



Name: _____

Beispielaufgabe Abiturprüfung ab 2025

Chemie, Grundkurs

Korrosionsprobleme im Bootssport

Korrosionsvorgänge an Metallteilen können auch im Bootssport große Schäden verursachen, da Teile aus Stahl, d. h. mit hohem Eisengehalt, bei Kontakt mit Meerwasser und Sauerstoff innerhalb kurzer Zeit korrodieren. Zum Erhalt der Bauteile spielt der Korrosionsschutz daher eine entscheidende Rolle.

Aufgabenstellung:

1. Erläutern Sie die Vorgänge der Sauerstoffkorrosion von Eisen bis zur Entstehung von Eisen(II)-hydroxid, auch indem Sie die Abb. 1 durch Formeln und Teilgleichungen ergänzen (M 1). (9 BE¹)
2. Erklären Sie die Notwendigkeit einer Grundierung bei Schiffsrümpfen aus Stahl vor der Behandlung mit einem Antifouling-Mittel (M 2). (6 BE)
3. Erläutern Sie die Beobachtungen aus M 3 auch mit Hilfe von Teilgleichungen. Begründen Sie vor dem Hintergrund der Beobachtungen den Begriff „Opferanode“. Geben Sie die Rahmenbedingungen an, die zum Schutz des Eisens mit dieser Methode gewährleistet sein müssen. (9 BE)
4. Beurteilen Sie den Einsatz von Opferanoden zum Korrosionsschutz im Hinblick auf Umweltschutz und Funktionsfähigkeit (M 4). (6 BE)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Dokument mit Formeln und relevanten Werten im Fach Chemie
- Taschenrechner (grafikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

¹ Bewertungseinheit(en)



Name: _____

M 1 Sauerstoffkorrosion von Eisen

Beim Rosten reagiert elementares Eisen zunächst mit Sauerstoff und Wasser zu Eisen(II)-hydroxid. Im weiteren Korrosionsverlauf kann Eisen(II)-hydroxid nochmals mit Sauerstoff zu Eisen(III)-oxidhydroxid mit der Formel $\text{FeO}(\text{OH})$ reagieren, was den eigentlichen orange-braunen Rost darstellt.

