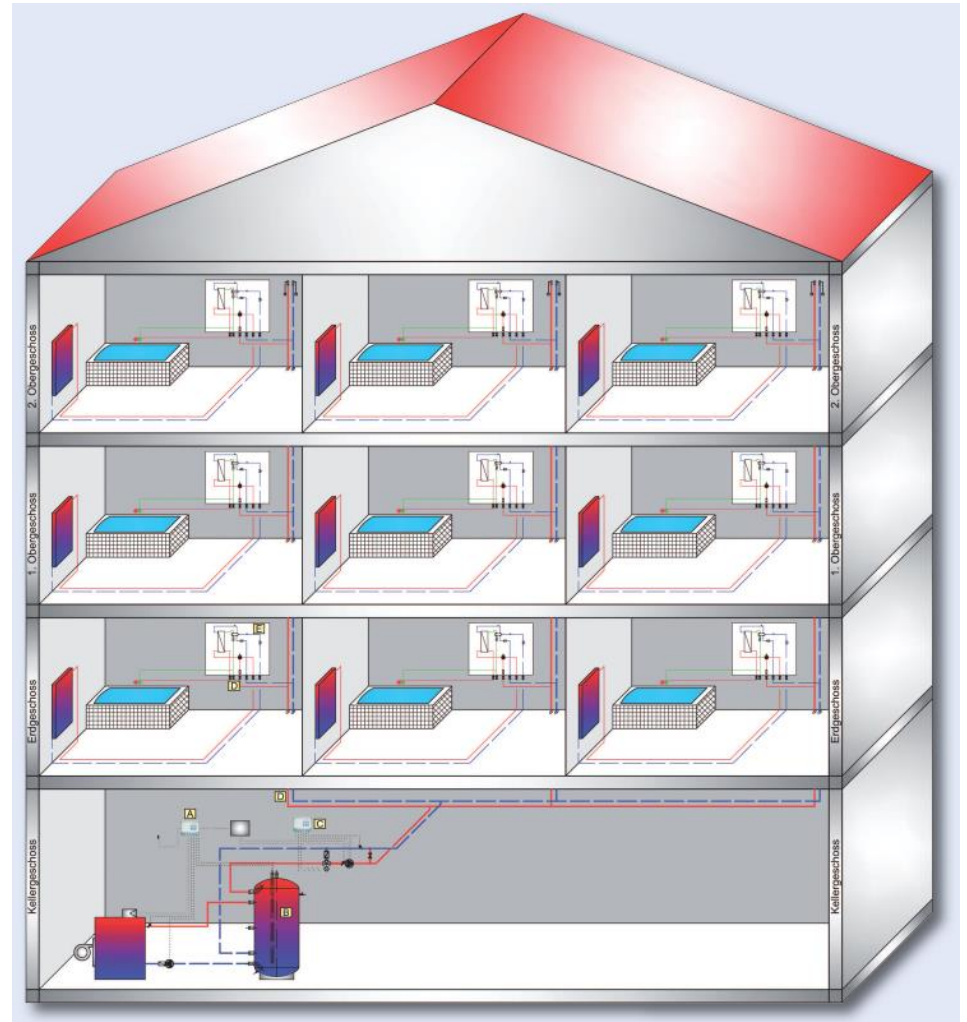
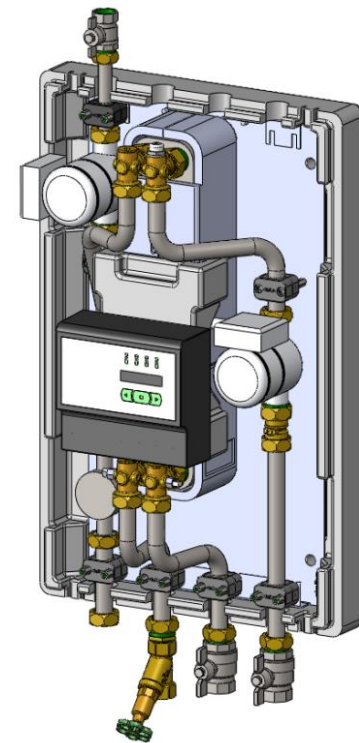
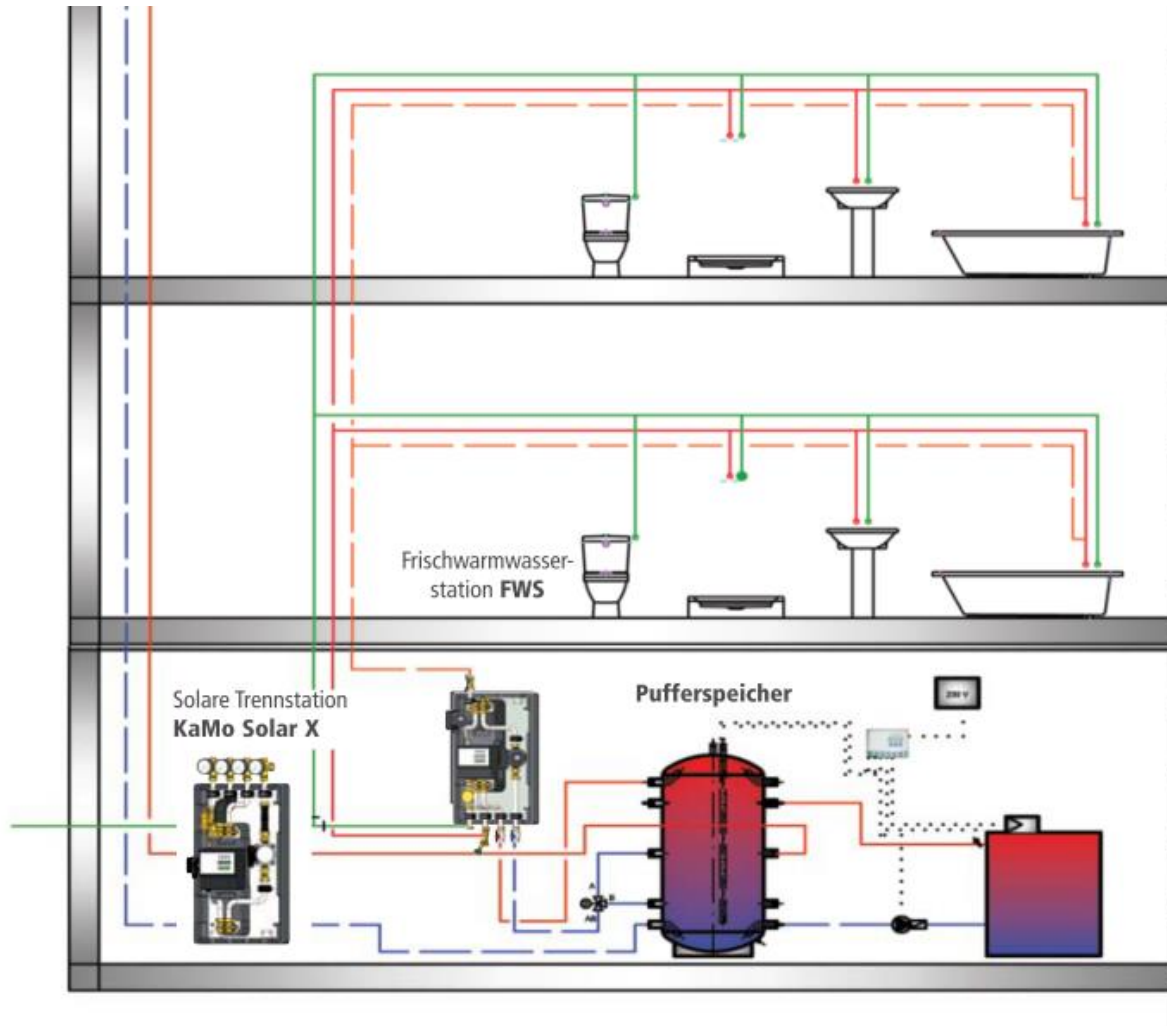




