

# Grundpraktikum

## Versuchsreihe: Materialwissenschaft

### Korrosion

### B309

Stand: 28.02.2014

#### **Ziel des Versuchs:**

Anhand einiger Versuche sollen zeigen, dass die wirkungsvolle Vermeidung von Korrosionsschäden eine bedeutende ökonomische Aufgabe darstellt. Jede Werkstoffauswahl und jede konstruktive Lösung muss in Zusammenhang mit möglichen Korrosionserscheinungen und deren Verhinderung gesehen werden.

### Inhaltsverzeichnis

<b>1. Definition und Erläuterung wichtiger Begriffe</b>	<b>3</b>
<b>2. Ursachen und Erscheinungsformen der Korrosion</b>	<b>4</b>
2.1 Chemische Korrosion	4
2.2 Elektrochemische Korrosion	4
2.3 Biokorrosion	5
2.4 Korrosion durch Zusammenwirken chemische-elektrochemischer und mechanischer Einflüsse	5
<b>3. Erscheinungsformen der Korrosion</b>	<b>5</b>
<b>4. Rosten von Eisen</b>	<b>6</b>
<b>5. Methoden des Korrosionsschutzes</b>	<b>7</b>
5.1 <i>Korrosionsschutz durch zweckentsprechende Werkstoffauswahl, Konstruktion und Verpackung</i>	7
5.2 Korrosionsschutz durch nichtmetallische Überzüge	7
5.3 Korrosionsschutz durch metallische Überzüge	7
5.4 Kathodischer Korrosionsschutz	8
<b>6. Versuchsdurchführung</b>	<b>8</b>
6.1 Rostvorgang	8
6.2 Rostfördernde Bedingungen	9

<b>6.3</b>	<b>Rostschutz</b>	<b>9</b>
<b>6.4</b>	<b>Versuch zur elektrochemischen Spannungsreihe - Opferanode</b>	<b>9</b>
<b>6.5</b>	<b>Korrosionsschutz</b>	<b>9</b>
<b>6.6</b>	<b><i>Kurzzeit-Korrosionsprüfmethode von Machu-Schiffmann</i></b>	<b>10</b>
<b>7.</b>	<b>Literatur</b>	<b>10</b>
<b>8.</b>	<b>Abbildungen</b>	<b>10</b>
<b>9.</b>	<b>Tabellen</b>	<b>10</b>

## 1. Definition und Erläuterung wichtiger Begriffe

Laut der DIN 50900 Teil 1 ist „Korrosion die Reaktion eines Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffs bewirkt und zur Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann.“ Dies gilt formal für alle Werkstoffe und somit auch für Kunststoffe bis hin zu Biomaterialien.

Wichtig ist hierbei die Beurteilung hinsichtlich der Funktionsfähigkeit in einem System, denn die Veränderung von Werkstoffen oder Materialien durch seine Umgebung ist immer gegeben.

Aufgrund der historischen Entwicklung meint man heute im Falle von Korrosion landläufig die Werkstoffschädigung von Metallen. Für diese Werkstoffgruppe kann man folgende Unterteilung für dessen Schädigung machen:

