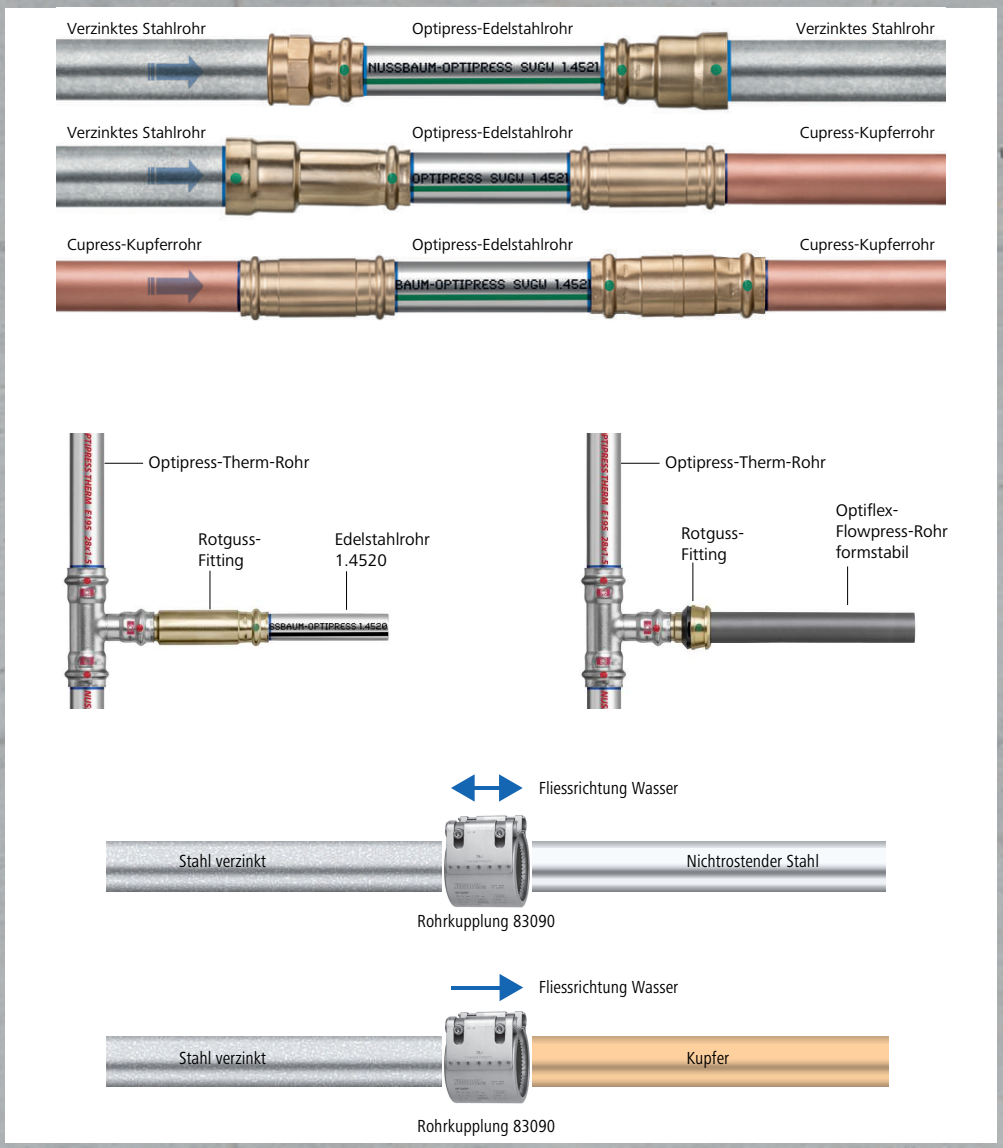
Korrosion

gültig ab: 07. August 2025



NUSSBAUM RN

Gut installiert Bien installé Ben installato

Themenwelt

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5

2 Grundlagen der Korrosion 6

2.1 Potentialbildung 6

2.2 Potentialmessung 7

2.3 Nernst-Gleichung 8

2.4 Elektrochemische Spannungsreihe 9

2.5 Galvanische Elemente 10

2.6 Korrosionsstrom und Flächenregel 11

2.7 Kategorien atmosphärischer Korrosion 12

3 Korrosionsarten 13

3.1 Hochtemperaturkorrosion 13

3.2 Sauerstoffkorrosion 14

3.2.1 Schadenbild 14

3.3 Wasserstoffkorrosion 15

3.3.1 Schadenbild 15

3.4 Bimetallkorrosion 16

3.4.1 Schadenbilder 16

3.4.2 Vermeidung von Bimetallkorrosion 17

3.5 Flächenkorrosion 18

3.5.1 Schadenbild 18

3.6 Lochkorrosion 19

3.6.1 Lochkorrosion bei nichtrostenden Stählen (PRE-Zahl) 19

3.6.2 Schadenbild 20

3.6.3 Vermeidung von Lochkorrosion 20

3.7 Spannungsrisskorrosion 21

3.7.1 Schadenbilder 22

3.8 Strömungsinduzierte Korrosion 22

3.8.1 Erosionskorrosion 22

3.8.2 Kavitationskorrosion 25

3.9 Selektive Korrosion 28

3.9.1 Entzinkung 28

3.9.2 Turner-Diagramm 28

3.9.3 Schadenbild 29

3.10 Interkristalline Korrosion 29

3.10.1 Schadenbild 30

3.11 Fremdstromkorrosion 31

3.11.1 Vermeidung von Fremdstromkorrosion 32

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.12 Biokorrosion (MIC) ... 35
3.12.1 Erscheinungsformen ... 35
3.12.2 Biokorrosion in Sprinkleranlagen ... 35
3.12.3 Schadenbilder ... 36

4 Kalkablagerungen in Messing-Fittings ... 37
4.1 Schadenbild ... 37
4.2 Vermeidung von Kalkablagerungen ... 38
4.2.1 Elektrische Trennung von Rohrleitungen ... 39

5 Kupferkarbonat ... 40

6 Alterung von Kunststoffen ... 41
6.1 Zeitstandverhalten von Kunststoffrohren ... 41
6.2 Schadenbilder ... 42

7 Erscheinungsorte der Korrosion ... 43
7.1 Aussenkorrosion ... 43
7.1.1 Decken- und Wandkonstruktionen ... 43
7.1.2 Wärmedämmungen ... 44
7.2 Innenkorrosion ... 45
7.2.1 Korrosion in Heizungsrohren ... 45

8 Korrosionsschutz ... 46
8.1 Aktiver Korrosionsschutz ... 46
8.1.1 Trinkwasseraufbereitung ... 46
8.1.2 Reinhaltung von Trinkwasserinstallationen ... 46
8.1.3 Kathodischer Korrosionsschutz ... 47
8.1.4 Schutzanode ... 48
8.1.5 Fremdstromanode ... 48
8.2 Passiver Korrosionsschutz ... 49
8.2.1 Nichtrostende Stähle ... 49
8.2.2 Schutzbeschichtungen ... 50
8.3 Konstruktiver Korrosionsschutz ... 51
8.3.1 Auswahl von Werkstoffen ... 51
8.3.2 Mischinstallationen ... 52

9 Werkstoffe ... 57
9.1 Metalle ... 57
9.1.1 Kohlenstoff-Stahl ... 57
9.1.2 Edelstahl ... 57
9.1.3 Kupferlegierungen (Rotguss und Messing) ... 58
9.2 Kunststoffe ... 61
9.3 Elastomere ... 61

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9.4 Zellulare Werkstoffe 62
9.5 Verbundwerkstoffe 63
9.6 Technische Keramiken 63

Glossar 64

Quellenverzeichnis 66

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

1 Einleitung

Die Beständigkeit einer Trinkwasserinstallation gegen Korrosion beeinflusst wesentlich ihre zuverlässige Funktion und Lebensdauer. Geeignete Massnahmen zum Korrosionsschutz sind abhängig von der Bausituation und deren Eigenschaften:

- Werkstoffe und Medien (Produkte)
- Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchte)
- Elektrische Phänomene (Fremdströme)
- Nutzungsverhalten

Das vorliegende Dokument ist für Schulungszwecke und für die Kommunikation bei Schadensfällen vorgesehen. Es erläutert wichtige Begriffe im Zusammenhang mit Korrosion basierend auf der Norm DIN EN 8044 und beschreibt die für Sanitäranlagen relevanten Korrosionsvorgänge und Alterungsprozesse. Im Weiteren werden spezifische Korrosionsschutzmassnahmen und Möglichkeiten bei der Wahl von Werkstoffen vorgestellt.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2 Grundlagen der Korrosion

2.1 Potentialbildung

Das Potential ist eine Eigenschaft von Metallen wie die Härte oder die elektrische Leitfähigkeit und ist immer in Verbindung mit einer wässrigen Lösung zu verstehen, in der sich das Metall befindet.

Wenn ein Metall in eine wässrige Lösung eingetaucht wird, herrschen zwischen dem Metall und der wässrigen Lösung thermodynamische Ungleichgewichtszustände, die u. a. auf unterschiedliche Stoffkonzentrationen in den beiden Phasen zurückzuführen sind. Diese Ungleichgewichtszustände haben Wechselwirkungen zur Folge, die durch Bewegungen von Ionen und Elektronen gekennzeichnet sind. Dabei gehen Ionen vom Metall in die wässrige Lösung und von der wässrigen Lösung zum Metall über. Diese Übergangsbewegungen sind elektrochemische Reaktionen und finden solange statt, bis der thermodynamische Gleichgewichtszustand erreicht ist. Da Ionen elektrische Ladungsträger sind, kommt es dabei zu Potentialänderungen, dementsprechend bestimmen die Ionen, d. h. deren Anzahl und elektrische Ladung, das Potential eines Metalls.

Die beiden Reaktionen lassen sich mit den folgenden Reaktionsformeln darstellen:

$$Me \rightarrow Me^{z+} + z \cdot e^{-} \qquad (1)$$

$$Me^{z+} + z \cdot e^{-} \rightarrow Me \qquad (2)$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
Me	—	Metall, im atomaren Zustand
Me^{z+}		Metall-Ion, z-wertig (positive Ladungseinheit)
z		Anzahl Elektronen
e^{-}		Elektron (negative Ladungseinheit)

Die Reaktionsformel (1) beschreibt die Metallauflösung. Die Ionen bewegen sich vom Metall in die wässrige Lösung. Dieser Vorgang wird auch als Lösungsdruck bezeichnet. Weitere Bezeichnungen sind Anodenvorgang oder anodische Reaktion.

Die Reaktionsformel (2) beschreibt die Metallabscheidung. Die Ionen bewegen sich aus der wässrigen Lösung zum Metall. Dieser Vorgang wird auch als osmotischer Druck bezeichnet. Weitere Bezeichnungen sind Kathodenvorgang oder kathodische Reaktion.

Die beiden Reaktionen laufen beim Eintauchen eines Metalls gleichzeitig ab, jedoch meistens mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Wenn Reaktion (1) schneller abläuft als Reaktion (2), dann wird das Metall durch die Ansammlung von Elektronen zu Beginn der Reaktionen negativ aufgeladen. So reagierende Metalle werden als **unedel** bezeichnet. Im umgekehrten Fall wird das Metall durch die grössere Abscheidungsgeschwindigkeit positiv aufgeladen. Solche Metalle werden als **edel** bezeichnet.

An den Schichten der Phasengrenze Metall/Lösung entsteht also eine Potentialdifferenz, die mit der Potentialdifferenz zwischen den Platten eines Kondensators vergleichbar ist. Diese elektrische Spannung wird als Galvani-Spannung bezeichnet und kann nicht gemessen werden.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2.2 Potentialmessung

Das Potential eines Metalls kann nur relativ zum Potential eines zweiten Metalls gemessen werden, d. h. man misst die Differenz der beiden Galvani-Spannungen. Diese Spannungsdifferenz wird als Elektrodenpotential* bezeichnet.

Das folgende Bild zeigt die Messvorrichtung zur Messung des Elektrodenpotentials zwischen der Versuchselektrode und einer Bezugselektrode. Bei unterschiedlichen Galvani-Spannungen der Versuchselektrode und der Bezugselektrode zeigt das Spannungsmessgerät eine Spannung an.

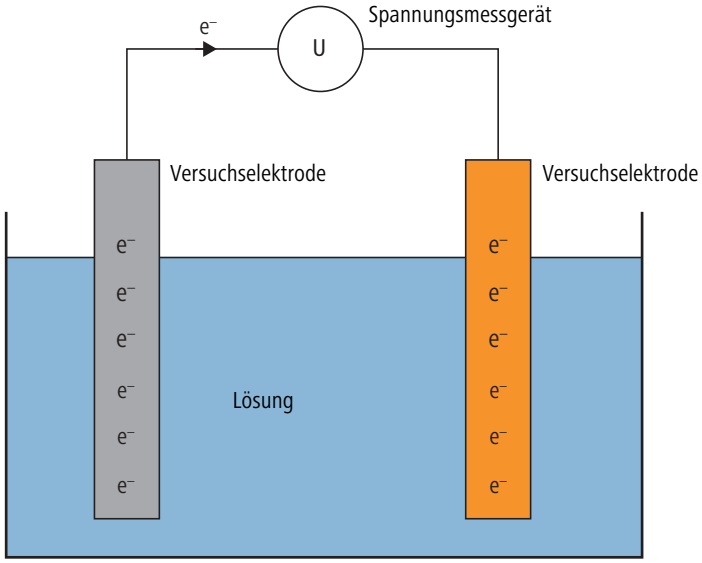


Abb. 1: Messprinzip für Elektrodenpotentiale

Um die Elektrodenpotentiale von verschiedenen Metallen für Vergleichszwecke zu messen, müsste die Galvani-Spannung von jedem Metall bekannt sein. Die Galvani-Spannung kann aber weder gemessen noch berechnet werden. Daher wurde das Elektrodenpotential von Wasserstoff mit dem frei gewählten Wert von 0 Volt als Standardpotential (oder Normalpotential) definiert, wobei die Lösungstemperatur 25 °C und die Lösungskonzentration 1 mol/Liter beträgt. Anhand des so definierten Standardpotentials ist es möglich, verschiedene Metalle miteinander zu vergleichen.

Aus praktischen Gründen wird als Bezugselektrode nicht Wasserstoff, sondern eine andere Elektrode gewählt, z. B. die Kalomel-Elektrode. Die Kalomel-Elektrode weist ein Elektrodenpotential von 0.25 Volt gegenüber dem Standardpotential von Wasserstoff auf.

* Die Bezeichnung Elektrodenpotential ist genau genommen falsch, da es sich um eine Potentialdifferenz, also um eine Spannung handelt.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2.3 Nernst-Gleichung

Um das Elektrodenpotential von verschiedenen Metallen miteinander zu vergleichen, ist neben der Bezugselektrode auch die wässrige Lösung (Elektrolyt) zu berücksichtigen. Denn schon einfache Experimente zeigen, dass ein Metall in Lösungen von gleicher chemischer Zusammensetzung, aber verschiedenen Stoffkonzentrationen unterschiedlich reagiert.

Der Zusammenhang zwischen dem Elektrodenpotential eines Metalls und der Konzentration der potentialbildenden Ionen wird durch die Nernst-Gleichung ausgedrückt:

$$U_{H,Me} = U_{H,Me,N} + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{c_{Ox}}{c_{Red}}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$U_{H,Me}$	V	Elektrodenpotential des Metalls Me
$U_{H,Me,N}$	V	Normalpotential des Metalls Me gegenüber der Normalwasserstoffelektrode
R	J/(mol·K)	Gaskonstante 8.31447
z	—	Anzahl Elektronen
F	J/(V·mol)	Faraday-Konstante 96485
c_{Ox}	mol/l	Stoffkonzentration des Oxidationsmittels
c_{Red}	mol/l	Stoffkonzentration des Reduktionsmittels

Die Gleichung zeigt, dass das Elektrodenpotential ansteigt, wenn

- die Stoffkonzentration des Oxidationsmittels in der Lösung erhöht wird
- die Temperatur der Lösung erhöht wird

Als Beispiel für eine Lösung kann die Salzsäure (HCl) herangezogen werden. Eine stark konzentrierte Salzsäure enthält eine höhere Stoffkonzentration des Oxidationsmittels H_2. Das Elektrodenpotential des in der Salzsäure befindlichen Metalls steigt und damit auch dessen Reaktion. Dies ist auch der Fall, wenn die Temperatur der Salzsäure erhöht wird.

Die folgende Gleichung stellt die vereinfachte Form der Nernst-Gleichung dar. Sie gilt nur bei einer Lösungstemperatur von 25 °C und für verdünnte Lösungen, die bei Korrosion oft auftreten:

$$U_{H,Me} = U_{H,Me,N} + \frac{0.0591}{z} \cdot \log c_{Me}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$U_{H,Me}$	V	Elektrodenpotential des Metalls Me
$U_{H,Me,N}$	V	Normalpotential des Metalls Me gegenüber der Normalwasserstoffelektrode
z	—	Anzahl Elektronen
c_{Me}	mol/l	Stoffkonzentration der Metallionen (Dekadischer Logarithmus)

Wenn in der vereinfachten Nernst-Gleichung die Stoffkonzentration c_{Me} von 1 mol/l eingesetzt wird, dann ist der logarithmische Teil der Gleichung gleich Null (log1 = 0). Man erhält die folgende Gleichung:

$$U_{H,Me} = U_{H,Me,N}$$

Die Gleichung drückt aus, dass das Elektrodenpotential eines Metalls gleich seinem Normalpotential ist, wenn das Metall in eine Lösung von 1 mol/l Stoffkonzentration seiner Metallionen getaucht ist. Die Gleichung definiert das Normalpotential und bildet somit eine Grundlage zur Erstellung von elektrochemischen Spannungsreihen.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2.4 Elektrochemische Spannungsreihe

Elektrochemische Spannungsreihen dienen zum Vergleich der Potentiale von Metallen. In vielen elektrochemischen Reihen wird als Vergleichsgrösse das Normalpotential und als Bezugselektrode die Normalwasserstoffelektrode verwendet. Es können durch Messungen aber auch andere elektrochemische Spannungsreihen erstellt werden.

Die folgende Darstellung zeigt die Normalpotentiale von einigen Elementen gegenüber der Normalwasserstoffelektrode.

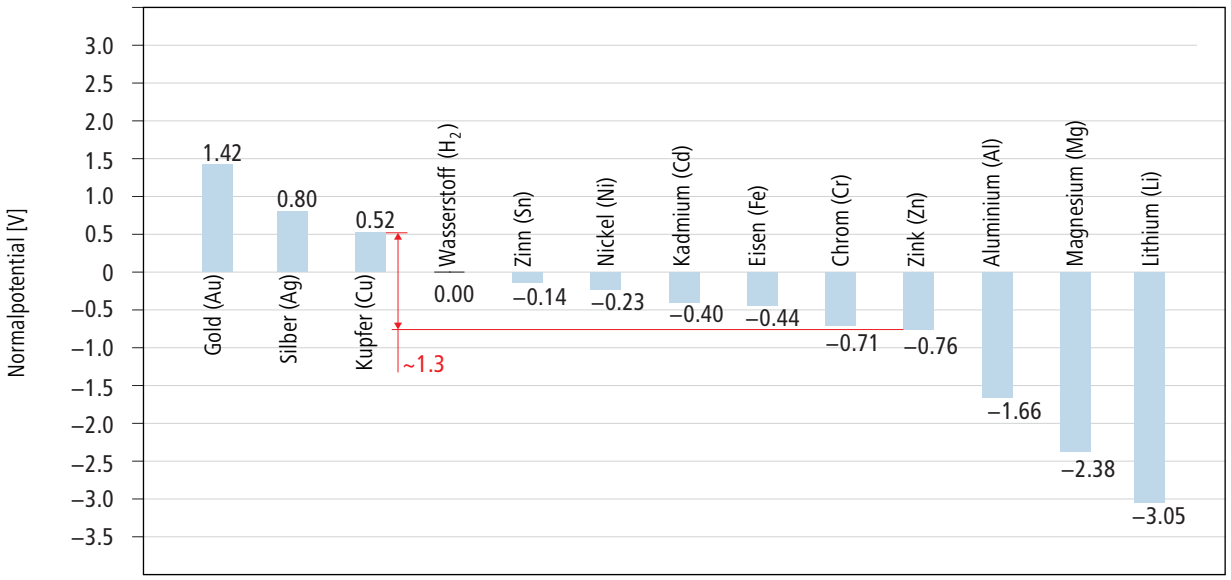


Abb. 2: Elektrochemische Spannungsreihe (nach Lehrbuch der Metallkorrosion, K. Müller)

Um die Potentialdifferenz von zwei Werkstoffen zu bestimmen, die zusammen ein galvanisches Element bilden, wird die Differenz von deren Potentialen berechnet. Zum Beispiel beträgt die Potentialdifferenz zwischen einer Kupfer- und einer Zinkelektrode gemäss obiger Darstellung ungefähr 1.3 Volt.

Die folgende Tabelle zeigt die Potentiale von einigen in der Installationstechnik häufig verwendeten Werkstoffen, wobei die Potentiale der Metalle in Trinkwasser bezüglich einer Kupfersulfatelektrode gemessen wurden.

Werkstoff	Potential E* [V]
Kupfer	–0.10
Nichtrostender Stahl	–0.10
Rotguss und Si-Bronze	–0.20
Messing	–0.35
Eisen	–0.55**/–0.75***
Stahl verzinkt	–0.75
* in Trinkwasser bezüglich einer Kupfersulfatelektrode	
** Trinkwasser belüftet	
*** Trinkwasser stagnierend	

Tab. 1: Elektrochemische Spannungsreihe (nach suissetec Merkblatt W10018)

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2.5 Galvanische Elemente

Zwischen zwei Elektroden mit unterschiedlichem Potential, die in einen Elektrolyten eingetaucht sind, kann eine Potentialdifferenz gemessen werden. Diese Spannung bewirkt bei geschlossenem Stromkreis einen Strom. Eine solche Anordnung wird als galvanisches Element, galvanische Zelle oder kurz als Element bezeichnet.

In der Geschichte der Elektrochemie ist das Daniell-Element wichtig, da es auch die historische Basis der heutigen Definition der Einheit der elektrischen Spannung ist. Das Daniell-Element besteht aus eine Kupfer-Elektrode und einer Zink-Elektrode. Die Kupfer-Elektrode ist in einer Kupfersulphat-Lösung, die Zink-Elektrode in eine Zinksulfatlösung eingetaucht. Beide Lösungen befinden sich in getrennten Behältern, damit sie sich nicht vermischen. Die Salzbrücke ermöglicht den Durchgang von Ionen und somit den Stromfluss.

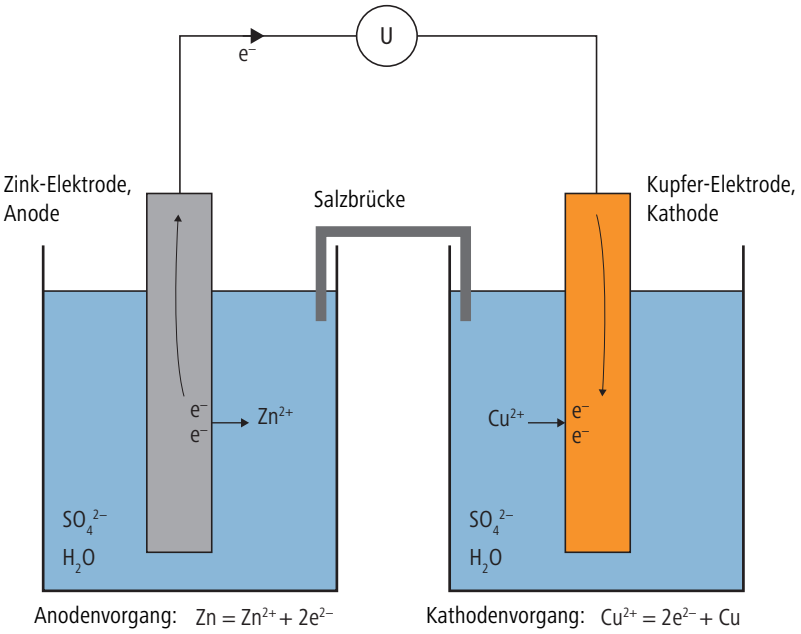


Abb. 3: Daniell-Element als Beispiel für ein galvanisches Element

An der Zink-Elektrode geht Zink in Lösung. Dadurch werden Elektronen frei, die als elektrischer Strom zur Kupfer-Elektrode fliessen, wo es zur Abscheidung von Kupfer kommt. Der Strom fliesst solange, bis die Zink-Elektrode vollständig aufgelöst ist.