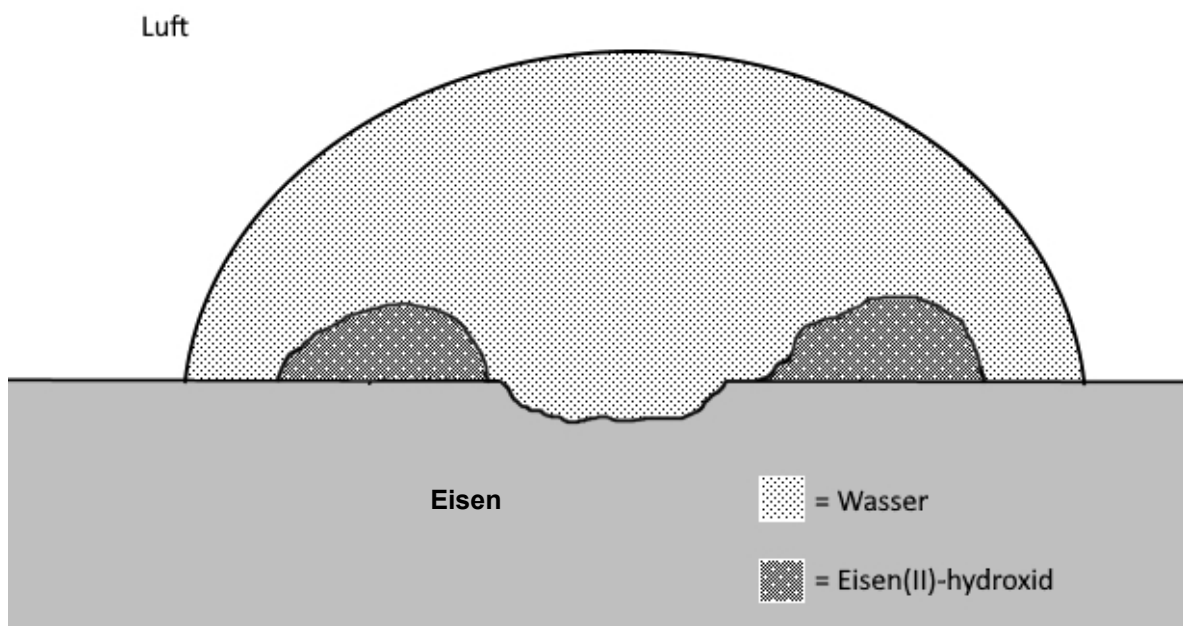


Abbildung 1: Darstellung der Komponenten bei der Sauerstoffkorrosion von Eisen
(Quelle: verändert nach Arnold, Karin; Dietrich, Volkmar; Eberle, Andreas et al.: Chemie Oberstufe, Allgemeine Chemie – Physikalische Chemie. Berlin: Cornelsen 2009, 1. Auflage, 3. Druck, S. 231)

M 2 Einsatz von Antifouling-Mitteln auf Schiffsrümpfen

Unter Fouling wird der unerwünschte Bewuchs durch Mikroorganismen, Pflanzen, Algen und Tiere verstanden. Um dem entgegenzuwirken, werden für Schiffe Antifouling-Beschichtungen angeboten. Die Mittel werden auf den gesamten Schiffsrumpf aufgetragen und enthalten oftmals in großen Mengen feines Kupferpulver. Boote aus Stahl sollten erst nach Aufbringen einer isolierenden Grundierung mit dem Antifouling-Mittel beschichtet werden.



Name: _____

M 3 Einsatz von Opferanoden

An vielen Schiffsrümpfen kann man große Blöcke wahrnehmen (Foto). Diese Blöcke werden auch als „Opferanoden“ bezeichnet. Die Anzahl der Opferanoden variiert mit der Größe der zu schützenden Teile.



Abbildung 2: Schiffsrumpf: Schiffsschraube und Ruderblatt mit Opferanoden aus Zink
(Quelle: <https://www.oxly.de/foto/displayimage.php?pid=4976>)

Die Funktionsweise einer solchen Anordnung wird in einem Laborexperiment untersucht. Zum Nachweis der entstandenen Ionen werden Kaliumhexacyanoferrat(III) und Phenolphthalein eingesetzt, die sich folgendermaßen verhalten:

- Kaliumhexacyanoferrat(III) bildet bei Anwesenheit von Fe^{2+} -Ionen ein blaues Produkt.
- Kaliumhexacyanoferrat(III) bildet bei Anwesenheit von Zn^{2+} -Ionen einen schwerlöslichen, gelblich-weißen Niederschlag.
- Phenolphthalein färbt sich bei Anwesenheit von Hydroxid-Ionen purpur.

Experiment:

- a) In einer Petrischale wird ein gereinigter Eisennagel in eine wässrige Natriumchloridlösung gelegt, die mit wenig Phenolphthalein und Kaliumhexacyanoferrat(III) versetzt wurde.

Beobachtungen: Um den Nagel sind nach einiger Zeit sowohl blaue als auch purpurfarbene Verfärbungen zu sehen.

- b) In eine zweite Petrischale werden ein an der Oberfläche gereinigtes Zinkstück und darauf ein ebenfalls gereinigter Eisennagel gelegt, sodass sich beide Metalle berühren. Danach wird eine wässrige Natriumchloridlösung, die mit wenig Phenolphthalein und Kaliumhexacyanoferrat(III) versetzt wurde, vorsichtig in die Petrischale gegossen.

Beobachtungen: Am Eisennagel verfärbt sich die Lösung purpur. Am Zinkstück bildet sich ein gelblich-weißer Niederschlag.