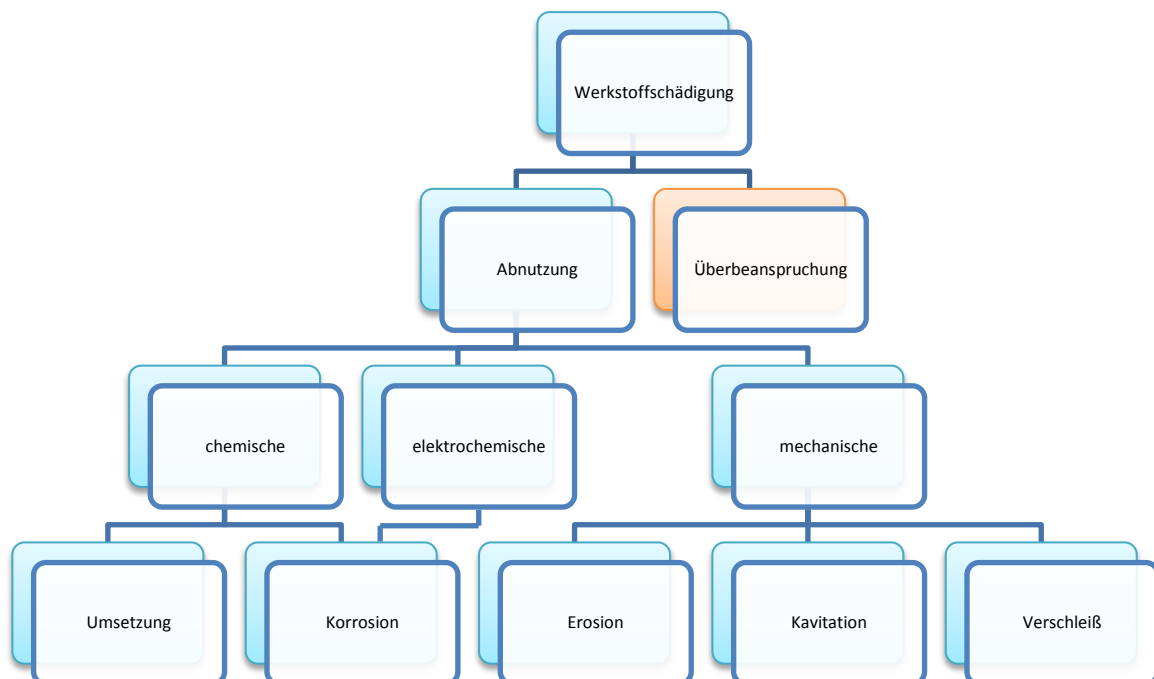


Abbildung 1 Überblick über die wichtigsten werkstoffschädigenden Einflussfaktoren

Die Überbeanspruchung fällt in dieser Aufzählung als gewollte Schädigung aus dem Weg zur Korrosion heraus. Alle anderen Schädigungswege sind nur den Umweltbedingungen des Werkstoffes geschuldet und somit nicht gewollt.

## 2. Ursachen und Erscheinungsformen der Korrosion

Korrosion ist die von der Oberfläche ausgehende unerwünschte Zerstörung von Werkstoffen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen mit ihrer Umgebung.

### 2.1 Chemische Korrosion

Bei einer rein chemischen Korrosion laufen die Redoxvorgänge im atomaren Bereich in Abwesenheit eines Elektrolyten ab. Ein Elektronenfluss unterbleibt, da der Elektronenaustausch zwischen den beteiligten Reaktionspartnern direkt erfolgt.

Tabelle 1 Beispiele chemischer Korrosion

Angriff durch gasförmige und nicht-wässrige flüssige Korrosionsmittel		Hochtemperaturkorrosion	
Korrosionsmittel	Erscheinung	Korrosionsmittel	Erscheinung
Luftsauerstoff	Zunderung und andere Oxydationsvorgänge	Druckwasserstoff	Entkohlung und Rissbildung
Heißdampf	Heißdampfoxydation und Dampfspaltung	Ammoniak Stickstoff	Nitrierung und Rissbildung
Schwefeldioxid Schwefeltrioxid Flugasche	Rauchgas-Korrosion	Kohlenmonoxid	Aufkohlung oder Karboylbildung
Schmelzphasen mit Oxiden und Sulfiden	Ölaschen-Korrosion	Schwefelwasserstoff	Sulfidieren und Rissbildung

### 2.2 Elektrochemische Korrosion

Der Werkstoffangriff durch eine elektrochemische Korrosion kann unterschiedliche Ursachen haben:

- Bildung und Wirkung von Korrosionselementen
- Durch äußere Spannungsquellen erzwungene Elektrolyse

Tabelle 2 Einflüsse auf elektrochemische Korrosion

Werkstoffeinflüsse	Verunreinigungen der Oberfläche (Fremdmetallteilchen, Oxide) verschiedene Legierungskomponenten oder Phasen im Gefüge Potentialdifferenzen an den Korngrenzen Art der Oberflächenbehandlung Verarbeitungszustand (Spannungszonen)
Elektrolyteinflüsse	Konzentrationsunterschiede Belüftungsunterschiede Temperaturdifferenz Unterschiede im pH-Wert strömungsbedingte Potentialdifferenzen
Umwelteinflüsse	Belüftung, Luftfeuchte mechanische Spannungen Schwingungen Streuströme Strahlung

### 2.3 Biokorrosion

Korrosionsschäden an erdverlegten Werkstoffen, z.B. Rohre und Kabel, können durch das einwirken von Mikroorganismen entstehen.