Die Berechnung des Potentials des Daniell-Elements mithilfe der Nernst-Gleichung ergibt einen Wert von 1.1 Volt.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2.6 Korrosionsstrom und Flächenregel

Der Korrosionsstrom wird durch die elektrochemische Potentialdifferenz und weiteren Einflussgrössen bestimmt:

- Zusammensetzung und Eigenschaften des Elektrolyten, z. B. Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Salzgehalt und Temperatur.
- Umgebungsbedingungen wie Luftfeuchtigkeit, aggressive, korrosive Stoffe in der Luft
- Eventuell vorhandenen Passivschichten oder Beschichtungen

Die Korrosionsstromdichte bestimmt die Korrosionsgeschwindigkeit. Eine hohe Korrosionsstromdichte bewirkt eine schnellere Korrosion des unedlen Metalls. Je kleiner die Fläche des unedlen Metalls im Verhältnis zur Fläche des edlen Metalls ist, desto grösser ist die Korrosionsstromdichte. Dies wird mit der folgenden Formel ausgedrückt:

$$I_{Me} = -I_{Ox} \cdot \frac{A_K}{A_A}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
I_{Me}	[A]	Anodenstrom
I_{Ox}	[A]	Kathodenstrom
A_K	[m^2]	Kathodenfläche
A_A	[m^2]	Anodenfläche

Die Korrosionsgeschwindigkeit ist proportional zum Anodenstrom, d. h. je grösser der Anodenstrom, desto höher ist die Korrosionsgeschwindigkeit. Das Minus-Zeichen in der Formel ist darauf zurückzuführen, dass Anodenstrom und Kathodenstrom vom Betrag her gleich gross sind und bezüglich einem Knotenpunkt im Stromkreis in entgegengesetzter Richtung fliessen (Summe der Teilströme in einem geschlossenen Stromkreis ist gleich Null).

Das folgende Bild zeigt eine schematische Darstellung der Flächenregel:

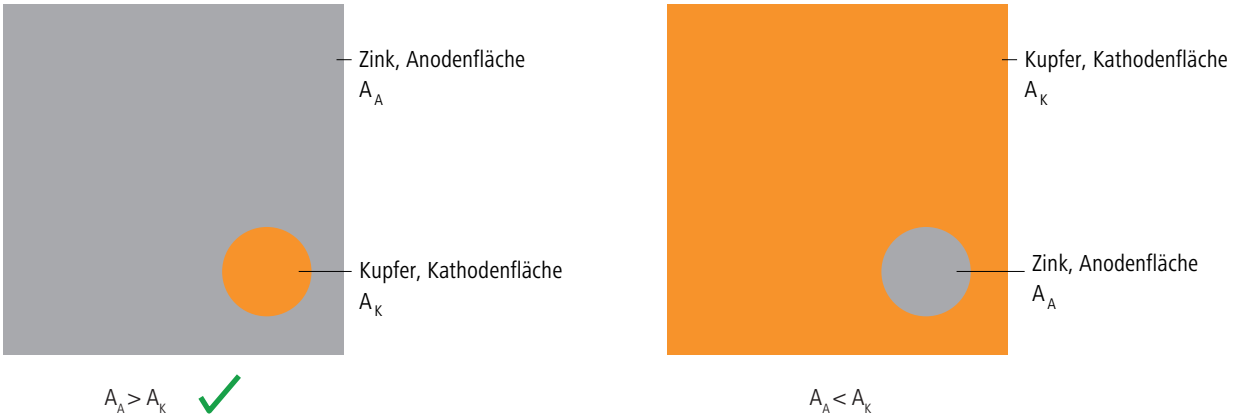


Abb. 4: Schematische Darstellung der Flächenregel. Bild links: Vorteilhaftes Flächenverhältnis mit kleiner Kathoden- und grosser Anodenfläche und entsprechend niedrigeren Korrosionsstromdichten. Bild rechts: Umgekehrtes Flächenverhältnis mit relativ kleiner Anodenfläche, die höhere Korrosionsstromdichten zur Folge hat.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

2.7 Kategorien atmosphärischer Korrosion

Die atmosphärische Korrosion bezeichnet die Korrosion von Werkstoffen mit der Erdatmosphäre als Korrosionsmedium bei Umgebungstemperatur. Nach EN ISO 12944-2 werden atmosphärische Umgebungen in Kategorien atmosphärischer Korrosivität eingeteilt.

Korrosivitätskategorie	**Beispiele typischer Umgebungen (nur informativ)**	
	Freiluft	**Innenraum**
C1 unbedeutend	—	Beheizte Gebäude mit neutraler Atmosphäre, z. B. Büros, Verkaufsräume, Schulen, Hotels
C2 gering	Atmosphäre mit geringem Verunreinigungsgrad: meistens ländliche Gebiete	Unbeheizte Gebäude, in denen Kondensation auftrteten kann, z. B. Lagerhallen, Sporthallen
C3 mässig	Stadt- und Industrieatmosphäre mit mässiger Schwefeldioxidbelastung; Küstenatmosphäre mit geringer Salzbelastung	Produktionsräume mit hoher Luftfeuchte und gewisser Luftverunreinigung, z. B. Lebensmittelverarbeitungsanlagen, Wäschereien, Brauereien, Molkereien
C4 stark	Industrieatmosphäre und Küstenatmosphäre mit mässiger Salzbelastung	Chemieanlagen, Schwimmbäder, küstennahe Werften und Bootshäfen

Tab. 2: Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2:2017

Die folgende Tabelle enthält eine Liste der in der Sanitärtechnik häufig verwendeten Werkstoffe und Beschichtungen sowie deren Beständigkeit in Atmosphären gemäss den Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2:2017.

Korrosivitätskategorie	**Werkstoffe und Beschichtungen**		
	Stahl verzinkt	**Edelstahl**	**Kunststoffe**
C1 unbedeutend	✓	✓	✓
C2 gering	Zusätzliche Schutzmassnahme erforderlich, z. B. Kunststoffbeschichtung oder Schutzschlauch	✓	✓
C3 mässig	Zusätzliche Schutzmassnahme erforderlich, z. B. Kunststoffbeschichtung oder Schutzschlauch	✓	✓
C4 stark	Zusätzliche Schutzmassnahme erforderlich, z. B. Kunststoffbeschichtung oder Schutzschlauch	Zusätzliche Schutzmassnahme erforderlich, z. B. Kunststoffbeschichtung oder Schutzschlauch	✓

Tab. 3: Beständigkeit von Rohrwerkstoffen in Atmosphären nach EN ISO 12944-2:2017

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3 Korrosionsarten

Bei allen elektrolytisch ablaufenden Korrosionsvorgängen ist der Anodenvorgang immer eine Metallauflösung (Oxidation). Der Kathodenvorgang (Reduktion) kann hingegen durch verschiedene Reaktionen gebildet werden. Die Korrosionsart wird oft nach der Reduktion bzw. dem Oxidationsmittel benannt.

3.1 Hochtemperaturkorrosion

Hochtemperaturkorrosion an Metallen tritt in Verbindung mit trockenen Gasen auf, ohne die Mitwirkung eines Elektrolyten. Die entsprechenden Oxidations- und Reduktionsreaktionen laufen bei Temperaturen von ca. 400 °C und höher ab.

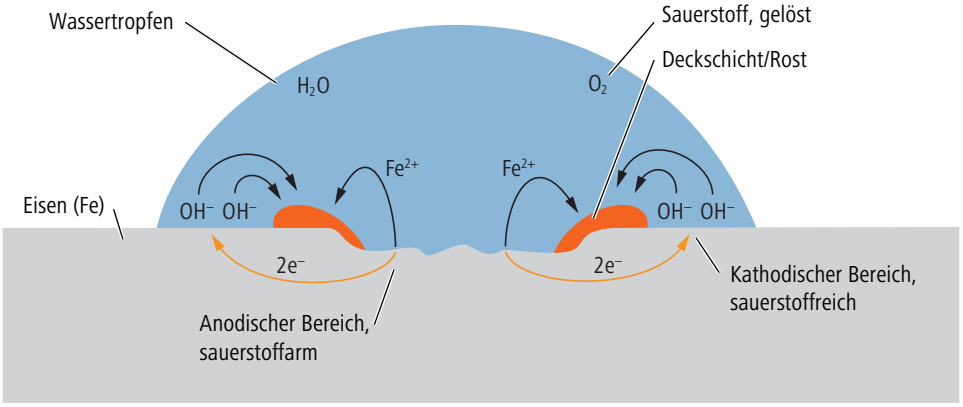
Bei der Oxidation von Metallen mit Gasen wie Sauerstoff bilden sich auf den Metalloberflächen mehr oder weniger stabile Metalloxidschichten. Ein Beispiel für die Hochtemperaturkorrosion ist die Verzunderung von Metalloberflächen während der Metallverarbeitung.

Da alle Korrosionsfälle auf elektrochemische Ursachen zurückzuführen sind, wird die Hochtemperaturkorrosion im vorliegenden Dokument nicht weiter beschrieben.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.2 Sauerstoffkorrosion

Die Sauerstoffkorrosion ist aufgrund des Sauerstoffs in der Luft und seinen immer stark positiven Potenzialwerten die häufigste Korrosionsart. Bei der Sauerstoffkorrosion ist der Kathodenvorgang eine Reduktion des Sauerstoffs zu Sauerstoffionen. Die Sauerstoffkorrosion tritt bereits bei unterschiedlichen Elektrolytkonzentrationen auf, die ein Konzentrationselement bilden, z. B. in einem Wassertropfen auf einer Eisenoberfläche.



Anodenvorgang:	$2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4 \cdot e^-$
Kathodenvorgang:	$2H_2O + O_2 + 4 \cdot e^- \rightarrow 4OH^-$
Deckschichtbildung:	$2Fe^{2+} + 4OH^- \rightarrow 2Fe(OH)_2$
Rostbildung:	$4Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot H_2O + 2H_20$

Abb. 5: Sauerstoffkorrosion an Eisen unter einem Wassertropfen

Der Kathodenvorgang läuft demnach im Randbereich des Wassertropfens ab, wo die Sauerstoffkonzentration höher ist. Im zentralen Bereich findet die Metallauflösung (Anodenvorgang) statt, die weitere Reaktionen auslöst in deren Folge sich schliesslich Rost bildet.

Die Sauerstoffkorrosion tritt vor allem in neutralen oder alkalischen Elektrolyten mit pH-Wert >7 auf. Bei sauren Elektrolyten (pH-Wert <7) wird die Sauerstoffkorrosion aufgrund des im Elektrolyt überwiegenden Wasserstoffs durch die Wasserstoffkorrosion abgelöst. Alle Metalle, deren Potential tiefer als das von Sauerstoff ist, können durch Sauerstoffkorrosion angegriffen werden.

3.2.1 Schadenbild

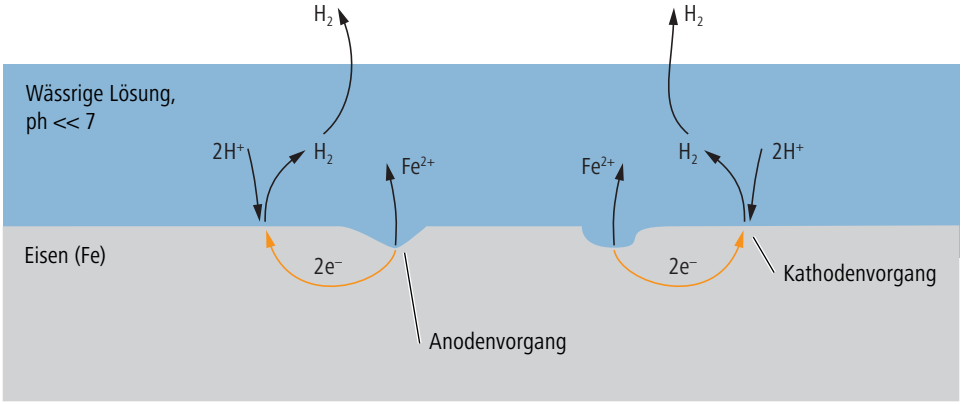
Das folgende Schadenbild zeigt Sauerstoffkorrosion an einem Stahlrohr.

Abb. 6: Schadenbild Sauerstoffkorrosion an der Innenseite von einem Stahlrohr

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.3 Wasserstoffkorrosion

Wasserstoffkorrosion tritt in stark sauren Lösungen auf, auch bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff. Solche Lösungen haben niedrige pH-Werte und weisen entsprechend hohe Wasserstoffkonzentrationen auf.



Anodenvorgang	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2 \cdot e^-$
Kathodenvorgang	$2H^+ + 2 \cdot e^- \rightarrow H_2$

Abb. 7: Wasserstoffkorrosion an Eisen in einer stark sauren, wässrigen Lösung

Bei der Wasserstoffkorrosion ist der Kathodenvorgang eine Reduktion von Wasserstoffionen H^+ zu gasförmigem Wasserstoff H_2. Der Anodenvorgang ist, wie bei allen Korrosionsarten, die Metallauflösung durch Freisetzung von Elektronen aus dem Metallgitter und Bildung von Metallionen. Der Anoden- und Kathodenvorgang findet dabei auf der gesamten Metalloberfläche an verschiedenen Stellen und Zeitpunkten statt. Eine Verortung von Anode und Kathode ist bei der Wasserstoffkorrosion nicht möglich.

Es lässt sich zeigen, dass unedle Metalle in stark sauren, wässrigen Lösungen sowohl der Wasserstoff- als auch der Sauerstoffkorrosion ausgesetzt sind. Edle Metalle hingegen erfahren in wässrigen Lösungen mit tiefen pH-Werten nur Wasserstoffkorrosion. Dies bestätigt die Erfahrung, dass Säuren aggressiver wirken als Laugen.

3.3.1 Schadenbild

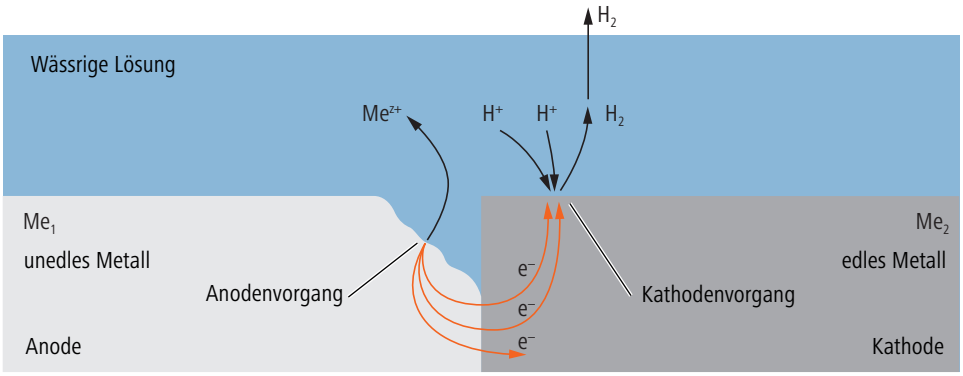
Das folgende Schadenbild zeigt fortgeschrittene, durch Schwefelsäure verursachte Wasserstoffkorrosion an einem Stahlrohr.

Abb. 8: Schadenbild Wasserstoffkorrosion an einem Stahlrohr, verursacht durch Schwefelsäure

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.4 Bimetallkorrosion

Bimetallkorrosion entsteht, wenn Metalle mit unterschiedlichem elektrochemischem Potential in Gegenwart einer wässrigen Lösung ein kurzgeschlossenes galvanisches Element bilden, wobei das unedlere Metall korrosiv angegriffen wird.



Anodenvorgang	$Me_1 \rightarrow Me_1^{z+} + z \cdot e^-$
Kathodenvorgang	$2H^+ + 2 \cdot e^- \rightarrow H_2$

Abb. 9: Bimetallkorrosion

Das Bild zeigt als Kathodenvorgang die Wasserstoffreduktion, möglich ist aber auch eine Sauerstoffreduktion.

Folgende Einflussgrössen verstärken die Bimetallkorrosion:

- Grosse Potentialdifferenz der Metalle
- Hohe Leitfähigkeit der Metalle und des Elektrolyten
- Hohe Leitfähigkeit der Kontaktfläche zwischen den Metallen

Davon lassen sich Massnahmen zur Verminderung der Bimetallkorrosion ableiten, z. B. die Vermeidung von Mischinstallationen oder die elektrische Isolierung der Metalle.

In der Trinkwasserinstallation entsteht durch den metallischen Kontakt von Rohrleitungsteilen aus unterschiedlichen metallischen Werkstoffen und dem als Elektrolyt wirkenden Trinkwasser und/oder Kondenswasser ein Korrosionselement an den Kontaktstellen. Ein Korrosionsstrom fliesst.

3.4.1 Schadenbilder

Das folgende Schadenbild zeigt Bimetallkorrosion an einer Rohrleitung. Die Bimetallkorrosion wurde durch ungeeignete Rohrschellen verursacht.

Abb. 10: Schadenbild Bimetallkorrosion an einem Metallrohr aufgrund ungeeigneter Rohrschellen

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

Das folgende Bild zeigt Bimetallkorrosion an einem Fitting unter Laborbedingungen. Die Bimetallkorrosion wurde durch eine Materialkombination von Edelstahlrohr und dem Fitting aus C-Stahl hervorgerufen. Im Bild ist die Bimetallkorrosion nicht direkt sichtbar, sondern nur die Korrosionsprodukte in Form von weisslichen Ablagerungen.

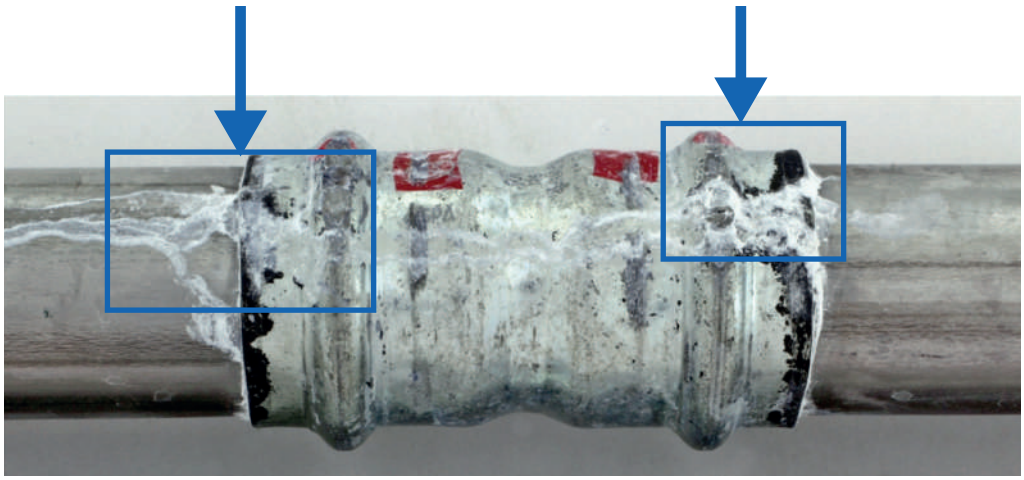
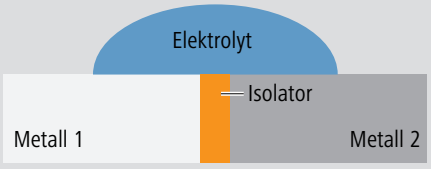
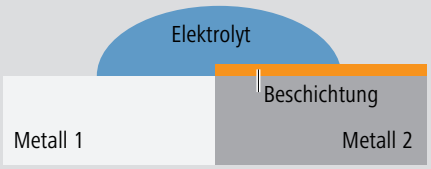
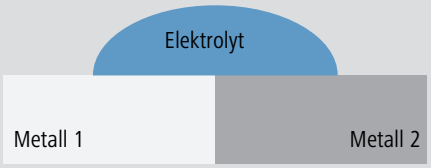
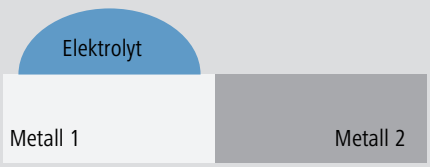


Abb. 11: Bimetallkorrosion an einer Materialkombination von Edelstahlrohr und einem Fitting aus C-Stahl (unter Laborbedingungen)

3.4.2 Vermeidung von Bimetallkorrosion

Bimetallkorrosion kann konstruktiv auf unterschiedliche Arten vermieden werden. Einerseits durch Minimierung der elektrochemischen Potentialdifferenz der Werkstoffe, anderseits durch die Verhinderung von Korrosionsströmen.

Die folgende Tabelle zeigt schematisch die Möglichkeiten zur Vermeidung von Bimetallkorrosion:

Bild	Beschreibung
	Der Korrosionsstrom wird durch ein elektrisch isolierendes Konstruktionselement verhindert, z B. Kragenhülse 90056 oder die Optipress-Aquaplus-Isolierverschraubung 81042.
	Eine Beschichtung oder Passivschicht auf einer Metalloberfläche verhindert den Korrosionsstrom, z B. Wickelbandage 83204 oder Edelstahl als Werkstoff.
	Die Konstruktion besteht aus Metallen mit annähernd gleichem elektrochemischem Potential oder es wird auf sogenannte Mischinstallationen verzichtet.
	Die Konstruktion wird so ausgeführt, dass ein möglicher Elektrolyt mit nur einem Metall in Kontakt kommen kann.

Tab. 4: Vermeidung von Bimetallkorrosion (Quelle: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, Merkblatt 829)

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.5 Flächenkorrosion

Flächenkorrosion führt zu einem Flächenabtrag, der mit nahezu gleicher Geschwindigkeit auf der gesamten, betroffenen Oberfläche des korrodierenden Bauteils abläuft. Oberflächenbereiche mit Flächenabtrag sind durch eine Verfärbung gut erkennbar. Die Flächenkorrosion kann eine deutliche Gewichtsabnahme des Bauteils zur Folge haben.

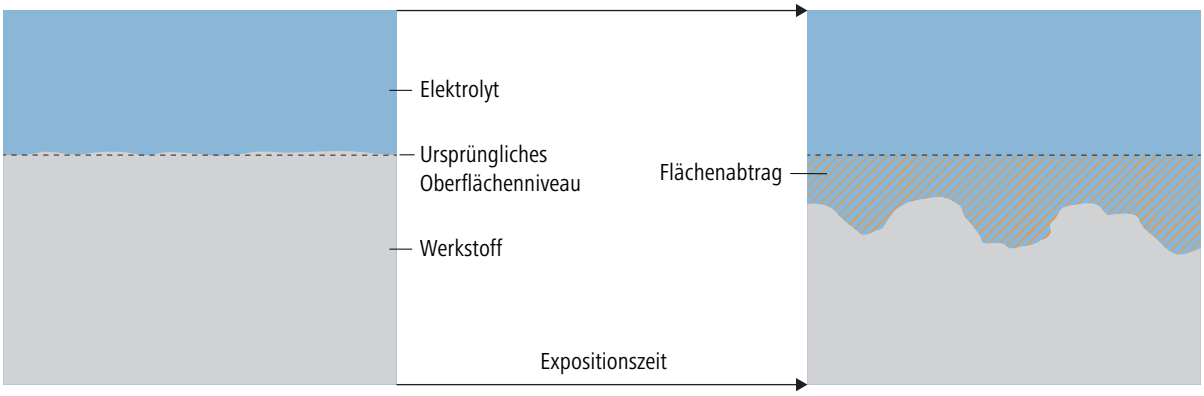


Abb. 12: Flächenkorrosion

3.5.1 Schadenbild

Das folgende Schadenbild zeigt Flächenskorrosion an einem Rohr aus Kohlenstoff-Stahl. Das Rohr wurde in einer Trinkwasserinstallation eingesetzt. Der Sauerstoff im Trinkwasser verursachte Sauerstoffkorrosion, die einen flächigen Abtrag des Metalls an der Rohrinnenseite zur Folge hatte.

Abb. 13: Schadenbild Flächenkorrosion an einem Rohr aus Kohlenstoff-Stahl. Bild oben: Ansicht des Rohrs mit den Korrosionsprodukten. Bild unten: Das von den Korrosionsprodukten gereinigte Rohr

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.6 Lochkorrosion

Lochkorrosion (Lochfrass) ist eine lokale, oft nur punktförmige Korrosion am Bauteil. Zwischen den Stellen mit Lochkorrosion können Flächen frei von jeglicher Korrosion liegen. Lochkorrosion kann sich fortsetzen, bis das betroffene Bauteil die Funktion verliert, z. B. in Form eines Durchbruchs in einer Rohrleitung.

3.6.1 Lochkorrosion bei nichtrostenden Stählen (PRE-Zahl)

Lochkorrosion bei nichtrostenden Stählen wird vor allem durch Halogen-Verbindungen (Chlor-, Brom- und Jod-Verbindungen) verursacht. Molybdän als Legierungsbestandteil von nichtrostenden Stählen erhöht die Beständigkeit gegen Lochkorrosion.

