

Planung und Anwendung des elektrochemischen
Korrosionsschutzes für die Innenflächen von
Apparaten, Behältern und Rohren (Innenschutz)**DIN**
50 927

Planning and application of the electrochemical corrosion protection for the internal surfaces of apparatuses, containers and tubes (internal protection)

Planification et emploi de la protection contre la corrosion électrochimique des surfaces intérieures des appareils, des conteneurs et de la tuyauterie (protection intérieure)

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	2	5.4 Verbindungen des Schutzobjektes mit Fremdkathoden	6
2 Begriffe	2	5.5 Maßnahmen bei Beeinträchtigung durch und von Fremdkathoden	6
2.1 Anode	2	5.6 Anwendung von Isolierstücken	6
2.2 Anodischer Korrosionsschutz	2	5.7 Stromverteilung	6
2.3 Anodische Korrosionsschutzanlage	2	5.8 Kontakt des Schutzobjektes mit nicht-metallischen elektronenleitenden Stoffen	6
2.4 Ausgleichsstrom	2	6 Erforderliche Unterlagen für die Planung des elektrochemischen Korrosionsschutzes	7
2.5 Beeinflussung	2	6.1 Eigenschaften von Beschichtungen	7
2.6 Beschichtung	2	6.2 Eigenschaften möglicher elektrolytischer Reaktionen	7
2.7 Beschichtungswiderstand	2	6.3 Maßnahmen bei instationärem Betrieb	8
2.8 Elementbildung	2	6.4 Systeme mit zwei Elektrolytlösungen	8
2.9 Fremdkathode	2	7 Planung des elektrochemischen Korrosionsschutzes	8
2.10 Fremdstromanode bzw. -kathode	2	7.1 Planungsunterlagen zum Schutzobjekt und Angaben zum Medium	8
2.11 Fremdstromschutzanlage	2	7.2 Konstruktive Maßnahmen am Schutzobjekt	8
2.12 Innenkorrosion	2	7.3 Isolierstücke	8
2.13 Objekt/Medium-Potential	2	7.4 Schutzelektroden	9
2.14 Potentialregelndes Schutzstromgerät	2	7.4.1 Galvanische Anoden	9
2.15 Potentialsonde	2	7.4.2 Fremdstromanoden	9
2.16 Schutzelektrode	2	7.4.3 Fremdstromkathoden	9
2.17 Schutzpotentialbereich, Schutzpotential	3	7.4.4 Form der Schutzelektroden	9
2.18 Schutzstromgerät	3	7.5 Schutzstromgeräte	9
2.19 Spezifischer Beschichtungswiderstand	3	7.6 Potentialmeßstellen und Bezugselektroden	9
2.20 Spezifischer Polarisationswiderstand	3	7.7 Maßnahmen zur Vermeidung störender Gasansammlungen	10
2.21 Steuerelektrode	3	7.7.1 Vollständig gefüllte Behälter unter Wasserdruck	10
3 Prinzipien und Kriterien für den elektrochemischen Korrosionsschutz	3	7.7.2 Drucklose Behälter mit schwankendem Wasserstand	10
3.1 Potentialbereiche für den elektrochemischen Korrosionsschutz	3	7.7.3 Filter-Behälter	10
3.2 Voraussetzungen für die Anwendung der Potentialkriterien	3	7.7.4 Druckerhöhungsbehälter mit schwankendem Wasserstand	11
4 Meßverfahren	5	7.7.5 Anodischer Korrosionsschutz	11
4.1 Messung des Objekt/Medium-Potentials	5	7.8 Anforderungen an Trinkwasseranlagen	11
4.2 Prüfung der Wirksamkeit von elektrischen Trennungen	5	8 Installation, Inbetriebnahme und Kontrolle des elektrochemischen Korrosionsschutzes	11
4.3 Messung des spezifischen Polarisations- oder Beschichtungswiderstandes	5		
5 Voraussetzungen für die Anwendung des elektrochemischen Korrosionsschutzes	6		
5.1 Schutzpotentialbereich	6		
5.2 Elektrolytische Leitfähigkeit des Mediums	6		
5.3 Metallene Leitfähigkeit des Schutzobjektes	6		

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für die Planung und Anwendung des elektrochemischen Korrosionsschutzes für die Innenflächen von Apparaten, Behältern und Rohren (Innenschutz).

Der elektrochemische Innenschutz dient zur Vermeidung von Korrosionsschäden mit Hilfe elektrischer Gleichströme.

