

## Was kann man gegen Rohrbruch bei metallischen Rohrleitungen unternehmen?

### Korrosionsschutz für Metall-Leitungen

- Nur normgerechtes und zugelassenes Material verwenden (Rohre, Fittings, Fluss- und Dichtmittel mit DVGW-Zeichen)
- Schneidrate entfernen, Rohrenden bei Kupfer kalibrieren, keine Knicke beim Rohrbiegen verursachen.
- In Zirkulationsleitungen aus Kupfer darf die Strömungsgeschwindigkeit maximal 0,5 m/s betragen.
- Zum Reinigen der Kupferlötstellen Kunststoffvlies oder Reinigungsbürsten (für innen und außen) verwenden, keine Stahlwolle.
- Kupfer für Trinkwasserleitungen nicht hartlöten! (Ausnahme: DN  $\geq$  32) (35 x 1,5)
- Hanf und Dichtmittel sparsam gebrauchen (nicht dick einhanfen), Flussmittel nur dünn aufs Rohräußere auftragen.
- “Wassersäcke“ und “Luftpolster“ vermeiden, Leitungen müssen leer laufen können, es dürfen sich keine Luftpolster sammeln können.
- Fließregel beachten (das Edlere am Ende, Zirkulation beachten). (Ausnahme: Edelstahl, es gibt keine Ionen ab)
- Montierte (eingebaute) Rohre mit Stopfen oder Kappen immer sorgfältig verschließen, vor allem in der Bauphase (Mörtelreste, Sandkörner, Stemmarbeiten)
- Rohre und Fittings vor dem Einbau auf freien Querschnitt prüfen; wenn nötig ausklopfen oder ausblasen
- Leitungen vor der Inbetriebnahme sorgfältig spülen.
- Ein TW-Filter muss eingebaut sein
- Bei Warmwasserspeichern, die nicht aus Edelstahl bestehen, ist regelmäßig die Opferelektrode (Opfer-Anode) zu überprüfen, oder der Strom der Fremdstrom-Anode.
- In TWW-Leitungen darf verzinkter Stahl nicht eingesetzt werden.
- Rohrleitungen dürfen nicht über längere Zeit mit Feuchtigkeit in Berührung kommen können.
- Dämmstoffe bzw. Umhüllungen für **Kupferwerkstoffe** müssen nitritfrei sein und dürfen einen Massenanteil von nicht mehr als 0,2 % Ammoniak enthalten.
- Dämmstoffe bzw. Umhüllungen für **nicht rostende Stähle** (Edelstahl) dürfen einen Massenanteil von wasserlöslichen Chlorid-Ionen von nicht mehr als 0,05 % Ammoniak enthalten.

## Wie kommt es bei Metall-Leitungen zum Rohrbruch?

Metalle kommen in der Natur nie in reiner Form vor, sie sind mit anderen Stoffen (meistens Sauerstoff) verbunden.

Der Mensch trennt diese Verbindungen unter Einsatz von sehr viel Energie (z.B. im Hochofen) auf, so dass er reines Metall gewinnt.

Dieses reine Metall, welches sich jetzt in unnatürlicher Form befindet, nutzt jede Möglichkeit sich wieder mit anderen Stoffen (hauptsächlich mit Sauerstoff) zu verbinden oder sich in Flüssigkeiten gleichmäßig zu verteilen.

Dieses Kleingedruckte ist nur für „Spezialisten“, die es ganz genau wissen wollen. Die anderen lesen nur das Großgedruckte!

Bei der Herstellung des Metalles werden ihm die Elektronen, die es vorher an seine Reaktionspartner ausgeliehen hatte (um in der Außenschale 8 Elektronen zu haben), wieder aufgezwungen. Dadurch (durch die aufgezwungenen Elektronen) bekommt das Metall seine typischen Metalleigenschaften (Festigkeit, elektrische Leitfähigkeit...).

Sobald also das mühsam hergestellte Metall mit Sauerstoff in Kontakt kommt, verbindet es sich wieder mit ihm zu Metall-Oxid.

Das Metall gibt dabei seine beiden Elektronen der Außenschale ab, der Sauerstoff nimmt sie auf, so haben beide auf ihren Außenschalen 8 Elektronen (Edelgaskonfiguration).

Die Oxidschicht, die sich auf der Metalloberfläche bildet, ist in der Regel luft-, wasser- und elektronenundurchlässig. [6] Diese Oxidschicht schützt dann die darunter liegende Metalloberfläche vor weiterer Oxidation. Dieses Verhalten der Metalle, selbständig eine Schutzschicht zu bilden, nennt man **“Passivierung“**. Am bekanntesten ist die “Patina“ (Haut) des Kupfers, sie wird auch Grünspan genannt.

Besonders verhält sich in diesem Zusammenhang das Chrom, weil es seine Eigenschaft, schnell eine schützende Schicht zu bilden, auch auf Stahl übertragen kann, wenn man es Stahl als Legierungselement zügibt.

Das Eisen bildet hier leider eine Ausnahme. Der “Rost“ schützt die darunter liegende Metalloberfläche weder vor der Luft noch vor dem Wasser.

Der Rost ist porös und kann sogar teilweise vom Wasser gelöst und weggespült werden, so dass das Korrodieren (Rosten) immer weiter geht.

