

Technische Hinweise zur Korrosion von Kupferrohren beim Einsatz in Warmwasser- und Zirkulationsleitungen

1.0 Grundlagen der Erarbeitung

- Trinkwasserverordnung 2001 in den Fassungen
- vorherige Trinkwasserverordnung
- VOB Teil A und B Vertragsbedingungen für Bauleistungen
- VOB Teil C DIN 18381 Allg. Technische Vertragsbedingungen für die Bauleistungen an Trinkwasser- und Abwasseranlagen
- DIN 1988 Teil 2 und 7 Technische Regeln für die Errichtung von Trinkwasseranlagen und die Bewertung von Korrosion
- DIN 50900 Teil 1 Definition Korrosion
- DIN 50930 Teil 1 und 5 (2/1993) Untersuchung und Beurteilung von Korrosionsverhalten von Kupfer und Kupferwerkstoffen
- **DIN 50931-1**, Ausgabe November 1999, Korrosionsversuche mit Trinkwässern Teil 1: Prüfung der Veränderung der Trinkwasserbeschaffenheit (Beschreibung des Untersuchungsverfahrens)
- **DIN 50930-6**, Ausgabe August 2001 Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer Teil 6: Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit (Beschreibung des Bewertungsverfahrens)
- DIN 4046 Begriffe der Wasserverwendung
- DVGW Arbeitsblatt W216 Wasserzusammensetzung
- Korrosion, Autor Dr. Kruse, Krammer Verlag Düsseldorf 1991
- Wasseranalysenberichte aus Neubrandenburg von 1990 bis 2006

1.1 Bestandteile in der vorhandenen Anlage

Trinkwasserinstallation - Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mit Zirkulationspumpe

2.0 Beantwortungen der Fragestellungen

2.1 Allgemeines

Bewertungsgrundsätze

1. Trinkwasserinhaltsstoffe
2. Planungsphase
3. Beratungspflichten
4. Werkstoffauswahl
5. Ausführung, Verbindungstechnik und Inbetriebnahme
6. Betrieb, mechanische – chemische Einflüsse

Die Trinkwasseranlagen wurden überwiegend zu einem Zeitpunkt geplant, errichtet und in Betrieb genommen, in der die vorherige Trinkwasserverordnung hinsichtlich der Kupferinhaltsstoffe einen Richtwert von 3 mg/l vorgegeben hat. Weiter kamen in diesem Zeitraum für die Planung, Werkstoffauswahl, Errichtung und Inbetriebnahme andere Vorschriften und Regelwerke zur Anwendung als heute.

Aus diesem Grund können heute geltende Regelwerke und vorliegende Erfahrungen für die Bewertung der Beeinflussung der Trinkwasserqualität durch Kupferwerkstoffe nicht rückwirkend zur Anwendung kommen.

Zu 1. Trinkwasseranalyse

Das untersuchte Trinkwasser erfüllt im Zeitraum vom 1990 bis 2017 die Vorgaben der Trinkwasserverordnung.

Im Versorgungsgebiet Cramonshagen / Brüsewitz kam es mit der Zuordnung zu einem anderen Brunnen zu Veränderungen bei der Trinkwasserversorgung und Trinkwasserzusammensetzung.

Zu 2. Planungsphase

1. Zeitraum vor/ bis 1996

Zur Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeiten von Kupfer und Kupferwerkstoffen wurde ab Februar 1993 die DIN 50930 Teil 5 herangezogen. Die Aussagen zur Wahrscheinlichkeit in der Norm können aufgrund der komplexen Zusammenhänge und der ausgeprägten Abhängigkeit von zufälligen Ereignissen nur allgemein gefasst werden. Als Auswahlkriterium für Kupferwerkstoffe wird die Basenkapazität herangezogen.

Der Einsatz von Kupferwerkstoffen im Hinblick auf seine Eigenschaft auf die Korrosionswahrscheinlichkeit wird als vertretbar angesehen, wenn das Wasser über die Anforderungen der Trinkwasserverordnung hinaus folgenden Anforderungen genügt:

$$K_B \leq 1,0 \text{ mol /m}^3$$

Alternativ kann bei fehlendem K_B - Wert der K_S - Wert in Verbindung mit dem pH - Wert als Ersatzwertepaar herangezogen werden.

Im Verbandsgebiet wird der K_B seit den 90er Jahren durch Aqua Service Schwerin bestimmt.

Die Werkstoffauswahl erfolgte durch die Installationsfirma anhand der Korrosionswirkung des Trinkwassers.

2. heutige Erkenntnisse

Die überarbeitete und seit August 2001 geltende DIN 50930 Teil 6 benennt als Auswahlkriterium für Kupferwerkstoffe nun den pH - Wert. Den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen folgend, ist eine Beeinflussung der

Trinkwasserqualität durch Kupferrohrwerkstoffe nicht mehr gegeben, wenn der pH – Wert des Trinkwassers in Verbindung mit Kupfer einen Zahlenwert größer 7,4 hat.