2 Begriffe

Allgemeine Begriffe siehe DIN 50900 Teil 1 und Teil 2; Begriffe für den kathodischen Korrosionsschutz siehe DIN 30676. Darüber hinaus werden in dieser Norm weitere Begriffe verwendet. Die mit (*) gekennzeichneten Begriffe haben eine gegenüber der Begriffsbestimmung in DIN 50900 Teil 2 eingeschränkte Fassung, die dem Anwendungsbereich dieser Norm angepaßt ist.

2.1 Anode (*)

Beim kathodischen Korrosionsschutz ist eine Anode eine Schutzelektrode in der Elektrolytlösung, über die der Schutzstrom eingeleitet wird. Es werden galvanische Anoden und Fremdstromanoden unterschieden. Beim anodischen Korrosionsschutz ist die Anode das Schutzobjekt.

2.2 Anodischer Korrosionsschutz (*)

Der anodische Korrosionsschutz ist ein Schutzverfahren zur Verhinderung von Korrosionsschäden, bei dem das Schutzobjekt durch den Schutzstrom anodisch passiviert wird.

2.3 Anodische Korrosionsschutzanlage

Eine anodische Korrosionsschutzanlage besteht aus einem potentialregelnden Schutzstromgerät, einer Steuerelektrode und einer Fremdstromkathode.

2.4 Ausgleichsstrom (*)

Ein Ausgleichsstrom ist der nach dem Ausschalten des Schutzstromes zwischen zwei entfernten Bereichen des Schutzobjektes in der Elektrolytlösung aufgrund von Potentialunterschieden nach vorangegangener Polarisierung fließende Gleichstrom.

2.5 Beeinflussung

Eine Beeinflussung im Sinne dieser Norm ist die durch ein- oder austretenden Schutzstrom bewirkte Potentialänderung an einem Oberflächenbereich eines metallischen Objektes in der Elektrolytlösung, das mit dem Schutzobjekt nicht metallisch verbunden ist. Ursache der Beeinflussung ist der ohmsche Spannungsabfall in der Elektrolytlösung durch den Schutzstrom.

2.6 Beschichtung

Die Beschichtung im Sinne dieser Norm ist eine Auskleidung der Innenflächen des Schutzobjektes und eine Umhüllung der Einbauteile aus anorganischen (z. B. Glasemail) oder organischen Stoffen hohen elektrischen Widerstandes im Betrieb.

2.7 Beschichtungswiderstand

Der Beschichtungswiderstand ist der elektrische Widerstand zwischen einem beschichteten Metall und der

Elektrolytlösung. Er wird im wesentlichen durch Größe und Anzahl von Fehlstellen und Poren in der Beschichtung bestimmt und ist daher ein Maß für die Güte der Beschichtung.

2.8 Elementbildung

Eine Elementbildung im Sinne dieser Norm liegt vor bei Kontakt des Schutzobjektes mit Fremdkathoden und führt zu einer Korrosionsgefährdung des Schutzobjektes.

2.9 Fremdkathode

Eine Fremdkathode im Sinne dieser Norm ist ein metallisches Einbauteil im Schutzobjekt, das ein positiveres freies Korrosionspotential als dieses hat. Fremdkathoden bilden bei Kontakt mit dem Schutzobjekt ein Korrosionselement. Fremdkathoden können den kathodischen Korrosionsschutz stark beeinträchtigen.

2.10 Fremdstromanode bzw. -kathode (*)

Eine Fremdstromanode bzw. -kathode ist eine Schutzelektrode, über die der Schutzstrom beim kathodischen bzw. anodischen Korrosionsschutz in die Elektrolytlösung eingeleitet wird.

Fremdstromanoden können aus passiven (inerten) Metallen oder aus nichtmetallischen Elektronenleitern (Graphit, Magnetit oder ähnlichem) bestehen. Für Sonderfälle werden auch aktive Anoden eingesetzt, insbesondere wenn die Reaktionsprodukte Zusatzfunktionen übernehmen.

2.11 Fremdstromschutzanlage (*)

Siehe anodische oder kathodische Korrosionsschutzanlage.

2.12 Innenkorrosion

Innenkorrosion ist die an den Innenflächen des Schutzobjektes und an den Außenflächen von Einbauteilen auftretende Korrosion durch Einwirken einer Elektrolytlösung.

2.13 Objekt/Medium-Potential

Das Objekt/Medium-Potential ist das Potential des Schutzobjektes in der Elektrolytlösung.

2.14 Potentialregelndes Schutzstromgerät

Ein potentialregelndes Schutzstromgerät ist ein Schutzstromgerät, mit dessen Hilfe das Objekt/Medium-Potential in einen vorgegebenen Potentialbereich gebracht und dort gehalten wird.