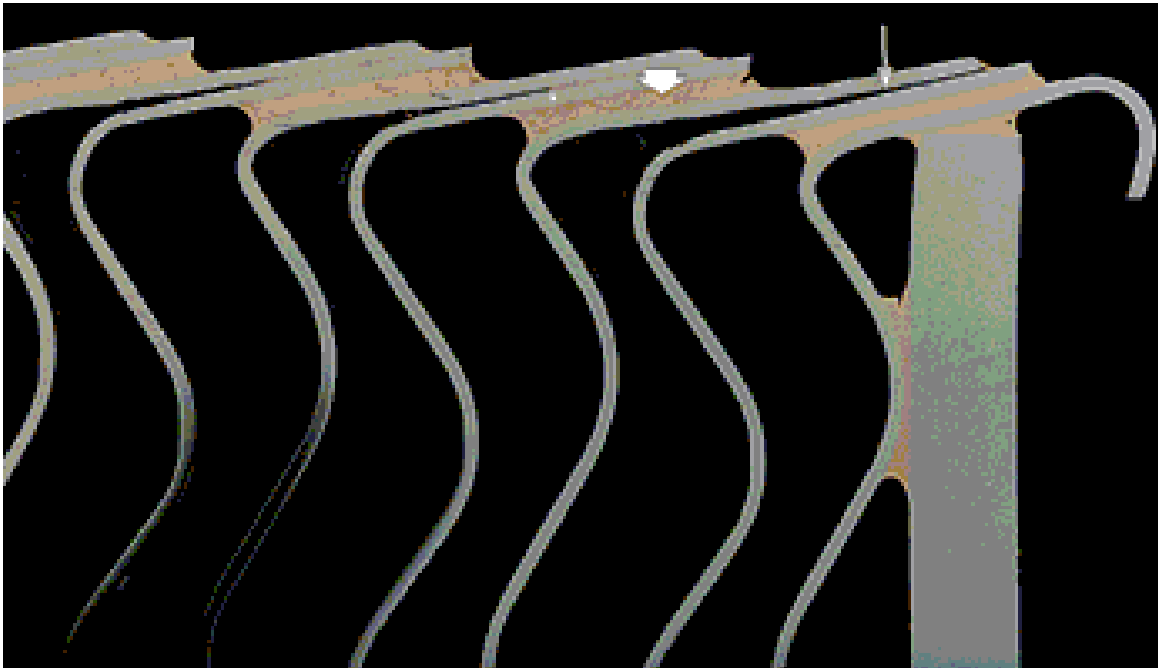
- 1. Einsatzbeispiele Plattenwärmetauscher für Trinkwasserbereitung**
- 2. Aufbau Wärmetauscher**
- 3. Kleine Einführung in die Korrosionswahrscheinlichkeit in Trinkwassersystemen**
- 4. Anforderungen an Trinkwasser und Heizungswasser**