Der chemische Grund für diese missliche Lage liegt darin begründet, dass es sich beim Rost nicht um ein Metall-Oxid, sondern in der ersten Reaktionsstufe um ein Eisen-Hydrogen-Carbonat  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  handelt, welches wasserlöslich ist und fortgespült werden kann. In der zweiten Reaktionsstufe wird Eisen(III)-Hydroxid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  gebildet, welches zwar nicht mehr wasserlöslich ist, aber so porös, dass der Luftsauerstoff und Wasser auch hier weiterhin an die Metalloberfläche gelangen. [1] Dass das Eisen keine Oxidschicht bildet, liegt an der hohen Luftfeuchtigkeit bei uns in Mitteleuropa.

Zum Entstehen von **Rost** müssen sich **Wasser, Sauerstoff und Eisen** treffen (**Skizze**). Diese reagieren dann miteinander zu Rost. Der Sauerstoff ist ja in der Luft sowieso fast überall gegenwärtig und beim Wasser reichen schon sehr kleine Mengen. so kleine Mengen, dass wir es gar nicht bemerken. Es reicht schon, dass die Luft feucht ist. Ab einer Luftfeuchtigkeit von ungefähr 65% fängt das Eisen (auch der Stahl) an zu rosten. Wir haben im Raum Köln z.B. im nebeligen November eine Luftfeuchtigkeit bis zu 95%.

Wenn das Eisen (oder der Stahl) selbst diese kleine Menge Wasser nicht vorfindet (weil z.B. die Luft zu trocken ist), dann rostet es nicht, es bildet tatsächlich eine dünne Oxidschicht und bleibt Jahrhunderte lang erhalten.

## Galvanisches Element

(Korrosionselement)

Wiederholung:

Metalle kommen in der Natur nie in reiner Form vor, sie sind mit anderen Stoffen (meistens Sauerstoff) verbunden. Der Mensch trennt diese Verbindungen unter Einsatz von sehr viel Energie (z.B. im Hochofen) auf, so dass er reines Metall gewinnt. Dieses reine Metall, welches sich jetzt in unnatürlicher Form befindet, nutzt fortan jede Möglichkeit sich wieder mit anderen Stoffen (hauptsächlich mit Sauerstoff) zu verbinden oder sich in Flüssigkeiten gleichmäßig zu verteilen (Lösungsdruck).

- Befindet sich ein Metallstab im Wasser, treten sofort Metallatome aus der Metalloberfläche aus und verteilen sich im Wasser (schwimmen im Wasser umher). Damit aber ein Metallatom aus der Oberfläche austreten kann, muss es zwei Elektronen zurücklassen (loswerden). Die neutralen Metallatome spalten sich also auf in: ( 2 Elektronen ) und ein positiv geladenes Metallatom (positives Ion), welches dann im Wasser gelöst ist.

In der Flüssigkeit schwimmen also positiv geladenen Metallatome herum und die im Metallstab zurückgelassenen Elektronen laden den Metallstab negativ auf.

Das ist so ähnlich, als würde man ein Stück Zucker ins Wasser werfen. Der feste Zuckerwürfel löst sich im Wasser auf und wird unsichtbar. Das Metall löst sich auch im Wasser (auf), aber das geht so langsam, dass es Hunderte von Jahren dauern würde bis das Metall ganz verschwunden ist.

Es gehen immer mehr Metallatome in Lösung (ins Wasser über), dadurch wird die Ladung in der Flüssigkeit immer positiver, im Metallstab wird die Ladung durch die zurückgelassenen Elektronen immer negativer.

Positive und negative Ladungen ziehen sich an. Das hat hier zur Folge, dass irgendwann, wenn der Ladungsunterschied groß genug geworden ist, die in Lösung (im Wasser) befindlichen positiven Metallteilchen und die im Stab befindlichen negativen Elektronen sich so stark anziehen, dass die Metallteilchen aus der Lösung wieder zurück an den Stab gezogen werden, sich wieder mit den Elektronen zusammenschließen und wieder am Stab fest verankert sind (Abscheidedruck). Es gehen dann an anderer Stelle noch einige Metallatome in Lösung, aber sie halten sich mit denjenigen, die sich wieder an dem Stab anlagern, die Waage, so dass die Anzahl der gelösten Metallteilchen gleich bleibt, nicht größer wird, und auch nicht kleiner.

Es entsteht ein Gleichgewicht zwischen den Metallteilchen, die in Lösung gehen, und denen, die sich wieder anlagern. So ein Gleichgewicht nennt man ein dynamisches Gleichgewicht. Von "Dynamik" spricht man, da ja noch "Bewegung" (Dynamik) in der Sache ist. Gleichgewicht sagt man, da sich ja die Zahl der gelösten Metallteilchen nicht mehr ändert (sie ist im Gleichgewicht).

Merke: - **Unterschiedliche Metalle lösen sich unterschiedlich stark in Wasser, Eisen löst sich mehr als Kupfer** (der Lösungsdruck des Eisens ist größer als der des Kupfers).

Das hat zur Folge, dass in dem Becher mit dem Eisenstab mehr Eisenteilchen gelöst sind als in dem anderen Becher Kupferteilchen. Der Eisenstab enthält auch mehr Elektronen als der Kupferstab.