Name: _____

M 4 Umweltanalytische Betrachtung von Opferanoden

In vielen Opferanoden ist Zink in großen Mengenanteilen vertreten. Bei detaillierten Untersuchungen über die Zusammensetzung von Opferanoden wurden außerdem über 20 weitere chemische Elemente identifiziert. Einige werden als Bestandteile benötigt, damit die Opferanoden überhaupt funktionieren.

Zink zählt zu den für Lebewesen notwendigen Spurenelementen, kann in hohen Konzentrationen aber giftig sein. In Küstengewässern gibt es viele Quellen für Zink, so wird es zum Beispiel über die Flüsse eingetragen.

Zu den Bestandteilen der Anodenlegierungen gehören auch Blei und Cadmium. Diese Schwermetalle kommen natürlicherweise in Küstengewässern und Sedimenten nur in geringen Konzentrationen vor. Die toxische Wirkung beider Elemente in marinen Lebensräumen ist belegt.

Unterlagen für die Lehrkraft

Beispielaufgabe Abiturprüfung ab 2025

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer materialgebundenen Aufgabe

2. Aufgabenstellung¹

Korrosionsprobleme im Bootssport

1. Erläutern Sie die Vorgänge der Sauerstoffkorrosion von Eisen bis zur Entstehung von Eisen(II)-hydroxid, auch indem Sie die Abb. 1 durch Formeln und Teilgleichungen ergänzen (M 1) (9 BE²)
2. Erklären Sie die Notwendigkeit einer Grundierung bei Schiffsrümpfen aus Stahl vor der Behandlung mit einem Antifouling-Mittel (M 2). (6 BE)
3. Erläutern Sie die Beobachtungen aus M 3 auch mit Hilfe von Teilgleichungen. Begründen Sie vor dem Hintergrund der Beobachtungen den Begriff „Opferanode“. Geben Sie die Rahmenbedingungen an, die zum Schutz des Eisens mit dieser Methode gewährleistet sein müssen. (9 BE)
4. Beurteilen Sie den Einsatz von Opferanoden zum Korrosionsschutz im Hinblick auf Umweltschutz und Funktionsfähigkeit (M 4). (6 BE)

3. Materialgrundlage

- <https://www.feuerverzinken.com/wissen/arbeitsblaetter/e-weiterverarbeitung/e1-lagern-und-transport/> (Zugriff 25.09.2023)
- <https://www.bobbyschenk.de/n005/chain.html> (Zugriff 25.09.2023)
- <https://www.lenntech.de/pse/wasser/zink/zink-und-wasser.htm> (Zugriff 25.09.2023)
- <http://www.beschichtungsinспекtor.eu/eigenschaften-und-weiterbehandlung-von-verzinkten-flaechen/> (Zugriff 25.09.2023)
- <https://www.oxly.de/foto/displayimage.php?pid=4976> (Zugriff 25.09.2023)
- Arnold, Karin; Dietrich, Volkmar; Eberle, Andreas et al.: Chemie Oberstufe, Allgemeine Chemie – Physikalische Chemie. Berlin: Cornelsen 2009, 1. Auflage
- Eschenbach, Christiane: Korrosionsschutz für Offshore-Windkraft: Problem für die Umwelt? In: Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum. Earth System Knowledge Platform, 26.01.2021, 8. Jahrgang
<https://www.eskp.de/schadstoffe/korrosionsschutz-fuer-offshore-windkraft-problem-fuer-die-umwelt-9351114/> (Zugriff 25.09.2023)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

² Bewertungseinheit(en)

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2025

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Elektrochemische Prozesse und Energetik

- Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen
- Elektrolyse
- Galvanische Zellen
- Korrosion und Korrosionsschutz