2.15 Potentialsonde

Eine Potentialsonde ist eine Bezugselektrode mit Sonde (Haber-Luggin-Kapillare) oder von stiftförmiger Form, damit bei der Messung von Objekt/Medium-Potentialen Fehler durch ohmsche Spannungsabfälle in der Elektrolytlösung vermindert werden.

2.16 Schutzelektrode

Schutzelektrode ist der Sammelbegriff für galvanische Anoden und Fremdstromanoden bzw. -kathoden.

2.17 Schutzpotentialbereich, Schutzpotential (*)

Der Schutzpotentialbereich ist der Bereich der Objekt/Medium-Potentiale, in dem elektrochemischer Korrosionsschutz gegen eine bestimmte Korrosionsart erfolgt. Der Schutzpotentialbereich wird durch kritische Potentiale (Schutzpotentiale) begrenzt.

2.18 Schutzstromgerät

Ein Schutzstromgerät ist ein Gerät zur Erzeugung des für den elektrochemischen Korrosionsschutz erforderlichen Gleichstromes.

2.19 Spezifischer Beschichtungswiderstand

Der spezifische Beschichtungswiderstand ist das Produkt aus Beschichtungswiderstand und Fläche.

2.20 Spezifischer Polarisationswiderstand (*)

Der spezifische Polarisationswiderstand ist das Produkt aus Polarisationswiderstand und Fläche.

2.21 Steuerelektrode

Eine Steuerelektrode ist eine Bezugselektrode oder eine Potentialsonde für potentialregelnde Schutzstromgeräte. Sie ist im Schutzsystem fest eingebaut und muß sich durch eine hohe Haltbarkeit und Potentialkonstanz im Betrieb auszeichnen.

3 Prinzipien und Kriterien für den elektrochemischen Korrosionsschutz

3.1 Potentialbereiche für den elektrochemischen Korrosionsschutz

Die Geschwindigkeit der Korrosion eines metallischen Werkstoffes in Elektrolytlösungen ist vom Objekt/Medium-Potential abhängig. Der für den elektrochemischen Schutz verwertbare Potentialbereich wird durch Schutzpotentiale begrenzt (Schutzpotentialbereich).

Die Lage der Schutzpotentiale ist von den Parametern des betreffenden Korrosionssystems abhängig und bezieht sich auf eine bestimmte Korrosionsart. In einem Korrosionssystem können verschiedene Korrosionsarten mit unterschiedlichen Schutzpotentialbereichen auftreten. Diese müssen sich nicht überlappen und schließen dann unter Umständen einen vollkommenen elektrochemischen Korrosionsschutz aus. Beim elektrochemischen Korrosionsschutz muß die Geschwindigkeit derjenigen Korrosionsart vermindert werden, die mit der größten Wahrscheinlichkeit zu Korrosionsschäden führt.

Die Lage der Schutzpotentiale wird wie folgt beschrieben:

- a) Der Schutzpotentialbereich ist negativer als das Freie Korrosionspotential U_R (Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes).

Der Schutzpotentialbereich wird zu positiveren Werten durch das Schutzpotential U_s und gegebenenfalls auch zu negativeren Werten durch ein zweites Schutzpotential U'_s begrenzt.

Das Kriterium für den kathodischen Korrosionsschutz lautet: für das Objekt/Medium-Potential U gilt

$$U'_s \leq U \leq U_s < U_R \quad (1)$$

Bei den meisten Korrosionssystemen kann U'_s vernachlässigt werden, weil dieser Wert nicht existiert (gleich $-\infty$) oder bei so negativen Werten liegt, die praktisch nicht erreicht werden können. Dann genügen übliche Schutzstromgeräte. Ist dies nicht der Fall, müssen potentialregelnde Schutzstromgeräte verwendet werden.

- b) Der Schutzpotentialbereich ist positiver als das Freie Korrosionspotential U_R (Anwendung des anodischen Korrosionsschutzes).

Der Schutzpotentialbereich wird zu negativeren Potentialen durch das Schutzpotential U_s und zu positiveren Potentialen durch das zweite Schutzpotential U'_s begrenzt.

Das Kriterium für den anodischen Korrosionsschutz lautet: für das Objekt/Medium-Potential U gilt

$$U_R < U_s \leq U \leq U'_s \quad (2)$$

Bei den meisten Korrosionssystemen erfolgt bei Potentialen oberhalb U'_s starke Korrosion, so daß ein potentialregelndes Schutzstromgerät erforderlich ist.