### 2.4 Korrosion durch Zusammenwirken chemische-elektrochemischer und mechanischer Einflüsse

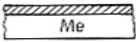
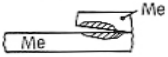
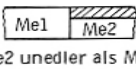
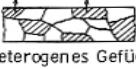
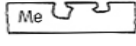

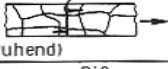

Tabelle 3 Mechanische Einflüsse

Korrosionserscheinung	Wirkende mechanische Kräfte
Spannungsrissskorrosion	äußere oder innere Zugspannungen
Schwingungsrissskorrosion	mechanische Schwingungen
Reibungskorrosion	Reibung zwischen zwei dicht aufeinander liegenden Flächen
Erosionskorrosion	mechanischer Abrieb durch Festkörperteichen im Korrosionsmedium
Kavitationskorrosion	Aushöhlung durch Druckstöße hervorgerufen durch Bildung und Einsturz von Dampfblasen

## 3. Erscheinungsformen der Korrosion

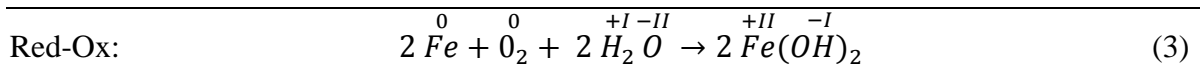
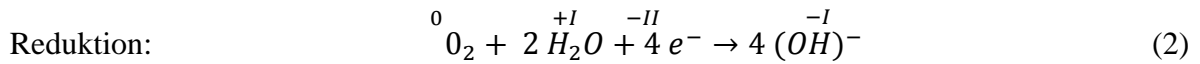
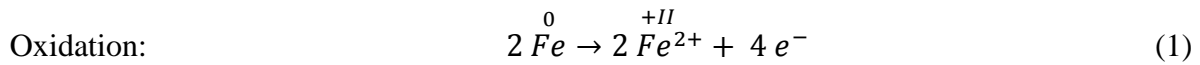
Die unterschiedlichen Korrosionsursachen und Einflussfaktoren führen bei den verschiedenen Werkstoffen zu vielfältigen Erscheinungsformen in der Praxis. Die häufigsten Korrosionsarten sind in der Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4 Erscheinungsformen elektrochemischer Korrosion

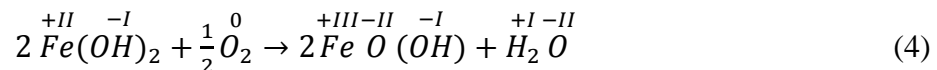
Angriffsform	Kennzeichnung	Schema
gleichmäßig	Korrosion unter a) Wasserstoffentwicklung b) Sauerstoffverbrauch	
ungleichmäßig	Spaltkorrosion	
	Kontaktkorrosion	 Me2 unedler als Me1
	selektive Korrosion	 heterogenes Gefüge
	Lochfraßkorrosion	
	interkristalline Korrosion	 Korngrenzenangriff
ungleichmäßig, an mechanische Belastungen gebunden	Spannungsrißkorrosion	 F (ruhend)
	Schwingungsrißkorrosion	 F (wechselnd)

## 4. Rosten von Eisen

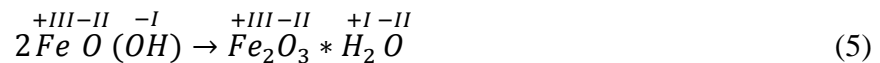
Beim Rosten von Eisen handelt es sich um eine Redoxreaktion



Ein Teil des Eisen(II)hydroxids reagiert mit Sauerstoff zu Eisen(III)oxid-hydroxyd



Dieses kann unter Wassereinlagerung zu Eisen(III)oxid reagieren.