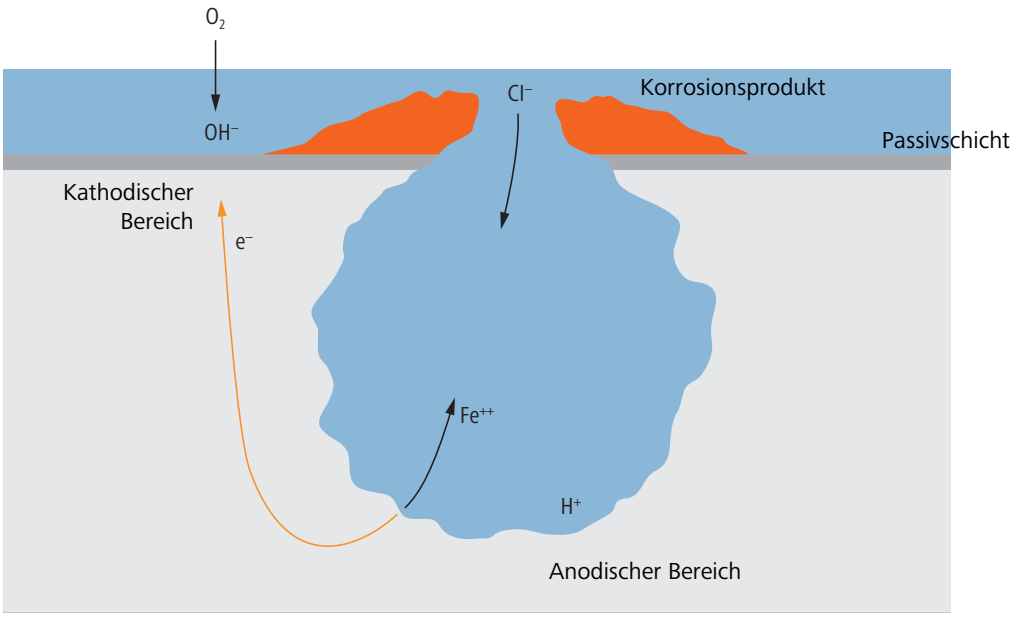


Abb. 14: Lochkorrosion bei nichtrostendem Stahl (Bild: Boniardi, Rostfreie Edelstähle)

Das Lochkorrosionspotential ist ein Mass für die Beständigkeit eines nichtrostenden Stahls gegen Lochkorrosion und wird als Wirksumme bzw. als PRE-Zahl ausgedrückt (PRE: Pitting resistance equivalent). Mit Molybdän als Legierungselement kann die Beständigkeit gegen Lochkorrosion gezielt verbessert werden. Die PRE-Zahl wird mit der folgenden Formel berechnet:

PRE-Zahl = %Cr + 3.3 × %Mo

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
PRE-Zahl	—	Lochkorrosionspotential
%Cr		Legierungsanteil Chrom
%Mo		Legierungsanteil Molybdän

Je grösser die PRE-Zahl ist, desto höher ist die Beständigkeit gegen Lochkorrosion. Die in Nussbaum Produkten verwendeten Edelstahlsorten weisen PRE-Zahlenwerte auf, die über den normativ geforderten Werten liegen.

Edelstahlsorte	PRE-Zahl	PRE-Zahl (Normwert)
1.4521	24.1	23.0
1.4401/04		23.1

Tab. 5: PRE-Zahlen von Nussbaum Edelstahlsorten

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.6.2 Schadenbild

Das folgende Schadenbild zeigt fortgeschrittene Lochkorrosion, die zum Durchbruch in einer Rohrleitung führte.

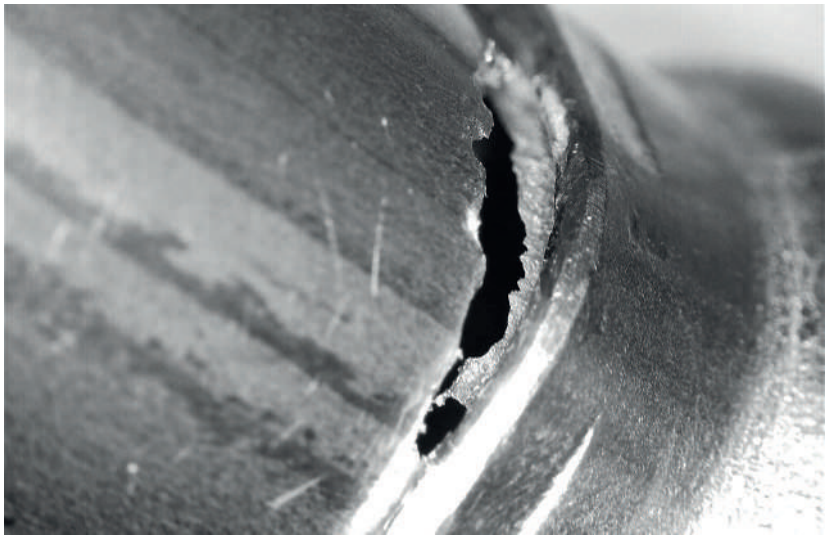


Abb. 15: Schadenbild Lochkorrosion

3.6.3 Vermeidung von Lochkorrosion

Für die Wärmedämmung von Rohrleitungen sind halogenfreie Materialien zu verwenden.

Zur Abdichtung von Gewindeverbindungen aus nichtrostenden Stählen sind chlorfreier Hanf oder andere chloridfreie Dichtmittel einzusetzen. Gewindedichtmittel aus Kunststoffen wie z. B. Polytetrafluorethylen (PTFE) müssen vom DVGW zertifiziert sein.

Abb. 16: Chlorfreies PTFE-Gewindedichtband 83180 mit DVGW-Zertifizierung

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.7 Spannungsrisskorrosion

Spannungsrisskorrosion bezeichnet die Rissbildung im Metall aufgrund von Korrosion und Dehnung des Metalls durch Zugspannungen.

Die Spannungsrisskorrosion von Metallen, besonders an austenitischen Cr-Ni-Stählen, wird oft von chloridhaltigen Salzlösungen oder feuchten Chlor-Verbindungen verursacht. Die Risse sind oft stark verästelt und verlaufen senkrecht zur Richtung der Zugspannung am Bauteil. Bei den ferritischen Chromstählen tritt diese Korrosionsart eher selten auf.

Spannungsrisskorrosion kann bei Fittings aus Messing auftreten, die mit Ammoniak oder Ammonium in Kontakt kommen

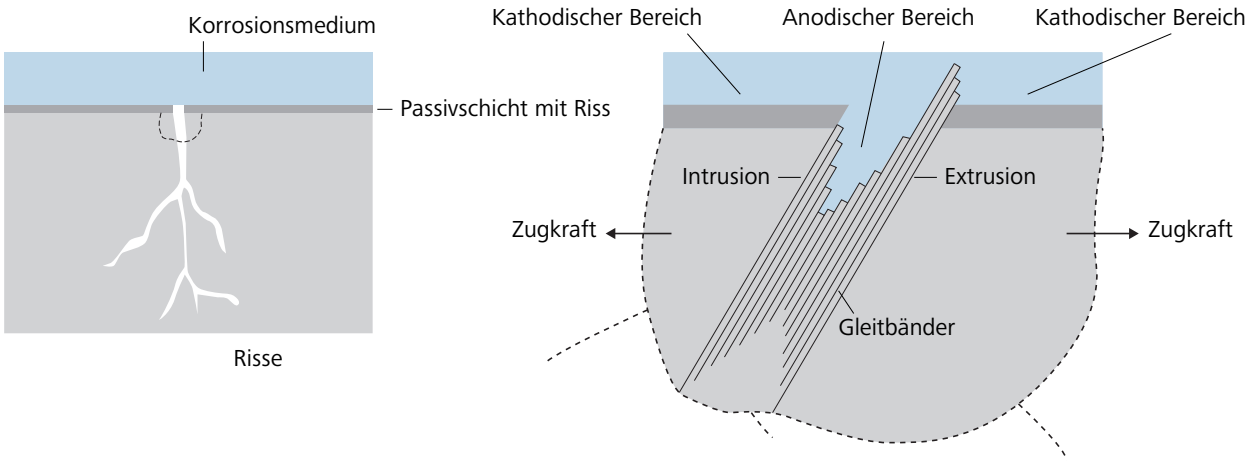


Abb. 17: Spannungsrisskorrosion

Die zur Auslösung von Spannungsrisskorrosion notwendigen Zugspannungen können an einem Bauteil in Form von Eigenspannungen von vornherein als Folge des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses vorhanden sein. Sie können aber auch durch bestimmungsgemässe Montage oder Belastung im Betrieb hervorgerufen werden. Beispielsweise ist eine Hahnverlängerung in dieser Hinsicht als besonders kritische Anwendung zu sehen, da hier durch die beim Verschrauben auftretende Aufweitung Zugspannungen eingebracht werden. Entscheidend dafür sind das Mass der Verformung während der Montage sowie die Härte des Bauteils, die ein indirektes Mass für die plastische Verformbarkeit darstellt. Messing muss für kritische Anwendungen thermisch entspannt sein. Neben mechanischer Belastung begünstigt die gleichzeitige Einwirkung gewisser spezifischer Korrosionswirkstoffe (z. B. Ammoniak, Schwefeloxid) die Spannungsrisskorrosion. Rotguss ist beständiger gegen Spannungsrisskorrosion als Messing.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.7.1 Schadenbilder

Das folgende Schadenbild zeigt beginnende Spannungsrisskorrosion an einer Schiebehülse.

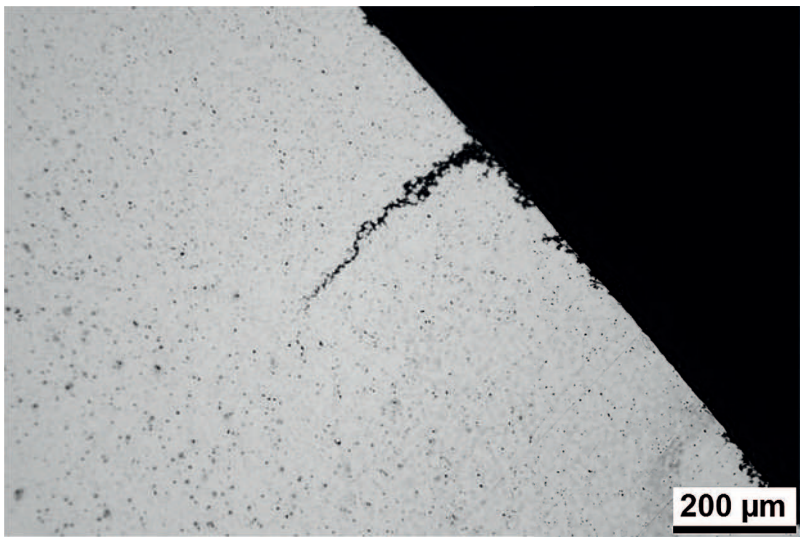


Abb. 18: Schadenbild Spannungsrisskorrosion an einer Schiebehülse

Das folgende Schadenbild zeigt ein durch Spannungsrisskorrosion beschädigter Schraubfitting aus Messing der Grösse 1¼ × 1 Zoll.

Abb. 19: Schadenbild Spannungsrisskorrosion an einem Schraubfitting

3.8 Strömungsinduzierte Korrosion

Strömungsinduzierte Korrosion bezeichnet Korrosionsvorgänge, die durch die Wechselwirkung von strömendem Medium und metallischer Oberfläche ausgelöst werden. Sie umfasst zwei Formen: Erosionskorrosion und Kavitationskorrosion. Beide Vorgänge stören die Bildung schützender Deckschichten auf der Metalloberfläche, wodurch das Material freigelegt wird und selektive Korrosion begünstigt wird. Für Kupfer und Kupferlegierungen ist dies besonders kritisch, da deren Beständigkeit von der strukturellen Fehlerlosigkeit solcher Deckschichten abhängt.

3.8.1 Erosionskorrosion

Die Norm SN EN 12502-2:2004 beschreibt Erosionskorrosion als Korrosionsart, die durch lokalen Materialabtrag gekennzeichnet ist, oft in Kombination mit chemischer Korrosion.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.8.1.1 Erosion

Der physikalische Vorgang der Erosion in Rohrleitungssystemen tritt auf, wenn das strömende Wasser mechanisch auf die Oberfläche der Rohrleitung einwirkt und diese allmählich abträgt. Häufige Ursachen sind:

- **Hohe Strömungsgeschwindigkeiten:** Schnelle Wasserströmungen können direkt auf die Rohrwand einwirken und diese abtragen.
- **Abrasive Partikel:** Im Wasser mitgeführte Partikel wie Sand oder andere Feststoffe können die Rohrinnenwand durch Reibung beschädigen.
- **Turbulente Strömungen:** Abrupte Änderungen der Strömungsrichtung oder Verengungen im Rohrsystem können zu turbulenten Strömungen führen, die den Materialabtrag beschleunigen.

Erosion führt zu einem allmählichen Materialverlust, der die Wandstärke der Rohre reduziert und deren strukturelle Vollständigkeit beeinträchtigen kann.

3.8.1.2 Auswirkungen

- Die Deckschicht wird beschädigt oder deren Bildung wird gestört., z. B. die schützende Oxid- oder Carbonatschicht auf Kupferoberflächen.
- Die von der Deckschicht freigelegte Metalloberfläche unterliegt verstärkter chemischer Korrosion, da der Ionenaustausch nicht mehr gehemmt wird.
- Die lokale Korrosion zeigt sich in charakteristischen hufeisenförmigen Vertiefungen.
- In Warmwasserversorgungen tritt Erosionskorrosion häufig an Stellen mit abrupter Änderungen der Strömungsrichtung auf, z. B. an Kanten.

3.8.1.3 Vermeidung

Die Norm EN 12502-2 enthält Empfehlungen zu maximalen Fliessgeschwindigkeiten und zur Ausführung von Rohrleitungen. Die Angaben sind als Richtwerte zu verstehen und dienen als Hilfe für die Planung und den Betrieb von Rohrleitungen mit Wasser als Medium.

Einhaltung der Grenzwerte für Fliessgeschwindigkeiten:

- Rohrleitungen aus Kupfer:
  - Bei kurzen Entnahmezeiten: max. 3 m/s
  - Bei langen Entnahmezeiten (>15 Minuten): max. 2 m/s
  - In Zirkulationssystemen von Warmwasserversorgungen: max. 0.5 m/s
- Für Rohrleitungen aus Kupferlegierungen gelten die gleichen Grenzwerte wie für Rohrleitungen aus Kupfer. Bei erhöhter Korrosionsbeständigkeit sind jedoch höhere Fliessgeschwindigkeiten möglich.
- Rohrleitungen aus Rotguss: In Zirkulationssystemen von Warmwasserversorgungen: max. 1 m/s, unter Berücksichtigung der Wasserbeschaffenheit und Ausführung der Rohrleitungen

Vermeidung von Turbulenz in den Rohrleitungen:

- Abrupte Querschnittsänderungen und Richtungswechsel in Rohrleitungen vermeiden.
- Strömungsberuhigende Elemente verwenden, z B. ein gerader Rohrleitungsabschnitt nach einer Umwälzpumpe.
- Anzahl von Rohrbögen und Ventilen im Rohrnetz minimieren.

Auswahl der Werkstoffe:

- Wenn die in der Norm EN 12502-2 empfohlenen Fliessgeschwindigkeiten nicht eingehalten werden können, sollte Edelstahl anstelle von Kupfer und Kupferlegierungen verwendet werden. Edelstahl weist eine höhere Beständigkeit gegen Korrosion auf und eignet sich besser bei kritischen Strömungsbedingungen.
- Falls die Norm EN 12502-2 eingehalten werden kann, sollten Kupferlegierungen mit höherer Erosionsbeständigkeit verwendet werden. Rotguss sollte anstelle von Messing verwendet werden, da Rotguss eine höhere Beständigkeit gegen Erosionskorrosion aufweist.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.8.1.4 Schadenbild

Das folgende Schadenbild zeigt Erosionskorrosion an einem Schragsitzventil, das in einer Zirkulationsleistung eingebaut war. Aufgrund einer mechanisch blockierten Rückflussverhinderer-Einheit (nicht abgebildet) wurde die Leistung der Zirkulationspumpe erhöht, um den Volumenstrom in der Zirkulationsleitung aufrechtzuerhalten. Dies führte im Bereich des Ventiltellers zu hohen Fliessgeschwindigkeiten und zu turbulenten Strömungen und in der Folge zu Erosionskorrosion.

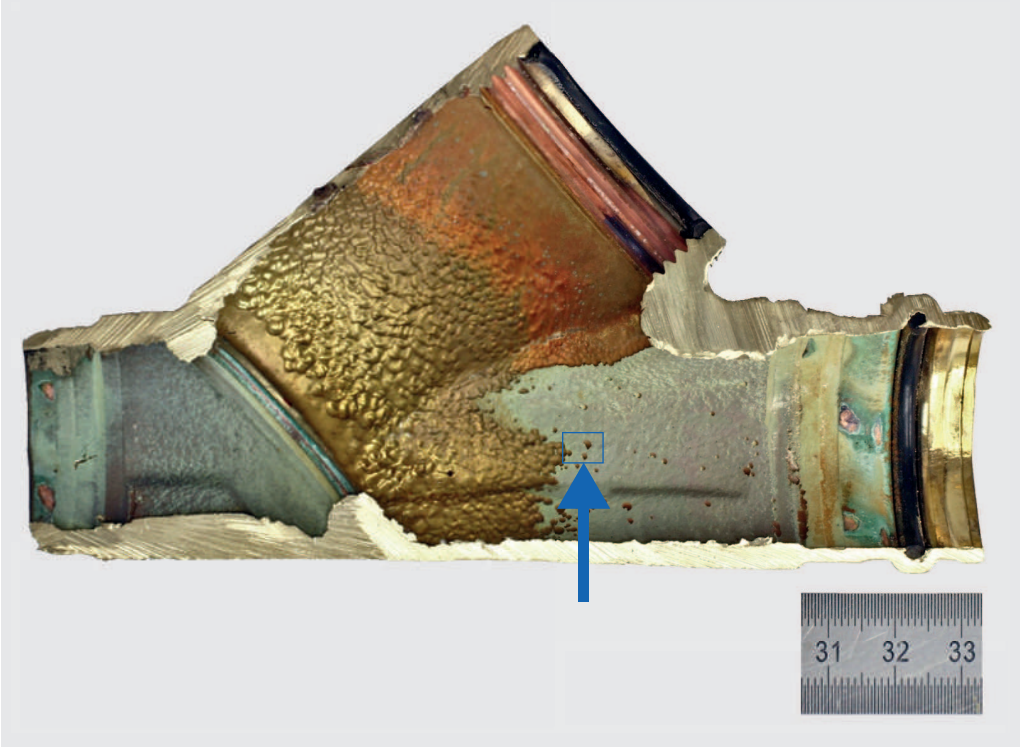


Abb. 20: Schadenbild Erosionskorrosion

Abb. 21: Detail des Schadensbildes mit den hufeisenförmigen Mulden, die für Erosionskorrosion charakteristisch sind.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.8.2 Kavitationskorrosion

Kavitationskorrosion entsteht durch Kavitation, welche die Metalloberfläche mechanisch beschädigt und dadurch die chemische Korrosion begünstigt.

3.8.2.1 Kavitation

Der physikalische Vorgang der Kavitation tritt auf, wenn lokale Druckunterschiede in der Flüssigkeit zur Bildung und zum anschliessenden Kollaps von Gasblasen führen. Ursachen für Kavitation in Rohrleitungen sind:

- **Druckschwankungen:** In Bereichen mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten oder an Engstellen kann der Druck lokal so stark abfallen, dass das Wasser verdampft und Gasblasen bildet.
- **Implosion der Blasen:** Wenn diese Blasen in Bereichen mit höherem Druck gelangen, implodieren sie. Die dabei entstehenden Druckstösse können die Rohrwand beschädigen.
- **Wiederholte Einwirkung**: Der wiederholte Kollaps von Blasen kann zu einem fortschreitenden Materialabtrag führen, der als Kavitationserosion bekannt ist.

Kavitation führt zu lokalen Schäden, die oft als kleine Vertiefungen oder Löcher in der Rohrwand erscheinen. Diese Schäden können sich ausweiten und die Funktion der Rohrleitung schliesslich beeinträchtigen.

3.8.2.2 Auswirkungen

- Kavitationskorrosion kommt typischerweise in Pumpen, Ventilen oder Engstellen mit starken Druckunterschieden vor.
- Materialschäden mit pockenartigen Vertiefungen.
- Speziell bei Kupferlegierungen:
  - Die Deckschicht, z. B. basisches Kupfercarbonat, wird durch die Kavitation beschädigt.
  - Das freigelegte Metall unterliegt selektiver Korrosion, besonders in sauren oder sulfathaltigen Wässern.

3.8.2.3 Vermeidung

Die Strömungsbedingungen und die Wasserbeschaffenheit stellen die kritischen Faktoren dar, die Kavitationskorrosion auslösen können:

- Zu hohe Fliessgeschwindigkeiten und plötzliche Druckänderungen vermeiden, z. B. an Pumpen und Drosselstellen.
- Gasübersättigtes Wasser vermeiden. Gasübersättigtes Wasser fördert die Bildung von Gasblasen, z. B. durch eine unkontrollierte Entlüftung der Rohrleitungen.
- Speziell bei Rohrleitungen aus Kupfer und Kupferlegierungen:
  - Die Bildung von Gasblasen durch Entlüftungsvorrichtungen reduzieren.
  - Druckabfälle durch ausreichende Dimensionierung der Rohrleitungen und Pumpen vermeiden.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.8.2.4 Schadenbilder

Das folgende Bild zeigt Kavitationskorrosion, die unter Laborbedingungen an einer Versuchsplatte aus bleifreiem Rotguss erzeugt wurde. Dabei wurden die Versuchsplatte und eine Ultraschall-Sonotrode in ein mit Wasser gefülltes Gefäss eingebracht. Anschliessend wurde die Versuchsplatte während einiger Zeit mit der Ultraschall-Sonotrode beschallt. Die Beschallung verursachte Kavitation, die schliesslich zum sichtbaren Materialabtrag an der Oberfläche der Versuchsplatte führte.

Abb. 22: Mittels Ultraschall-Sonotrode hervorgerufene Kavitationskorrosion an einer Versuchsplatte aus bleifreiem Rotguss

Abb. 23: Detailansicht des Materialabtrags an der Versuchsplatte

Das folgende Schadenbild zeigt eine **Mischform** von Erosions- und Kavitationskorrosion an einem Druckreduzierventil.

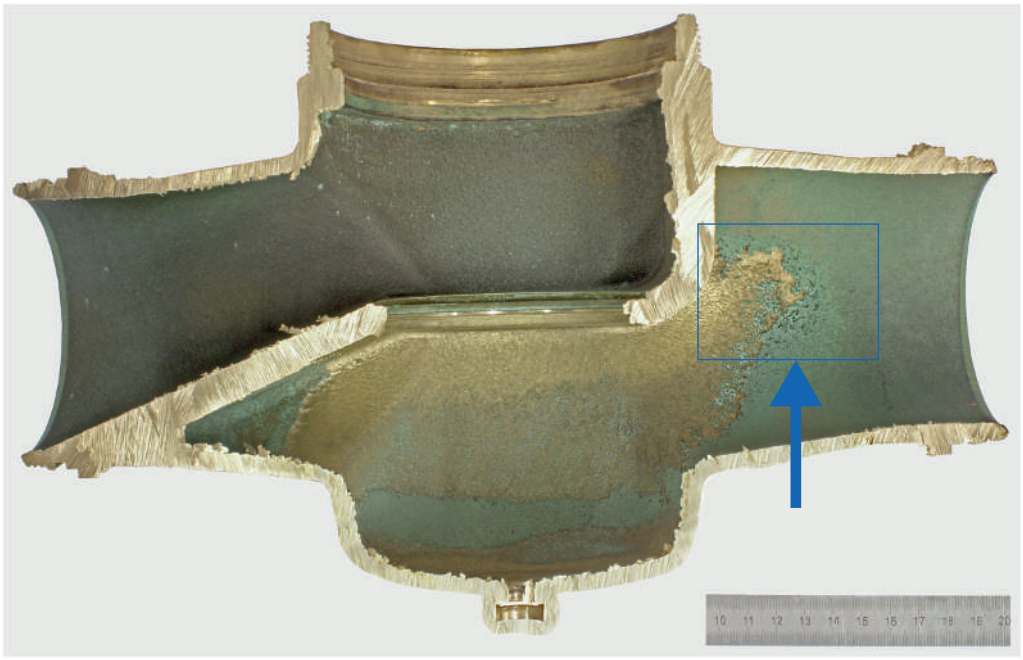


Abb. 24: Schadenbild einer Mischform von Erosions- und Kavitationskorrosion

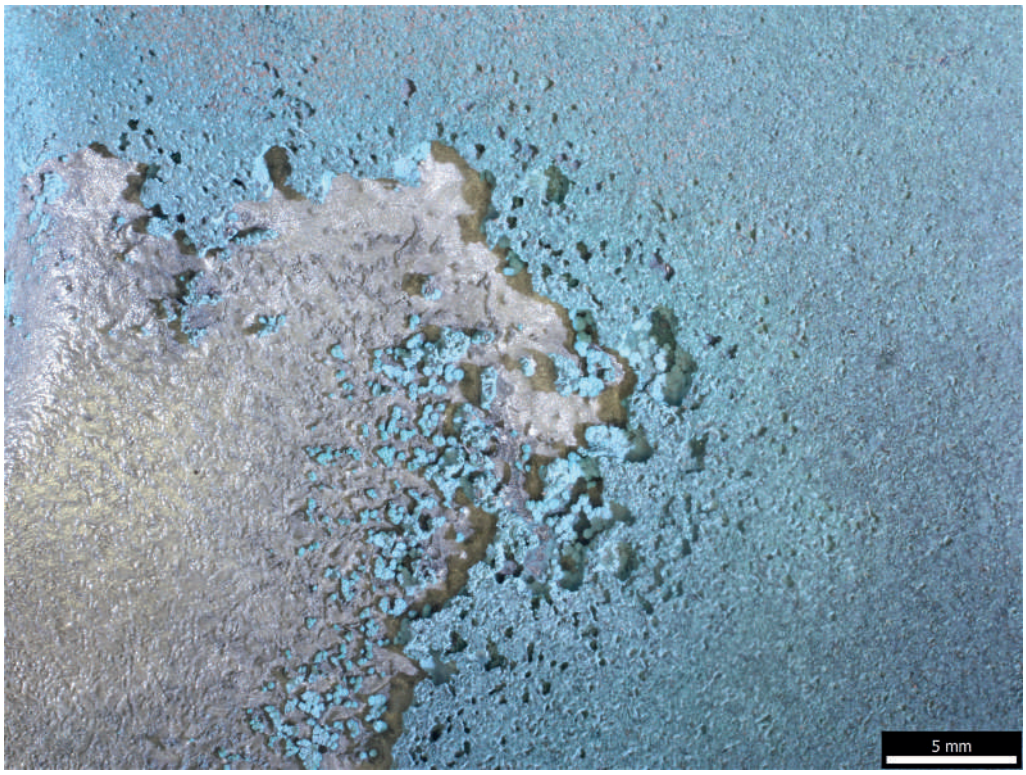


Abb. 25: Detail des Schadenbilds

3.9 Selektive Korrosion

Selektive Korrosion ist die Korrosion einer Legierung, bei der die Legierungsbestandteile aufgrund von unterschiedlichen elektrochemischen Potentialen ein Korrosionselement bilden, wobei in vielen Fällen Wasser den Elektrolyt bildet. Der unedlere Legierungsbestandteil korrodiert entlang der Gefügebereiche im Werkstoff. Der edlere Legierungsbestandteil bleibt im porösen Zustand im Werkstoff zurück. Ein Beispiel für selektive Korrosion ist die Entzinkung von Messing.