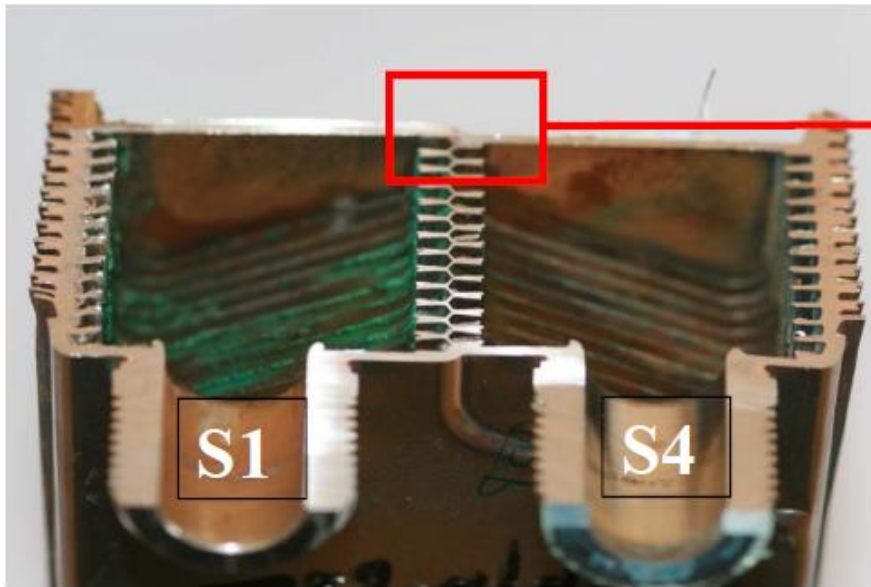
Zentrale Frischwarmwasserstation



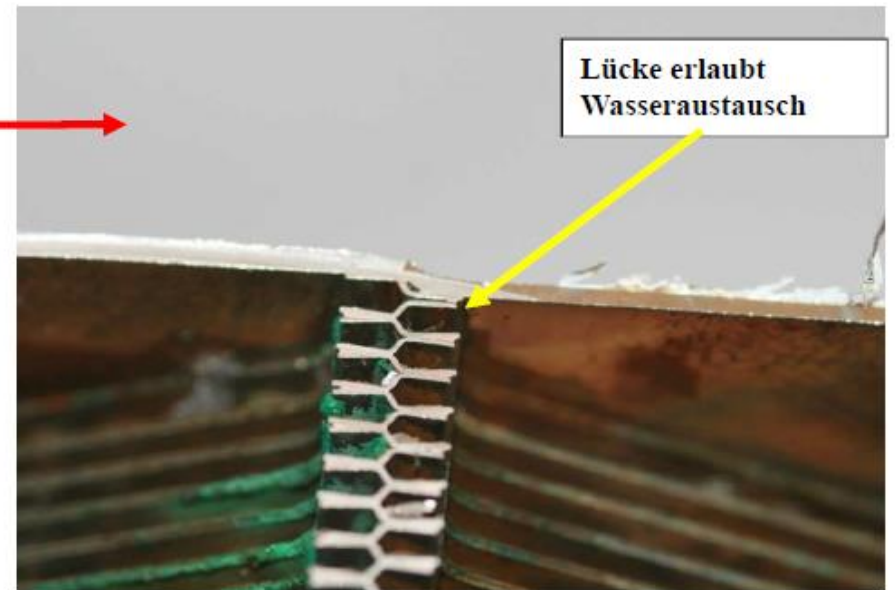
Schnittstelle Plattenwärmetauscher



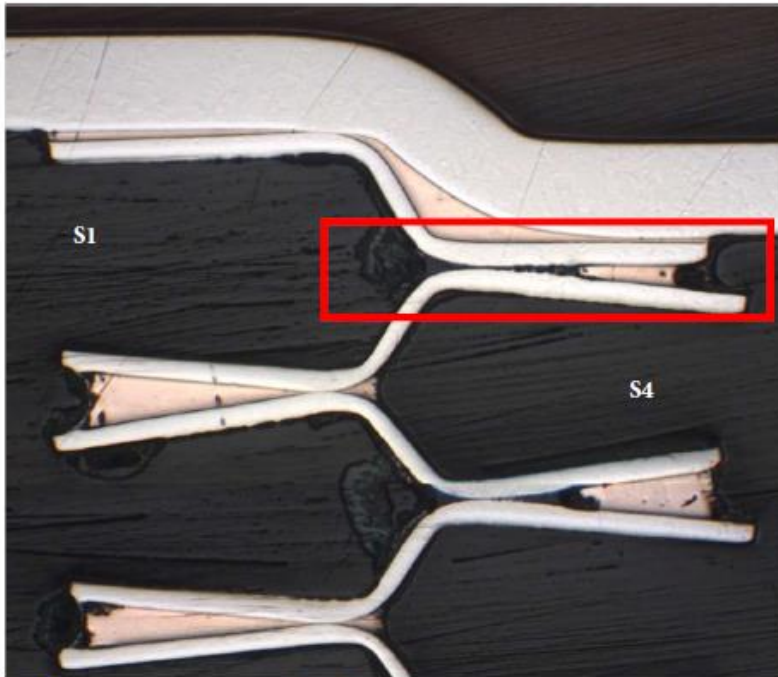
Kupfergelötete Plattenwärmetauscher



S1 ist Kaltwasser-Einlass, S4 ist Heizwasser-Austritt



Kupfergelötete Plattenwärmetauscher

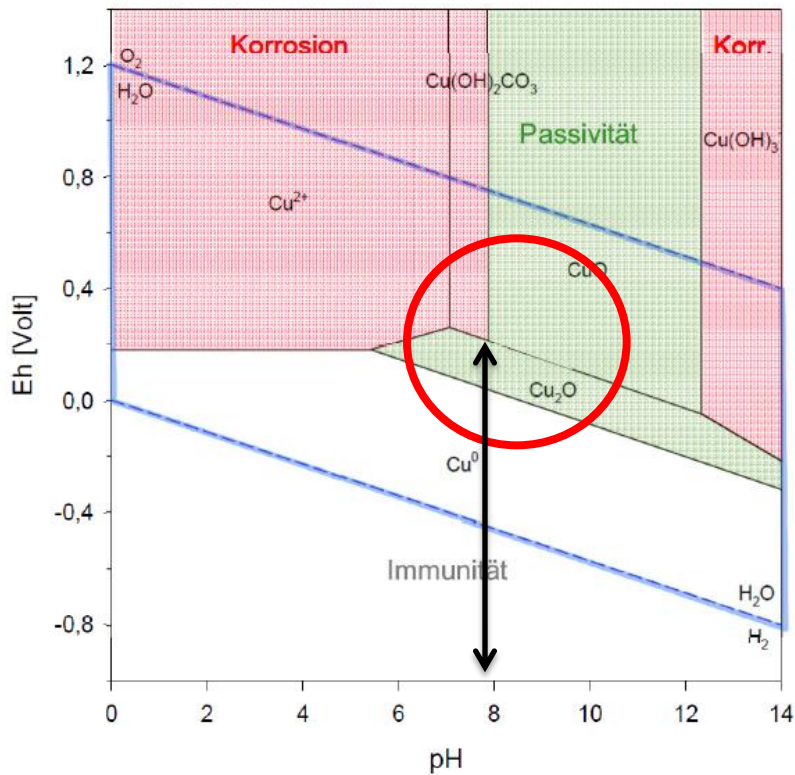


Übersichts-Aufnahme des heraus-
getrennten Bereichs

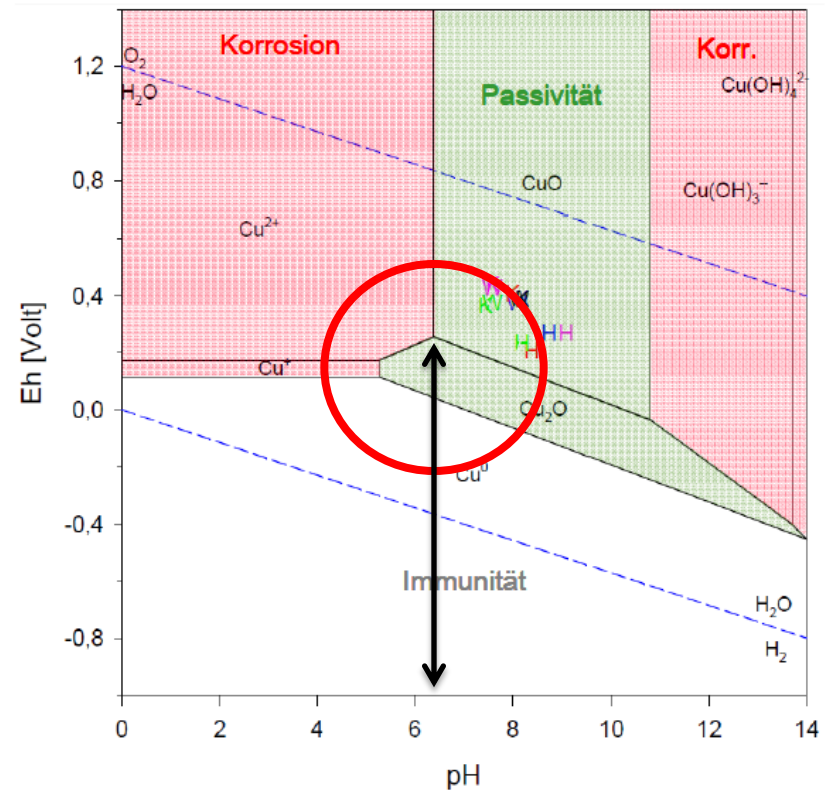


Nahaufnahme des Schliffs

Pourbaix – Diagramm - Kupferkorrosion



Niedere Temperatur



Hohe Temperatur

18 Vermeiden von Schäden durch Korrosion

18.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beinhaltet Hinweise zur Verhinderung oder zur Minimierung des Risikos von Schäden in der Trinkwasser-Installation durch Korrosion und gibt diesbezüglich Informationen zu:

- den Korrosionseigenschaften der verwendeten metallenen Werkstoffe;
- den Wassereigenschaften;
- Planung, Bau und Betriebsbedingungen der Trinkwasser-Installation.

