

Über den Einfluß der Wasser- beschaffenheit auf die Lochkorrosion in Trinkwasserinstallationen aus Kupfer

Otto Wollrab

Einleitung

Im Gegensatz zu Rohrleitungen aus unlegierten und aus feuerverzinkten Eisenwerkstoffen sowie selbst aus nichtrostenden Stählen, bei denen eine Abhängigkeit der Loch- und Muldenkorrosion bzw. der selektiven Korrosion von der Wasserbeschaffenheit seit längerem gleichermaßen bekannt ist, wie bei Installationen für erwärmtes Trinkwasser aus Kupfer¹⁾, war dies bislang für Kupferrohre im Trinkwasserbereich (Kaltwasser) nicht erkennbar. Der Einfluß der Wasserbeschaffenheit wurde sogar teilweise in Abrede gestellt. Für andere Werkstoffe anwendbare Relationen und Konzentrationen von Chlorid, Sulfat, Nitrat und Hydrogencarbonat waren in keiner Variation mit dem Auftreten der kaltwassercharakteristischen Lochkorrosion (Typ I) in Zusammenhang zu bringen. Teilweise lagen hinsichtlich einzelner Parameter sogar einander widersprechende Angaben vor²⁾³⁾. Dabei mußten zusätzlich erhebliche Schwankungsbreiten beim pH-Wert von schwach sauer bis deutlich alkalisch erschwerend in Kauf genommen werden, so daß auch statistische Auswertungen von Analysendaten nur zu unbefriedigenden Ergebnissen führten.⁴⁾ Lediglich hinsichtlich der Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt des Wassers konnten konkrete Angaben gemacht werden.

Nachdem sowohl die Zusammenhänge der Korrosion mit der Werkstoffqualität

(Kohlenstoffrückstände, Ziehrestreste), mit der Verarbeitung (Weichlot-Flußmittel, Hartlöten) und den Betriebsbedingungen (Stillstandszeiten, Fremdkörperreinigung) weitgehend geklärt worden waren, blieb es also zwangsläufig unerklärt, weshalb in bestimmten Regionen Lochfraß auftrat, in anderen jedoch nicht. Dabei lagen diese Bereiche teilweise unmittelbar benachbart, wurden mit gleichem Rohrmaterial beliefert, waren die Installationen von denselben Handwerkern gefertigt worden, und insgesamt gesehen unterschieden sich auch die Betriebsbedingungen nicht grundsätzlich voneinander.

Generelle Unterschiede der Wasserbeschaffenheit

Worin sich diese Bereiche jedoch generell unterscheiden, ist die Beschaffenheit des in die Hausinstallation eingespeisten Wassers. Allerdings beruhen diese Unterschiede primär nicht, wie bei anderen Werkstoffen, in der Relation und der Konzentration der Anionen (Chlorid, Sulfat, Nitrat und Hydrogencarbonat), sondern vielmehr in der Relation der Anionen zu den Erdalkalien (Calcium, Magnesium). Dabei sind die Anionen jedoch, analog den üblichen Beurteilungsmaßstäben, in Mineralsäuren*) und Hydrogencarbonat zu unterscheiden.

Vergleichende Untersuchungen des IFS-Kiel, in die sowohl Wässer aus Lochfraßschwerpunktbereichen als auch Wässer, in denen Lochfraß nicht vorkommt, einbe-

zogen wurden, ergaben die bemerkenswerten Feststellung, daß die Wahrscheinlichkeit für ein Auftreten von Lochkorrosion in Trinkwasser-Installationen aus Kupfer immer dann sehr gering ist, wenn die Erdalkalien entweder überwiegend Hydrogencarbonat oder überwiegend Mineralsäuren zuzurechnen sind.**)

Die Untersuchungen wurden zunächst unter dem Aspekt der Einwirkung der sauren Hydrolyse der Erdalkali-Mineralsäuresalze auf die Erdalkali-Hydrogencarbonate und der daraus resultierenden Absenkung der Sättigungs-pH-Werte durchgeführt. Aus ihren Ergebnissen konnten darüber hinaus sowohl Korrosionsgrenzwerte als auch ein Bereich erkannt werden, in dem Lochkorrosion deutlich verstärkt auftritt.