3.9.1 Entzinkung

Ein Beispiel für selektive Korrosion ist die Entzinkung von Rohrleitungsteilen aus Messing. Bei der Entzinkung wird Zink durch Korrosion aus der Messing-Legierung gelöst, wobei poröses Kupfer zurückbleibt. Salzkrusten auf der Aussenseite von Messing-Armaturen weisen auf eine mögliche Entzinkung hin, die besonders in Warmwasserleitungen auftreten kann.

3.9.2 Turner-Diagramm

Die Zusammensetzung des Wassers hat Einfluss auf die Entzinkung von Messing. Höhere Wasserhärten und geringere Chloridgehalte wirken der Entzinkung entgegen. Der Zusammenhang von Entzinkung, Wasserhärte und Chloridgehalten kann dem Turner-Diagramm entnommen werden.

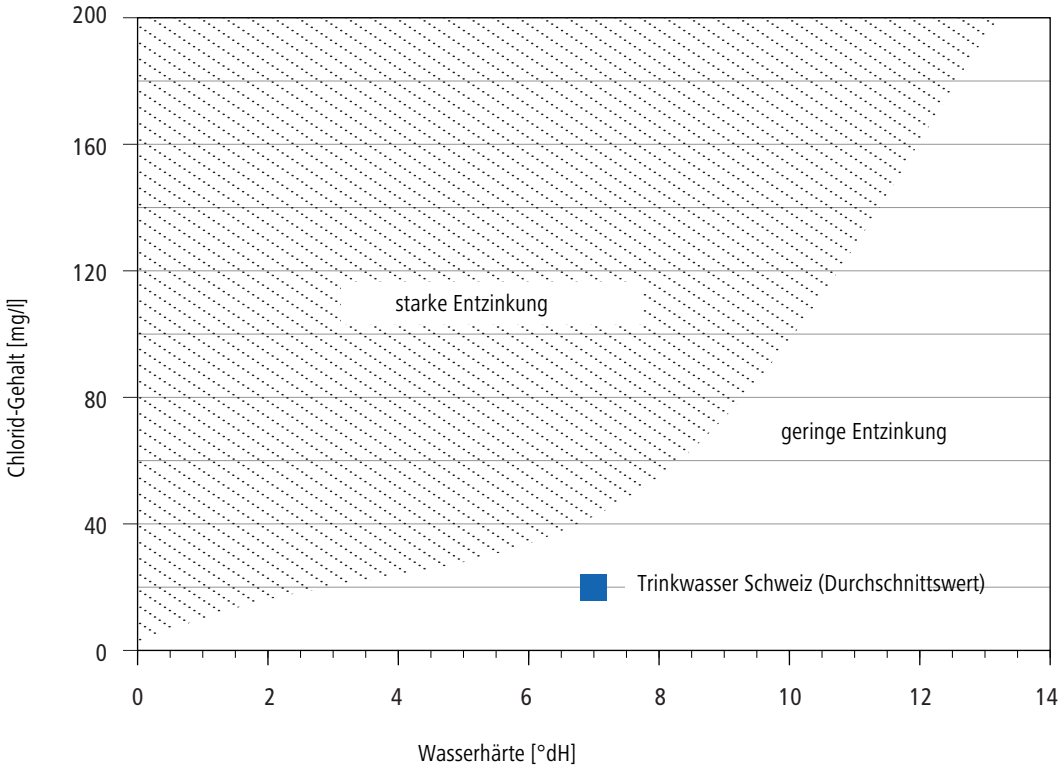


Abb. 26: Turner-Diagramm zur Entzinkung von Messing

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.9.3 Schadenbild

Das folgende Schadensbild zeigt Entzinkung am Gewinde eines Ventiloberteils. Die Festigkeit des Bauteils wurde durch die fortschreitende Entzinkung soweit verringert, dass das Bauteil den Kräften der Verschraubung nicht mehr standhielt.

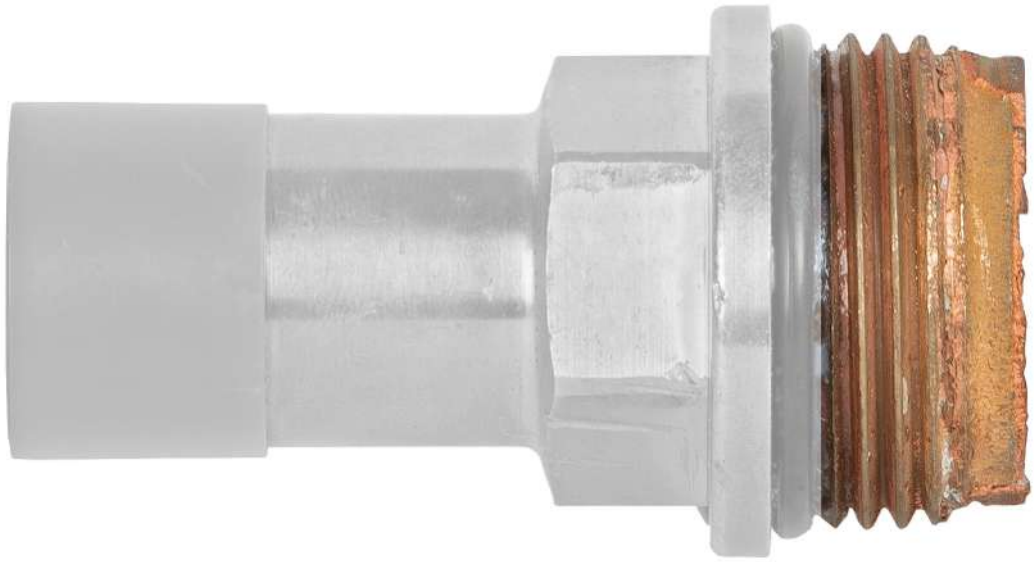


Abb. 27: Schadenbild Entzinkung am Gewinde eines Ventiloberteils

3.10 Interkristalline Korrosion

Als interkristalline Korrosion wird die Korrosion in oder neben den Korngrenzen in einer Metalllegierung bezeichnet.

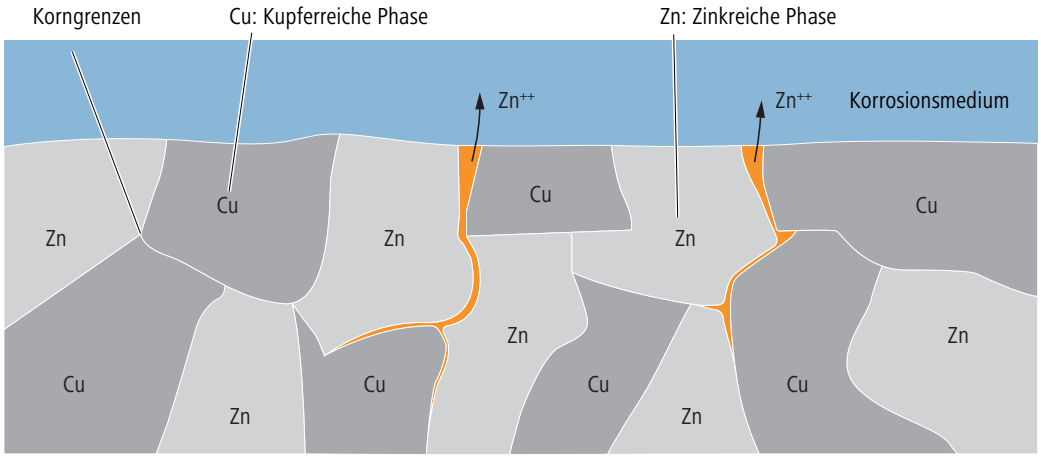


Abb. 28: Interkristalline Korrosion (Bild: Bickle u. a., Installationstechnik)

Interkristalline Korrosion wird begünstigt durch ein grobkörniges Gefüge und hohe Anteile der Legierungselemente Arsen und Phosphor im Werkstoff sowie durch erhöhte Temperaturen. Ammoniak im Wasser und Belüftungselemente können ebenfalls interkristalline Korrosion verursachen.

In Messing-Legierungen tritt interkristalline Korrosion auf, wenn Ausscheidungen an den Korngrenzen vorhanden sind. Die Entzinkung von Messing ist sowohl auf Lochkorrosion wie auf interkristalline Korrosion zurückzuführen.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.10.1 Schadenbild

Das folgende Schadenbild zeigt interkristalline Korrosion an einem Bauteil aus Messing.

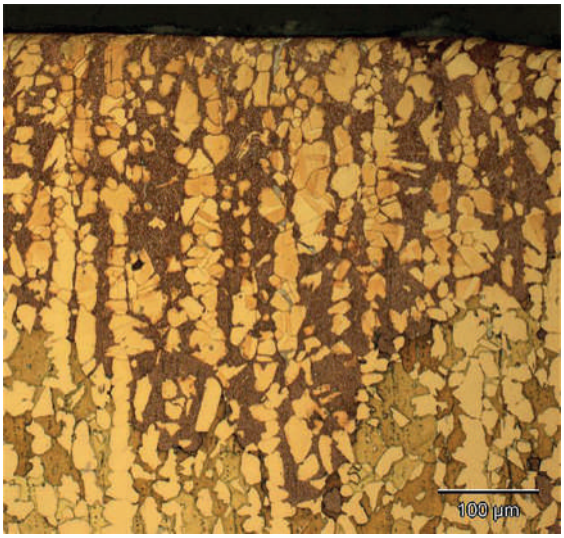


Abb. 29: Schadenbild interkristalline Korrosion an einem Bauteil aus Messing

Wenn mechanische Zugspannungen auf das Bauteil einwirken, kann dies in Kombination mit interkristalliner Korrosion zu Spannungsrissen führen, wie im folgenden Bild ersichtlich:

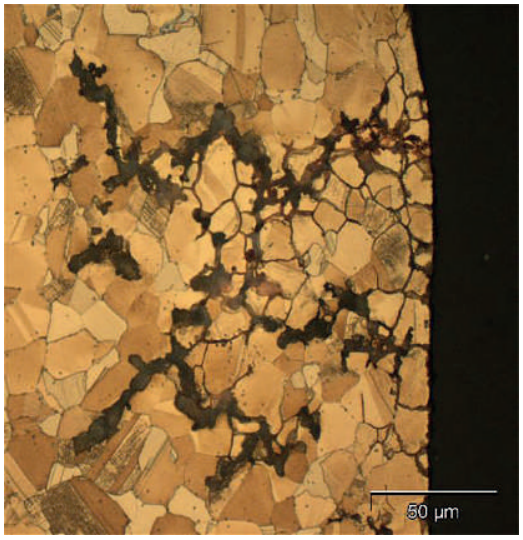


Abb. 30: Schadenbild interkristalline Korrosion mit Rissbildung an einem Bauteil aus Messing

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.11 Fremdstromkorrosion

Fremdstromkorrosion ist eine elektrochemische Korrosion aufgrund von Fremdströmen. Fremdströme (auch Streuströme oder vagabundierende Ströme genannt) können auftreten, wenn elektrische Ströme durch eine Erdung in das Erdreich abgeleitet und durch Isolationen und Widerstände abgelenkt werden. Dies können Gleich- oder Wechselströme sein, wobei nur Gleichströme als Korrosionsursache von Bedeutung sind.

Wenn ein Gleichstrom durch ein Metallteil in feuchter Umgebung fliesst, kann die anodische Teilreaktion des Metalls mit Sauerstoff ausgelöst werden. In der Folge korrodiert das Metallteil.

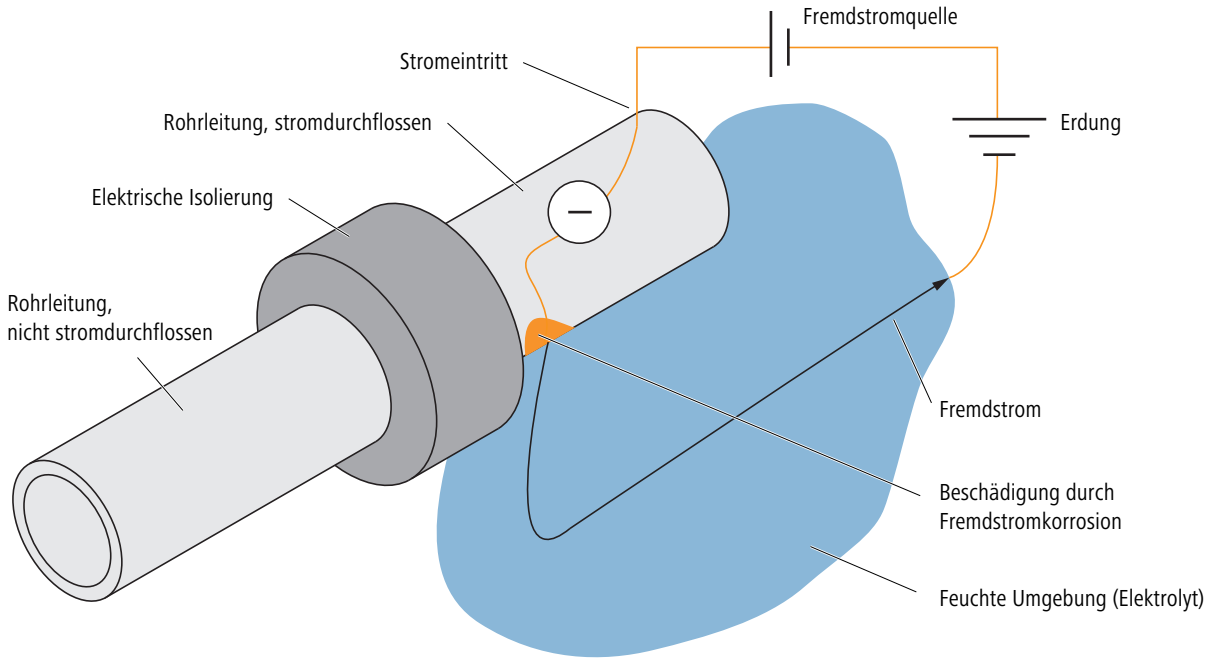


Abb. 31: Prinzip der Fremdstromkorrosion (Bild: Blickle, Installationstechnik)

Die elektrische Isolierung im Bild dient zur Darstellung der Ablenkung des Fremdstroms aus der Rohrleitung in eine niederohmige Umgebung, wobei an den Austrittsstellen in der Folge Korrosion entstehen kann.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.11.1 Vermeidung von Fremdstromkorrosion

Eine mögliche Ursache für Fremdstromkorrosion an der Sanitäranlage sind elektrische Hausanschlüsse. Je nach Netzsystem und Verbraucher können Fremdströme in Rohrleitungen, Lüftungs- und Heizungsanlagen, Blitzschutzanlagen und metallischen Fachwerkelementen auftreten. Kommt Feuchtigkeit hinzu, kann dadurch Korrosion verursacht werden.

In TN-Netzsystemen werden die aktiven Leiter des elektrischen Netzes über den Sternpunkt des Transformators mit dem Erdpotential verbunden, wobei die elektrischen Verbraucher auf zwei verschiedene Arten an diesen Punkt angeschlossen werden:

- Im TN-C-Netz (französisch: Terre neutre combiné) erfolgt dies über den PEN-Leiter, der die Funktion des Schutzleiters (PE) und des Neutralleiters (N) vereint.
- Im TN-S-Netz (französisch: Terre neutre séparé) sind der Neutral- und Schutzleiter getrennt verlegt.

Die Kombination beider Netzsysteme wird als TN-C-S-Netz bezeichnet.

3.11.1.1 TN-C-Netzsystem

Das TN-C-System führt einen gemeinsamen PEN-Leiter bei den Verbindungen zwischen dem Hausanschlusskasten und den Unterverteilungen. Ein separater Schutzleiter (PE) ist oft nur im Stromkreis zum Verbraucher vorhanden.

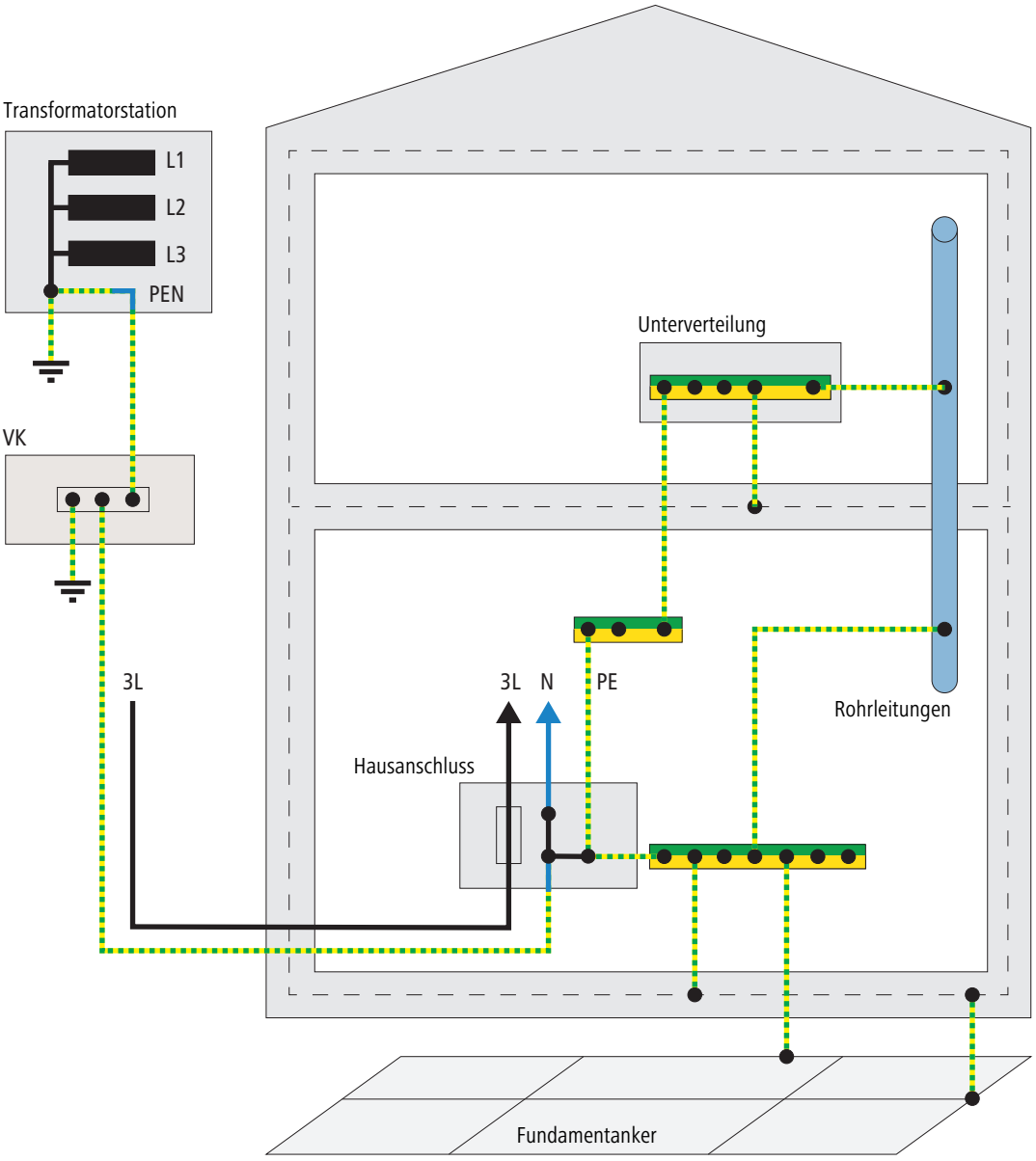


Abb. 32: TN-C-Netzsystem

3.11.1.2 TN-S-Netzsystem

Das TN-S-Netzsystem weist eine am elektrischen Hausanschluss geschaffene Aufteilung des PEN-Leiters in Schutz- und Neutralleiter auf.

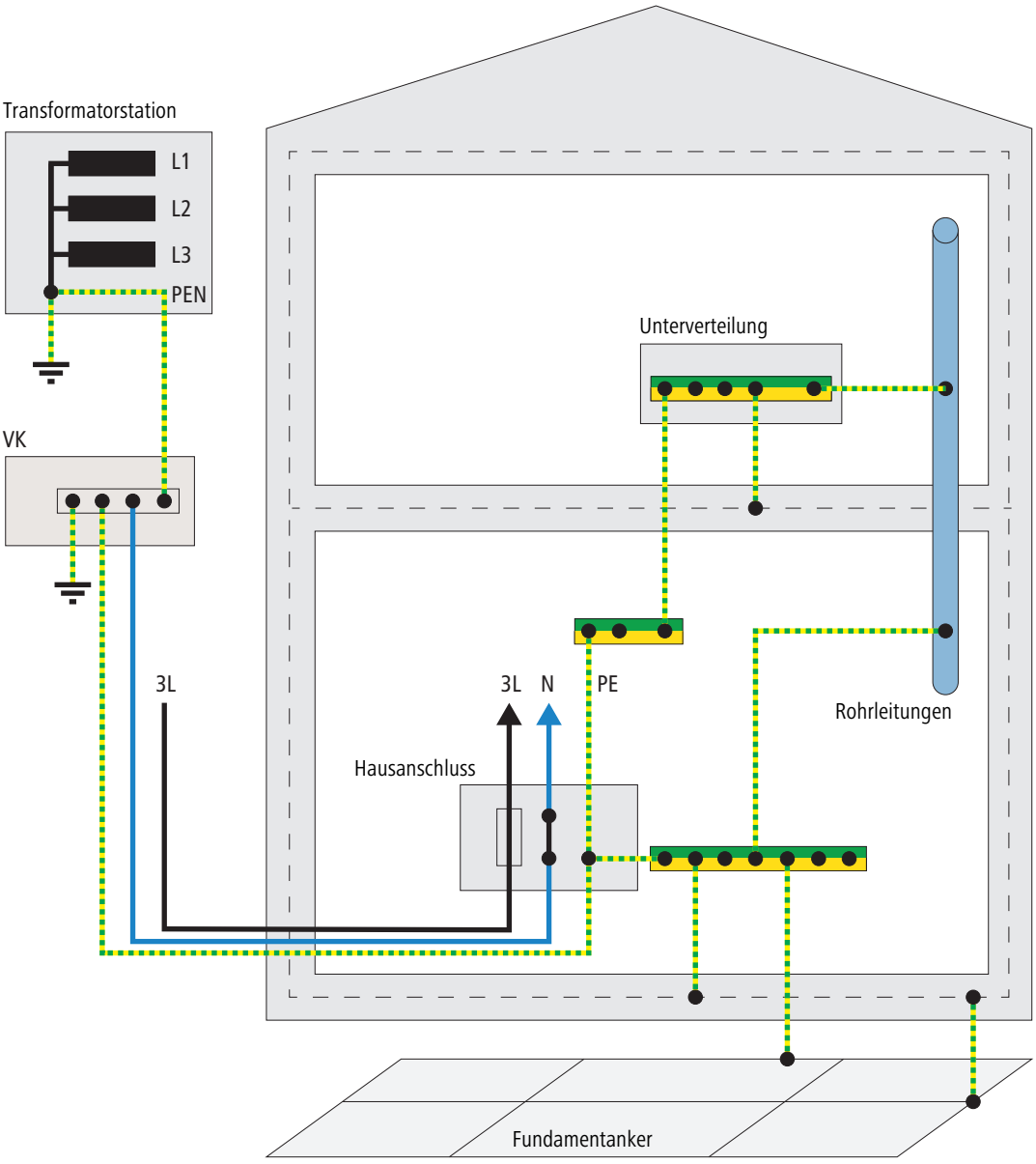


Abb. 33: TN-S-Netzsystem

3.11.1.3 Erdung von elektrischen Anlagen

Die Erdung von elektrischen Anlagen in Gebäuden ist eine elektrische Schutzeinrichtung, die im Fehlerfall verhindert, dass nicht stromführende Teile unter Spannung gesetzt werden.