Tauchen wir jetzt die beiden Metallstäbe in ein gemeinsames Wasserbad und verbinden die beiden Metallstäbe mit einer elektrischen Leitung, so würden natürlich beide Metalle sofort beginnen sich aufzulösen, aber der Eisenstab wird ganz schnell mehr Elektronen als der Kupferstab haben.

Merke:

**Das Eisen löst sich stärker in Wasser als Kupfer, also bleiben mehr Elektronen im Eisenstab zurück als im Kupferstab.**

**Die Elektronen aus dem Eisenstab beginnen zum Kupferstab zu fließen um den Ladungsunterschied auszugleichen.**

Im Kupferstab angekommen, verhindern die Elektronen sofort, dass sich das Kupfer auflöst. Da jetzt für die "Kupferverhältnisse" zu viele Elektronen da sind, können keine Kupferatome in Lösung gehen.

**Dieses galvanische Element ist eine elektrische Spannungsquelle.**

Den elektrischen Stromfluss (vom unedleren Metall zum edleren) können wir z.B. durch eine Glühlampe leiten und so "elektrisches" Licht erzeugen. Dieses Prinzip wird auch tatsächlich in Taschenlampenbatterien benutzt. Auch Autobatterien funktionieren nach diesem Grundprinzip.

**Wenn dieses galvanische Element nicht gewollt ist (mit Absicht), sondern zufällig entsteht und dabei ein Werkstoff (z.B. Stahl) zerstört wird, dann nennt man das ein Korrosionselement.**

Metalle, die vor Korrosion im Wasser weitestgehend (fast vollständig) geschützt sind, verdanken diese Eigenschaft vor allem der Tatsache, dass ihre Oxidschicht auf ihrer Oberfläche elektronen-undurchlässig ist. Diese Oxidschicht leitet keinen elektrischen Strom. Damit können vom Metall keine Elektronen mehr in die Flüssigkeit fließen. Der Sauerstoff, der Wasserstoff oder ein anderer Reaktionspartner können keine Elektronen aufnehmen. [6] Damit stoppt der Korrosionsvorgang.

Somit können sich die Metall-Atome nur sehr begrenzt im Wasser lösen (nur bis zum dynamischen Gleichgewicht).

Rostfreier Stahl (Edelstahl) oder Zink bilden zB. elektrisch nicht leitende Oxidschichten auf ihrer Oberfläche. Beim rostfreien Stahl können Chlor-Ionen diese Schicht angreifen, beim Zink reicht die Erhöhung der Temperatur über 60 °C, um die Oxidschicht elektrisch leitend werden zu lassen.

### Belüftungselement (Rost + Korrosionselement)

**Im wassergefüllten Rohr gehen Eisenatome in Lösung (Eisenatome lösen sich aus dem Metallgitter und schwimmen im Wasser herum). Dann kommt der Sauerstoff dazu und die beiden verbinden sich zusammen mit dem Wasser zu Rost.**

Hierbei nimmt der Sauerstoff die Elektronen auf. Da das Wasser eine neutrale Lösung ist, kann kein Wasserstoff gebildet werden. Es handelt sich also um eine "Sauerstoffkorrosion". In sauren Lösungen bekommt der Wasserstoff die Elektronen und geht elementar  $\uparrow$  aus der Lösung [2]

Der Rost setzt sich an die Rohroberfläche und haftet dort locker an. Wenn die Wasserströmung zu stark wird, wird ein Teil des Rostes fortgespült. Der Rost ist so porös, dass das Wasser (und mit ihm der Sauerstoff) durch die Rostschicht auch weiterhin an die Metalloberfläche herankommen und dort immer wieder neuen Rost bilden.

**Wenn ein Fremdkörper, (z.B. ein Sandkorn) in dem Rohr liegt, dann bedeckt es einen sehr kleinen Teil der Oberfläche des Rohres. An diese Stelle kommt der Sauerstoff nicht so gut an das Eisen heran, an einen kleinen Teil sogar gar nicht. Diese Stelle wird schlecht "belüftet". [Skizze](#)**

Der Ausdruck "belüftet" kommt wahrscheinlich daher, dass der Sauerstoff aus der Luft kommt, bevor er sich im Wasser löst. Im Wasser lösen bedeutet hier, dass die Sauerstoffmoleküle aus der Luft einfach in die Wasseroberfläche eindringen und dann im Wasser umher schwimmen.

**An diese Stelle, an die der Sauerstoff (fast) nicht hinkommt kann das Eisen (fast) nicht rosten und ist deswegen weniger edel, als die Fläche auf der eine kräftige Rostschicht haftet. [Skizze](#)**

**Im Rost hat sich das Eisen mit dem Sauerstoff verbunden und ist dadurch edler geworden (siehe Spannungsreihe).**

Das klingt widersprüchlich, ist aber so: Die stärker verrostete Stelle ist "edler" als die mit weniger Rost!

Merke:

**Ein und dasselbe Metall (Eisen) hat also wegen der unterschiedlichen Rostentwicklung Bereiche, an denen es unterschiedlich edel ist.** (Dort, wo der Sauerstoff hinkommt, ist es edler)!