Danach ist immer dann kein diesbezüglicher Werkstoffangriff feststellbar, wenn der Quotient aus den mineralsäureorientierten, dividiert durch die hydrogencarbonatorientierten Erdalkalien (Nichtkarbonathärte:Karbonathärte)

$$Q = \frac{c(\Sigma \text{ Erdalkalien} - 1/2 \text{ HCO}_3^-)}{c(1/2 \text{ HCO}_3^-)}$$

$$= \frac{2c(\Sigma \text{ Erdalkalien})}{c(\text{HCO}_3^-)} - 1$$

einerseits $< 0,15$ und andererseits > 2 ist.**)

**) In der früher üblichen Nomenklatur heißt dies: Überwiegend karbonathartes bzw. nichtkarbonathartes Wasser. Entsprechend dem Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 6.7.1973 sind anstelle der Gesamthärte Erdalkalien bzw. Calcium und Magnesium sowie anstelle der Karbonathärte Säurekapazität bis pH 4,3 (K_S 4,3) oder Hydrogencarbonat anzugeben. Anstelle der früher üblichen Angaben in dH und mg/l treten Konzentrationsangaben in mol/m³.

*) Zur Vereinfachung wurden nachfolgend, sofern erforderlich, Chlorid, Sulfat und Nitrat als (Summe) Mineralsäuren, in mol/m³, zusammengefaßt.

Bei Wässern, in denen Lochfraß auftritt, zeichnete sich hingegen zunächst ein Schwerpunkt bei Werten im Bereich zwischen 0,5 und 1 ab.**)

Dabei ist einerseits bei stark schwankender Wasserbeschaffenheit ein Zusammenhang der Schadenhäufigkeit mit der jeweiligen Größenordnung des Korrosionswertes zu erkennen, während andererseits durch Vermischen von Wasser mit überwiegend hydrogencarbonat-orientierten Erdalkalien und Wasser mit überwiegend mineral säureorientierten Erdalkalien die Schadenhäufigkeit sprunghaft gesteigert werden kann.

Vielorts macht sich über einen Langzeitraum eine Erhöhung der Sulfat- und der Erdalkaligehalte bemerkbar, die auf Einwirkung von Nitraten (Düngesalz) auf schwefelhaltige Braunkohleschichten (Pyrit) zurückgeführt wird.⁵⁾ Bei überwiegend hydrogencarbonathaltigem Wasser kann dies zu einer Erhöhung des Korrosionswertes in den kritischen Bereich und somit zum Auftreten von Lochkorrosion führen. In einigen Fällen wird zur Verringerung des Erdalkaligehaltes das Wasser durch Zusatz von Calciumhydroxid (Hydratkalk) einer Teilenthärtung unterzogen.^{*)} Da diese Maßnahme ausschließlich eine Verminderung des hydrogencarbonat-orientierten Calciums bewirkt, verändern sich gleichzeitig die Korrosionswerte aus dem kritischen Bereich auf deutlich über den oberen Grenzwert, so daß als Nebeneffekt keine Korrosionsschäden mehr auftreten.

Abhängigkeit der Korrosionswerte von der freien Kohlensäure und vom Alkali-gehalt

Bemerkenswerterweise verringert sich die Korrosionshäufigkeit vielfach bei begünstigendem Wasser in keiner Weise, wenn dieses mittels Basenaustauscher (teil-) enthärtert wird, ohne daß gleichzeitig die dabei hervorgerufene überschüssige freie Kohlensäure unwirksam gemacht wird.^{*)} Das anstelle des Systems: Erdalkali-Mineral-säuren/Erdalkali-Hydrogencarbonat/Sättigungskohlensäure tretende System: Alkali-Mineral-säure/Alkali-Hydrogencarbonat/überschüssige Kohlensäure ist also gleichermaßen in der Lage, im Bedarfsfall die zur

Einleitung lokal verstärkter Korrosion erforderlichen Mengen von H-Ionen freizusetzen. Diese Fähigkeit wird durch Eliminierung der überschüssigen Kohlensäure beseitigt.

Für eine Reihe von Wässern, bei denen sich die Größenordnung des ermittelten Korrosionswertes nicht mit der Schadenhäufigkeit in Einklang bringen läßt, ergibt sich somit die Möglichkeit einer rechnerischen Korrektur. Es handelt sich dabei um Wasser mit einem Korrosionswert unterhalb des kritischen Bereiches (0,5 bis 1), mit relativ hohem Alkaligehalt und gleichzeitiger Anwesenheit überschüssiger Kohlensäure.