Die Erdung über die Trinkwasserversorgung wird aus folgenden Gründen nicht empfohlen:

- Von elektrischen Anlagen ausgehende Fremdströme können durch die Trinkwasserversorgung fliessen und dadurch Fremdstromkorrosion verursachen.
- Beim Ersatz oder der Reparatur von (metallischen) Rohrleitungen kann die Erdung unterbrochen werden.

Bei der Erdung durch den Wasser-Hausanschluss kann die Fremdstromquelle weit entfernt vom Gebäude liegen. Dies kann die Verortung von Fremdstromquellen und die Verhinderung von Fremdströmen erheblich erschweren. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Anzahl von Fremdstromquellen aufgrund der zunehmenden Nutzung elektrischer Geräte steigt, wobei nicht-lineare Verbraucher als Störquellen immer wichtiger werden.

Alternativ sind die folgenden Erdungen möglich:

- Fundamenterder
- Banderder
- Stab- oder Tiefenerder
- Andere in das Erdreich eingelassene Konstruktionsteile

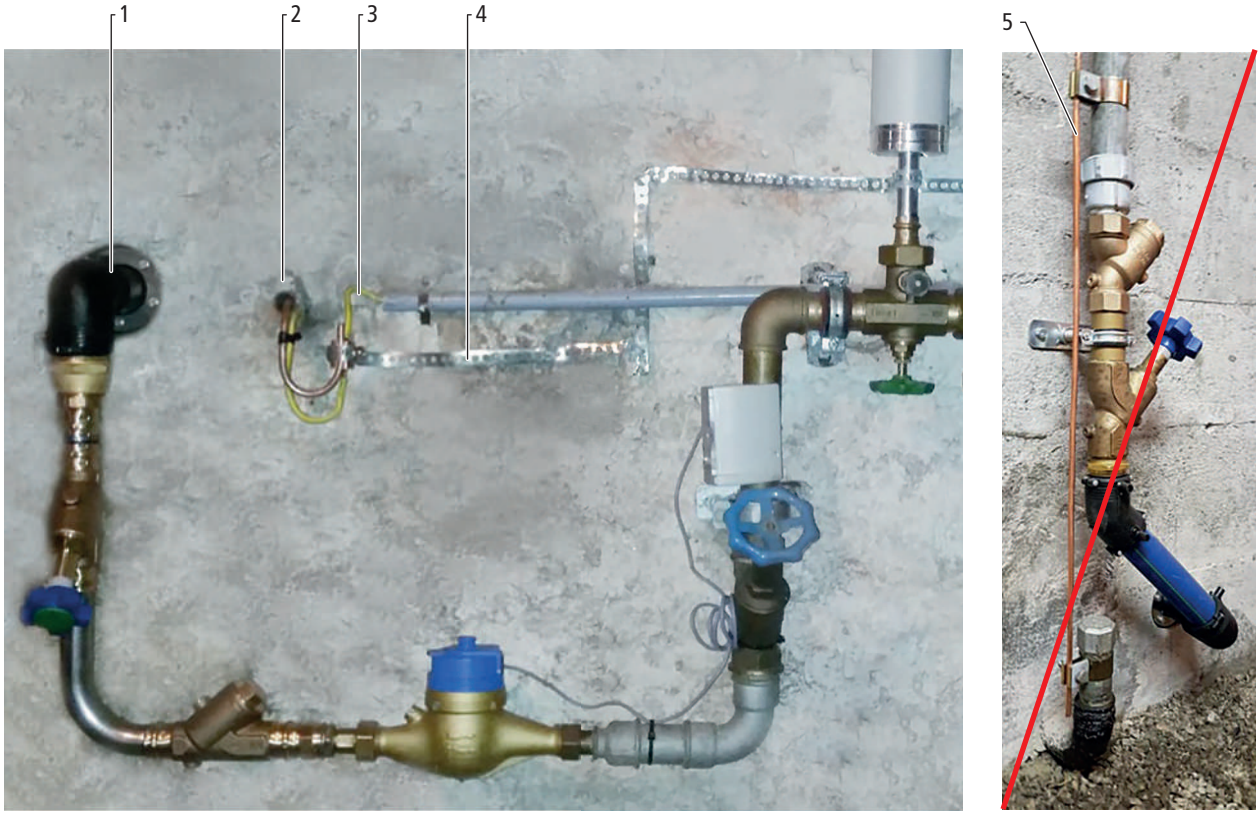


Abb. 34: Links: Erdung mit Fundamenterdung; rechts: nicht korrekte Erdung mit einer Drahtbrücke auf den (alten) Wasseranschluss (Bild: Suisstec Merkblatt - Erdung durch Wasser-Hausanschlussleitungen)

1	Haus-Wasseranschluss
2	Fundamenterder (Teil der Wandbewehrung)
3	Schutzleiter von elektrischen Anlagen
4	Banderder
5	Kabel oder Drahtbrücke

Die Erdung von elektrischen Anlagen muss durch Elektrofachkräfte ausgeführt und geprüft werden.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.12 Biokorrosion (MIC)

Biokorrosion, auch als mikrobiell induzierte Korrosion bekannt (abgekürzt MIC für microbial influenced corrosion), ist ein Prozess, bei dem Mikroorganismen die Korrosion von Metallen beschleunigen. Eisenrelevante Bakterien und sulfatreduzierende Bakterien spielen dabei eine wichtige Rolle.

- Eisenrelevante Bakterien (abgekürzt IRB für iron relevant bacteria) sind aerobe Mikroorganismen, die Eisenoxide als Energiequelle nutzen. Eisenrelevante Bakterien oxidieren zweiwertiges Eisen (Fe^{2+}) zu dreiwertigem Eisen (Fe^{3+}), was zur Bildung von Eisenoxid- und Hydroxidablagerungen führt. Diese Ablagerungen können die Oberfläche von Metallen bedecken und die Korrosion beschleunigen.
- Sulfatreduzierende Bakterien (abgekürzt SRB für sulfat reducing bacteria) sind anaerobe Mikroorganismen, die Sulfat (SO_4^{2-}) zu Sulfid (S^{2-}) reduzieren. Das gebildete Sulfid kann mit Eisen reagieren und Eisensulfid bilden, was zu einer schwarzen, schlammigen Schicht auf der Metalloberfläche führt. Diese Schicht kann die Korrosion weiter fördern.

Im Gegensatz zu anderen Korrosionsarten ist Biokorrosion unabhängig von der Sauerstoffkonzentration. Sulfatreduzierende Bakterien vermehren sich in sauerstoffarmen Umgebungen. Eisenrelevante Bakterien sind in Gegenwart von Sauerstoff aktiv. Daher kann Biokorrosion in sauerstoffreichen und sauerstoffarmen Umgebungen auftreten.

3.12.1 Erscheinungsformen

Biokorrosion kann verschiedene Erscheinungsformen aufweisen, je nach dem welche Mikroorganismen beteilgt sind:

- Eisenrelevante Bakterien bilden rostfarbene oder braune Ablagerungen auf der Metalloberfläche.
- Sulfatreduzierende Bakterien bilden schwarze, schlammige Ablagerungen, die nach faulen Eiern riechen können (aufrund der Bildung von Schwefelwasserstoff).

3.12.2 Biokorrosion in Sprinkleranlagen

In Sprinkleranlagen kann Biokorrosion zu Undichtheiten in den Rohrleitungen und folglich zu Funktionsstörungen führen. Die Stagnation des Wassers in Sprinkleranlagen fördert das Wachstum von Mikroorganismen, vor allem bei seltener Aktivierung der Sprinkleranlage. Verzinkte Eisenrohre sind besonders anfällig auf Biokorrosion, da die Zinkschicht durch die Aktivität der sulfatreduzierenden und der eisenrelevanten Bakterien angegriffen wird. Die Verwendung von Edelstahl kann Biokorrosion in Sprinkleranlagen erheblich reduzieren.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

3.12.3 Schadenbilder

Das folgende Schadenbild zeigt **Biokorrosion durch eisenrelevante Bakterien (IRB)** an der Innenseite eines Rohrs aus unverzinkten C-Stahl. Der Bereich links von der blauen Linie wurde nach dem Ausbau des Rohrs gereinigt, der Bereich rechts davon wurde im Zustand nach dem Ausbau belassen.

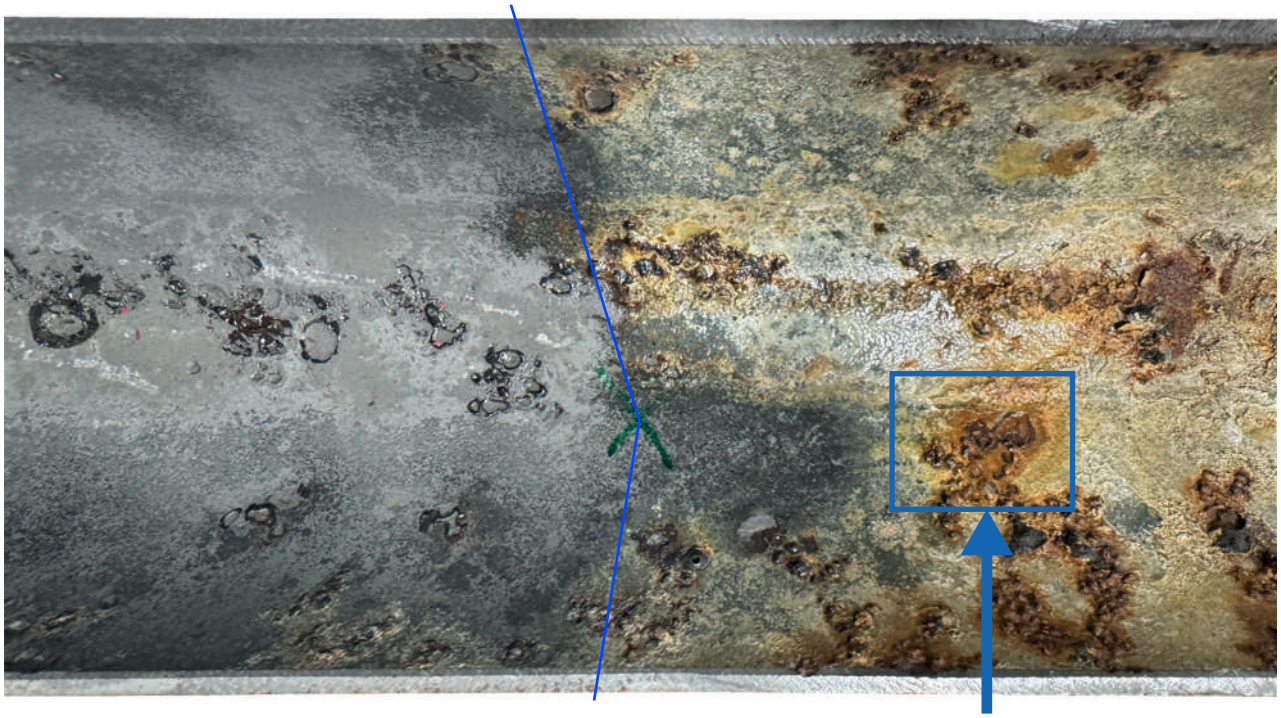


Abb. 35: Schadenbild Biokorrosion IRB an der Innenseite eines Rohrs aus unverzinktem C-Stahl

Das folgende Schadenbild zeigt **Biokorrosion durch sulfatreduzierende Bakterien (SRB)** an einem Schaltschrankelement aus Kupfer.

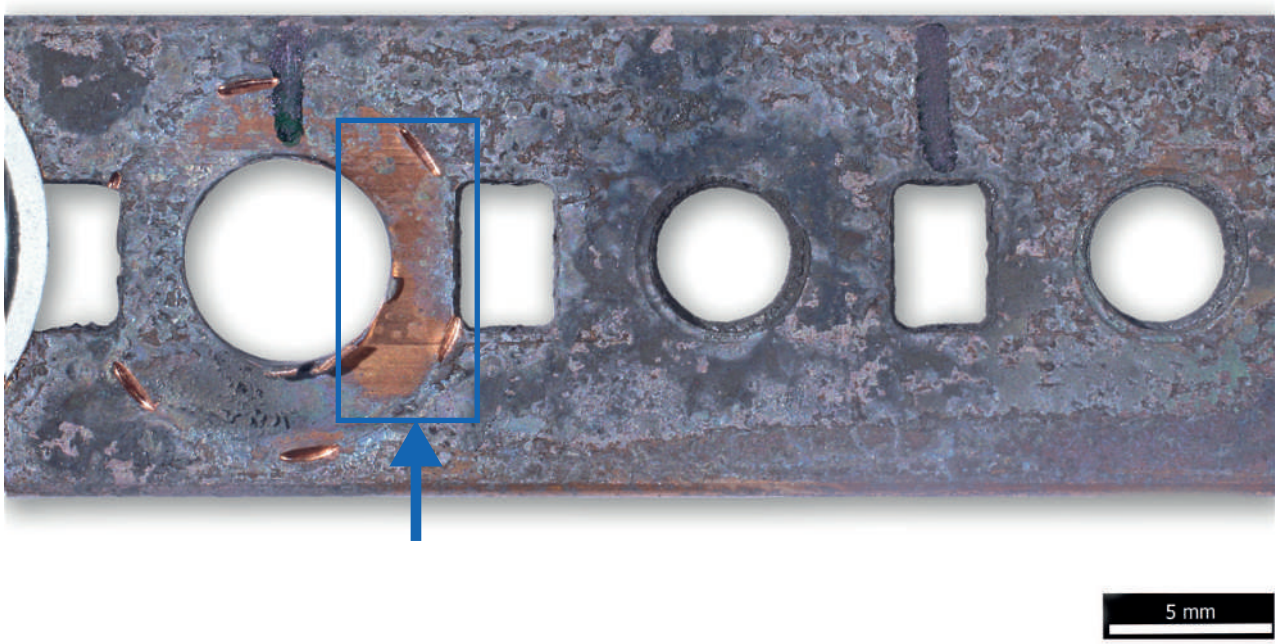


Abb. 36: Schadenbild Biokorrosion durch sulfatreduzierende Bakterien (SRB) an einem Schaltschrankelement

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

4 Kalkablagerungen in Messing-Fittings

Lokale Kalkablagerungen in Fittings können den Durchfluss in Rohrleitungen beeinträchtigen. Die Ursachen sind Temperaturunterschiede, Kristallisationspunkte auf Oberflächen von Bauteilen, Elementbildung oder Fremdströme aus kathodischen Schutzanlagen. Solche Kalkablagerungen (auch als Kesselstein bekannt) verursachen keine Korrosion. Die Metalloberfläche unter den Kalkablagerungen bleibt weitgehend unverändert.

Speziell in Messing-Fittings, die im Anschlussbereich von Warmwasserspeichern installiert sind, können sich durchflusshemmende Kalkablagerungen bilden. Die Ursache ist auf Gleichströme zurückzuführen, die z. B. von der Fremdstromanode des Warmwasserspeichers ausgehen. Je nach Beschaffenheit des Wassers (Kalk-Kohlensäure-Gehalt, ph-Wert, Konzentration an Kupfer-Ionen) bilden sich die Kalkablagerungen in den Messing-Fittings unterschiedlich stark aus.

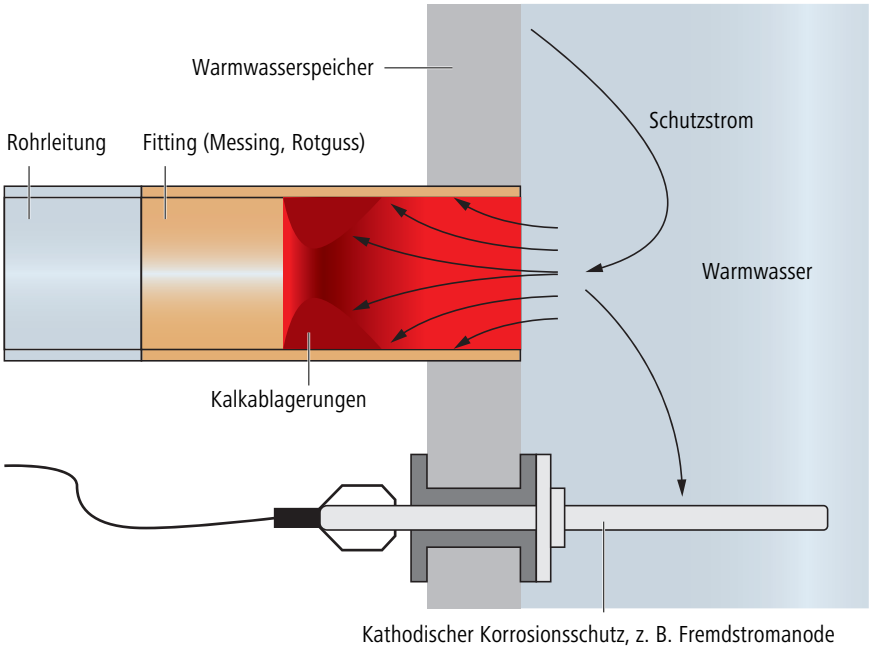


Abb. 37: Gleichströme aus Korrosionsschutzanlagen können in Messing-Fittings, die im Anschlussbereich von Warmwasserspeichern installiert sind, Kalkablagerungen verursachen (Bild nach Suisstec Merkblatt W10019 Ablagerung auf Messingfittings in Warmwasserkreisläufen)

4.1 Schadenbild

Das folgende Bild zeigt Kalkablagerung in einem Messing-Fitting von 1 Zoll Grösse. Der Anschluss zum Warmwasserspeicher befand sich auf der rechten Seite des Fittings.

Abb. 38: Schadenbild Kalkablagerungen in Messing-Fittings (Bild: Suisstec Merkblatt W10019)

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

4.2 Vermeidung von Kalkablagerungen

Kalkablagerung in Messing-Fittings aufgrund von Schutzströmen, die z B. von einer Fremdstromanode des Warmwasserspeichers ausgehen, können durch den Einbau eines elektrisch isolierenden Rohrleitungsabschnitts vermieden werden, dessen Länge etwa das 5-fache der Rohrnennweite beträgt.

Die folgenden theoretischen Ausführungsvarianten sind möglich:

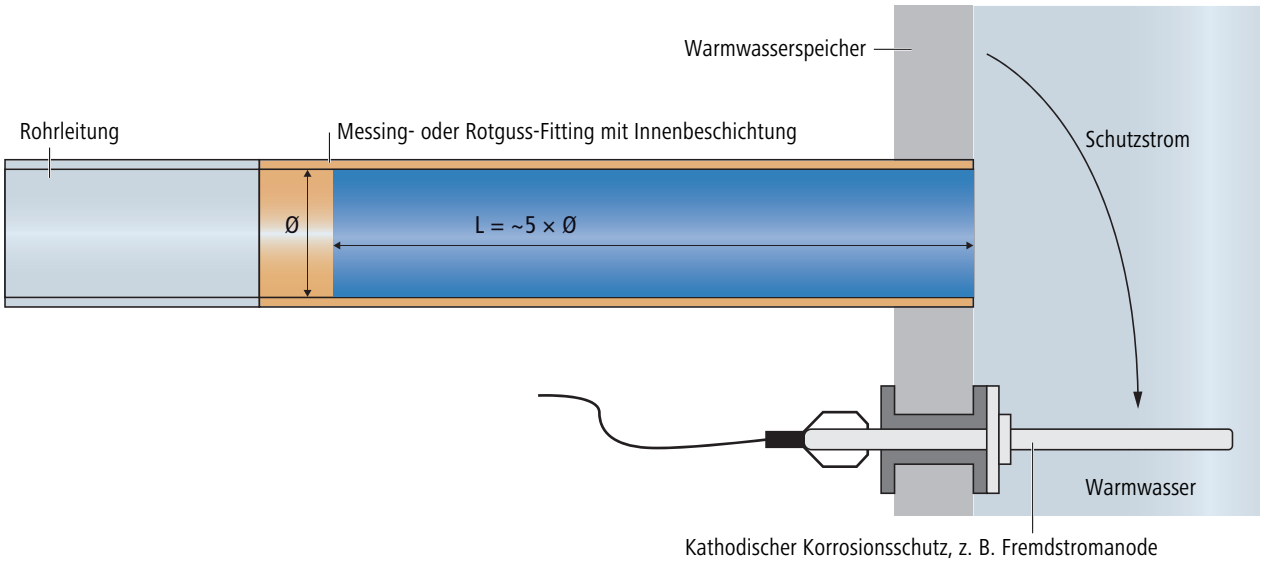


Abb. 39: Fitting mit elektrisch isolierender Innenbeschichtung

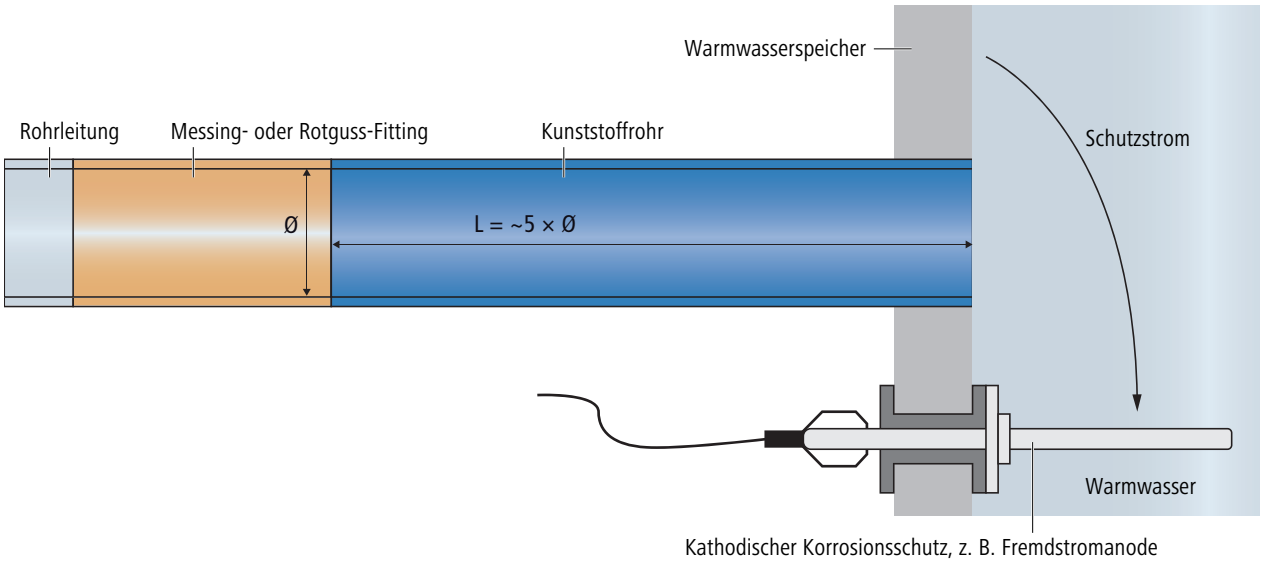


Abb. 40: Kunststoffrohr zwischen Warmwasserspeicher und Rohrleitung

Eine praxisnahe Lösungsvariante ist der Einbau einer Isolierverschraubung.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

4.2.1 Elektrische Trennung von Rohrleitungen

Rohrleitungen können mithilfe der Isolierverschraubung 81042 elektrisch getrennt werden. Die Isolierverschraubung ist flachdichtend und der Pressfitting ist mit der SC-Contour ausgerüstet.

Abb. 41: Isolierverschraubung (nicht verschraubt/verschraubt)

1	Gewindeanschluss Rp
2	Flachdichtung
3	Pressfitting (mit SC-Contour)
4	Trennring
5	Überwurfmutter

5 Kupferkarbonat

Kupferwerkstoffe können bei Kontakt mit Wasser Kupferoxid (Cu_2O) bilden, welches sich als dünne, braune Schicht auf der Metalloberfläche formt und vor Korrosion schützt. Je nach Zusammensetzung des Wassers wird die Schicht durchbrochen und Unebenheiten aus Kupferkarbonat entstehen, die zu einer homogenen grünen Schicht zusammenwachsen. Kupferkarbonat ($CuCO_3$) ist gesundheitlich unbedenklich und darf nicht mit dem giftigen Grünspan (Kupferacetat) verwechselt werden, der durch eine Reaktion von Kupfer mit Essigsäure entsteht.