Diese unterschiedlich edlen Bereiche wirken wie unterschiedliche Metalle.

Es ist wieder alles vorhanden was für ein Galvanisches Element nötig ist: Eine Flüssigkeit, zwei Metalle, die unterschiedlich edel sind und miteinander in Verbindung stehen.

**Diese Art eines Galvanischen Elementes nennt man "Belüftungs-Element".**

Jetzt ist also zum "normalen" Rosten noch eine andere Korrosionsart dazu gekommen: das Belüftungselement. Dieses Belüftungselement sorgt dafür, dass sich an dieser kleinen Stelle das Eisen sehr

schnell auflöst, es entsteht ein richtiges Loch im Metall. Deshalb wird diese Korrosionsart auch "**Lochfraß**" genannt.

Merke: **An einem Belüftungselement wird der Werkstoff Stahl (Eisen) immer viel schneller zerstört als dort wo er "einfach" rostet!**

und diese Regel gilt auch für andere Metalle (Nichteisen-Metalle):

Merke: **An einem Belüftungselement werden alle metallischen Werkstoffe sehr schnell zerstört!**

### **Kupferspäne im Eisenrohr**

Gelangen Kupferspäne in ein Eisenrohr, dann entwickelt sich direkt und sofort ein **Galvanisches Element**.

Es sind sofort die Voraussetzungen für ein Galvanisches Element vorhanden: Zwei unterschiedliche Metalle, (Kupfer und Eisen) die in Verbindung stehen, und eine Flüssigkeit (Elektrolyt).

Kupfer ist edler, das Eisen (der Rohrwerkstoff) wird zerstört.

Es entwickelt sich auch ein **Belüftungselement** (diese Stelle wird schlechter belüftet), es entsteht also "**Lochfraß**".

### **Kupferspäne im Kupferrohr**

Gelangen Kupferspäne in ein Kupferrohr, dann entwickelt sich ein **Belüftungselement** (diese Stelle wird schlechter belüftet). Diese schlechter belüftete Stelle wird unedler als die übrige Oberfläche und damit zur Anode, die sich auflöst. Der Rohrwerkstoff Kupfer wird also sehr schnell aufgelöst (**Lochfraß**).

### **Erosions-Korrosion**

Durch ungünstige Strömungsführung wird an einer Stelle an der Rohrwand ständig Material abgetragen. Dadurch wird das Entstehen einer Rostschicht an dieser Stelle verhindert, so dass ein Belüftungselement entsteht. Diese Abtragsstelle wird unedler gegenüber der Umgebung.

### **Korrosionsschutz**

**Rohre "verkalken" mit der Zeit**, das bedeutet, dass sich an den Innenwänden der Rohre Kalkablagerungen bilden.

Diese Kalkschichten sind sehr dicht und bremsen das Wasser und die Luft auf dem Weg zur Rohroberfläche stark. Das Rosten wird stark verlangsamt. Diese **Kalkschichten sind also Schutzschichten gegen Rosten**.

In geschlossenen Anlagen, z.B. Heizungsanlagen werden Anti-Rost-Mittel (**Inhibitoren**) ins Wasser gegeben. Diese verhindern weitestgehend die Korrosion in den metallenen Rohren sowie die Metallteile im Brenner.

## **Korrosionsschutz für Metall-Leitungen**

### **- nur normgerechtes und zugelassenes Material verwenden (Rohre, Fittings, Fluss- und Dichtmittel mit DVGW-Zeichen)**

Normgerecht bedeutet, dass ausschließlich (nur) Materialien zugelassen sind, die aufgrund ihrer Beschaffenheit grundsätzlich keine Gefahr mit sich bringen, die Korrosion zu fördern. Z.B. Flussmittelreste müssen wasserlöslich sein (kaltwasserlöslich), damit sie beim Spülen (während der Inbetriebnahme) aus dem Rohr herausgespült werden können (Ansonsten würden sie Korrosion hervorrufen)[5]. Z.B. Verzinktes Kupferrohr darf für die TWW-Installation nicht eingesetzt werden, da es bei Temperaturen über 60 °C stark korrodiert. Diese Dinge stehen in einer Norm.

Das Folgende steht nicht in einer Norm: Zugelassene Materialien- (Kombinationen): Z.B. lässt ein Hersteller für ein Kupfer-Pressfitting-System nur ganz bestimmte Rohrqualitäten zu. Der Hersteller garantiert nur für ganz bestimmte Kupfer-Rohr-Qualitäten, dass seine Pressfittings (und die Rohre) nicht korrodieren und dicht bleiben. Ein Kupfer-Press-Fitting darf auch nicht zum Pressen eines Edelstahl-Rohres verwendet werden, weil es dafür nicht „zugelassen“ ist. Der Hersteller übernimmt nur eine Haftung für seine Pressfittings, wenn sie mit dem vom Hersteller dafür zugelassenen Rohren verpresst werden.