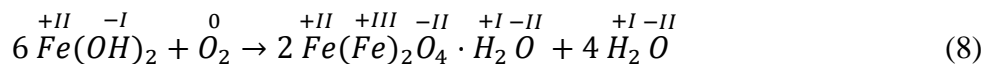


Eisen(II)hydroxid kann unter Wasserabspaltung zu Eisen(II)oxid reagieren.

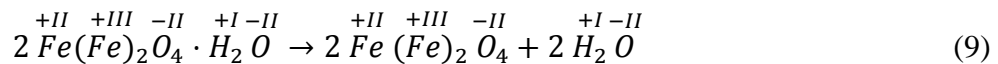


Eine Mischung aus Eisen(II)- und Eisen(III)oxid, Eisen(III)oxid-hydroxyd sowie Kristallwasser wird als Rost bezeichnet und besitzt eine typisch braune Färbung.

Je nach Umgebung können sich auch andere Korrosionsprodukte bilden. Ist z.B. nicht genug Sauerstoff für die Reaktion nach Formel (5) vorhanden, so kann sich grünes Magnetit bilden



Dieses Magnetit-Hydrat reagiert weiter und versucht das in sich gelagerte Kristallwasser auszustoßen, was zur Folge hat, dass sich schwarzer Magnetit bildet.



Nicht mit Rost zu verwechseln ist Zunder welcher durch chemische Korrosion bei hohen Temperaturen entsteht und kein Kristallwasser enthält.

## 5. Methoden des Korrosionsschutzes

Beim aktiven Korrosionsschutz greift das Schutzverfahren aktiv in die Korrosionsvorgänge ein.

Beim passiven Korrosionsschutz wird die Metallauflösungsreaktion durch Deckschichten unterbunden.

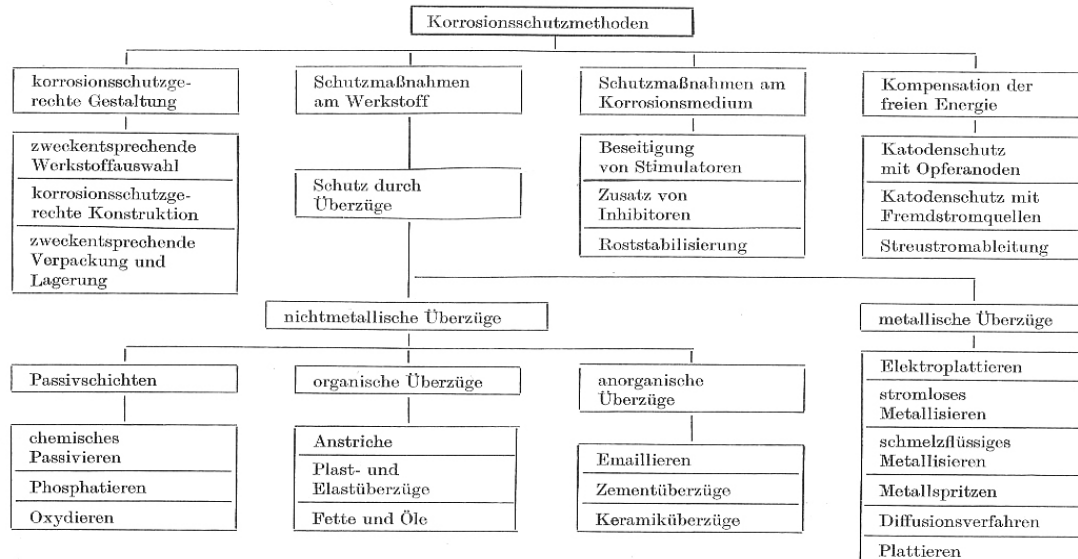


Abbildung 2 Übersicht über wichtige Methoden des Korrosionsschutzes

### 5.1 Korrosionsschutz durch zweckentsprechende Werkstoffauswahl, Konstruktion und Verpackung

Korrosionsverluste werden klein gehalten, wenn bei der Projektierung und Konstruktion von Anlagen, Vorrichtungen und Apparaten bereits eine entsprechende Werkstoffauswahl eine korrosionsschutzgerechte Konstruktion und eine sorgfältige Fertigung berücksichtigt werden. Auch der zeitweilige Schutz beim Transport und bei der Lagerung verdient eine stärkere Beachtung.