In der Umkehrung der Formel zur Berechnung der Gleichgewichtskohlensäure nach Tillmans/Hässelbarth^{*)} ⁶⁾ errechnet sich aus der freien Kohlensäure ein imaginärer Calciumgehalt (Ca_i^{2+}) für das Gleichgewicht

$$c(Ca_i^{2+}) = \frac{c(CO_2 \text{ frei}) \cdot f_T}{c^2(HCO_3^-) \cdot K_T}$$

Dieser rechnerisch ermittelte imaginäre Calciumgehalt (Ca_i^{2+}), jedoch maximal nur in Größenordnung des Alkaliäquivalents (Kationenrest), wird zusammen mit dem realen Magnesiumgehalt (Mg_r^{2+}) in die Formel zur Errechnung des Korrosionswertes eingesetzt.

$$Q = \frac{2c(Ca_i^{2+} + Mg_r^{2+})}{c(HCO_3^-)} \quad 1$$

Hydrogencarbonat-orientiertes Magnesium bedarf im Gegensatz zu Calcium zu seiner Lösung keiner Gleichgewichtskohlensäure. Daraus erklärt sich jedoch auch das Phänomen einiger Wässer nach dem Enthärten, auch ohne Eliminierung der überschüssig gewordenen Kohlensäure, keine Lochkorrosion mehr zu begünstigen, während sie bei anderen Wässern erst danach auftritt. Es handelt sich dabei um Wässer mit relativ hohem Magnesiumgehalt. In beiden Fällen wird durch den Austausch des Magnesiums der Korrosionswert entscheidend nach unten, im ersten aus dem kritischen Bereich heraus, im zweiten in ihn hinein, verschoben.

Da überschüssige Kohlensäure bei druckloser Bevorratung des Wassers zu entweichen in der Lage ist, bestehen aber auch

u. U. gravierende Unterschiede bei den Korrosionswerten von Wasser, das über einen offenen Behälter oder das direkt ins Netz eingespeist wird.

Aus der Abhängigkeit von der freien Kohlensäure erklärt sich aber auch, weshalb beispielsweise in einem Fall Lochkorrosion bevorzugt in relativ weit vom Werk entfernten Installationen auftritt und im anderen Fall bevorzugt in Werksnähe. Im ersten Fall wird der kritische Bereich erst nach Zehrung der überschüssigen Kohlensäure erreicht, im zweiten nur in Zusammenhang mit einem Kohlensäureüberschuß.

Berechnung der Korrosionswerte über den Sättigungsindex⁷⁾

Insbesondere bei Wasser mit hohem Magnesium- und geringem Alkaligehalt führt die vorstehend aufgeführte Korrekturrechnung über die freie Kohlensäure nach Tillmans/Hässelbarth zu keinem befriedigenden Ergebnis. Dies ist mutmaßlich auf die Schrägbeziehung des Magnesiums zur III. Hauptgruppe des Periodensystems (Erdmetalle) und der daraus resultierenden Hydrolysefähigkeit seiner Salze zurückzuführen. Wesentlich bessere Ergebnisse werden jedoch erhalten, wenn die Berechnung unter Zuhilfenahme des Sättigungsindex und seiner Basisdaten erfolgt^{*)}. Dabei wird der Sättigungsindex mit entgegengesetztem Vorzeichen auf den lg Calcium umgesetzt. Aus diesem Wert wird durch Entlogarithmieren ein imaginärer Calciumwert (Ca_i^{2+}) erhalten, der, analog dem nach Tillmans/Hässelbarth errechneten Wert und ebenfalls maximal nur in Höhe des Alkaliäquivalents, in die diesbezügliche Formel zur Errechnung des Korrosionswertes einzusetzen ist.

Da der Sättigungsindex neben Dissoziations- und Hydrolyseeffekten auch die Folgewirkung der freien Kohlensäure beinhaltet, ist eine Korrekturberechnung des Korrosionswertes auf diesem Wege dem über die Gleichung nach Tillmans/Hässelbarth in jedem Fall der Vorzug zu geben.

Korrosionswert in Abhängigkeit zur Temperatur

Durch die Abhängigkeit der Lochkorrosion von der Konzentration des hydrogencarbonat-orientierten Calciums unterliegt der Korrosionswert gleichermaßen auch der Temperaturfunktion wie die Gleichgewichtskohlensäure oder der Sättigungsindex, die beide in ihrer Berechnung eine Temperaturkonstante enthalten. Der anschließend durch Division der mineral-

*) Aufgrund der Anwendbarkeit der Formel auch bei (siehe Abschnitt) Muldenkorrosion wurde anstelle der üblichen und in den meisten Fällen zutreffenden Angabe der Hydrogencarbonate als K_3 4,3 die Formel HCO_3^- gewählt.

