

sbz

Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Offizielles Fachorgan von Landesfachverbänden und des Zentralverbandes SHK

Elektrostatische Wasserbehandlung

**Schutzschichtbildung und Reduzierung
der Kupferlöslichkeit**

SONDERDRUCK aus sbz 22/1993

Die **sbz** erscheint zweimal monatlich zum
Jahresbezugspreis von 170,40 DM – Einzelheft 14,00 DM

Elektrostatische Wasserbehandlung

Schutzschichtbildung und Reduzierung der Kupferlöslichkeit

Dr. Rupert Wögerbauer*

Die Ergebnisse von Untersuchungen mit dem Hochleistungsmikroskop Ergonom 400 haben wissenschaftliche Zusammenhänge sichtbar gemacht. Hier die neuesten Erkenntnisse eines Langzeitversuches, der von einem namhaften Kupferrohrhersteller durchgeführt und von Dr. Rupert Wögerbauer begleitet wurde. Die lichtmikroskopischen Aufnahmen erstellte Kurt Olbrich am Institut für interdisziplinäre Grundlagenforschung.

In der Vergangenheit wurde wiederholt darüber diskutiert, ob der Einsatz von physikalischen Wasserbehandlungsgeräten bei Installationen mit handelsüblichen Kupferrohren zu erhöhten Kupferkonzentrationen im Trinkwasser führe. Diese Problematik konnte durch einen Langzeitversuch aufgeklärt werden.

* Dr. Rupert Wögerbauer ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für röntgenographische und optische Untersuchungen natürlicher und synthetischer Minerale

den. Die Aussagen eines namhaften Herstellers elektrostatischer Wasserbehandlungsgeräte gehen dahin, daß es durch den Einsatz dieser Geräte zur Ausbildung von feinstkristallinen Schutzschichten auf der Rohrinnenfläche komme, die innerhalb überschaubarer Zeiten zu einer Art „Versiegelung“ der Innenflächen führen. Dies hätte zur Folge, daß die so ausgebildete Schutzschicht die freie, zur chemischen Reaktion mit dem Wasser zur Verfügung stehende

Oberfläche reduziert. In logischer Folge dieser Aussage muß im zeitlichen Ablauf die im Wasser nachweisbare Kupferkonzentration bei Einsatz eines solchen Gerätes geringer sein als ohne Gerät. Zwecks Klärung dieser Problematik wurde mit einem Hersteller von Kupferrohren für den Sanitärbereich ein auf 52 Wochen angelegter Parallelversuch durchgeführt. Der Versuchsaufbau sollte zum einen relativ praxisnah sein, zum anderen aber eine labor-

Bild 1 Links: Innenfläche eines Cu-Rohres, das 52 Wochen mit unbehandeltem Wasser durchströmt wurde

Rechts: Innenfläche eines Cu-Rohres, das parallel dazu 52 Wochen mit Maitron behandeltem Wasser durchströmt wurde. Mit unbewaffnetem Auge sind bestenfalls schwache Farbunterschiede erkennbar, beide Schichten scheinen eine lückenlose Abdeckung zu gewährleisten



mäßige Kontrolle der Ergebnisse ermöglichen.

Versuchsaufbau

Es wurden jeweils Kalt- und Warmwasserstränge zeitgleich mit gleichem Wasser betrieben, d. h. ein Versorgungsstrang wurde so aufgeteilt, daß in allen Versuchssträngen sowohl von der Wasserchemie wie auch von den Druck- und Durchflußverhältnissen gleiche Bedingungen gewährleistet waren. Eingebaute Wasseruhren und Manometer dienten der Überprüfung dieser Vorgaben, die Probenahme für die chemische Analyse erfolgte zeitgleich.