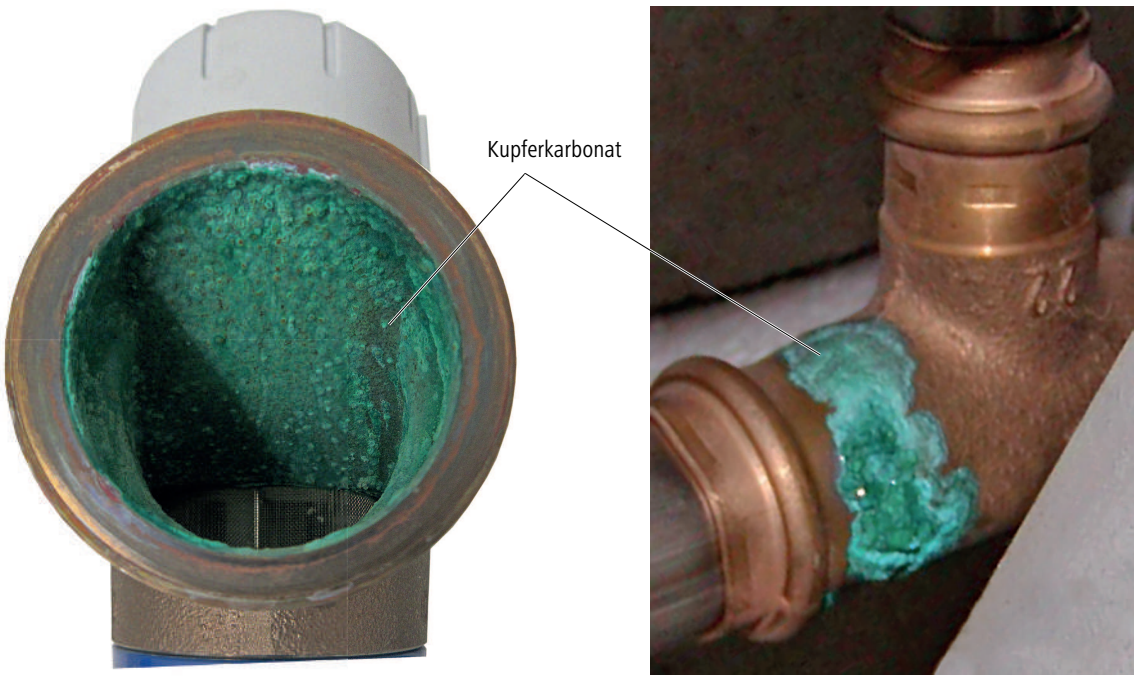


Abb. 42: Links: Kupferkarbonat an den Innenseiten eines Druckreduzierventils; Rechts: Kupferkarbonat an den Aussenseiten eines T-Stücks

Folgende Kupferwerkstoffe von Nussbaum können Kupferkarbonat bilden:

- Rotguss CC246EK
- Rotguss CC499K
- Messing CW617N
- Cuphin CW724R

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

6 Alterung von Kunststoffen

Organische Stoffe (Kunststoffe) sind der Alterung unterworfen. Die Ursachen für Alterung sind abhängig vom Material:

Polymere:

- UV-Strahlung
- Wärmealterung (Thermooxydation)
- Crazing (Zugspannungen und chemische Angriffsmittel)

Elastomere:

- Quellung
- Thermische Zersetzung
- Angriff durch polare Substanzen (z. B. Wasser)

6.1 Zeitstandverhalten von Kunststoffrohren

Das Zeitstandverhalten ist eine wichtige Eigenschaft von Kunststoffrohren und entspricht der zu erwartenden Lebensdauer von Kunststoffrohren, die unter Innendruck stehen. Druck, Temperaturen und Medien beeinflussen wesentlich das Zeitstandverhalten.

Genormte Prüfverfahren ermöglichen Voraussagen zur Lebensdauer von Kunststoffrohren. Bei hinreichend langen Prüfzeiten zeigt das Zeitstandverhalten von Kunststoffrohren die im folgenden Diagramm gezeigte Kurve, wobei drei unterschiedliche Bereiche feststellbar sind.

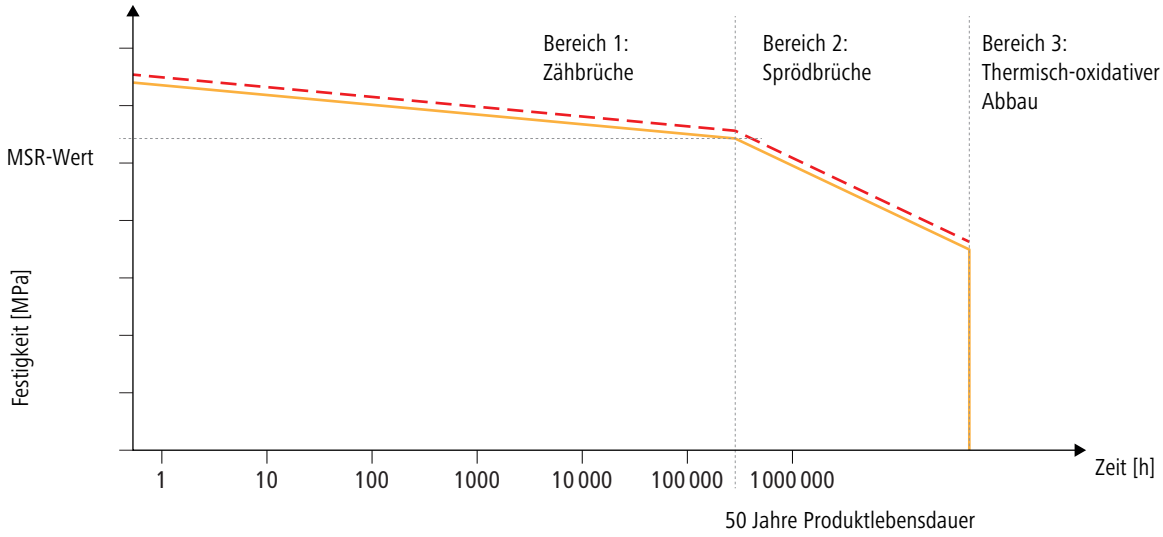


Abb. 43: Zeitstandverhalten und MSR-Wert von Kunststoffrohren (Quelle: SKZ Würzburg)

Bereich	Bruchart
1	Zähbruch durch duktiles Versagen Zugspannungen überschreiten die Streckgrenze des Kunststoffrohrs.
2	Sprödbruch durch quasi-sprödes Versagen Bildung von Spannungsrissen und langsames Risswachstum.
3	Sprödbruch durch thermisch-oxidativen Abbau Versprödung des Werkstoffs und Bildung von vielen Rissen am Umfang des Kunststoffrohrs.

Tab. 6: Beschreibung der Brucharten an Kunststoffrohren

Der MSR-Wert (minimum required strength) gibt die Langzeit-Innendruckfestigkeit für 50 Jahre an (gemessen bei einer Mediumstemperatur von 20 C°.

6.2 Schadenbilder

Die folgenden Schadenbilder dienen zur Illustrierung der unterschiedlichen Brucharten an Kunststoffrohren.

Bild	Bruchart
	Zähbruch durch duktiles Versagen an einem PEX-Rohr
	Sprödbruch durch quasi-sprödes Versagen an einem Polybuten-Rohr
	Sprödbruch durch thermisch-oxidativen Abbau an einem Kunststoffrohr

Tab. 7: Schadenbilder von Brucharten an Kunststoffrohren

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

7 Erscheinungsorte der Korrosion

7.1 Aussenkorrosion

Mit Aussenkorrosion sind Korrosionserscheinungen an den Aussenseiten von Rohrleitungsbestandteilen wie z. B. Armaturen, Rohren und Fittings gemeint.

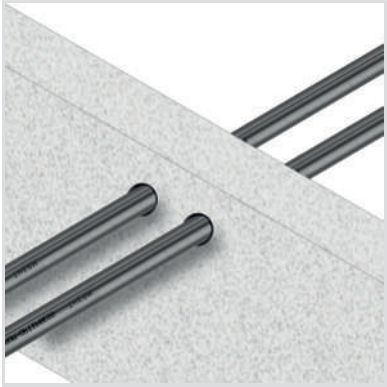
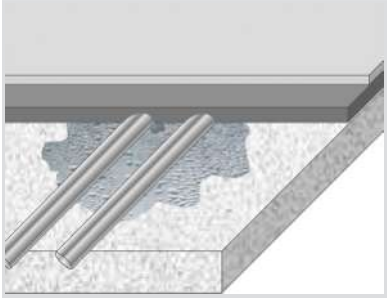
Ursachen von Aussenkorrosion sind:

- Kombination von Baustoffen mit Feuchtigkeit
- Korrosiv wirkende Umgebung (Gas, Säuren, Laugen)

7.1.1 Decken- und Wandkonstruktionen

Decken- und Wandkonstruktionen enthalten oft chlorhaltige Stoffe, die in Kombination mit Feuchtigkeit Korrosion an den Rohrleitungen verursachen können.

In der folgenden Tabelle sind typische Bausituationen aufgeführt.

Bausituation	Beschreibung
	Deckendurchführungen
	Wanddurchführungen
	Unterlagsböden

7.1.2 Wärmedämmungen

Korrosion unter der Wärmedämmung verursacht weltweit 40 bis 60 % der Wartungskosten an Rohrleitungen.

Zur Herstellung von Wärmedämmung werden Schäumungsmittel (Treibmittel) verwendet, die mit Feuchtigkeit zu korrosiv wirkenden Stoffen wie zum Beispiel Ammoniak reagieren. Chlor-Verbindungen können ebenfalls in Wärmedämmungen vorhanden sein. Solche Stoffe können in Kombination mit Feuchtigkeit zu Korrosion an Metallteilen führen.

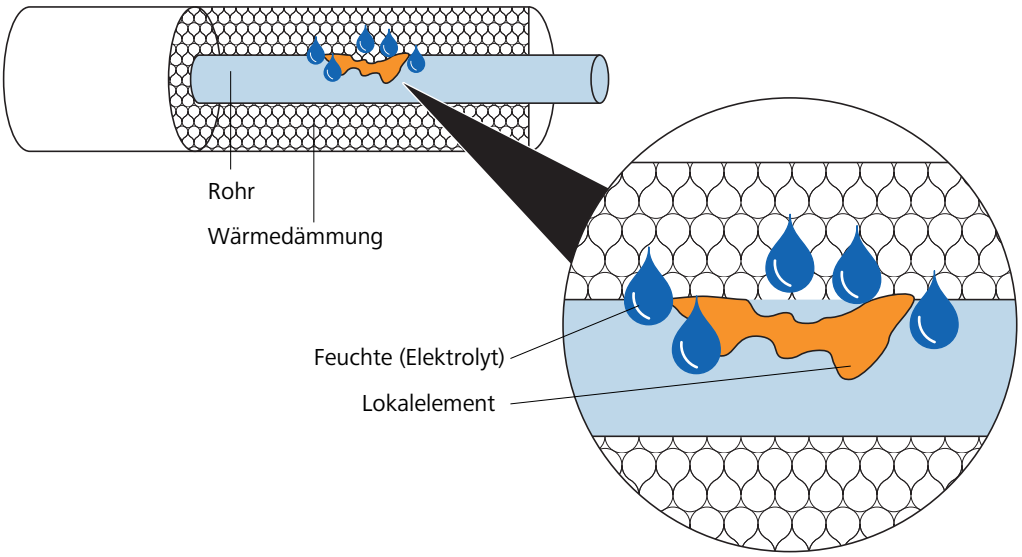


Abb. 44: Korrosion unter Wärmedämmung

Materialien, die für Wärmedämmungen verwendet werden:

- Glaswolle
- Mineralwolle
- Polyurethan-Hartschaum (PUR)
- Elastomer-Schäume (FEF)
- Polyethylen-Schäume (PEF)

Um das Eindringen von Feuchtigkeit zwischen Wärmedämmung und Rohrleitung zu verhindern, müssen **porendichte** Dichtungen, Umhüllungen oder Schutzbeschichtungen verwendet werden.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

7.2 Innenkorrosion

Mit Innenkorrosion sind Korrosionserscheinungen an den Innenseiten von Rohrleitungsbestandteilen wie z. B. Armaturen, Rohren und Fittings gemeint.

7.2.1 Korrosion in Heizungsrohren

Korrosion in Heizungsrohren kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Einer davon ist hoher Sauerstoffgehalt im Heizungswasser. Sauerstoff weist immer ein höheres elektrochemisches Potential auf als unedle Metalle wie z. B. unlegierter Kohlenstoff-Stahl. Die Folge ist Korrosion. Die Gründe für einen hohen Sauerstoffgehalt ist oft eine unbeabsichtigte Sauerstoffzufuhr wie z. B.

- Sauerstoffdurchlässige Kunststoffrohre
- Trinkwasser als Heizungswasser
- Expansionsventile

Wichtige Planungsgrundlagen sind die folgenden Richtlinien:

- SWKI BT102-01 zur Wasserbeschaffenheit von Gebäudetechnikanlagen
- SWKI HE301-01 Sicherheitstechnische Einrichtungen für Heizungsanlagen

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8 Korrosionsschutz

8.1 Aktiver Korrosionsschutz

Beim aktiven Korrosionsschutz werden die elektrochemischen Korrosionsvorgänge durch das Schutzverfahren aktiv verändert, z. B. indem die Konzentration von Ionen im Elektrolyt beeinflusst wird.

8.1.1 Trinkwasseraufbereitung

Die Trinkwasseraufbereitung bzw. die Wasserzusammensetzung kann zentral durch das Wasserwerk erfolgen, z. B. durch Kohlensäurebindung. Kohlensäure im Trinkwasser kann die Bildung von korrosionshemmenden Kalkschichten (Deckschichten) in Rohrleitungen verhindern sowie zur Korrosion bei Bauteilen aus Kupfer und Stahl führen.

Eine dezentrale Trinkwasseraufbereitung im Gebäude kann z. B. eine Mineraldosierung umfassen. Der Einsatz von Filtern verhindert den Eintrag von Fremdstoffen in das Rohrleitungssystem.

8.1.2 Reinhaltung von Trinkwasserinstallationen

8.1.2.1 Spülung von Trinkwasserinstallationen

Die Spülung von Trinkwasserleitungen nach SVGW W3/E3 vor dem bestimmungsgemässen Betrieb dient zur Entfernung von korrosiv wirkenden Fremdstoffen wie z. B. Späne aus spanabhebender Bearbeitung, Rückstände aus Löt- und Schweissvorgängen und Sand.

8.1.2.2 Werkstoffgerechte Bearbeitung

Fehler bei der Bearbeitung von Rohren können zu Korrosionsschäden führen. Beispielsweise müssen Werkzeuge werkstoffspezifisch eingesetzt werden, damit eine effiziente Bearbeitung erreicht und der Eintrag von Spänen aus unterschiedlichen Werkstoffen vermieden wird. In Laborversuchen wurden die Auswirkungen von verschiedenen Metallspänen auf Stahlrohre untersucht. Dabei wurden Metallspäne in Stahl- und Edelstahlrohre eingelagert und mit einer salzhaltigen Lösung besprüht. Anschliessend wurden die Rohre für einige Stunden gelagert.

Das folgende Bild zeigt die nach einem Versuch entfernten, völlig korrodierten Metallspäne und deren Korrosionsprodukte im Edelstahlrohr. Die Korrosionsprodukte bestehen aus Schichten, die schlecht auf der Rohroberfläche haften und deshalb grösstenteils entfernt werden können, feinste Ablagerungen bleiben jedoch haften. Das Edelstahlrohr zeigt keinen sichtbaren Korrosionsangriff.

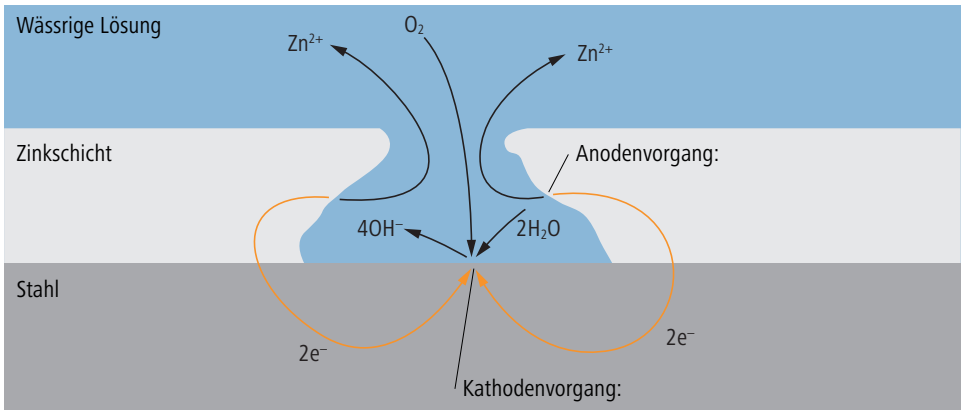
Abb. 45: Korrosion von Metallspänen in einem Edelstahlrohr

1	Korrodierte Eisenspäne 1.0037
2	Edelstahlrohr 1.4401
3	Ablagerungen (vor der Entfernung durch Abwaschen)

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.1.3 Kathodischer Korrosionsschutz

Beim kathodischen Korrosionsschutz wirkt ein unedleres Metall als Anode und das zu schützende Metall als Kathode im Korrosionssystem. Dabei wird das unedlere Metall anstelle des edleren Metalls aufgelöst (Funktionsprinzip der Opferanode).



Anodenvorgang: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

Kathodenvorgang: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

Abb. 46: Kathodischer Korrosionsschutz durch Verzinkung

Ein Beispiel für den kathodischen Korrosionsschutz ist die Verzinkung von Kohlenstoff-Stahlrohren: Die Zinkschicht auf Kohlenstoff-Stahlrohren bewirkt einen aktiven Korrosionsschutz, indem sie gegenüber dem edleren Stahl als Opferanode wirkt. Die kathodische Wirkung der Zinkschicht verhindert die Korrosion des Stahls. Für die Verzinkung von Bauteilen kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz wie z. B. das Feuerverzinken oder das Tauchverzinken.

Abb. 47: Verzinktes Optipress-Therm-Rohr aus unlegiertem Stahl 1.0034

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.1.4 Schutzanode

Schutzanoden werden für den kathodischen Korrosionsschutz von Metallkonstruktionen verwendet, die sich im Wasser oder in der Erde befinden.

Warmwasserspeicher bestehen oft aus einem Stahlbehälter mit einer Emaille-Innenbeschichtung als Schutzschicht. Die Schutzschicht kann jedoch nicht völlig frei von Rissen hergestellt werden. Bei kleinsten Rissen in der Emaille-Beschichtung bilden sich galvanische Elemente und damit Korrosionsströme, wobei das Warmwasser im Speicher als Elektrolyt wirkt. Die Schutzanode aus dem unedlen Magnesium geht dabei anstelle des Stahls in Lösung (daher auch die Bezeichnung «Opferanode»). Die gelösten Magnesium-Ionen lagern sich in den Rissen auf dem Edelstahl des Behälters (der Kathode) ab und bilden eine Schutzschicht. Die im Warmwasser gelösten Magnesium-Ionen sind wasserhygienisch unbedenklich.

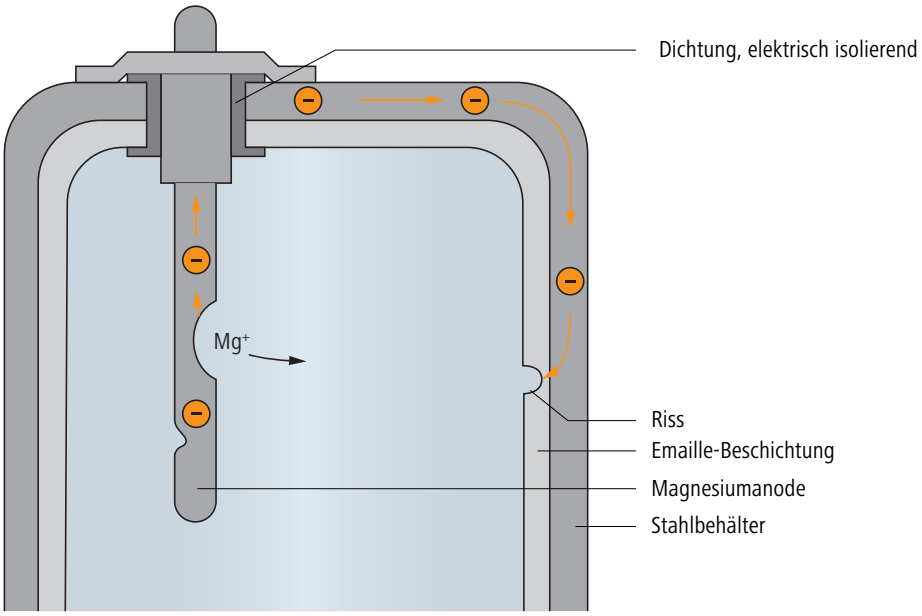


Abb. 48: Funktionsprinzip der Schutzanode (Bild: Blickle, Installationstechnik)

8.1.5 Fremdstromanode

Die Fremdstromanode schützt Speicher aus Stahl mit Emaille-Beschichtung vor elektrochemischer Korrosion. Bei kleinsten Rissen in der Emaille-Beschichtung liefert die Fremdstromanode den Schutzstrom aus einer externen Stromquelle (Fremdstromschutz). Die Fremdstromanode erfordert im Gegensatz zu Opferanoden keine Wartung.

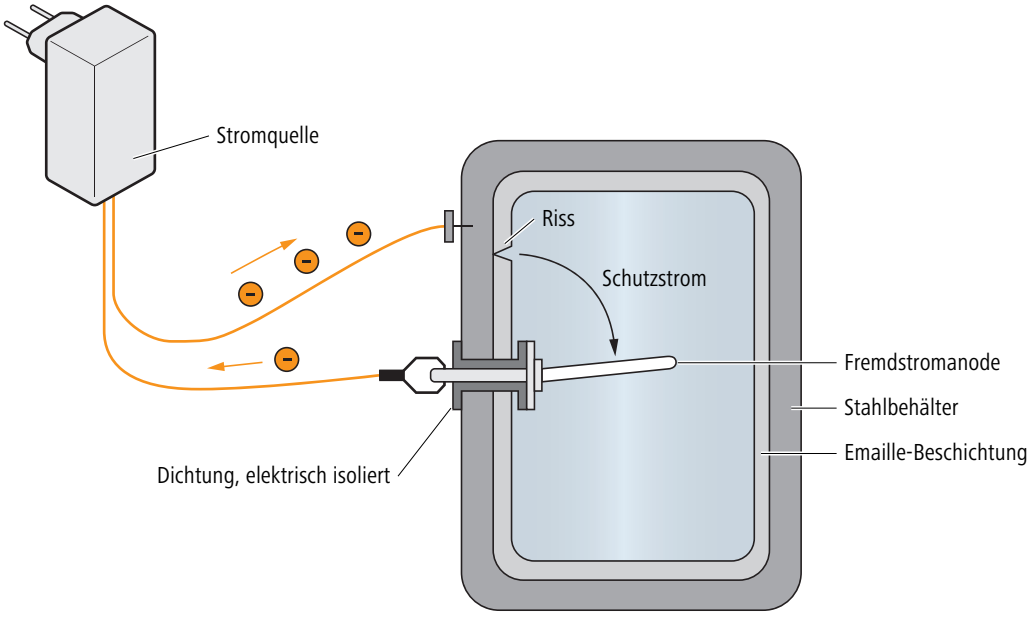


Abb. 49: Fremdstromanode (Bild: Blickle, Installationstechnik)

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.2 Passiver Korrosionsschutz

Passiver Korrosionsschutz wird durch eine Beschichtung der Metalloberflächen mit Kunststoffen, Metallen, Metalloxiden oder mit Keramiken erreicht.

8.2.1 Nichtrostende Stähle

Nichtrostender Stahl (Edelstahl) ist charakterisiert durch das Legierungselement Chrom (mit einem Legierungsanteil von mindestens 10,5 %). Chrom bildet an der Metalloberfläche durch Oxidation eine Passivschicht, die Korrosion erheblich reduziert. Ab einem Legierungsanteil an Chrom von ca. 12 % wird der Abtrag an der Metalloberfläche durch Flächenkorrosion nahezu vollständig verhindert.

Das folgende Diagramm zeigt den Zusammenhang von Chrom-Gehalt und Masseverlust durch Korrosion an chromlegierten Stählen.