2. Medien/Materialien

- entfällt

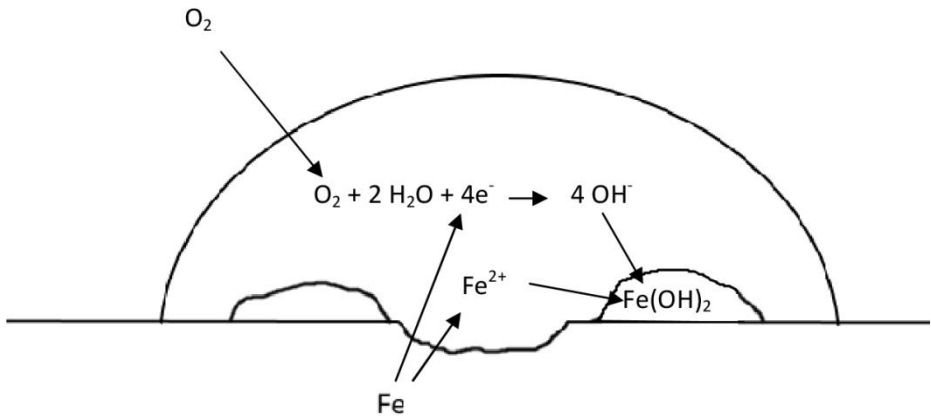
5. Zugelassene Hilfsmittel

- Dokument mit Formeln und relevanten Werten im Fach Chemie
- Taschenrechner (grafikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Prüfungsleistung

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren. Die jeweils maximal zu erreichenden Bewertungseinheiten (BE) sind angegeben.

Teilaufgabe 1

	Anforderungen Der Prüfling	BE max.
1	<p>erläutert die Vorgänge der Sauerstoffkorrosion von Eisen bis zur Entstehung von Eisen(II)-hydroxid, auch indem er die Abb. 1 durch Formeln und Teilgleichungen ergänzt (M 1):</p>  <p>(Quelle: Arnold, Karin; Dietrich, Volkmar; Eberle, Andreas et al.: Chemie Oberstufe, Allgemeine Chemie – Physikalische Chemie. Berlin: Cornelsen 2009, 1. Auflage, 3. Druck, S. 231 (verändert))</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Oxidation von Eisen entstehen in Gegenwart von Wasser und Sauerstoff aus Eisenatomen zunächst zweifach positiv geladene Eisen(II)-Ionen. Bei diesem Prozess werden Elektronen abgegeben: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ • Die bei der Oxidation von Eisen abgegebenen Elektronen reduzieren Sauerstoffmoleküle, die mit Wassermolekülen zu Hydroxid-Ionen reagieren: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ • Die Hydroxid-Ionen reagieren mit den Eisen(II)-Ionen zu Eisen(II)-hydroxid: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ 	9

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	BE max.
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Notwendigkeit einer Grundierung bei Schiffsrümpfen aus Stahl vor der Behandlung mit einem Antifouling-Mittel (M 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kupfer ist ein vergleichsweise edles Metall, während Eisen vergleichsweise unedel ist, d. h. Eisen wird vorrangig oxidiert. • Ohne isolierende Grundierung führt der direkte Kontakt zwischen elementarem Kupfer und Eisen dazu, dass ein Lokalelement entsteht. • Beschädigungen der kupferhaltigen Beschichtung, die zu einem Kontakt von Kupfer, Eisen und sauerstoffhaltigem Meerwasser führen, beschleunigen daher die Korrosion des Schiffsrumpfes aus Stahl. 	6