Z.B. Man könnte auf die Idee kommen, ein Kupfer-Rohr mit einem nicht rostenden Stahl-Rohr (Edelstahl) mittels eines Kupfer-Pressfittings zu verbinden. Von den Dimensionen könnte es passen. Aber es hat sich gezeigt, dass bei so einer Verbindung das Edelstahl-Rohr sehr schnell korrodiert. Aus dem Dichtring des Kupfer-Press-Fittings kommt Chlorid heraus und zerstört die schützende Oxidschicht des nicht rostenden Stahles. [3] Deshalb ist zum Verbinden von nichtrostendem Stahlrohr und Kupferrohr ein Zwischenstück (Verbinder oder Armatur) aus einer Rotguss-Legierung zu verwenden. So ein Zwischenstück ist auf der einen Seite zum Verbinden mit Edel-Stahl-Rohr zugelassen und auf der anderen Seite zum Verbinden mit Kupfer-Rohr zugelassen.

Ganz allgemein wirkt dieses Rotguss-Verbindungsstück wie eine Opferanode, da der Materialabtrag im Rotguss-Fitting flächig (überall gleich) wirkt, besteht keine Lochkorrosions-Gefahr (Lochfraß)!

### **- Schneidgrate entfernen, Rohrenden bei Kupfer kalibrieren, keine Knicke beim Rohrbiegen verursachen.**

### **- In Zirkulationsleitungen aus Kupfer darf die Strömungsgeschwindigkeit maximal 0,5 m/s betragen.**

Schneidgrate und Knicke können „Erosionskorrosion“ hervorrufen. Erosion bedeutet in diesem Kontext (Zusammenhang): Abtragen, abreiben, wegschwemmen, oder ähnliches. Gemeint ist hier, dass vom fließenden Wasser aus der Rohrwand Material mitgerissen wird. Das Wasser muss dafür sehr schnell fließen. So wie Wasser im Fluss am Rand Erde wegreißen kann, wenn es sehr schnell fließt, so kann Wasser auch in einem Rohr Metall aus der Rohrwand heraus reißen, wenn es sehr schnell fließt. Das ist sehr wenig Metall, das dort mit gerissen wird, aber mit der Zeit kann es auch so viel werden, dass es zum Durchbruch (Rohrbruch) kommt. Besonders gefährdet sind natürlich relativ weiche Metalle, z.B. Kupfer. Die Gefahr ist dann am größten, wenn das Wasser ständig schnell strömt, wie z.B. in der Zirkulationsleitung einer TWW-Installation. Deshalb darf das Wasser in der TWW-Zirkulation, wenn sie aus Kupfer ist, nicht schneller als 0,5 m/s (0,5 Meter pro Sekunde) fließen. [4]

Es kann noch schlimmer kommen: Durch die hohen Fließgeschwindigkeiten an Graten oder Knicken kann der statische Druck im Wasser so klein werden, dass das Wasser an den Stellen, an denen es am schnellsten fließt, verdampft und innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde wieder flüssig wird.



Wie soll man sich das vorstellen?

Auf einem hohen Berg kocht das Wasser bei einer niedrigeren Temperatur als unten im Tal. Das liegt an dem geringeren (kleineren) Druck hoch oben auf dem Berg. Je geringer der statische Druck (hier der Luftdruck) ist, desto schneller kocht das Wasser.

Der statische Druck ist nicht nur oben auf dem Berg klein, er ist auch in schnell strömenden Flüssigkeiten klein. Je schneller eine Flüssigkeit strömt, desto „schneller“ kocht das Wasser. Wasser, das ganz schnell fließt, kocht bei einer kleineren Temperatur. Man kann das Wasser so schnell fließen lassen, dass es bei 20 °C kocht. So große Strömungsgeschwindigkeiten sind sehr sehr selten! Aber es gibt sie: Z.B. an Laufrädern von Wasserpumpen oder an Stellen im Rohren an denen das Wasser an hervorstehenden Teilen (z.B. Grat) sehr schnell herumfließen muss. Um diesen „Umweg“ zu schaffen, wird die Strömung so schnell, dass das Wasser zu kochen beginnt. Sobald es allerdings an diesem Grat vorbei geströmt ist, wird es sofort wieder langsamer und wird innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde wieder flüssig. Dieses ist der gefährliche Moment: Eine Dampfblase (aus dem kochenden Wasser entstanden) fällt blitzschnell in sich zusammen (**Kavitation**). Das ist eine blitzschnelle Implosion (das Gegenteil einer Explosion). Auch eine Implosion hat eine riesige Kraft: Das Wasser erzeugt an diesen winzig kleinen Implosionen einen Druck von bis zu 60 bar. Dieser riesige Druck auf ganz kleinen Flächen reißt kleine Metallteilchen aus dem Rohr heraus. Dadurch wird die Rohrwand dünner, und eine eventuell sich bildende Oxidschicht auf der Rohrwand wird ständig wieder heraus gespült oder heraus geschlagen. Das sind die besten Voraussetzungen für ein „Belüftungselement“.

**- Zum Reinigen der Kupferlötstellen Kunststoffvlies oder Reinigungsbürsten (für innen und außen) verwenden, keine Stahlwolle.**

Von der Stahlwolle brechen beim Arbeiten ständig kleine Teile ab (Flusen). Wenn diese kleinen Flusen im Rohr bleiben, werden sie beim Spülen der Leitung evtl. nicht mit heraus getragen, weil sie sich irgendwo verhakt haben. Dann bilden sie die Grundlage für das Belüftungselement (Lochfraß).