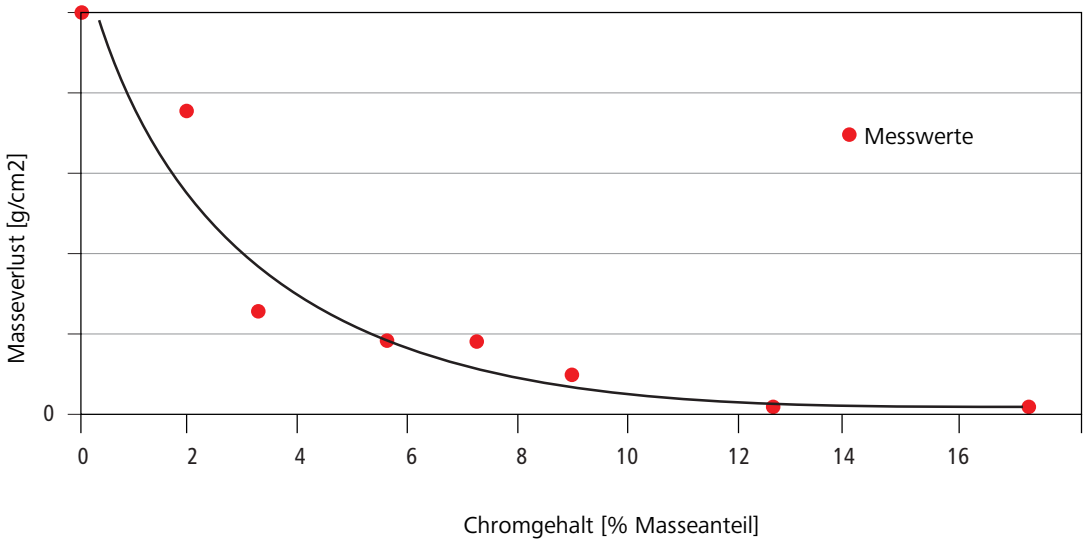
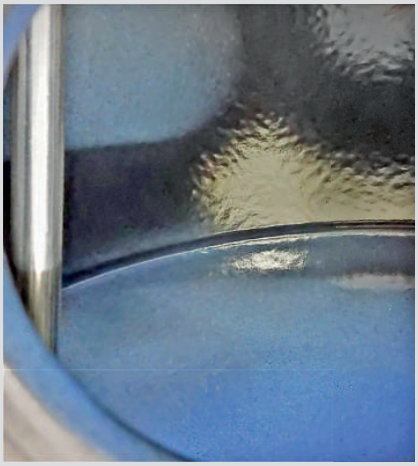
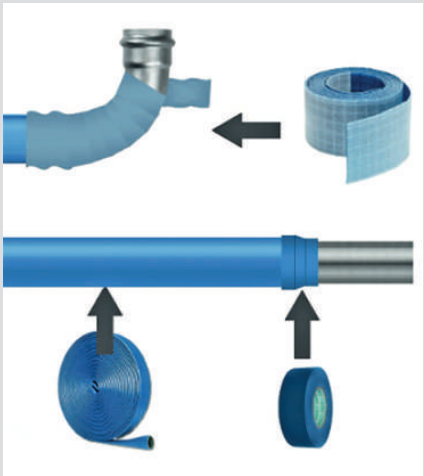


Abb. 50: Masseverlust durch Korrosion von Stählen mit unterschiedlichem Chrom-Gehalt (Bild: Boniardi, Rostfreie Edelstähle)

8.2.2 Schutzbeschichtungen

Schutzbeschichtungen verhindern den Kontakt des Metalls mit dem Korrosionsmedium.

Schutzbeschichtung	Bild	Beschreibung
Metallische Schutzbeschichtungen		Metallische Schutzbeschichtungen können mit galvanischen Verfahren hergestellt werden. Die dabei ablaufenden elektrochemischen Reaktionen erzeugen eine metallische Schutzschicht auf dem Bauteil. Das Bild zeigt den kupferbeschichteten Wärmetauscher, der im Wärmepumpen-Wassererwärmer Aquapro-Ecotherma 200 eingebaut ist.
Emaille-Beschichtungen		Emaille-Beschichtungen sind ein gängiger passiver Korrosionsschutz in Warmwasserspeichern. Das Bild zeigt die Emaille-Beschichtung des Warmwasserspeichers, der im Wärmepumpen-Wassererwärmer Aquapro-Ecotherma 200 eingebaut ist.
Schutzschläuche und Wickelbandagen		Schutzschläuche und Wickelbandagen aus Kunststoff schützen die Rohrleitungsteile vor dem Kontakt mit Feuchtigkeit und anderen korrosiv wirkenden Stoffen.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.3 Konstruktiver Korrosionsschutz

Konstruktiver Korrosionsschutz bedeutet, die Bestandteile und die Werkstoffe so zu wählen, dass Korrosion während der Lebensdauer der Sanitäranlage möglichst nicht auftreten kann. Dazu gehört eine normgerechte Auslegung und Montage der Sanitäranlage. Wenn Mischinstallationen nicht zu vermeiden sind, müssen die Fliessregel und die Angaben der Hersteller zur Kompatibilität der Werkstoffe beachtet werden.

8.3.1 Auswahl von Werkstoffen

Die Kombination von Werkstoffen führt zu optimalen Eigenschaften wie z. B. Beständigkeit, Wärmedämmung und Ergonomie der verschiedenen Teilen einer Anlage. Dies hat jedoch den Nachteil, dass Werkstoffkombinationen geschaffen werden, welche die Anfälligkeit für Korrosion erhöhen können. Bei der Konstruktion muss das Optimum zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Materialien gefunden werden. Die folgende Grafik fasst mögliche Einflussgrössen zusammen, die zu Korrosion führen können.

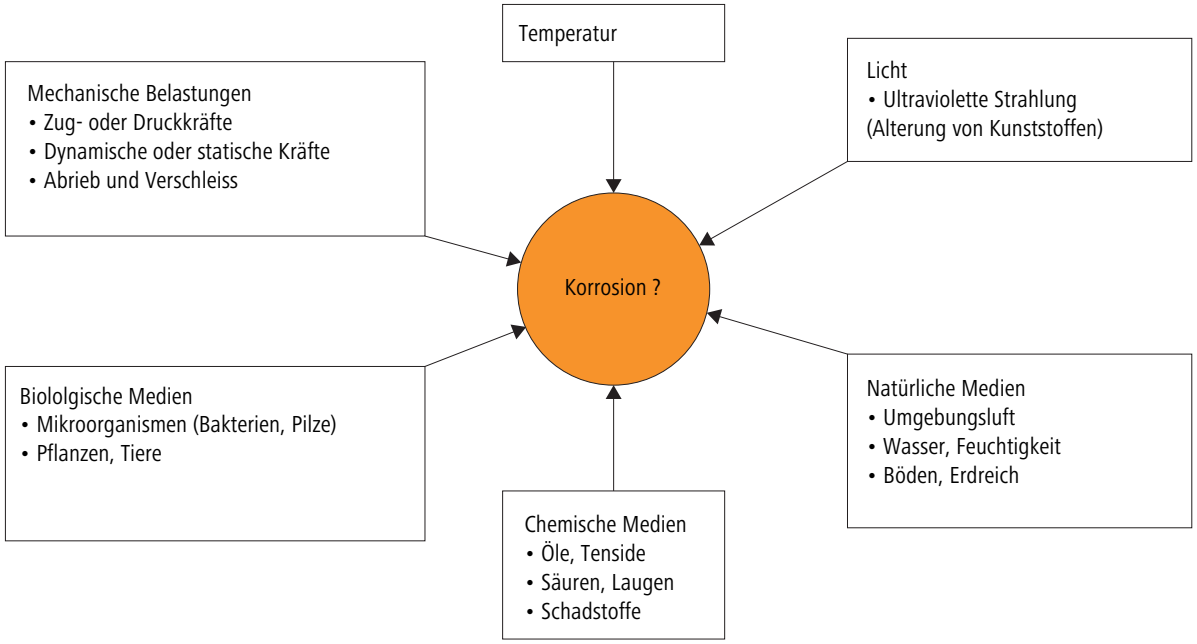


Abb. 51: Einflussgrössen für Korrosion

8.3.2 Mischinstallationen

Mit Mischinstallationen sind Installationen gemeint, in denen die Rohrleitungsteile wie Rohre, Fittings, Flansche, Kompensatoren und Armaturen aus unterschiedlichen metallischen Werkstoffen bestehen. Bei Mischinstallationen besteht die Gefahr von Bimetallkorrosion aufgrund elektrochemischer Reaktionen. Um Bimetallkorrosion in Mischinstallationen zu verhindern, müssen die folgenden Regeln eingehalten werden:

- Rohrleitungsteile aus Edelstahl dürfen nicht direkt mit Rohrleitungsteilen aus unlegiertem Stahl oder Kupfer verbunden werden. Für solche Verbindungen sind geeignete Übergänge zu verwenden, z. B. aus Rotguss.
- Rohrleitungsteile aus Kupfer dürfen nicht vor Rohrleitungsteilen aus verzinkten Eisenwerkstoffen eingebaut werden. Um den Eintrag von Kupfer-Ionen in Rohrteile aus verzinktem Stahl zu verhindern, ist die Fliessrichtung zu beachten.

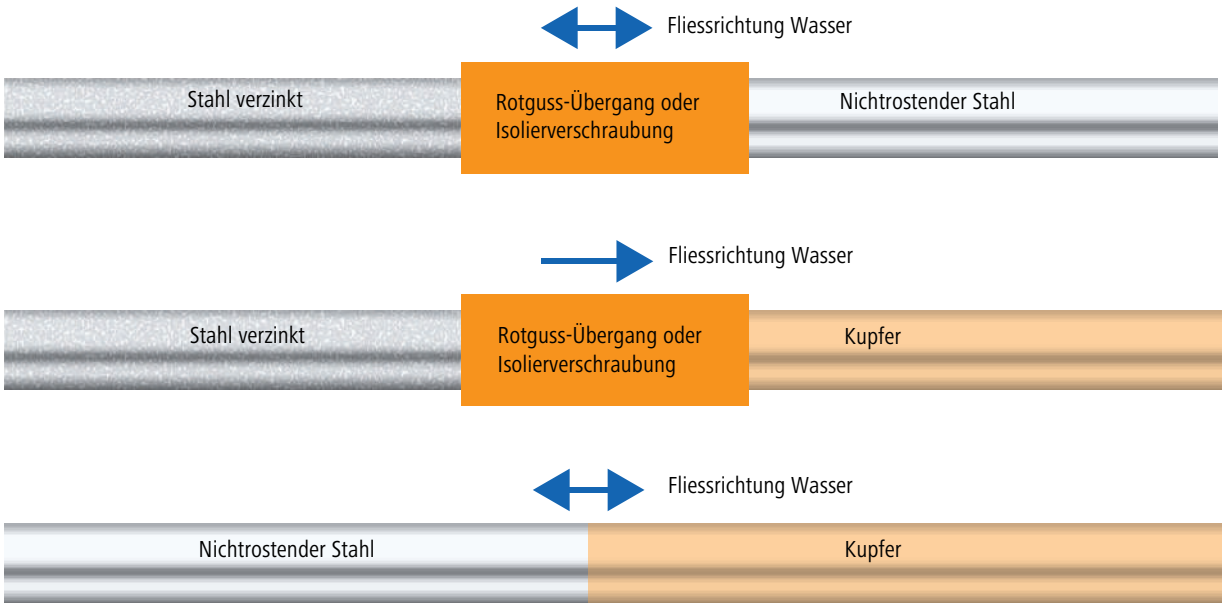


Abb. 52: Fliessregel bei Mischinstallationen

Die Potentialdifferenz zwischen Kupfer und nichtrostendem Stahl ist gering, sodass kein Übergang aus Rotguss erforderlich ist. Nur bei ungünstigem Flächenverhältnis von Kupfer zu nichtrostendem Stahl, d. h. bei kleiner Kupferfläche und grosser Stahlfläche, ist ein Übergang erforderlich.

Anstelle von Rotguss-Übergängen können Isolierungen verwendet werden, um Bimetallkorrosion bei Mischinstallationen zu vermeiden. Als Isolierung kann z. B. die Optipress-Aquaplus-Isolierverschraubung 81042 verwendet werden.

Weitere Informationen zu Mischinstallationen mit Nussbaum Produkten sind in den entsprechenden Systembeschrieben zu finden.

Beispiele aus der Praxis sind nachfolgend beschrieben.

Um den konstruktiven Korrosionsschutz in der Praxis zu gewährleisten, empfiehlt Nussbaum **eine Reihe von Mischinstallationen mit** Nussbaum **Produkten**.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.3.2.1 Zulässige Mischinstallationen mit Optipress-Aquaplus

Unter Einhaltung der genannten Regeln ergeben sich folgende korrosionstechnisch zulässige Mischinstallationen:

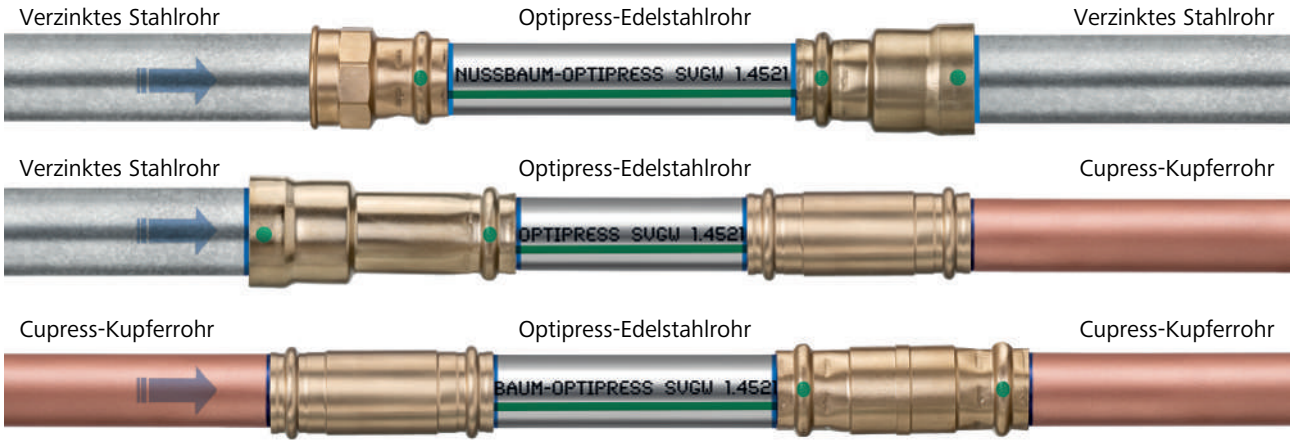


Abb. 53: Zulässige Mischinstallationen mit Optipress-Aquaplus

HINWEIS

Kontaktkorrosion bei unsachgerechter Montage

Beim Einsatz von Schiebemuffen kann es vorkommen, dass sich die Rohre innerhalb der Schiebemuffe berühren. Bei Rohren mit unterschiedlichen Werkstoffen kann dies zu Kontaktkorrosion zu führen.

- ▶ Beim Einsatz von Schiebemuffen die Einstecktiefe sorgfältig anzeichnen um sicherzustellen, dass sich Rohre mit unterschiedlichen Werkstoffen beim Zusammenstecken nicht berühren.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.3.2.2 Zulässige Mischinstallationen mit Optipress-Therm

Unter Einhaltung der genannten Regeln ergeben sich folgende korrosionstechnisch zulässige Mischinstallationen:

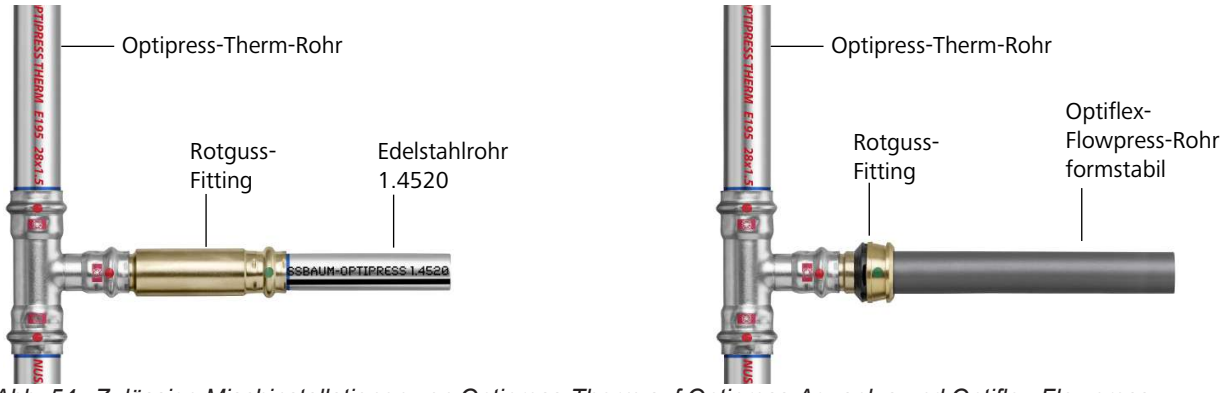


Abb. 54: Zulässige Mischinstallationen von Optipress-Therm auf Optipress-Aquaplus und Optiflex-Flowpress

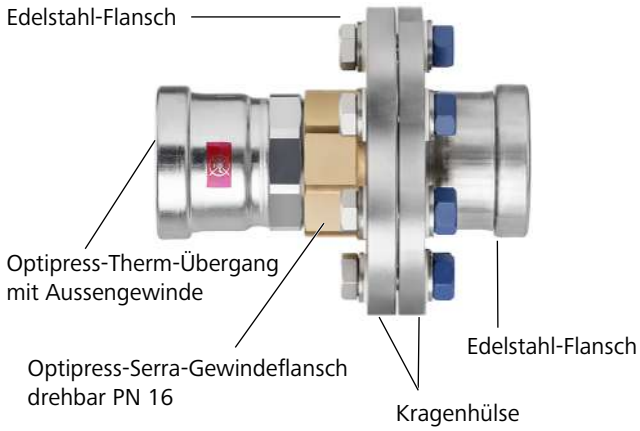


Abb. 55: Zulässige Mischinstallationen mit Optipress-Therm-XL

8.3.2.3 Zulässige Mischinstallationen mit Optipress-Gaz

Unter Einhaltung der genannten Regeln ergeben sich folgende korrosionstechnisch zulässige Mischinstallationen:

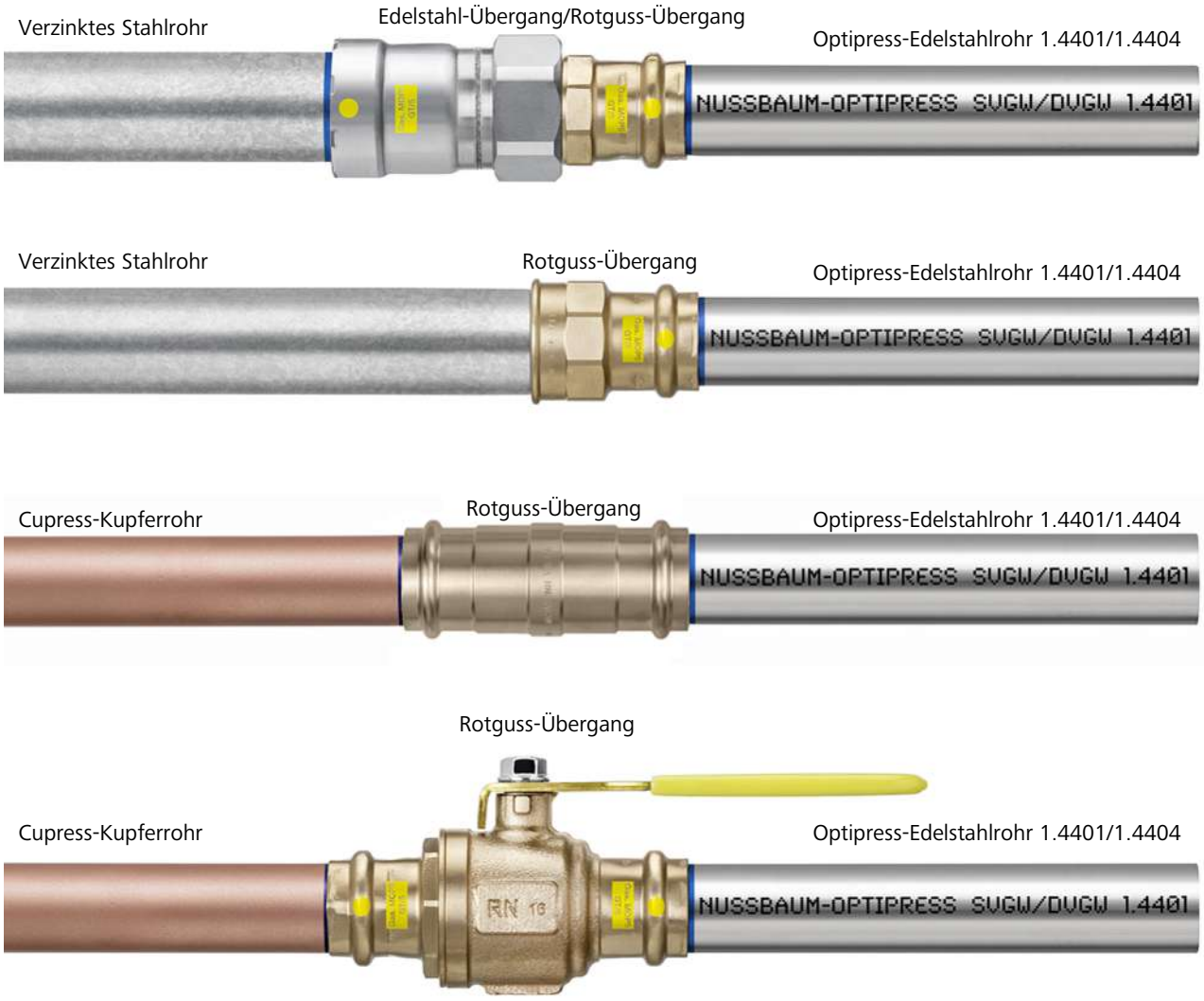


Abb. 56: Zulässige Mischinstallationen mit Optipress-Gaz

HINWEIS

Kontaktkorrosion bei unsachgerechter Montage

Beim Einsatz von Schiebemuffen kann es vorkommen, dass sich die Rohre innerhalb der Schiebemuffe berühren. Bei Rohren mit unterschiedlichen Werkstoffen kann dies zu Kontaktkorrosion zu führen.

- ▶ Beim Einsatz von Schiebemuffen die Einstecktiefe sorgfältig anzeichnen um sicherzustellen, dass sich Rohre mit unterschiedlichen Werkstoffen beim Zusammenstecken nicht berühren.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

8.3.2.4 Zulässige Mischinstallationen mit Rohrkupplungen 83090

Mischinstallationen lassen sich mithilfe der Rohrkupplung 83090 realisieren.

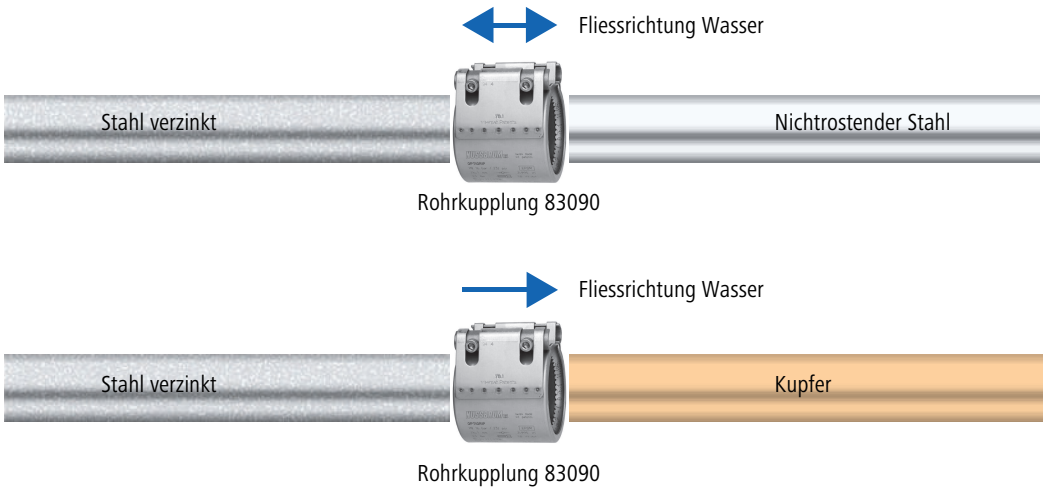


Abb. 57: Zulässige Mischinstallation mithilfe der Rohrkupplung 83090

Bei der Montage von Rohrkupplungen ist der Abstand zum Rohrende einzuhalten wie in der Montageanleitung der Rohrkupplung angegeben.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9 Werkstoffe

Werkstoffe lassen sich in die folgenden Werkstoffklassen einteilen:

- Metalle
- Kunststoffe
- Elastomere
- Zellulare Werkstoffe (Schäume)
- Verbundwerkstoffe
- Technische Keramiken
- Naturstoffe (Hölzer)

9.1 Metalle

9.1.1 Kohlenstoff-Stahl

Für die Herstellung von Nussbaum Produkten werden die folgenden Kohlenstoff-Stähle verwendet.

Produkt	Werkstoff
Optifitt-Press-Fittings	Stahl 1.0308 mit Zink-Nickel-Beschichtung
Optipress-Therm-Rohre	Stahl 1.0037 verzinkt
Optipress-Therm-Fittings	Stahl 1.0308 verzinkt

9.1.2 Edelstahl

Bauteile mit erhöhter Beanspruchung, wie zum Beispiel die Ventilsitze, sind bei den Nussbaum Armaturen generell in Edelstahl ausgeführt. Die Armaturen der Optipress-Systeme von Nussbaum sind komplett in Edelstahl erhältlich.