### 5.2 Korrosionsschutz durch nichtmetallische Überzüge

Die nichtmetallischen Überzüge spielen im praktischen Korrosionsschutz eine sehr wesentliche Rolle. Dazu gehören sowohl die Oberflächenbehandlungsverfahren wie chemisches passivieren, Oxydieren und Phosphatieren als auch der Werkstoffschutz durch Anstriche und Plast- und Elastüberzüge sowie die silikatischen Überzüge (Emaile).

### 5.3 Korrosionsschutz durch metallische Überzüge

Vorzüge der Metallüberzüge sind neben dem hohen Schutzwert der Schichten ihre hohe Festigkeit und das gute Aussehen. Der notwendige Korrosionsschutz wird hierbei bereits durch verhältnismäßig dünne Schichten erreicht.

Verfahren sind u.a. Elektroplatinieren bzw. Galvanisieren, stromloses Metallisieren (Tauchen), schmelzflüssiges Metallisieren, Metallspritzen und Diffusionsverfahren.

## 5.4 Kathodischer Korrosionsschutz

Die kathodischen Schutzverfahren sind zur Korrosionsverhinderung von erd- oder wassererlegten Konstruktionen entwickelt worden. Das Prinzip des Katodenschutzes besteht darin, einen Gleichstrom über den Elektrolyten so auf das metallische Schutzobjekt zu leiten, dass der mit der Metallauflösung verbundene Korrosionsstrom verbunden wird.

## 6. Versuchsdurchführung

Sie führen sechs Korrosionsversuche durch.

### SICHERHEITSHINWEISE

Schutzbrille, -handschuhe sowie der Laborkittel sind Pflicht!

Beachten Sie die aushängenden Sicherheitshinweise!

### 6.1 Rostvorgang

Stahlwolle wird zuerst mit Brennspritus entfettet. Nach dem Trocknen wird sie so in ein Reagenzglas gedrückt, das sie nicht von allein herausrutschen kann. Das Reagenzglas wird mit einem Gummistopfen, durch welchen ein Glasrohr gesteckt ist, verschlossen. Das Reagenzglas wird nun umgedreht und mit das Glasrohr in ein mit Wasser gefülltes Becherglas gestülpt.

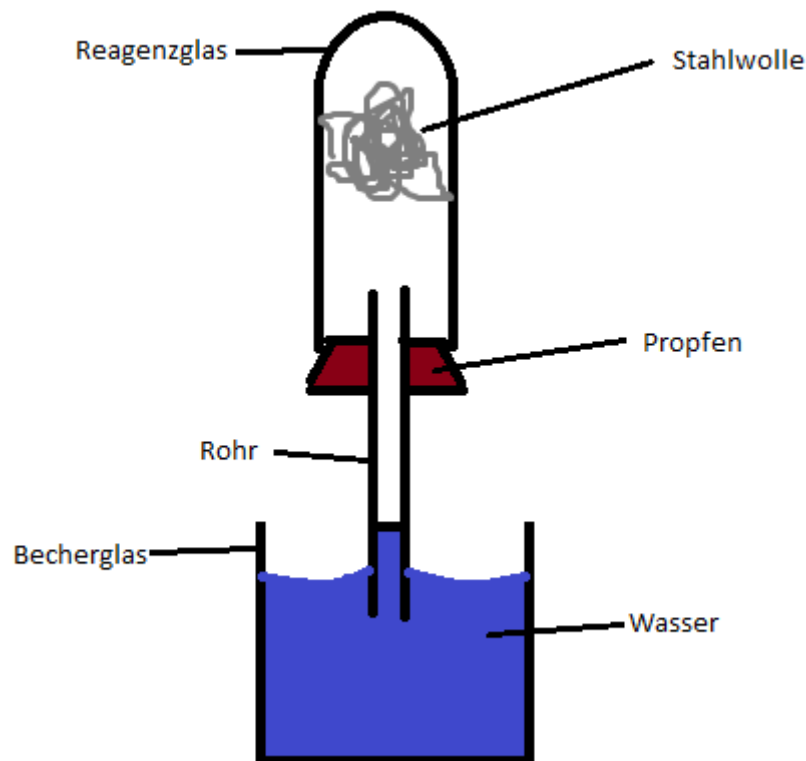


Abbildung 3: Versuchsaufbau

Setzen sie diesen Versuch je einmal im unteren Labor und im Nasslabor an.