**- Kupfer für Trinkwasserleitungen nicht hartlöten! (Ausnahme: DN  $\geq$  32) (35 x 1,5)**

Beim Hartlöten wird das Metallgefüge weich gegläht, dann gibt es in der Nähe der Lötnaht ein anderes Gefüge als im Rest des Rohres. Das Innere des Rohres kann beim Hartlöten auch verzundern. Auf jeden Fall ist das Rohr in der Nähe der Naht anders als im restlichen Rohr. Das ergibt in der Nähe der Naht ein unedleres Verhalten als im Rest des Rohres. Damit steht einem kleinen Stück unedles Metall einem großen Stück edlen gegenüber und das ist sehr ungünstig und führt unter Umständen ganz schnell zu massiver (sehr starker) Korrosion.

Kommt Flussmittel ins Innere des Rohres, wird die Oberfläche in der Nähe der Lötstelle so verändert, dass dieser Bereich unedler als der Rest wird und es kann zum Lochfraß kommen.

**- Hanf und Dichtmittel sparsam gebrauchen (nicht dick einhanfen), Flussmittel nur dünn aufs Rohräußere auftragen.**

Hanf-Strähnen können ins Rohr hineinragen und dort ein „Belüftungselement“ erzeugen. An der Stelle, die von der Hanfsträhne bedeckt ist, kommt der Sauerstoff aus dem vorbeiströmenden Wasser schlechter heran als am übrigen Rohr. An dieser Stelle ist das Rohr dann unedler als am Rest.

Bei der Verwendung von zu viel Hanf kann es auch zur Bildung eines Spaltes kommen. Im Spalt stagniert das Wasser, dort (im Spalt) kommt weniger Sauerstoff an die Rohroberfläche als im restlichen Rohr. Dieser Bereich des Rohres wird unedler als der Rest und es kommt zur Korrosion (Belüftungselement).

**- “Wassersäcke“ und “Luftpolster“ vermeiden, Leitungen müssen leer laufen können, es dürfen sich keine Luftpolster sammeln können.**

**Wassersäcke:**

Beim Entleeren einer TW-Anlage kann in einigen Bereichen Wasser stehen bleiben. In Bereichen, die wie ein Sifon geformt sind, bleibt immer Wasser zurück. Im Normalbetrieb ist das ungefährlich. Wird die Anlagen aber entleert und bleibt mehrere Tage entleert, beginnt eine Korrosion. Etwas unterhalb der Wasseroberfläche wird eine Belüftungskorrosion entstehen. Hier hat die Oberfläche des Rohres dann andere Eigenschaften als im Rest des Rohres (unedlere) und das Korrodieren wird selbst nach dem Vollen der Anlage weiter fortschreiten (weiter gehen).

**Gegenmaßnahmen:** Beim Planen und Ausführen darauf achten, dass die Leitungen vollständig leer laufen können.

Das Entleeren einer TW-Anlage lässt sich nicht vermeiden, man sollte aber unbedingt vermeiden, dass die entleerte Anlage mehrere Tage in diesem Zustand bleibt. Wenn absehbar ist, dass eine entleerte Anlage längere Zeit nicht gefüllt wird (wegen einer Unterbrechung der der Arbeiten), sollte sie sofort wieder gefüllt werden und dann beim Fortgang der Arbeiten wieder entleert werden.

**Luftpolster:**

Bei der Befüllung einer TW-Installation können kleine Bereiche vorhanden sein, aus denen sich die Luft nicht verdrängen lässt. Es bleiben dann Luftblasen im Rohrsystem. Bleiben diese Luftblasen ein paar Tage erhalten, beginnt eine Korrosion. Etwas unterhalb der Luftblase wird eine Belüftungskorrosion entstehen. Hier hat die Oberfläche des Rohres dann andere Eigenschaften als im Rest des Rohres (unedlere) und das Korrodieren wird selbst nach dem evtl. Verschwinden der Luftblase weiter fortschreiten (weiter gehen).

**Gegenmaßnahmen:** Beim Planen und Ausführen darauf achten, dass die Luft in den Leitungen vollständig verdrängt werden kann.

Beim Befüllen der Anlage eine möglichst große Strömungsgeschwindigkeit erzeugen, damit die Luftblasen mit gerissen und ausgespült werden. Eine große Strömungsgeschwindigkeit kann durch das Öffnen aller Auslaufarmaturen erzeugt werden, dabei den sollte man den vollen Versorgungsdruck ausnutzen (den Druckminderer voll öffnen, auf den höchsten Druck einstellen).

**- Fließregel beachten (das Edlere am Ende, Zirkulation beachten).** - Bei Mischinstallation (verzinkter Stahl und Kupfer) muss ein Rückfließen unterbunden werden: Entweder ein Rückflussverhinderer oder eine Entleerung am Materialübergang (von Stahl auf Kupfer).

Werden in einer TW-Anlage 2 verschiedene Metalle verwendet (Misch-Installation) zB. verzinktes Stahlrohr und Kupfer, muss die „Fließregel“ eingehalten werden. In Fließrichtung muss dann immer zuerst das verzinkte Stahlrohr durchflossen werden und erst ganz am Ende das Kupfer-Rohr. Wenn das Wasser nach dem Fließen durch ein Stück Kupfer-Rohr durch ein Stück verzinktes Stahlrohr fließt, kommt es unter Umständen zu sehr starker Korrosion.