Forderungen der DIN 50930 Teil 6

- pH > 7,4
- oder: $7,0 < \text{pH} < 7,4$ und $\text{TOC} < 1,5 \text{ g/m}^3$
- oder: Einzelprüfung nach DIN 50931

Zu 3. Beratungspflicht des Installateurs

Unstreitig hat der Installateur eine Pflicht zur Aufklärung und Beratung. Die Aufklärungspflicht des Installateurs beinhaltet, auf die Zulässigkeit des Werkstoffes im konkreten Einsatzgebiet zu achten.

Hierbei kann er aber unvorhersehbare Änderungen in der Zukunft, wie z.B. das Nutzerverhalten oder Änderungen in der Trinkwasserqualität, nicht berücksichtigen.

Daneben besteht eine Beratungspflicht, wenn beim Installateur konkrete und absehbare Verdachtsmomente bestehen. Die Aufklärungs- und Beratungspflicht des Installateurs endet mit der Abnahme und schließt spätere veränderte Wasserqualitäten aus.

In den Trinkwasserverordnungen wird im § 17 dargestellt, dass für die Beurteilung der Werkstoffe nur die Neuerrichtung und Instandhaltung zu berücksichtigen ist, nicht jedoch der spätere Betrieb. Insbesondere weist § 17 darauf hin, dass die Anforderungen als erfüllt gelten, wenn bei Planung, Bau und Betrieb der Anlagen mindestens die allgemein anerkannten Regeln der Technik zum Zeitpunkt der Abnahme eingehalten werden.

Der Unternehmer ist für sein Werk verantwortlich und hat nur insoweit nachwirkende Beratungspflichten, sofern er Mängel seines Werkes - die er zu vertreten hat - erkennt. Eine allgemeine und allumfassende bzw. spätere Beratungspflicht lässt sich jedoch nicht herleiten.

Die Vorschriften der VOB/B erweitern diese Beratungspflicht nicht. Die speziellen Hinweise des § 4 Nr. 3 VOB/B bezieht sich nur auf Hinweispflichten vor Ausführung bzw. Abnahme des Werkes; eine entsprechende Beratungspflicht ergibt sich auch aus den allgemeinen Vorschriften des Werkvertragsrechts zum BGB. Die generelle Beratungspflicht in § 13 VOB/B, die an den Mangelbegriff anknüpft, geht nicht über die Regelungen des Werkvertragsrechts hinaus.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Installateur eine Prüfpflicht für die Werkstoffauswahl bis zur Abnahme des Werkes hat, danach jedoch nur noch eine eingeschränkte und zeitlich begrenzte Beratungspflicht, die jedoch entscheidend durch das Verursacherprinzip eingeschränkt ist.

Zu 4. Werkstoffauswahl

Als erster Grundsatz bei der Erstellung von Trinkwasseranlagen gilt, der Einsatz nur von DIN -DVGW zugelassenen Kupferrohrwerkstoffen. Zweitens ist zu prüfen, ob der Rohrwerkstoff bei den vorliegenden Analysedaten des Trinkwassers eingesetzt werden darf.

Normen für Kupferrohre:

- zum Zeitpunkt der Installation – DIN 1786
- heute - DIN EN 1057

Zu 5. Ausführung, Verbindungstechnik und Inbetriebnahme

Die Verbindungen der Rohrleitungen in der Trinkwasseranlage wurden entsprechend den Vorgaben des Arbeitsblattes GW 2 ausgeführt.

Mangelfreiheit zum Zeitpunkt der Abnahme

Zum Zeitpunkt der Abnahme muss der Installateur die Mangelfreiheit der Leistung beweisen. Der Installateur muss die technischen Regeln und seine eigenen praktischen Erkenntnisse, bezogen auf den Zeitpunkt der Abnahme des Werkes, bei der Beurteilung der Werkstoffe berücksichtigen.

Es liegt kein Mangel des Werkes vor, wenn sich zu einem späteren Zeitpunkt bessere Erkenntnisse aufzeigen lassen. Mit Erscheinen der neuen DIN-Vorschrift 50930 Teil 6 (2001) liegen nun diese neueren Erkenntnisse vor.

Zu 6. Betrieb, mechanische – chemische Einflüsse

In vorliegenden Fällen liegen eindeutige mechanische Einflüsse vor. Die chemischen Einflussparameter sind von untergeordneter Bedeutung.

3.0 Korrosionsbegriff

Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion des Bauteiles führen kann.

Die Korrosionserscheinung wird durch die messbare Veränderung des Werkstoffes gekennzeichnet. Die Beeinträchtigung der Funktion des Bauteiles steht für den Korrosionsschaden.

Ein Schaden liegt erst dann vor, wenn die zuge dachte technische Funktion nicht ausreichend oder gar nicht erbracht wird.

Grundlegend ist zwischen Loch- (Erosions-) und Flächenkorrosion zu unterscheiden.