Versuchsbedingungen

Die Wassererwärmung wurde jeweils in handelsüblichen Siemens 30-l-Boilern mit 4 kW Heizleistung durchgeführt, die Wassertemperatur wurde zunächst auf 70 °C eingestellt, mußte jedoch nach 3 Monaten versuchsbedingt auf 60 °C zurückgenommen werden, da ein Magnetventil nicht der vom Hersteller zugesicherten Funktionstemperatur standhielt. Die Versuchsstrecken bestanden aus 4 m langen handelsüblichen Kupferrohren, aus denen in Abständen von 3, 6, 9 und 12 Monaten ein ca. 40 cm langes Proberohr entnommen wurde.

Untersuchungsmethoden

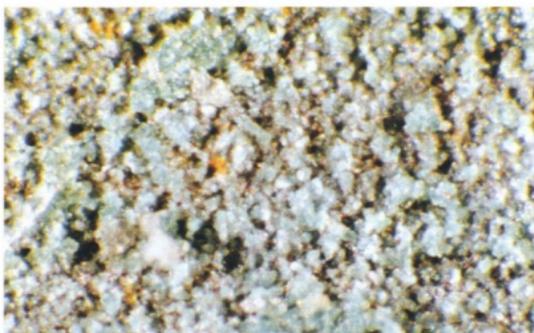
In regelmäßigen Abständen wurden analytisch die Kupfergehalte im Wasser bestimmt. Zusätzlich zur chemischen Analytik kamen zum Einsatz:

1. Visuelle Begutachtung und Bewertung der Deckschichten
2. Metallographische Untersuchungen
3. Untersuchungen der Deckschichten mit dem Rasterelektronenmikroskop
4. Untersuchungen mit dem Hochleistungsmikroskop Ergonom 400



Bild 2 Die dunklen Stellen sind die nicht abgedeckten Bereiche der Rohrinnenfläche. (Innenfläche wie Bild 1, linke Seite, unbehandelt, Vergrößerung 342fach)

Bild 3 Feinkörnige mikrokristalline Schutzschicht, die die Rohrinnenfläche weitestgehend abdeckt. (Innenfläche wie Bild 1, rechte Seite, Maitron behandelt, Vergrößerung 342fach)



(Bilder: Kurt Olbrich)

5. Röntgendiffraktometrie
6. Röntgentextur-Untersuchungen

Ergebnisse

Die visuelle Bewertung der Teststrecken zeigte deutliche Farbunterschiede, deren Interpretation jedoch schwierig ist. Die metallographischen Untersuchungen ergaben ebenfalls keine signifikanten Unterschiede, die durch Abbeizen freigelegten Rohrinnenflächen sind mikroskopisch aufgearbeitet und wellenförmig abgetragen.

Die REM-Untersuchungen lassen bereits Unterschiede in der Körnigkeit der einzelnen Deckschichten erahnen.

Einen realen Einblick in den Aufbau dieser Strukturen liefern aber erst die farbechten und hochauflösenden Bilder mit dem Lichtmikroskop Ergonom 400. Aufgrund dieser Bilder ist eine Deutung sowohl der chemisch-analytischen Untersuchungen wie auch der Ergebnisse der Röntgenbeugungsaufnahmen möglich. Bild 1 zeigt den visuellen Eindruck der aufgeschnittenen Prüfröhrstücke. Sieht man von gewissen Farbunterschieden ab, ist man geneigt, von geschlossenen Deck-

schichten auszugehen. Im Gegensatz zu den REM-Aufnahmen, die nur in schwarz/weiß Kontraste wiedergeben, eröffnet das von Olbrich entwickelte Mikroskop Ergonom 400 farbechte Einblicke.

Die Mikroskopaufnahmen, Bilder 2 und 3, zeigen Vergrößerungen der Rohrinnenflächen um den Faktor 342. Die Interpretation dieser Aufnahmen ist besonders eindrucksvoll, wenn man zum einen die Ergebnisse

der Röntgenbeugung und zum anderen die Ergebnisse der chemischen Analytik mit heranzieht.