In der Tabelle 1 sind für einige wichtige Korrosionssysteme Schutzpotentiale angegeben.

In Zweifelsfällen und bei allen hier nicht aufgeführten Systemen muß eine Bestimmung der Schutzpotentiale mit Hilfe elektrochemischer Korrosionsversuche nach DIN 50 918 erfolgen.

3.2 Voraussetzungen für die Anwendung der Potentialkriterien

In den Gleichungen (1) und (2) ist für die Anwendung der Potentialkriterien dasjenige Objekt/Medium-Potential einzusetzen, das unmittelbar an der Phasengrenze Schutzobjekt/Elektrolytlösung gemessen wird. Dies wird dadurch erreicht, daß die Potentialsonde möglichst nahe an die Oberfläche des Schutzobjektes herangeführt wird, siehe DIN 50 918. Die durch ohmschen Spannungsabfall in der Elektrolytlösung auftretende Abweichung U_{IR} bei der Potentialmessung beträgt:

$$U_{IR} = \frac{J_s}{\kappa} \quad (3)$$

Fehlmessungen sind somit in den folgenden Fällen möglich:

- a) bei hohen Stromdichten J ,
- b) bei großen Sondenabständen s von der Oberfläche des Schutzobjektes,
- c) bei niedriger elektrolytischer Leitfähigkeit κ .

In solchen Fällen kann durch Messen des Ausschaltpotentials die Abweichung des durch den Schutzstrom bewirkten ohmschen Spannungsabfalls eliminiert werden. Dabei verbleibt aber eine Abweichung des durch Ausgleichsströme bewirkten ohmschen Spannungsabfalls in Fällen ungleichmäßiger Polarisierung. Um diese zu erkennen und in ihrer Wirkung abzuschätzen, ist es zweckmäßig, mehrere Potentialsonden an unterschiedlichen Stellen im Schutzobjekt einzusetzen.

Tabelle 1. Zusammenstellung einiger wichtiger Schutzpotentiale (Richtwerte)

Umrechnung der Potentialwerte für verschiedene Bezugselektroden siehe Tabelle 2

a) kathodischer Schutz $U'_s < U < U_s < U_R$

System		Schutzpotential U_H in V		Anwendung zum
Werkstoff	Medium	U'_s	U_s	
unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe	neutrale Wässer, Salzwässer und Erdböden (25 °C)	—	— 0,53	Schutz gegen Flächenkorrosion
	siedende neutrale Wässer	—	— 0,63	
	schwach saure Wässer und anaerobe Medien (25 °C)	—	— 0,63	
hochlegierte Stähle mit > 16 % Massenanteile Cr	neutrale Wässer und Böden (25 °C)	—	0,2	Schutz gegen Loch- und Spaltkorrosion
	siedende neutrale Wässer	—	0,0	
	Meerwasser (25 °C)	—	0,0	
CrNi-Stähle	Cl ⁻ -haltige, heiße Wässer	—	≈ 0	Schutz gegen Spannungsrisskorrosion
unlegierte und niedriglegierte Stähle	warme Lösungen von:			Schutz gegen Spannungsrisskorrosion
	Nitraten	—	— 0,15	
	Alkalilaugen	—	— 0,98	
	Na ₂ CO ₃	—	— 0,68	
	NaHCO ₃	—	— 0,43	
	(NH ₄) ₂ CO ₃	—	— 0,35	
Cu, CuNi-Legierung	neutrale Wässer und Erdböden (25 °C)	—	0,14	Schutz gegen Flächenkorrosion
Sn	neutrale Wässer (25 °C)	nicht bekannt	— 0,33	
Zn	neutrale Wässer und Erdböden (25 °C)	— 1,3	— 0,96	
hochlegierte, vergütete Cr-Stähle	Meerwasser (25 °C)	— 0,5	0,0	Schutz gegen wasserstoffinduzierte Spannungsriss- und Lochkorrosion
Pb	neutrale Wässer und Erdböden (25 °C)	— 1,4	— 0,33	Schutz gegen Hydridbildung und Flächenkorrosion
Al, AlMg-, AlMn-, AlMgMn-, AlMgSi-Legierungen	kalte Wässer			Schutz gegen Mulden- und Lochkorrosion
	Süßwässer	— 0,8	— 0,45	
	Meerwasser	— 0,8	— 0,55	
AlZn 4,5 Mg1	Süßwässer	— 0,8	— 0,6	Schutz gegen Loch- und selektive Korrosion
	Meerwasser	— 0,9	— 0,7	