Grenze zwischen gewollter und ungewollter Korrosion

In Trinkwasserleitungen aus metallischen Werkstoffen kommt es immer zu einer messbaren Veränderung der Bauteile. Dieser Aspekt ist durch die Lösungsfähigkeit der Werkstoffbestandteile im Trinkwasser begründet. Die Inhaltsstoffe des Trinkwassers reagieren mit den Bestandteilen der metallischen Werkstoffe.

Die Reaktion eines neuen Kupferrohres mit dem durchfließenden Trinkwasser, die letztendlich zur Ausbildung der schützenden Deckschicht aus Korrosionsprodukten führt, stellt keinen Schaden dar. Im Gegenteil diese Korrosion ist gewollt, da die Schutzschicht zu einer langen Lebensdauer des Kupferrohres führt.

Der nahezu gleichmäßige Abtrag von Metallionen auf der gesamten Oberfläche der Innenseite der Kupferrohre, ist im Allgemeinen unproblematisch, ist messtechnisch verfolgbar und führt nur selten zu Schäden.

Das Trinkwasser nimmt diese Korrosionsprodukte auf. Die aufgenommene Kupfermenge hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab. Die Wasserbeschaffenheit, die Verweildauer des Trinkwassers in der Installation (Stagnationszeit) sowie das Alter der Installation beeinflussen diesen Eintrag erheblich.

3.1 Flächenkorrosion

Die Flächenkorrosion führt nicht zu Schäden sondern ggf. zu Grenzwertüberschreitungen.

Die gesetzlichen Vorgaben der neuen Trinkwasserverordnung benennen für Kupfer einen Grenzwert von 2 mg/l. Zum Zeitpunkt der Errichtung des Trinkwassers – Hausinstallationen wurde von der Trinkwasserverordnung nur ein Richtwert von 3,0 mg/l vorgegeben.

3.2 Lochkorrosion (Erosion)

Als häufigste Schadensursache wurde eindeutig die Erosionskorrosion in Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mit Zirkulationspumpe erkannt.

Die Schäden sind auf die unzulässigen Turbulenzen (Verwirbelungen) und zu hohe Fließgeschwindigkeiten zurückzuführen. Einen begünstigenden Einfluss haben hohe Fließgeschwindigkeiten der „zu großen“ Pumpe.

Die schadhafte Rohrstücke weisen eindeutig als Ursache eine spezielle Korrosionsart auf. Die Erosionskorrosion, die z.B. in ständig durchströmten Kupfer-Warmwasserleitungen auftreten kann, wenn es zur Überschreitung einer bestimmten Fließgeschwindigkeit kommt.

Diese Korrosion tritt ausschließlich nur in Warmwasserleitungen auf und ist durch das vollständige Fehlen von Korrosionsprodukten erkennbar.

Sie findet nur im Bereich der Zirkulationsleitung vorzugsweise an Stellen statt, an denen aufgrund von Umlenkungen oder Querschnittsveränderungen örtlich erhöhte turbulente Strömungen gegeben sind. In diesen Bereichen erfolgt ein

verstärkter Abtrag der gebildeten Oxidschicht, die ständig erneuert wird, was einen verstärkten Materialabtrag bewirkt.

Die anerkannten Regeln der Technik orientieren auf eine Fließgeschwindigkeit kleiner 0,5 m/s, weil sonst die Gefahr der Erosionskorrosion gegeben ist.

Die Literatur benennt folgende Aussagen zur Fließgeschwindigkeit in Zirkulationsleitung

- Die DIN 1988 Technische Regeln für Trinkwasserinstallation verweist im Teil 3 - Ermittlung der Rohrdurchmesser unter 14. Zirkulationsleitung auf: Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Fließgeschwindigkeit den Wert 0,5 m/s nicht überschreitet.
- Das DVGW Arbeitsblatt W 553 sagt zur Fließgeschwindigkeit: Die Fließgeschwindigkeit kann in „pumpennahen“ Teilstrecken bis 1,0 m/s und in „pumpenfernen“ Teilstrecken 0,4 - 0,2 m/s betragen.
- Hersteller von Pumpen und Kupferrohr begrenzen die Fließgeschwindigkeit ebenfalls auf unter 0,5 m/s.

Die Verbindungsart – Hartlöten – hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Korrosionsschäden. Im Bereich der Verbindungsstellen sind zwar andere Formen der Deckschichtbildung zu erwarten, die aber nicht die Erosionskorrosion beschleunigen. Ab 01.01.1996 galt das festgesetzte Hartlötverbot für Kupferleitungen mit einem Durchmesser kleiner 28 x 1,5 mm.

Kupferformteile – Winkel der Bauform 5090 - dürfen nicht in Zirkulationsleitungen eingesetzt werden (Verstoß gegen das GW 8). Die Formstücke führen in Verbindung mit hohen Fließgeschwindigkeiten zur Erosionskorrosion.

Auch ein vorhandener Grat und eine ungenügende Einstecktiefe führen bei der Fließgeschwindigkeit zur Verwirbelungen. Diese Verwirbelungen sind die Ursache für Rohrschäden.