Das Wasser nimmt, wenn es durch ein Kupfer-Rohr fließt, immer Kupfer-Teilchen (Ionen) mit. Diese lagern sich dann beim Weiterfließen teilweise wieder ab. Lagert sich ein Kupfer-Teilchen in einem verzinkten Eisenrohr ab, kommt es an dieser Stelle zu starker Korrosion, weil das edlere Kupfer den Zinküberzug angreift. Ist der Zinküberzug durch korrodiert, ist das Stahlrohr an dieser Stelle ungeschützt. Ist das Stahlrohr an einer Stelle ungeschützt, kommt es an dieser Stelle unter Umständen zur schnellen Korrosion.

Trotz Einhalten der Fließregel kann es zur Schäden kommen, wenn das Wasser in den Leitungen (zB. beim Entleeren) in die entgegengesetzte (falsche) Richtung fließt. Hier können Rückflussverhinderer oder Entleerungen so installiert werden, das Rückfließen aus dem Kupferrohr ins verzinkte Stahlrohr verhindert wird.



Beim Kombinieren von Edelstahl und Kupfer brauche die Fließregel nicht beachtet werden. (Ausnahme: Edelstahl, es gibt keine Ionen ab) [5]

**- Montierte (eingebaute) Rohre mit Stopfen oder Kappen immer sorgfältig verschließen, vor allem in der Bauphase (Mörtelreste, Sandkörner, Stemmarbeiten)**

Durch das Einbringen von Fremdkörpern jeglicher Art wird das Entstehen von Belüftungselementen (Lochkorrosion, Lochfraß) gefördert.

**- Rohre und Fittings vor dem Einbau auf freien Querschnitt prüfen; wenn nötig ausklopfen oder ausblasen, - Leitungen vor der Inbetriebnahme sorgfältig spülen.**

Durch das Spülen sollen alle Fremdkörper entfernt werden um das Entstehen von Belüftungselementen (Lochkorrosion, Lochfraß) zu verhindern.

**- Ein TW-Filter muss eingebaut sein**

Der TW-Filter soll das Einschwemmen von Fremdkörpern vermeiden, um das Entstehen von Belüftungselementen (Lochkorrosion, Lochfraß) zu verhindern.

**- Bei Warmwasserspeichern die nicht aus Edelstahl bestehen ist regelmäßig die Opferelektrode (Opfer-Anode) zu überprüfen, oder der Strom der Fremdstrom-Anode.**

In emaillierten\* Stahlspeichern für TWW wird eine Opferanode eingebracht, diese ist unedler als der Stahl und sich löst sich deshalb mit der Zeit auf. Durch dieses Auflösen der Opferanode wird das Auflösen des Stahles verhindert; er ist edler als die Opferanode (Magnesium). Je mehr schadhafte Stellen die Emailschiicht hat, desto schneller ist die Magnesium-Elektrode verbraucht (liegt als Schlamm am Boden). Da man nicht weiß wie schadhaft der Behälter ist, muss man regelmäßig die Opferanode überprüfen und ggf. erneuern.

Wird eine Fremdstromanode eingesetzt, braucht diese nur auf Funktion überprüft werden, austauschen braucht man sie nie.

\* **Email** (auch Emaille, gesprochen: Emeilie) ist eine Glasur-Beschichtung, diese ist von Stahlbadewannen bekannt. Diese Beschichtung soll den Stahl (in der Wanne wie auch im Speicher) vor dem Kontakt mit dem Wasser schützen. Diese aufgebrannte Schicht ist sehr dicht und hart, leider aber auch spröde. Schon beim Transport können Haarrisse (sehr kleine Risse) entstehen. Durch diese winzigen Risse hätte das Wasser Zutritt zum Stahl, deshalb muss der Stahl trotz Schutzschicht aus Email noch zusätzlich durch eine Opferanode geschützt werden.

**- In TWW-Leitungen darf verzinkter Stahl nicht eingesetzt werden.**

Bei Temperaturen oberhalb von 60 °C ändern sich leider die Verhältnisse. Man spricht von einer „Potential-Umkehr“. Das Zink ist dann edler als das Eisen. Das ist aber nur oberflächlich betrachtet. Das Zink verändert in Wirklichkeit nicht sein unedles Verhalten in edleres Verhalten. Das Zink ist auch oberhalb von 60°C unedler als Stahl. [6]

Die Zinkschicht auf dem Stahlrohr soll das Stahlrohr vor Korrosion schützen. Die Zinkschicht ist unedler als das Stahlrohr. Kommt es zur Bildung von galvanischen Elementen zwischen dem Stahlrohr und dem Zink, wird sich das Zink auflösen und der Stahl bleibt unbeschädigt. Der Haupteffekt des Zinküberzuges ist es,

den darunter liegenden Stahl vor dem Kontakt (Berührung) mit dem Wasser zu schützen. Das Zink ist zunächst gegen das Wasser unempfindlich. Das Zink bildet an seiner Oberfläche eine Zinkoxid-Schicht (Zink verbindet sich mit Sauerstoff). Diese Zinkoxidschicht schützt das Zink vor dem Wasser. Leider ist dieses Zinkoxid ein Halbleiter (NTC), das bedeutet, mit steigender Temperatur steigt die elektrische Leitfähigkeit. Wird diese Schutzschicht (Zinkoxid) elektrisch leitend, kann sie den darunter liegende Zink nicht mehr schützen. Wird das Zink (weg-) korrodiert, kann er den darunter liegenden Stahl nicht mehr schützen. [6]