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	BE max.
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Beobachtungen aus M 3 auch mit Hilfe von Teilgleichungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da bei Experiment a) eine Blaufärbung zu beobachten ist, deutet dies auf die Bildung von Eisen(II)-Ionen in Lösung hin: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$ • Die purpurne Verfärbung bei Experiment a) und b) zeigt in beiden Fällen die Entstehung von Hydroxid-Ionen an: $2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4 \text{e}^{-} \rightarrow 4 \text{OH}^{-}$ • Der weiß-gelbliche Niederschlag bei Experiment b) zeigt die Bildung von Zn^{2+}-Ionen an: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$ 	3
2	<p>begründet vor dem Hintergrund der Beobachtungen den Begriff „Opferanode“:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sind Eisen und Zink leitend miteinander verbunden, so bilden sich bevorzugt Zink- anstelle von Eisen(II)-Ionen. • Zink „opfert“ sich für das edlere Eisen und gibt Elektronen über das Eisen ab. • Als Folge löst sich lediglich das Zink, der Gegenstand aus Eisen bleibt in Gegenwart von Zink unverändert und ist somit vor Korrosion geschützt. 	3
3	<p>gibt die Rahmenbedingungen an, die zum Schutz des Eisens mit dieser Methode gewährleistet sein müssen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eisen und Zink müssen leitend miteinander verbunden sein. • Die Schutzwirkung endet, sobald das komplette Zink oxidiert ist. 	3

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	BE
	Der Prüfling	max.
1	<p>beurteilt den Einsatz von Opferanoden zum Korrosionsschutz im Hinblick auf Umweltschutz und Funktionsfähigkeit (M 4):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kriterium Umweltschutz: Opferanoden enthalten Inhaltsstoffe, die ökologisch bedenklich bis toxisch sind. Signifikante Mengen können durch die Schifffahrt ins Meer gelangen, wobei auf offener See eine starke Verdünnung anzunehmen ist, in und um Häfen evtl. eine sehr hohe Konzentration. • Kriterium Funktionsfähigkeit: Opferanoden bilden einen wirksamen Korrosionsschutz, sodass die Erneuerung der Bauteile ohne Probleme möglich ist. Einige Bestandteile sind zwar kritisch, für eine Wirkung im Meerwasser jedoch notwendig. Opferanoden verhindern immense wirtschaftliche Schäden. • Beurteilung: Die Verwendung von Opferanoden ist mit Blick auf die Funktionsfähigkeit notwendig. Ihr Einsatz sollte jedoch quantitativ und qualitativ optimiert werden, um die ökologischen Auswirkungen zu minimieren. 	6

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsleistung

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe		Anforderungen	Lösungsqualität ³			
			BE max.	EK	ZK	DK
1	1	erläutert die Vorgänge ...	9			
2	1	erklärt die Notwendigkeit ...	6			
3	1	erläutert die Beobachtungen ...	3			
	2	begründet vor dem ...	3			
	3	gibt die Rahmenbedingungen ...	3			
4	1	beurteilt den Einsatz ...	6			
		Summe der BE der Teilaufgaben	30			

**8. Festlegung der Gesamtnote der Prüfungsleistung
(Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)**

	Lösungsqualität			
	BE max.	EK	ZK	DK
Übertrag der Summe der BE aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	30			
Übertrag der Summe der BE aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	30			
Übertrag der Summe der BE aus der dritten bearbeiteten Aufgabe	30			
Gesamtzahl der BE der Prüfungsleistung	90			

aus der Gesamtzahl der BE der Prüfungsleistung resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

³ BE = Bewertungseinheiten; EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Berechnung der Endnote nach Anlage 4 der Abiturverfügung auf der Grundlage von § 34 APO-GOST

Die Klausur wird abschließend mit der Note _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Zuordnung der Notenstufen zu der Gesamtzahl der erreichten Bewertungseinheiten (BE)

Note	Punkte	Erreichte BE
sehr gut plus	15	90 – 86
sehr gut	14	85 – 81
sehr gut minus	13	80 – 77
gut plus	12	76 – 72
gut	11	71 – 68
gut minus	10	67 – 63
befriedigend plus	9	62 – 59
befriedigend	8	58 – 54
befriedigend minus	7	53 – 50
ausreichend plus	6	49 – 45
ausreichend	5	44 – 41
ausreichend minus	4	40 – 36
mangelhaft plus	3	35 – 30
mangelhaft	2	29 – 25
mangelhaft minus	1	24 – 18
ungenügend	0	17 – 0