**) Statistische Auswertungen von Wässern aus 89 Wasserwerken bzw. separaten Netzinspeisungen, die unmittelbar vor Beginn dieser Ausarbeitung vorgenommen wurden, ergaben, daß sich der Korrosionswert zu 75% zwischen 0,4 und 1 bewegt (Schwerpunkt 0,5 bis 0,6), während jeweils 12,5% sich auf die Bereiche von 0,15 bis 0,5 bzw. von 1 bis 2 verteilen.

***) Durch Zusatz von Calciumhydroxid wird einerseits die Gleichgewichtskohlensäure neutralisiert und andererseits Calciumhydrogencarbonat in Calciumcarbonat umgewandelt. Als abschließende Folge zerfällt wegen Unterschreitens des Sättigungsgleichgewichts Calciumhydrogencarbonat in Calciumcarbonat und Kohlensäure. Das in allen Fällen entstehende Calciumcarbonat ist (weitgehend) unlöslich und wird abfiltriert.

*) In Basenaustauschern werden die Erdalkalien des Wassers (teilweise) durch Natrium ersetzt. Da hydrogencarbonat-orientiertes Natrium (analog Kalium und Magnesium) im Gegensatz zu Calcium zu seiner Lösung keiner Gleichgewichtskohlensäure bedarf, wird bei diesem Verfahren ein dem ausgetauschten Calcium äquivalenter Teil zugehöriger Kohlensäure überschüssig.

**) $c(CO_2\text{-Gleichgewicht}) = \frac{K_T}{f_T} \cdot c^2(HCO_3^-) \cdot c(Ca^{2+})$

K_T = Thermodynamische Konstante des Tillmanschen Gesetzes

f_T = Aktivitätskoeffizient der Ionenstärke des Tillmanschen Gesetzes

$\left. \begin{array}{l} c HCO_3^- \\ c Ca^{2+} \\ c CO_2 \end{array} \right\}$ Konzentration in mval/l

*) Der Sättigungsindex stellt die Abweichung des rechnerischen vom realen pH-Wert dar. Zu seiner Berechnung werden vom realen pH-Wert (negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration in mol/l) die Logarithmen der Calcium- und der Hydrogencarbonatkonzentrationen, des Aktivitätskoeffizienten der Ionenstärke und der temperaturabhängigen thermodynamischen Konstanten (Langelier-Konstante) subtrahiert bzw. addiert.

säure- durch die hydrogencarbonat-orientierten Erdalkalien erhaltene Wert bezieht sich also auf die jeweilige Sättigungstemperatur und ist mit einem diesbezüglichen Index (Q_S) zu versehen.

$$Q_S = \frac{2c(\sum \text{Erdalkalien})}{c(\text{HCO}_3^-)} - 1 \text{ bei } ^\circ\text{C}$$

Die entsprechende Sättigungstemperatur läßt sich dabei durch Umsetzen des Sättigungsindex mit umgekehrten Vorzeichen auf den Logarithmus der thermodynamischen Konstante errechnen. Folgerichtig bezieht sich also der über den imaginären Calciumgehalt (Ca_i^{2+}) korrigierte Korrosionswert auf die Realtemperatur der Probenahme bzw. der Untersuchung. Er ist demzufolge ebenfalls mit einem entsprechenden Index (Q_R) zu versehen.

$$Q_R = \frac{2c(\text{Ca}_i^{2+} + \text{Mg}_r^{2+})}{c(\text{HCO}_3^-)} - 1 \text{ bei } ^\circ\text{C}$$

Grundsätzlich gilt:

Steigende Temperaturen verkleinern, sinkende Temperaturen vergrößern den realen Korrosionswert.

Dabei geht ein Ansteigen des Korrosionswertes bei entsprechend negativem Sättigungsindex hydrogencarbonathaltigen Wassers in den kritischen Bereich (Überschreiten des unteren Grenzwertes) in der Regel mit einer Erhöhung des Korrosionsrisikos konform. Bei einem Absinken des Korrosionswertes als Folge eines positiven Sättigungsindex mineral-säurehaltigen Wassers in den kritischen Bereich (Unterschreiten des oberen Grenzwertes) konnte bislang keine entsprechende Erhöhung des Korrosionsrisikos festgestellt werden. (Verstärkte Abhängigkeit der Lochkorrosion vom Hydrogencarbonat.)