Korrosionserscheinungen ereignen sich in der Trinkwasser-Installation als Folge der Wechselwirkung zwischen metallenen Werkstoffen und dem Wasser, beeinflusst durch die vorgenannten Parameter. Oft erzeugt Korrosion eine Schutzschicht und führt daher nicht zwangsläufig zu einem Korrosionsschaden.

5.5 Messerschnittkorrosion

5.5.1 Allgemeines

Messerschnittkorrosion, die in den hier betrachteten Systemen auftritt, ist gekennzeichnet durch den Verlust der Bindung zwischen nichtrostendem Stahl und einigen Silberloten infolge selektiver Korrosion an der Phasengrenze nichtrostender Stahl/Hartlot. Dieser Effekt tritt meist auf an Verbindungen, die unter oxidierenden Bedingungen und bei Verwendung von Flussmitteln gelötet wurden.

Die Inkubationsdauer bis zum Auftreten von Messerschnittkorrosion kann sehr lang sein, unter Umständen treten Schäden erst nach mehrjähriger Betriebsdauer auf. Im fortgeschrittenen Stadium kann durch Messerschnittkorrosion auch Lochkorrosion ausgelöst werden.

Deshalb sind Hartlötverbindungen bei nichtrostenden Stählen grundsätzlich zu vermeiden.

4.2.3 Einfluss der Wasserbeschaffenheit

In Wässern, die Sauerstoff enthalten, hängt bei fließendem Wasser die Korrosionsrate der gleichmäßigen Flächenkorrosion hauptsächlich vom pH-Wert des Wassers ab. Sie nimmt im Allgemeinen mit abnehmendem pH-Wert des eintretenden Wasser zu und ist vernachlässigbar bei pH-Werten über 7,5.

In Wässern mit niedrigem Hydrogencarbonatgehalt, das bedeutet, wenn $c(\text{HCO}_3^-) < 1,0 \text{ mmol/l}$ ist, können andere Korrosionsprodukte als basisches Kupfercarbonat diejenigen mit der geringsten Löslichkeit werden, z. B. basisches Kupfersulfat $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$, das wenig haftende Schichten bildet. Wenig haftende Schichten werden leicht durch den Wasserstrom abgetragen. In diesen Fällen kann die analytisch beobachtete Kupferkonzentration im Wasser die Werte überschreiten, die nur von der Auflösung der Korrosionsprodukte zu erwarten sind, weil dann auch Kupferverbindungen in Partikelform vorliegen.