Beobachten und interpretieren sie die Ergebnisse.



## 6.2 Rostfördernde Bedingungen

Sie finden vorgegeben mehrere Reagenzgläser der vorherigen Woche. Beschreiben sie die Vorgänge und setzen sie einen neuen Versuch für die nachfolgende Gruppe an.

Glas 1: Luft

Glas 2: Entionisiertes Wasser

Glas 3: Leitungswasser

Glas 4: Med. Kochsalzlösung

Glas 5: Salzsäure (2N)

Glas 6: Natronlauge (30%)

Beobachten und interpretieren sie die Ergebnisse.

## 6.3 Rostschutz

Sie finden einen durchlaufenden Semesterversuch. Reagenzgläser mit Nägeln und Leitungswasser.

Glas 1: Nagel unbehandelt

Glas 2: mit Rostschutzfarbe behandelter Nagel

Glas 3: verzinkter Nagel

Beobachten und interpretieren sie die Ergebnisse.

Alternativer Versuch statt 6.3: Rostumwandler

Legen Sie zwei rostige Nägel jeweils in ein Becherglas. Geben Sie in das eine 20%ge Zitronensäure in das andere 10%ge Phosphorsäure. Erwärmen Sie das Glas mit Zitronensäure und lassen sie beide eine Weile stehen. Beobachten und interpretieren sie die Ergebnisse.

## 6.4 Versuch zur elektrochemischen Spannungsreihe - Opferanode

Es werden folgende Metallpaarungen in Kochsalzlösung betrachtet:

a) Eisen-Zink ohne elektrischen Kontakt

b) Eisen-Zink mit elektrischen Kontakt

c) Eisen-Kupfer ohne elektrischen Kontakt

d) Eisen-Kupfer mit elektrischen Kontakt

Beobachten und interpretieren sie die Ergebnisse. Setzen sie den Versuch neu an.

## 6.5 Korrosionsschutz

Durchführung

200 ml Natriumchlorid- und 6 ml Kaliumhexacyanoferrat (III)-Lösung mit ca. 30 g Gelatine eindicken, in die Schale gießen und drei Eisennägel hineinlegen. Ein Nagel leitend mit einem Kupferblech, einen zweiten mit Zinkblech den dritte ohne Verbindung in die Flüssigkeit legen.

Beobachten und interpretieren sie die Ergebnisse.

## 6.6 *Kurzzeit-Korrosionsprüfmethode von Machu-Schiffmann*

Sie haben verschiedene Stahl- und Aluminiumbleche in Lösung der Vorwoche vorgegeben. Neutralisieren sie die Bleche durch abwaschen, trocknen sie diese und analysieren sie unter dem Mikroskop.

Setzen sie einen neuen Versuch für die Nachfolgegruppe für Stahl, verzinkten Stahl, mit Rostschutzfarbe bestrichenem Stahl und Aluminium an.

50 g/l Natriumchlorid

10 ml/l einer 30 gew.% Lösung von Wasserstoffperoxid

pH = 6,0

Die Bleche werden kreuzweise geritzt und anschließend in die Lösung gehängt.

## 7. Literatur

- SCHADENSKUNDE J. Broichhausen Hanser-Verlag 1985
- GRUNDLAGEN METALLISCHER WERKSTOFFE Korrosion und Korrosionsschutz  
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1976

## 8. Abbildungen

Abbildung 1 Überblick über die wichtigsten werkstoffschädigenden Einflussfaktoren.....	3
Abbildung 2 Übersicht über wichtige Methoden des Korrosionsschutzes .....	7
Abbildung 3: Versuchsaufbau .....	8

## 9. Tabellen

Tabelle 1 Beispiele chemischer Korrosion.....	4
Tabelle 2 Einflüsse auf elektrochemische Korrosion.....	4
Tabelle 3 Mechanische Einflüsse .....	5
Tabelle 4 Erscheinungsformen elektrochemischer Korrosion .....	5