**- Rohrleitungen dürfen nicht über längere Zeit mit Feuchtigkeit in Berührung kommen können.**

Metallene Rohrleitungen sind über den Potential-Ausgleich mit anderen Metallenen Gegenständen verbunden (Heizungsrohre, Elektroinstallation, (Fundament)-Erder, usw.). Die elektrisch leitende Verbindung zu anderen Metallen besteht also schon, es braucht nur noch ein Elektrolyt (eine Flüssigkeit) hin zu kommen – und fertig ist das Galvanische Korrosions-Element (galvanische Element). Am gefährlichsten ist in der Praxis der direkte Kontakt zum Betonboden (im Keller). Kommt dort Feuchtigkeit an den Boden und an das Rohr, bildet das Bewehrungsseisen (Stahlgeflecht im Beton) das zweite (sehr edle Halb-Element). Das Bewehrungsseisen im Beton ist durch den stark alkalischen Beton passiviert und verhält sich durch diese Passivierungsschicht nach außen als wäre es fast so edel wie Kupfer. Besteht das im Keller auf dem Rohbeton verlegte Rohr aus verzinktem Stahl oder wäre es ein Pressfitting aus unlegiertem Stahl, wird es sehr schnell korrodieren. Also: Es darf kein Rohr ungedämmt (Wärmedämmung, Schallschutz) verlegt werden. Und es muss dafür gesorgt werden, dass diese Dämmstoffe niemals feucht werden können!!

**- Dämmstoffe bzw. Umhüllungen für Kupferwerkstoffe müssen nitritfrei sein und dürfen einen Massenanteil von nicht mehr als 0,2 % Ammoniak enthalten.**

Nitrit und Ammoniak greifen Kupferwerkstoffe stark an, besonders wenn die Dämmstoffe durchfeuchtet sind. Also: Es dürfen nur solche Dämmstoffe eingesetzt werden, die für den Einsatz bei Kupferrohren geeignet sind und es muss dafür gesorgt werden, dass diese Dämmstoffe niemals feucht werden können!!

**- Dämmstoffe bzw. Umhüllungen für nicht rostende Stähle (Edelstahl) dürfen einen Massenanteil von wasserlöslichen Chlorid-Ionen von nicht mehr als 0,05 % Ammoniak enthalten.**

Chlorid-Ionen und Ammoniak greifen nicht rostende Stähle stark an, besonders wenn die Dämmstoffe durchfeuchtet sind. Also: Es dürfen nur solche Dämmstoffe eingesetzt werden, die für den Einsatz bei nicht rostenden Stählen (Edelstahl) geeignet sind und es muss dafür gesorgt werden, dass diese Dämmstoffe niemals feucht werden können!!

**-Jeder Heizkessel braucht sein „persönliches“ Heizwasser!**

Beim alten Kessel aus Baustahl brauchte man sich keine Gedanken machen, der war mit einfachem Trinkwasser zu betreiben. Aber je moderner die Kesselwerkstoffe wurden, desto höher wurden die Ansprüche. Heute muss der pH-Wert mindestens im Bereich von 8,2 bis 10 liegen. Handelt es sich um einen Kessel aus Aluminium-Legierungen, muss sogar ein pH-Wert von 8,2 bis 8,5 eingehalten werden. Die Werte für die Wasserhärte müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Füllt man in diese modernen Kessel Trinkwasser ein, das nicht diesen strengen Vorschriften entspricht (VDI-Richtlinie 2035) kann es lokal (an ganz kleinen Stellen) an den Wärmeübertragungsflächen zu Kalkablagerungen kommen. An diesen Stellen ist der Wärmeübergang schlechter, das führt zur Überhitzung an diesen Stellen, das wiederum zu schneller Korrosion. Die Herstellerfirma der Kessel kann am Schadensbild erkennen, ob vorschriftsmäßiges Wasser eingefüllt wurde und wird es davon abhängig machen, ob sie den Schaden ersetzt. Welches Wasser

---

eingesetzt werden darf ist neben der VDI-Richtlinie 2035 auch den Herstellerangaben des Kesselherstellers zu entnehmen.

- [1] Grundlagen der Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung S. 75 ff  
W. und I. Rieck  
Verlag Gehlen
- [2] Physikalische Chemie S. 322 ff  
Hug, Reiser  
Europa Verlag
- [3] VIEGA TW-Hygiene-Fortbildung in Attendorn 17-03-2010
- [4] „Der Sanitärinstallateur“ Seite 39 ff  
A. Gaßner  
Verlag: Handwerk und Technik
- [5] „Die fachgerechte Kupferrohrinstallation“  
Deutsches Kupferinstitut  
[www.kupferinstitut.de](http://www.kupferinstitut.de)
- [6] „Leitungswasserschäden“  
Georg Scholzen  
expert-verlag