In Wässern mit pH-Werten unter 7,5 steigt die nachweisbare Konzentration von Kupfer-Ionen im Wasser im Allgemeinen mit steigendem TOC-Wert an.

Die Geschwindigkeit der gleichmäßiger Flächenkorrosion kann durch die Zugabe von Inhibitoren, wie z. B. Orthophosphaten, oder durch Alkalisierung des Wassers durch Zusatz von NaOH und/oder Na_2CO_3 , durch Zusatz von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oder durch Verwendung eines Filters, z. B. Marmor, Kalkstein oder Dolomit, vermindert werden.

4.3.1.3 Typ 2: Lochkorrosion in erwärmtem Wasser

Lochkorrosion von Kupfer in erwärmtem Wasser (Typ 2) ist gekennzeichnet durch eng begrenzten Lochfraß und eine unregelmäßige innere Geometrie. Die Lochkorrosionsstellen sind normalerweise mit Korrosionsprodukten überdeckt. Sie sind vollständig mit Kupfer(I)-oxid gefüllt und die Mündungsbereiche sind manchmal von Krusten abgedeckt, die blaues, basisches Kupfersulfat enthalten. Die Korrosionsgeschwindigkeit von Lochkorrosion Typ 2 ist üblicherweise geringer als die von Typ 1. Im Gegensatz zur Lochkorrosion Typ 1, die im Kaltwasser beobachtet wird, gibt es eine größere Vielfalt von Erscheinungsformen bei Typ 2-Lochkorrosion.

4.3.1.4 Mikrobiologisch beeinflusste Lochkorrosion

Eine weitere, selten beobachtete Form der Lochkorrosion, die durch eng begrenzte Angriffsbereiche gekennzeichnet ist, innerhalb derer zahlreiche Lochkorrosionsstellen sein können, die durch voluminöse Korrosionsprodukte bedeckt sind, ist durch mikrobiologische Vorgänge beeinflusst. Diese Lochkorrosionsstellen ähneln denen des Typs 1, da sie halbkugelförmig sind und Kupfer(I)-oxidschichten auf dem Niveau der ursprünglichen Kupferoberfläche haben. Unter dieser Schicht ist makrokristallines Kupfer(I)-oxid vorhanden und darüber voluminöse Korrosionsprodukte aus basischem Kupfersulfat. Um die Lochkorrosionsstellen herum ist die Oberfläche von einer schwarzen Schicht aus Kupfer(II)-oxid bedeckt. Allen Fällen dieses Typs der Lochkorrosion gemeinsam ist die Anwesenheit organischer Filme, z. B. Polysaccharide, auf Grund mikrobiologischer Aktivität. Die Korrosionsgeschwindigkeit dieser Lochkorrosionsart entspricht etwa der des Typs 1 (siehe 4.3.1.2).

4.3.3.3 Typ 2 – Lochkorrosion in erwärmtem Wasser

Lochkorrosion von Kupfer in erwärmtem Wasser ist hauptsächlich von der Wasserzusammensetzung und der Wassertemperatur verursacht und auf saure Wässer (pH < 7,0) mit relativ geringen Hydrogencarbonat- (< 1,5 mmol/l) und hohen Sulfatgehalten beschränkt.

In derartigen Wässern ist die Korrosionswahrscheinlichkeit erhöht bei einem Konzentrationsverhältnis S von

$$S = \frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{SO}_4^{2-})} < 1,5$$

Diese Art der Lochkorrosion kann durch Anheben des pH-Wertes des Wassers vermieden werden.

4.3.3.4 Mikrobiologisch beeinflusste Lochkorrosion

Mikrobiologisch beeinflusste Lochkorrosion kann in Wässern auftreten, die aus Oberflächenquellen gewonnen wurden und gekennzeichnet sind durch niedrige Leitfähigkeit, niedrige Hydrogencarbonatgehalte und pH-Werte über 8.

Eine wirkungsvolle Gegenmaßnahme gegen diesen Lochkorrosionstyp ist eine Wasserbehandlung zur Erhöhung des Hydrogencarbonatgehaltes.

