frisst. Man spricht von **Sauerstoffkorrosion** (lat. *corrodere*: zerfressen).

Abbildung



Aufgaben

1. **Beschreiben** Sie die Abbildung.
2. **Erklären** Sie die mögliche Bedeutung der Schritte 1–5 im Sauerstoffkorrosionsprozess. Stellen Sie außerdem den primären Redoxprozess dar, der zur Bildung der Fe^{2+} - bzw. OH^- -Ionen führt.
3. **Vergleichen** Sie anschließend Ihre Ergebnisse zunächst mit einem anderen Partner A.
4. **Suchen** Sie nun einen Partner B und **tauschen** Sie Ihre Informationen zur Sauerstoffkorrosion von Eisen aus.



Expertenaufgabe

Sehen Sie sich das folgende Video zur Sauerstoffkorrosion von Eisen an. **Erweitern** Sie Ihre Notizen und **stellen** Sie einen Bezug zum Experiment M 2 her: <https://www.youtube.com/watch?v=KxLa6lcaQGM>