Da darüber hinaus die Korrektur von der maximalen Größenordnung des Alkaliäquivalents abhängig ist, ergibt sich zwangsläufig als weiteres Berechnungsmodell der maximal größte Korrosionswert (Q_{max}).

$$Q_{\text{max}} = \frac{c(2\sum \text{Erdalkalien} + \sum \text{Alkali})}{c(\text{HCO}_3^-)} - 1$$

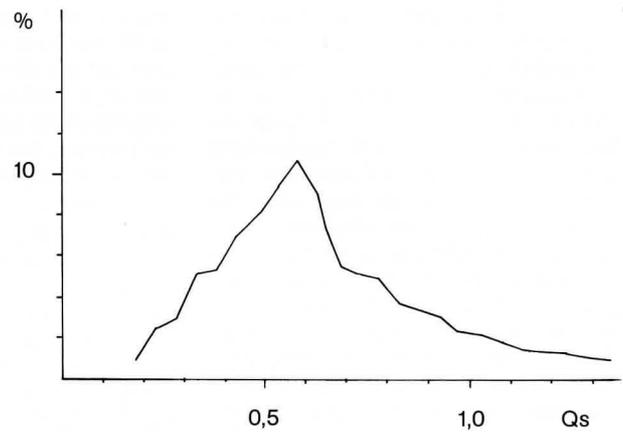
In der Praxis können dabei Q_S und Q_R , sowie Q_R und Q_{max} identisch sein.

Aus der Temperaturabhängigkeit des Korrosionswertes erklären sich somit Phänomene wie beispielsweise das Auftreten von Lochkorrosion ausschließlich in einer Doppelhaushälfte, in der anderen jedoch nicht und das, obwohl sämtliche Parameter (Rohrmaterial, Installateur, Fertigungsweise und -zeitraum, Zeitpunkt der Inbetriebnahme u.a.) die gleichen sind.

Anwendbarkeit des Korrosionswertes auf die Muldenkorrosion

Muldenkorrosion gilt als Übergangsform des flächigen Angriffs zur Lochkorrosion.

Prozentuale Verteilung % der Korrosionswerte (Q_S) von 89 Wässern, in denen Lochfraß auftritt.



Sie tritt bevorzugt in weichem Wasser, teilweise sogar bei einem pH-Wert $> 8,2$ auf⁴⁾. Die übrigen Parameter zu ihrem Auftreten sind jedoch weitgehend die gleichen wie bei Lochkorrosion und demzufolge sind auch die o.a. Korrosionswerte auf die Muldenkorrosion anwendbar. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Korrosionswerte auf dem Hydrogencarbonatgehalt des Wassers basieren, der im Regelfall der K_S 4,3 entspricht. Weist ein Wasser jedoch eine K_S 8,2 (Carbonat) auf, ist sie vor der Berechnung in doppelter Größenordnung von der K_S 4,3 abzuziehen.

Anwendbarkeit des Korrosionswertes auf die Lochkorrosion in Installationen für erwärmtes Trinkwasser

Da sich die Korrosionswerte mit steigender Temperatur verkleinern, erklärt sich zwangsläufig, weshalb Lochkorrosion nicht gleichzeitig in Kalt- und in Warmwasser*-Installationen aufzutreten in der Lage ist, es sei denn, die Warmwasser-Installation kühlt zwischenzeitlich über längere Zeiträume wieder ab. Eine Anwendbarkeit der Korrosionswerte auch für erwärmtes Trinkwasser erscheint daher prinzipiell möglich. Dabei ist jedoch die Abhängigkeit sowohl der Calciumcarbonatsättigung als auch der Reaktionsgeschwindigkeit der Sättigungskohlensäure mit der Rohrwand von der Temperatur zu berücksichtigen. Daraus resultierend ist Lochkorrosion (Typ II) praktisch nur in der Lage, in weichem, sauren Wasser aufzutreten, wobei gleichzeitig die sich nach van't Hoff/Arrhenius mit steigender Temperatur exponential beschleunigende Reaktionsgeschwindigkeit einen erheblich höheren Gehalt an freier Kohlensäure als zur Calciumcarbonat-Sättigung erfordert. Dabei ist jedoch gleichermaßen nicht auszuschließen, daß den diesbezüglichen Korrosionswerten andere Größenordnungen als im Kaltwasserbereich zukommen.

Zusammenfassende Schlußfolgerung

Das Auftreten von Lochkorrosion in Trinkwasser-Hausinstallationen aus Kupfer

* Trinkwasser und erwärmtes Trinkwasser.

wird, in weitgehender Analogie zu anderen metallischen Werkstoffen, durch die Wasserbeschaffenheit beeinflusst. Nicht zu diskutieren sind an dieser Stelle die überwiegend von anderen Parametern abhängigen ursächlichen Zusammenhänge. Die Begünstigung ist abhängig von der Reaktion der chlorid-, sulfat- und nitratorientierten Calcium- und Magnesiumgehalte zu den hydrogencarbonat-orientierten. Ungeachtet eventueller zusätzlicher Aktivierungs- und Passivierungsreaktionen von Sulfat, Chlorid u.ä., zeichnen sich einerseits Bereiche ab, in denen praktisch kein Lochfraß auftritt, während sich gleichermaßen aber auch anhand empirisch ermittelter Ergebnisse ein Bereich abgrenzen läßt, in dem Lochkorrosion deutlich verstärkt in Erscheinung tritt. Die aus der o.a. Relation errechneten und zur Beurteilung des Wassers verwendbaren Korrosionswerte sind zusätzlich abhängig von der Temperatur, der freien Kohlensäure und dem Alkaligehalt des Wassers. Sie sind demzufolge für die Sättigungstemperatur (Q_S), für die Realtemperatur (Q_R) und für das Maximum (Q_{max}) zu unterscheiden.

Die praktische Beurteilung wird dabei in erster Linie durch den mittels einfacher Division (Nichtkarbonathärte:Carbonathärte) zu errechnenden Q_S ermöglicht, wobei in einer Vielzahl von Fällen die Sättigungstemperatur zu vernachlässigen ist. Insbesondere in Grenzfällen ist jedoch eine Berechnung des Q_R erforderlich, und der wiederum macht exakte Bestimmungen der hierfür erforderlichen veränderlichen Parameter, unmittelbar nach der Probenahme vor Ort, unabdingbar, wobei die Angabe der Ergebnisse gleichzeitig auch die jeweiligen Untersuchungsparameter zu beinhalten hat.⁵⁾

Die Aufgabe der Installationen ist der Transport von Wasser; primär hat sich also die Qualität der verwendeten Werkstoffe der Wasserbeschaffenheit anzupassen, sofern diese den einschlägigen Anforderungen entspricht⁶⁾. Darüber hinaus darf nicht verkannt werden, daß Lochkorrosion eine Folge des Zusammentreffens einer Vielzahl von Parametern (Material, Verarbeitung, Wasser, Betriebsbedin-

gungen u. a.) ist, und daß die Wasserbeschaffenheit widrigenfalls das Auftreten begünstigt, nicht jedoch ausgelöst. Ungeachtet dessen sind jedoch durch die vorstehend diskutierten Formeln nicht nur Möglichkeiten zur Problemerkennung, sondern auch zur Einflußnahme, beispielsweise bei neu erschlossenen Versorgungsanlagen, bei Mischwasserversorgung und/oder bei nachhaltigen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit, gegeben. Dabei stehen sowohl unterschiedliche Enthärtungs- als auch Neutralisationsmaßnahmen zur Diskussion. Problematisch könnte sich aufgrund des geringen Gesamtsalzgehaltes eine diesbezügliche Aufbereitung des Wassers bei Muldenkorrosion gestalten. Hier wären gegebenenfalls, je nach Größenordnung des Korrosionswertes, Aufhärungsmaßnahmen zu diskutieren. Insgesamt ist jedoch zu berücksichtigen, daß weder gegen die einschlägigen Vorschriften der Trinkwasserverordnung verstoßen werden noch durch diese Maßnahmen

andere, u.U. bereits installierte Werkstoffe verstärkt in Mitleidenschaft gezogen werden dürfen¹⁾. Da darüber hinaus derartige Maßnahmen einer laufenden Überwachung bedürfen, sollten sie nach Möglichkeit zentral erfolgen, d.h. den Wasserversorgungsunternehmen vorbehalten bleiben.