Auswirkung Korrosion

Druckanstieg auf der Heizungsseite

Verunreinigung Trinkwasser

Verändertes Heizungswasser

Weitere Anlagenkomponenten Heizung
und Trinkwasser können Schäden erleiden

DIN 50930-6:2013-10

6.3 Kupfer

Die auf den Innenoberflächen von Kupferrohren nach DIN EN 1057 unter günstigen Betriebsbedingungen entstehenden Deckschichten bewirken, dass der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) für Kupfer eingehalten wird. Bei Trinkwässern, die folgende Bedingungen zusätzlich zu den Anforderungen der Trinkwasserverordnung erfüllen, ist in der Regel davon auszugehen, dass sofort oder nach einer gewissen Zeit (spätestens ab der 16. Woche) nach Neuinstallation bei bestimmungsgemäßem Betrieb der Kupfergrenzwert der Trinkwasserverordnung eingehalten wird²⁾:

$$\text{pH} \geq 7,4 \quad (19)$$

oder

$$7,0 \leq \text{pH} < 7,4 \quad (20)$$

und zusätzlich

$$\text{TOC} \leq 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \quad (21)$$

Sollten für ein bestimmtes Versorgungsgebiet spezifische Untersuchungsergebnisse zur Kupferabgabe vorliegen, sind diese Informationen bei der Werkstoffauswahl zu berücksichtigen.

Weitere Hinweise zum Einsatz von Kupferrohren finden sich in DIN EN 12502-2.

2) Die Einsatzbereiche beziehen sich entsprechend 6.1 ausschließlich auf den Rohrwerkstoff. Sie sind daher nicht anzuwenden auf Bauteile aus Kupferwerkstoffen, die keine Rohre (Fittings, Armaturen, Apparate usw.) sind.

Die DIN 50930-6 fordert im **entscheidenden Abschnitt 8.9**, dass die wasserberührte Fläche der Lötverbindungen nicht größer sein darf als **5 %** der restlichen wasserberührten Fläche dieses Bauteils.

Diese Werte der Nickelgelöteten Wärmetauscher liegen unterhalb der 5% Grenze, daher ist der Einsatz dieser Wärmetauscher gemäß DIN 50930-6 Abschnitt 8.9 unbedenklich

Hersteller Vergleich - Anforderungen

Anlage 1

Vergleich der Einsatzgrenzen für kupfergelötete PWÜ verschiedener Hersteller mit den Anforderungen der FW 510

Parameter	FW 510	Hersteller 1	Hersteller 2	Hersteller 3	Hersteller 4
pH-Wert	9 - 10,5	7 - 9	7 - 9	7,5 - 9	6 - 9
Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	10 - 1500	> 50 < 600	10 - 500	10 - 500	10 - 500
Chloride [mg/l]	50	< 50	0 ($> 100^\circ\text{C}$)	< 300	< 300
PO_4^{3-} [mg/l]	< 7 (10)	< 2	—	—	—
NH_3 [mg/l]	—	< 0,5	< 2	< 2	< 2
Fe [mg/l]	< 0,1	< 0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,2
H_2S [mg/l]	< 0,03	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Abf. Stoffe	Klar	—	< 30	—	—
Härte [$^\circ\text{dH}$]	< 0,1	—	6 - 15	4 - 8,5	4 - 8,5
Sonstiges		< 80°C*			

Hersteller Vergleich - Anforderungen

Anlage 2

Vergleich der Einsatzgrenzen für kupfergelötete PWÜ verschiedener Hersteller mit den Anforderungen der TrinkWVO

Parameter	TrinkwV	Hersteller 1	Hersteller 2	Hersteller 3	Hersteller 4
pH-Wert	6,5 - 9,5	7 - 9	7 - 9	7,5 - 9	6 - 9
Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	< 2500	> 50 < 600	10 - 500	10 - 500	10 - 500
Chloride [mg/l]	< 250	< 50	0 (> 100 °C)	< 300	< 300
PO_4^{3-} [mg/l]	< 7	< 2	---	---	---
NH_3 [mg/l]	< 0,5	< 0,5	< 2	< 2	< 2
Fe [mg/l]	< 0,2	< 0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,2
H_2S [mg/l]	---	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Abf. Stoffe	---	---	< 30	---	---
Härte [°dH]	---	---	6 - 15	4 - 8,5	4 - 8,5
Sonstiges		< 80°C*			

**Wasserinhaltsstoff
+ Kennwerte**
Einheit
**Plattenwärmeübertrager
kupfergelötet**
**Plattenwärmeübertrager
diffusionsgelötet**