Edelstahl gibt keinerlei Metallionen an die Medien ab und bietet keinen Nährboden für Mikroorganismen. Die damit verbundenen Risiken für Mensch und Umwelt sind ausgeschlossen. Durch den Einsatz von Edelstahl wird die bestmögliche Reinheit und Hygiene erreicht.

9.1.2.1 Edelstähle im Vergleich

Die folgende Tabelle vergleicht die bei Nussbaum verwendeten Edelstähle.

Merkmal	1.4401/04/08	1.4521	1.4520
Chemische Zusammensetzung	X5CrNiMo 17-12-2	X2CrMoTi 18-2	X2CrTi 17
Gefügeart	Austenit	Ferrit	Ferrit
Verwendung	Gas-Fittings Gas-Rohre Trinkwasser-Fittings	Trinkwasser-Rohre	Industrie-Rohre
SVGW -Zertifikat Trinkwasser	Ja	Ja	Nein
TÜV EU-Druckgeräterichtlinie	Ja	Ja	Ja
TÜV-Zertifikat Acetylen und Sauerstoff	Ja	Ja	Ja
VdS-Anerkennung Sprinkler	Ja	Ja	Ja

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9.1.3 Kupferlegierungen (Rotguss und Messing)

Rotguss als Werkstoff kann mit allen bekannten Installationswerkstoffen kombiniert werden. Die bei Nussbaum verwendeten Legierungen sind im Trinkwasser beständig gegen Korrosion, einschliesslich gegen die am häufigsten auftretenden Korrosionsarten Spannungsrisskorrosion und Entzinkungskorrosion.

Die Rotgusslegierungen von Nussbaum sind unter der Werkstoffnummer CC499K und CC246E in der europäischen Norm EN 1982 gelistet. Beide Rotgusslegierungen sind Bestandteil der SVGW-anerkannten 4MS-Positivliste der trinkwasserhygienisch geeigneten metallenen Werkstoffe.

Metallurgische Zusammensetzung nach EN 1982:

- CC499K, CuSn5Zn5Pb2, bleihaltig
- CC246E: CuSi4Zn9MnP, bleifrei (REACH: Blei < 0.1% als Legierungsverunreinigung gilt als bleifrei)

Messing wird für Anwendungen mit reduzierten Anforderungen eingesetzt. Die Werkstoffnummern CW617N und CW724R sind in der Norm EN 1982 gelistet. Beide Messinglegierungen sind Bestandteil der SVGW-anerkannten 4MS-Positivliste der trinkwasserhygienisch geeigneten metallenen Werkstoffe.

Metallurgische Zusammensetzung nach EN 1982:

- CW617N: CuZn40Pb2, bleihaltig
- CW724R: CuZn21Si3P, bleifrei, mit reduziertem Nickelanteil (REACH: Blei < 0.1% Legierungsverunreinigung gilt als bleifrei).

Für die Beschichtung von Kupferlegierungen wird die Verchromung oder die Vernickelung eingesetzt, wobei Vernickelung bei Werkstoffen für Trinkwasserkontakt nicht zugelassen ist.

Die Giesserei von Nussbaum arbeitet ab sofort zu 100 % bleifrei (www.nussbaum.ch/bleifrei).

9.1.3.1 Kupferlegierungen im Vergleich

Die folgende Tabelle vergleicht die bei Nussbaum verwendeten Kupferlegierungen.

Merkmal	Rotguss CC246E	Cuphin CW724R	Rotguss CC499K	Messing CW617N
Bezeichnung	RgN	Cuphin	Rg5	Ms
Chemische Zusammensetzung	CuSi4Zn9MnP	CuZn21Si3P	CuSn5Zn5Pb2	CuZn40Pb2
Legierungsbestandteil Blei	Nein	Nein	Ja	Ja
Spezifische Korrosionsart****		Selektive Korrosion		Spannungsrisskorrosion, Entzinkung
SVGW anerkannte Trinkwasser-Eignung	Ja	Ja	Ja*	Ja*
REACH Zulassung 2019	Ja	Ja	Nein**	Nein**
Minergie-ECO-Zertifikat	Ja	Ja	Nein***	Nein***
Frei von Konfliktmineralien	Ja	Ja	Nein	Ja

* Bestandteil der SVGW-anerkannten 4MS-Positivliste (UBA) der geeigneten metallischen Werkstoffe

** Blei gilt als Gefahrenstoff mit wahrscheinlichem Verwendungsverbot ab 2022, auch als Legierungsbestandteil (Deklarationspflicht)

*** Erteilung des Zertifikats in Ausnahmefällen möglich (bei fehlenden alternativen Werkstoffen)

**** Kupferlegierungen, die mit Trinkwasser in Kontakt kommen, bilden häufig Kupferkarbonate. Diese Korrosionsprodukte können grünlich aussehen und treten als Folge einer Flächen- oder Lochkorrosion auf.

REACH: Verordnung der EU (Europäische Union) über die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (Registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals)

Die Giesserei von Nussbaum arbeitet ab sofort zu 100 % bleifrei (www.nussbaum.ch/bleifrei).

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9.1.3.2 Hinweise zu bleihaltigen Kupferlegierungen

Gemäss Artikel 71 der Chemikalien-Verordnung (ChemV) und in Übereinstimmung mit der EU-REACH-Verordnung Artikel 33, deklarieren wir, dass in Erzeugnissen aus Rotguss (CC499K) und Messing (CW617N) der Stoff «Blei» (CAS-Nummer 7439-92-1) in einer Konzentration von mehr als 0.1 Masseprozent enthalten ist. Das Blei ist als Legierungsbestandteil in den Erzeugnissen festgebunden. Werden diese korrekt und bestimmungsgemäss verwendet und verarbeitet, sind keine besonderen Sicherheitsmassnahmen erforderlich.

Komponenten aus Rotguss (CC499K) und Messing (CW617N) können in Trinkwasserinstallationen zu einer Überschreitung des Grenzwertes für Blei führen. Details dazu sind in der TBDV (Verordnung des EDI über Trinkwasser und Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen) festgehalten. Die Überschreitung ist in Abhängigkeit der benetzten Oberflächen und der Trinkwasserqualität möglich. Wir empfehlen Ihnen für Installationen mit der Anforderung «bleifrei», Produkte aus Rotguss (CC246E), Edelstahl oder anderen bleifreien Materialien einzusetzen. In unserem Nussbaum Online-Shop sind die exakten und aktuellen Werkstoffspezifikationen unserer Produkte ersichtlich.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9.1.3.3 Konfliktmineralien

Der Begriff «Konfliktmineralien» bezieht sich auf Rohstoffe oder Mineralien, die aus einem bestimmten Teil der Welt stammen, in dem ein Konflikt herrscht, der den Abbau und den Handel mit diesen Materialien beeinträchtigt (nach www.ecovadis.com).

Folgende Materialien gelten in Bezug auf deren Abbau als kritisch:

- Gold (Au)
- Zinn (Sn)
- Cobalt (Co)
- Wolfram (W)

Ein Beispiel für die Vermeidung von Konfliktmaterialien bei Nussbaum: Durch den Umstieg von der bleihaltigen Rotgusslegierung CC499K auf die bleifreie Rotgusslegierung CC246E entfällt auch das Konfliktmaterial Zinn (Sn).

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9.2 Kunststoffe

Die von Nussbaum verwendeten Kunststoffe sind für die jeweiligen Einsatzgebiete ausgewählt und geprüft. Kunststoffe für Trinkwasseranwendungen verfügen über eine Bestätigung der trinkwasserhygienischen Eignung.

Kunststoff	Beschreibung
PE-Xc	Flexibles elektronenstrahlvernetztes Polyethylen.
PE-RT	Polyethylen mit erhöhter Temperaturbeständigkeit verfügt durch die Verwendung von PE-RT Typ 2 über eine optimale Zeitstandsfestigkeit für Trinkwasser-Anwendungen. Sie erfüllen die Anforderungen für die Klasse 2 (10 bar, 70 °C) nach ISO 22391
PB	Polybuten, flexibler als PE-Xc
PPSU	Polyphenylsulfon ist ein amorpher Werkstoff mit einer hohen Glasübergangstemperatur und einer niedrigen Feuchteaufnahme. Aggressive Chemikalien und Gase, insbesondere lösungsmittelhaltige, können zu Materialschäden und Undichtigkeiten führen.

Durch Kontakt mit PPSU unverträglichen Substanzen kann es zu Spannungsrissen bei PPSU Bauteilen kommen. Zu den häufigsten PPSU unverträglichen Substanzen gehören:

- Allgemein:
  - Organische Lösungsmittel, wie Ester, Phenole und Ketone
  - Reaktive Harze, wie Acrylate, Isocyanate und Epoxide
- Bauchemie:
  - PUR Schaum
  - PUR Schaum Pistolenreiniger (Aceton/MEK)
  - Anaerobe Klebstoffe, Cyanacrylat, (C)PVC-Klebstoff
  - Lösungsmittelhaltige Primer, Farben, Lacke und Verdünner

Beim Einsatz von Lecksuchsprays ist darauf zu achten, ob sie für den Einsatz auf PPSU geeignet sind.

Lecksuchsprays, die auf nichtionischen Tensiden basieren, greifen die Kunststoffteile aus PPSU an und müssen daher in der Regel nach der Verwendung abgewaschen werden.

PPSU verträgliche Lecksuchsprays, die u. a. anionische Tenside enthalten, müssen nicht zwingend abgewaschen werden, da sie PPSU Bauteile nicht angreifen.

9.3 Elastomere

Die eingesetzten Elastomere sind für die jeweiligen Einsatzgebiete ausgewählt und geprüft. Elastomere für Trinkwasseranwendungen verfügen über eine Bestätigung der trinkwasserhygienischen Eignung.

Elastomere aus EPDM (Ethylen-Propylen-Dien) sind peroxidisch vernetzt. Dadurch wird die Temperaturbeständigkeit erhöht. Dichtelemente aus EPDM vertragen heisses Wasser von 90 °C, kurzzeitig sind Wassertemperaturen bis 180 °C* möglich.

*Weitere Informationen sind im Nussbaum Dokument «Thermische Solaranlagen» zu finden, ☞ Anwendungen und Lösungen 299.1.080.

EPDM ist nicht beständig gegen Erdgas, Mineralöl und tierischen Fetten.

Elastomere aus HNBR (Hydrierter Nitril-Butadien-Kautschuk) werden durch katalytische Hydrierung aus NBR hergestellt und sind beständig gegen Erdgas und Mineralöl.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

9.4 Zellulare Werkstoffe

Viele Werkstoffe können in eine zellulare Form gebracht werden, deren Struktur sich durch offene und/oder geschlossene Poren auszeichnet. Prinzipiell handelt es sich um Schäume. Die zellulare Form erweitert den Anwendungsbereich des Grundwerkstoffs, der z B. ein Metall oder ein Kunststoff sein kann.

Zellulare Werkstoffe wie Kunststoffschäume werden in der Installationstechnik für Wärmedämmungen verwendet.

Die folgende Tabelle zeigt Anwendungen von zellularen Materialien in Nussbaum Produkten:

Produkt	Dämmwerkstoff
Dämmbox zu Gartenventil frostsicher	Styrotherm
Dämmbox der Unterputz-Boxen	Expandiertes Polypropylen

Tab. 8: Beispiele von Produkten mit zellularen Werkstoffen

9.5 Verbundwerkstoffe

Verbundwerkstoffe sind Mischungen oder Kombinationen von verschiedenen Werkstoffen mit unterschiedlichen Eigenschaften, die zusammen einen Werkstoff mit erweiterten Eigenschaften bilden.

Verbundwerkstoffe werden in der Installationstechnik beispielsweise für Rohre verwendet. Das Optiflex-Flowpress-Rohr besteht aus einem Verbundwerkstoff, wobei es sich um ein Polyethylen-Rohr im Verbund mit einem Metallrohr handelt. Das eingelagerte Metallrohr aus Aluminium macht das Rohr sauerstoffdicht und vermindert die Längenausdehnung.

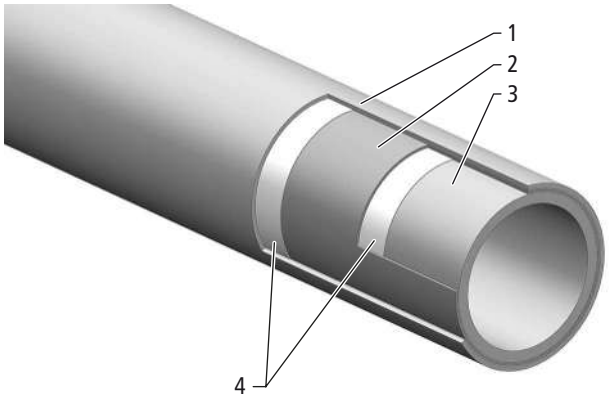


Abb. 58: Optiflex-Flowpress-Rohr formstabil

1	Aussenrohr	Kunststoff PE-X
2	Metallrohr	Aluminium
3	Innenrohr	Kunststoff PE-Xc
4	Haftvermittler	

9.6 Technische Keramiken

Technische Keramiken sind Keramikwerkstoffe, die für technische Anwendungen ausgelegt sind. Im Vergleich zu Keramiken für den Hausgebrauch (Geschirr) weisen technische Keramiken hinsichtlich ihrer Verwendung optimierte Eigenschaften auf, z. B. höhere Reinheit, Hitzebeständigkeit und Abriebfestigkeit.

Technische Keramik wird zur Herstellung des Keramikscheibenventils verwendet, das im elektronisch geregelten Zirkulationsventil 36020 eingebaut ist.

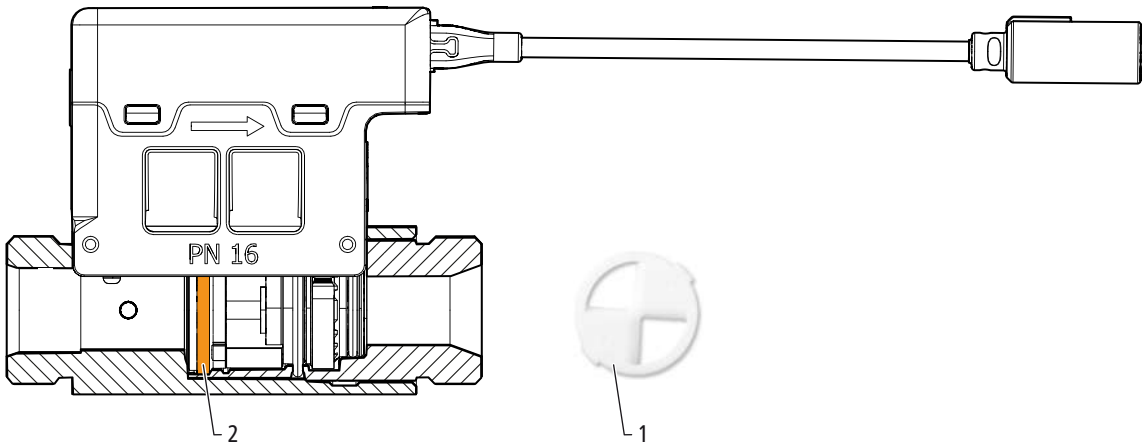


Abb. 59: Schnittbild des geregelten Zirkulationsventils, elektronisch

1	Keramikscheibe
2	Einbauort im Zirkulationsventil 36020

Glossar

Alterung

Unter Alterung versteht man die Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Stoffen (vor allem von Kunststoffen) durch Einwirkung von Einflüssen wie z. B. UV-Strahlung während der Lagerung oder des Gebrauchs. Werkstoffe können zur Reduzierung der Alterung stabilisiert werden.

Anode

Elektrode, an der die anodische Reaktion überwiegt.

Anodische Reaktion

Elektrodenreaktion, die dem Ladungsaustausch von positiver Ladung von Elektrode zu Elektrolyt äquivalent ist, wobei der Strom von der Elektrode zum Elektrolyt fliesst. Eine anodische Reaktion ist eine Oxidation, z B. M --> Mn+ + ne–, wobei M für das Metall steht, z. B. Fe für das Element Eisen.

Belüftungselement

Korrosionselement, bei dem die Potentialdifferenz von einem Unterschied der Sauerstoffkonzentration in der Nähe der Elektroden herrührt.

Deckschicht

Stabile, korrosionshemmende Schicht, die sich aus Ablagerungen während dem Betrieb bildet (z. B. Kalk- oder Rost-Schutzschichten an den Innenwänden von Rohren).

Edles Metall

Bezeichnung für Metalle, die in einer elektrochemischen Spannungsreihe die vergleichsweise positiveren Potentiale aufweisen, z. B. das Edelmetall Kupfer.

Elektrochemische Spannungsreihe

Liste von Metallen, wobei die Metalle nach ihrem freien Korrosionspotential geordnet sind.

Elektrode

Elektronenleiter (z. B. ein Metallstück) in Kontakt mit einem Elektrolyt.

Elektrolyt

Wässrige Lösung, die den elektrischen Strom durch Ionen leitet, z. B. Regenwasser.

Galvanisches Element

Kombination von Elektroden, die über einen Elektrolyten verbunden sind.

Galvani-Spannung

Die Galvani-Spannung (nach dem italienischen Physiker Luigi Galvani) ist die Potentialdifferenz zwischen zwei Phasen, z. B zwischen einer Metallelektrode und der Lösung, in welche die Metallelektrode eingetaucht ist. Die Galvani-Spannung kann weder gemessen noch berechnet werden. Deshalb sind Werte von Elektrodenpotentialen stets relativ zu einer Referenzelektrode zu verstehen.

Ion

Ionen sind elektrisch geladene Atome oder Moleküle.

Kathode

Elektrode, an der die kathodische Reaktion überwiegt.

Kathodische Reaktion

Elektrodenreaktion, die dem Ladungsaustausch von negativer Ladung von Elektrode zu Elektrolyt äquivalent ist, wobei der Strom vom Elektrolyt zur Elektrode fliesst. Eine kathodische Reaktion ist eine Reduktion, z. B. ½ O2 + H2O+2e– --> 2OH–

Korrosion

Korrosion ist die Zersetzung von metallischen Werkstoffen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen mit Korrosionsmedien wie z. B. Wasser und Sauerstoff.

Korrosionselement

Kurzgeschlossenes galvanisches Element in einem Korrosionssystem, wobei eine der Elektroden durch das korrodierende Metall gebildet wird.

Korrosionsmedium

Umgebung, die ein oder mehrere Korrosionswirkstoffe enthält.

Korrosionsschaden

Funktionsbeeinträchtigung eines metallischen Werkstoffes oder Systems durch Korrosion.

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

Korrosionssystem

Gesamtheit von Metallen und ihrer Umgebung, welche die Korrosion dieser Metalle beeinflusst.

Korrosionswirkstoff

Stoff, der an einer Metalloberfläche Korrosion verursacht.

Laminare Strömung

Geordnete Strömung des Fluids. Die Strömung weist ein charakteristisches Strömungsprofil auf.

Makroelement

Korrosionselement, dessen Elektroden einen Abstand von wenigen Millimetern oder mehr aufweisen.

Mikroelement

Korrosionselement, dessen Elektroden einen mikroskopisch kleinen Abstand aufweisen.

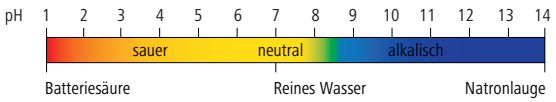
Oxidation

Reaktion, bei dem ein Reaktionspartner Elektronen abgibt, wobei meist Sauerstoff als Oxidationsmittel beteiligt ist.

Passivschicht

Dünne, durch Legierungsbestandteile entstehende Schutzschicht auf der Metalloberfläche, z. B. die Chromoxid-Schicht auf der Oberfläche von nichtrostenden Stählen.

pH-Wert



Dimensionslose Grösse für die Konzentration von Wasserstoffionen (H+) in einer wässrigen Lösung. Definition: pH = – log(H+).

Reduktion

Vorgang, bei dem ein Reaktionspartner ein oder mehr Elektronen aufnimmt.

Reynoldsche Zahl

Wichtige dimensionslose physikalische Grösse der Strömungsmechanik. Ist gleich dem Verhältnis der Fliessgeschwindigkeit zur (kinematischen) Viskosität des Mediums multipliziert mit einer charakteristischen geometrischen Grösse, z.B. dem Rohrdurchmesser. Werte unterhalb von 1000 entsprechen laminaren Strömungen, Werte oberhalb von 5000 entsprechen turbulenten Strömungen.

Turbulente Strömung

Ungeordnete Strömungsrichtungen des Fluids.

Unedles Metall

Bezeichnung für Metalle, die in einer elektrochemischen Spannungsreihe die vergleichsweise negativeren Potentiale aufweisen, z. B. verzinkter Stahl.

Wasserhärte

Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen im Trink- oder Heizungswasser in [mol/m3]

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

Quellenverzeichnis

- Blickle S. et al.: Installations- und Heizungstechnik 6. Auflage. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2017
- Boniardi A., Casaroli C.: Rostfreie Edelstähle. Grupo Lucefin
- EN ISO 12944-2:2017: Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen
- Heindl M., Martin A.: Gutachten 117900/15, Einsatz von PE-Materialien für Rohre, Schächte und Bauteile in Deponien. SKZ Testing GmbH Würzburg. 2017
- Informationsstelle Edelstahl Rostfrei. Merkblatt 829, Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen. Düsseldorf
- Kruse C.-L.; Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik. Krammer Verlag Düsseldorf. 1991
- Läpple V. et al.: Werkstofftechnik Maschinenbau 1. Auflage. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2007
- Müller K.: Lehrbuch der Metallkorrosion. 2. Auflage. Eugen C. Leuze Verlag Salgau. 1975
- R-Tech Materials, Port Talbot, United Kingdom
- SN EN ISO 8044:2020-08: Korrosion von Metallen und Legierungen - Grundbegriffe
- SN EN 12502 (Teile 1 bis 4, 2005): Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe - Hinweise zur Abschatzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und -speichersystemen
- suissetec. Merkblatt, Erdung durch Wasser-Hausanschlussleitungen. Mai 2019
- suissetec. Merkblatt, Korrosion in Heizungsanlagen. April 2014
- SVGW. Merkblatt, Korrosion durch galvanische Elemente bei der Verbindung verschiedener Werkstoffe von Trinkwasserleitungen in Hausinstallationen. Februar 2011

261.0.053 / 07.08.2025 / V7

Wir verteilen Wasser

Die R. Nussbaum AG, 1903 gegründet, ist ein eigenständiges Schweizer Familienunternehmen, beschäftigt rund 500 Mitarbeitende und gehört zu den führenden Herstellern von Armaturen, Verteilsystemen und individuellen Gesamtlösungen im Bereich Sanitär- und Heiztechnik. Von unserem Hauptsitz in Olten aus vertreiben wir unser breites Produktsortiment über ein eigenes Filialnetz an Installierende in der ganzen Schweiz.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Installateur resp. Nussbaum. Dort erhalten Sie kompetente Auskunft über sämtliche Nussbaum Produkte.

Nous distribuons de l'eau

R. Nussbaum SA, entreprise familiale suisse indépendante fondée en 1903, emploie près de 500 collaborateurs et compte parmi les fabricants leaders de robinetteries, de systèmes de distribution et de solutions globales individuelles dans le domaine de la technique sanitaire et de chauffage. Depuis notre siège d'Olten, nous proposons un large assortiment de produits au travers de notre réseau de succursales et installateurs/trices dans toute la Suisse.

Pour plus d'informations, veuillez vous adresser à votre installateur resp. Nussbaum. Vous y recevrez des informations compétentes sur l'ensemble des produits Nussbaum.

Distribuiamo acqua

La società R. Nussbaum SA, fondata nel 1903, è un'azienda svizzera indipendente di proprietà familiare che impiega ben 500 dipendenti ed è tra i principali produttori di rubinetteria, sistemi di distribuzione e soluzioni integrali personalizzate nel settore della tecnica idrosanitaria e di riscaldamento. Dalla nostra sede sociale di Olten commercializziamo, attraverso la rete di succursali Nussbaum, la nostra ampia gamma di prodotti rifornendo installatrici e installatori in tutta la Svizzera.

Per ulteriori informazioni non esitate a rivolgervi al vostro installatore risp. Nussbaum. Qui riceverete informazioni competenti su tutti i prodotti della Nussbaum.

NUSSBAUM RN

Gut installiert Bien installé Ben installato

Hersteller Armaturen und Systeme Sanitär- und Heiztechnik
Fabricant de robinetterie et systèmes de technique sanitaire et chauffage
Produttore di rubinetterie e sistemi di tecnica idrosanitaria e di riscaldamento
ISO 9001 / 14001 / 45001

Basel, Bern, Biel, Brig, Buchs, Carouge, Crissier, Giubiasco, Givisiez, Gwatt-Thun, Kriens, Sion, Steinhausen/Zug, St. Gallen, Trimbach, Winterthur, Zürich

R. Nussbaum AG | SA
Hauptsitz | Siège social | Sede sociale
Martin-Disteli-Strasse 26
Postfach, CH-4601 Olten
062 286 81 11
info@nussbaum.ch
nussbaum.ch