Die umfangreichen Untersuchungen für die vorstehende Ausarbeitung erstrecken sich über einen Zeitraum von annähernd 10 Jahren. Sie wurden insbesondere durch die unermüdete Unterstützung von Frau Ulrike Domachofski ermöglicht, der ich an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank ausspreche.

Literatur

- 1.) DIN 50930, Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser. Teil 2 bis 5
- 2.) V.F. Lucey: Lochkorrosion von Kupfer in Trinkwasser. Z.S. Werkstoffe und Korrosion 3/75

- 3.) M. Billiau, C. Drapier: La tenue à la corrosion perforante du cuivre dans les installations d'eaux sanitaires. Z.S. Matériaux et Techniques 1 + 2/83
- 4.) O.v. Franque, D. Gerth, B. Winkler: Ergebnisse von Untersuchungen an Deckschichten in Kupferrohren: Z.S. Werkstoffe und Korrosion 4/75
- 5.) W. Kölle: Redoxprozesse im Grundwasserleiter. Aktuelle Probleme der Wasserchemie und Wasseraufbereitung. Veröffentlichungen der DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut Karlsruhe, Heft 20/1982
- 6.) K. Höll: Wasser. 7. Auflage 1986, S. 131 u.f., Verlag Walter de Gruyter
- 7.) DIN 38404, Teil 10 Calciumcarbonat-sättigung eines Wassers
- 8.) DIN 50930, Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser. Teil 1
- 9.) DIN 2000, Zentrale Trinkwasserversorgung

Gefahrenabwehr durch die Feuerwehr und Umweltschutz – gibt es einen gemeinsamen Nenner?

Hans-Henner Sellmann, Harald Herweg

Ausgangspunkt

Die Landschaft mit ihrer Flora und Fauna ist als natürliche Umwelt des Menschen unsere Lebens- und Wirtschaftsgrundlage. Wir haben daher allen Anlaß, sorgsam mit ihr umzugehen.

Unsere Umwelt reguliert sich nicht mehr selbst, sondern ist auf erhaltende Eingriffe des Menschen angewiesen, besonders gilt dies für Notfallsituationen.

Speziell in den letzten Jahrzehnten kommt es durch die umfassende Verwendung von Kunststoffen und den immer umfangreicher werdenden Handel und Transport von gefährlichen Stoffen zu ansteigenden Gefahrenpotentialen. Die gefahrenabwehrenden Maßnahmen der Feuerwehr erstrecken sich daher nicht mehr nur auf den Schutz von Menschen und herkömmlichen Sachwerten, sondern auch den Schutz der Umwelt.

Im einzelnen werden von der Feuerwehr dabei drei Arten von Maßnahmen ergriffen:

- Verhinderung der Entstehung und der Ausbreitung umweltgefährdender Stoffe
- Begrenzung der weiteren Ausbreitung bereits freigewordener umweltgefährdender Stoffe
- Entfernung umweltgefährdender Stoffe

Umweltaktivitäten der Feuerwehr

Beginnend beim Aufnehmen ausgelaufener Batteriesäure nach einem Verkehrsunfall, über die Beseitigung von Ölteppichen auf Gewässern, bis zur Bekämpfung von Düngemittelersetzungen leistet die Feuerwehr täglich einen erheblichen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt.

Dies soll durch einige Zahlen aus dem Bereich der Berliner Feuerwehr näher belegt werden.

Umweltschutzeinsätze der Berliner Feuerwehr 1987

Auslaufen von Säuren und Laugen:	18
Auslaufen von Mineralölen:	3265
Stadtgasausströmungen:	57
Ausströmungen anderer Gase und Dämpfe:	72

Sonstige Umweltschutzeinsätze der Berliner Feuerwehr 1987

Brände:	6565
Explosionen:	42
Wasserschäden:	1531
Verkehrsunfälle:	5108

Spannungsfeld zwischen Umwelt- und Ordnungsrecht:

Die Problematik des Umweltschutzes gewinnt zunehmend an Bedeutung für die Feuerwehren. Vielfach wird deren gesetzlicher Auftrag als deckungsgleich mit den Zielen des Umweltschutzes beschrieben, andererseits geraten die Feuerwehren aber auch in Konflikt mit dem Umweltschutz, wenn es sich um die Anwendung

Oberregierungsrat Hans-Henner Sellmann, Brandrat Dipl.-Chem. Harald Herweg, Berliner Feuerwehr