Zum besseren Verständnis ist es zunächst sinnvoll, die Ergebnisse der Röntgenbeugungsuntersuchung voranzustellen. Es lassen sich im Pulverdiagramm der Deckschicht eindeutig zwei mineralogisch unterschiedliche Phasen nachweisen:

1. Cuprit Cu_2O (Kupfer(I)Oxid)
2. Malachit $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ (basisches Cu-Carbonat)

Diese beiden Phasen sind in Vergrößerungen der Deckschichten an ihren natürlichen Farben eindeutig zu erkennen.

Auf dem dunklen Hintergrund der Rohinnenfläche heben sich beim unbehandelten Wasser als grüne z. T. idiomorphe Kristalle die Malachite ab, als zweite Phase der bräunliche Cuprit offensichtlich gleichzeitig entstanden.

Zwischen diesen kristallinen Phasen liegen als dunkle Stellen die nicht abgedeckten Bereiche der Rohinnenfläche.

Betrachtet man nun im Vergleich dazu die Rohinnenfläche der Versuchsstrecke, die mit Maitron behandeltem Wasser beschickt wurde, so sind die Unterschiede klar zu erkennen. Hier liegt eine sehr feinkörnige, mikrokristalline Schutzschicht

vor, die Rohinnenfläche ist weitestgehend abdeckt.

Betrachtet man nun in den Bildern 4 und 5 die Ergebnisse der analytischen Bestimmung der Cu-Werte im Wasser, so erkennt man unschwer, daß aufgrund der weitgehend lückenlosen Abdeckung der Metalloberfläche durch eine mikrokristalline Schutzschicht der Cu-Gehalt im Maitron behandeltem Wasser deutlich unter dem im unbehandelten Wasser liegt, obwohl beide Schichten sowohl chemisch wie mineralogisch gleich sind. Der entscheidende Unterschied liegt in der Korngröße. Die Kristallite haben sich zu Konglomeraten zusammen-

gelagert, so daß kaum noch freie Zwischenräume existieren.

Zusammenfassung

Der Langzeitversuch über die Dauer eines Jahres zeigte deutlich, daß die elektrostatische Wasserbehandlung zu einer Verminderung der Cu-Löslichkeit im Wasser führt. Die feinkristallinen Konglomerate bewirken eine Art Versiegelung der Rohinnenfläche. Die sich so bildende Schutzschicht unterscheidet sich somit unverkennbar von den viel grobkristallineren, natürlichen Deckschichten.

Ausblick

Mit Hilfe von Röntgen-Textur-Untersuchungen lassen sich diese Ergebnisse weiter vertiefen. So können Zusammenhänge zwischen der Textur des Rohwerkstoffes und der Größe und Orientierung der Kristall-Konglomerate erkannt werden, die die Schutzschicht aufbauen. Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen und werden zu einem späteren Zeitpunkt in der sbz veröffentlicht.

Literatur:

Kruse, C. L.: Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik
Olbriich, K. und Wälgelbauer R.: Und sie funktioniert doch. Haustechn. Rundschau 4/53, Hanawalt Powder Diffraction File

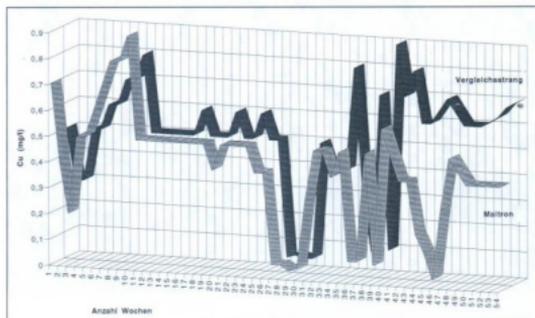


Bild 4 Vergleich der Cu-Konzentrationen im behandelten und unbehandelten Kaltwasserstrang

Bild 5 Vergleich der Cu-Konzentrationen im behandelten und unbehandelten Warmwasserstrang