pH-Wert		* > 7,4 (unter Beachtung SI Index)	6 - 10
Sättigungs-Index SI (delta pH-Wert)		-0,2 < 0 < +0,2	Keine Festlegung
Gesamthärte Total	°dH	6 - 15	6 - 15
Leitfähigkeit	µS/cm	10...500	Keine Festlegung
Abfilterbare Stoffe	mg/l	<30	<30
** Chloride	mg/l	oberhalb 100° C keine Chloride zulässig	
Freies Chlor Free	mg/l	<0,5	<0,5
Schwefelwasserstoff (H2S)	mg/l	<0,05	Keine Festlegung
Ammoniak (NH3/NH4+)	mg/l	<2	Keine Festlegung
Sulfat	mg/l	<100	<300
Hydrogenkarbonat	mg/l	<300	Keine Festlegung
Hydrogenkarbonat / Sulfat	mg/l	>1,0	Keine Festlegung
Sulfid	mg/l	<1	<5
Nitrat	mg/l	<100	Keine Festlegung
Nitrit	mg/l	<0,1	Keine Festlegung
Eisen, gelöst	mg/l	<0,2	Keine Festlegung
Mangan	mg/l	<0,1	Keine Festlegung
Freie aggressive Kohlensäure	mg/l	<20	Keine Festlegung

** Bei 20 °C max. 800 mg/l
Bei 25 °C max. 600 mg/l
Bei 50 °C max. 200 mg/l
Bei 100 °C max. 0 mg/l

* Der pH-Wert muss größer als 7,4 sein.
Liegt der pH-Wert zwischen 7,0 und 7,4,
muss der TOC-Wert kleiner 1,5 g/m³ bzw.
kleiner 1,5 mg/l sein.

Die genannten Werte sind Richtwerte, die unter bestimmten Betriebsbedingungen abweichen können. Sollten Sie Fragen haben, rufen Sie uns bitte an.

Anforderungen Heizungswasser VDI 2035 Bl. 1 / 2

5 Wasseraufbereitung

5.1 Härtestabilisierung

Unter Härtestabilisierung versteht man die Zugabe von Chemikalien zum Wasser, durch welche die Kalkabscheidung derart beeinflusst wird, daß es nicht zur Steinbildung kommt. Der Kalk kann dabei jedoch in Schlammform ausfallen. Im Trinkwasserbereich erfolgt die Härtestabilisierung ausschließlich mit den in der Trinkwasser-Verordnung zugelassenen Polyphosphaten. Diese behindern das Aufwachsen von Steinbelägen, indem sie die zunächst gebildeten Kristallkeime blockieren und auf diese Weise am Wachsen hindern. Bei längeren Verweilzeiten und erhöhter Temperatur bildet sich durch Hydrolyse aus den Polyphosphaten das monomere Phosphat, das keine härtestabilisierende Wirkung besitzt.

In Heizanlagen können wirksamere härtestabilisierende Chemikalien, wie sie z.B. auch in offenen Kühlwasserkreisläufen verwendet werden, zum Einsatz kommen. Bei der Auswahl der Produkte ist darauf zu achten, daß eine Reaktion mit den Wasserinhaltsstoffen nicht zur Bildung festhaftender Beläge führt. Bei gleichzeitiger Verwendung des Heizwas-

serters zur Trinkwassererwärmung sind die entsprechenden Regelungen in DIN 1988-4 zu beachten. In dieser Norm werden Konstruktionsprinzipien der Wassererwärmer in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Wärmeträgers geregelt.

5.2 Enthärtung und Entsalzung

Die sichersten Verfahren zur Vermeidung von Steinbildung sind die Enthärtung und die Entsalzung, bei denen die im Wasser enthaltenen Calcium- und Magnesiumionen bzw. alle ionogenen Stoffe entfernt werden.

Ein im Kationenaustauschverfahren enthärtetes Wasser enthält nur noch geringe Anteile von Calcium- und Magnesiumionen.

Zur Entsalzung werden Ionenaustauschverfahren und Umkehrosmose eingesetzt.

Im Bereich der Trinkwasser-Installation ist ein vollenthärtetes Wasser nicht zulässig. Das Wasser muß deshalb hinter dem Kationenaustauscher durch Vermischen mit nichtenthärtetem Wasser auf einen Calciumgehalt von mindestens $1,5 \text{ mol/m}^3$ eingestellt werden (siehe DIN 1988-7).

Anforderungen Heizungswasser VDI 2035 Bl. 1 / 2

Tabelle 2. Richtwerte für das Füll- und Ergänzungswasser

Gesamtheizleistung in kW	Summe Erdalkalien in mol/m ³	Gesamthärte in °d
≤ 50	keine Anforderungen ^{*)}	keine Anforderungen ^{*)}
> 50 bis ≤ 200	≤ 2,0	≤ 11,2
> 200 bis ≤ 600	≤ 1,5	≤ 8,4
> 600	< 0,02	< 0,11

^{*)} Bei Anlagen mit Umlaufwasserheizern und für Systeme mit elektrischen Heizelementen beträgt der Richtwert für die Summe Erdalkalien ≤ 3,0 mol/m³, entsprechend 16,8 °d (siehe Abschnitt 4.3.2).

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit