

Zementmörtelauskleidungen für Stahlrohre

Sonderdruck 002



Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

Zementmörtelauskleidungen für Stahlrohre

Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Kocks
Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH,
Rohranwendungstechnik

Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Maurer
Universität Siegen, Lehrstuhl für Analytische Chemie II

Dipl. chem. Wolfgang Zimmermann
Universität Siegen, Lehrstuhl für Analytische Chemie II

Zusammenfassung

Die Wechselwirkung von Zementmörtelauskleidungen und Trinkwasser standen im Vordergrund der vorliegenden Untersuchungen. Dabei wurde nicht die Beständigkeit der Auskleidungen in aggressiven Wässern, sondern der Einfluß von eluierbaren Bestandteilen des Zementmörtels auf die Trinkwasserqualität anhand von Beispielen der Praxis diskutiert und in einem dazu eingerichteten Versuchsstand simuliert. Durch Kooperation von Hochschule, Versorgungsunternehmen und Rohrhersteller können so zukünftig die Rohrauskleidungen entsprechend ihrer Einsatzbereiche optimiert und Kriterien für ihre Anwendungsgrenzen festgelegt werden.

Abkürzungen

PZ Portlandzement
HOZ Hochofenzement
TSZ Tonerdeschmelzzement

1. Einleitung

Der Einsatz von Zementmörtelauskleidungen zum Schutz von wasserführenden Stahl- und Gußrohren ist eine seit langem praktizierte Korrosionsschutzmaßnahme. Bereits 1859 wurden in Brooklyn, im Staat New York, zementmörtelausgekleidete Rohre verlegt */1/*. Die frühen Verfahren zur Auskleidung der Rohre bereiteten jedoch außerordentliche Probleme. So wurden beispielsweise sogenannte „Durchziehverfahren“ entwickelt, um Zementmörtelauskleidungen mit Hilfe eines Dorns zu applizieren */1/*. Die Wanddicken konnten bei schlechter Zentrierung des Dorns deutlichen Schwankungen unterliegen. Große Rohre wurden vor dem Auskleiden eingeschalt, wie dies beispielsweise im Fall einer 10 km langen New Yorker Wasserleitung aus den Jahren 1910 – 1913 mit Durchmessern von 2,90 m und 3,40 m dokumentiert wurde */1/2/3/*. Die heute noch üblichen Schleuderverfahren wurden im Zeitraum von 1922 – 1924 entwickelt. Die Rohre werden nach dem Einbringen des Zementmörtels in Rotation versetzt, um glatte und gleichmäßig dicke Auskleidungen zu erzielen */4/*.

Der Vorteil der Zementmörtelauskleidung liegt in der langen Lebensdauer und der herausragenden Schutzwirkung für das Stahlgrundmaterial. Die Schutzwirkung beruht dabei nicht nur auf der Barrierefunktion, sondern auch auf der hohen Porenalkalität, bedingt durch gelöste Calciumoxidanteile des Portlandzementklinkers */5/*. Nach der Inbetriebnahme von zementmörtelausgekleideten Trinkwasserleitungen wird allmählich durch die Reaktion von Eisenoxiden mit den gelösten Calciumoxidanteilen der Poren im

Phasengrenzbereich die Haftung des Zementmörtels auf der Stahloberfläche verbessert */6/7/*. Die gelösten alkalischen Calciumoxidanteile des Porenmediums passivieren einerseits die Stahloberfläche und ermöglichen andererseits im Falle einer Rißbildung den sogenannten Selbstheilungseffekt.

Die Selbstheilung ist auf das Calcitwachstum bei der Reaktion von Calciumoxid bzw. Calciumhydroxid mit den im Wasser gelösten CO₂-Anteilen zurückzuführen. Diese Effekte beruhen jedoch auf einem komplizierten Wechselspiel zwischen den geförderten Wässern und dem eingesetzten Zementmörtel */8/*.

Die Wirkung verschiedener Medien auf die Zementmörtelauskleidung wurde in der Vergangenheit häufig diskutiert und entsprechend publiziert */8/9/*. Das Interesse galt dabei insbesondere der aggressiven Wirkung verschiedener Inhaltsstoffe der geförderten Wässer, wie beispielsweise Magnesium, Sulfat und Kohlensäure-Anteilen. Die diesbezüglichen Einsatzgrenzen der Zementmörtelauskleidungen in unterschiedlichen Trinkwasserqualitäten sind heute weitgehend erforscht und haben ihren Platz in den entsprechenden Normen, Richtlinien und Spezifikationen */10 – 15/*.

Über den Einfluß von Zementmörtelauskleidungen auf die Trinkwasserqualität wurde in der Vergangenheit wenig berichtet. Die grundsätzlichen Anforderungen an eine Auskleidung für den Transport von Trinkwässern sind in der DIN 2000 festgelegt. Danach darf eine Auskleidung keine gesundheitlich bedenklichen, sowie geruch- und geschmackbeeinträchtigenden Stoffe an das Wasser abgeben */16/*.

Die Hauptbestandteile der Zementmörtel wie Calcium, Magnesium, Quarz und Wasser sind für Mensch und Tier gesundheitlich unbedenklich. Mit den modernen Analyseverfahren können jedoch heute auch Spuren möglicher Verunreinigungen im Zementmörtel bzw. in den geförderten Trinkwässern nachgewiesen werden.

Die vorliegende Ausarbeitung verdeutlicht an einigen Beispielen der Praxis die Einsatzmöglichkeiten moderner Verfahren der Analytik bei der Optimierung von Rohrauskleidungen und gegebenenfalls der Abstimmung der Materialien auf die Vorgaben und Gegebenheiten der Versorgungsunternehmen und Betreiber von Rohrleitungsnetzen.

2. Rückblick

Am Anfang dieses Projektes stand, wie in vielen Beispielen anwendungsbezogener Forschung ein Problem der Praxis. Bei der Inbetriebnahme einer langen Trinkwasserversorgungsleitung in Süddeutschland ergaben sich Probleme während der Desinfektionsphase. Trotz Hochchlorung mit maximal erlaubten 50 mg Chlor/l Wasser konnte eine Wiederverkeimung der Leitung nicht verhindert werden. Auf der Suche nach der Ursache wurde festgestellt, daß die Mörtelphasen Ammoniak freisetzen. Ammoniak reagiert in der Desinfektionsphase möglicherweise unter Bildung von Chloraminen und kann die zur Desinfektion geforderte Konzentration an aktivem Chlor drastisch reduzieren. Des Weiteren sind Stickstoffverbindungen als Nährstoffe für Mikroorganismen existentiell von größter Bedeutung und bieten somit die besten Voraussetzungen für die beobachtete Wiederverkeimung der Trinkwasserleitung.

In einem Ringversuch mit den Laboratorien des Versorgungsunternehmens (Labor 1) des Zementmörtelherstel-

lers (Labor 2) und der Universität Siegen (Labor 3) wurde der Ammoniumgehalt verschiedener Zementtypen mit unterschiedlichen Analyseverfahren bestimmt (Tab. 1).

Tab. 1: Analyseverfahren zur Ammoniumbestimmung

Labor	Verfahren	Aufschluß	Nachweis
1	1	HC 1	FIA*
2	2	HC 1	IC**
	3	NaOH	IC
3	4	NaOH	IC/photometrische Detektion
	5	NaOH	IC/Leitfähigkeitsdetektion

* Fließ-Injektions-Analyse

** Ionenchromatographie

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist in Abb. 1 zusammengestellt und wurde entsprechend von Wendland 1988 publiziert /17/. Die ermittelten Ammoniumgehalte schwanken deutlich, wobei für den untersuchten Portlandzement nur 1/10 der Ammoniumkonzentration des Hochofenzementes gefunden wurde.

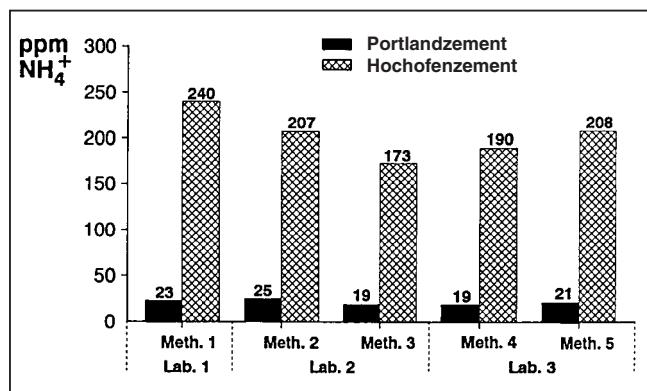


Abb. 1: Resultate des Ringversuches mit drei Laboratorien zur Ammoniumbestimmung verschiedener Zementarten.

Diese Ergebnisse erklären möglicherweise auch die Befunde der 1984 veröffentlichten Versuche bezüglich der Chlorzehrung verschiedener Zementmörtelauskleidungen in Trinkwasserrohren. Hohoff, Radtke, Schwenk und Wolf berichteten über die Untersuchungen an verschiedenen Zementtypen und fanden, speziell im Fall des Hochofenzementes eine deutlich höhere Chlorzehrung. In Tabelle 2 sind die ermittelten „oxidierbaren Anteile“ der verschiedenen Zementarten zusammengestellt /18/.

Tab. 2: Oxidierbare Anteile verschiedener Zementarten (ermittelt durch Chlorzehrung* an zerkleinerten Proben in Wasser) /18/.

Zementart	Chlorzehrung (mg/kg)
PZ	0,130
HOZ	1,406
TSZ	0,414

* Ausgangskonzentration an Chlor: 10 mg/l

Bemerkenswerterweise wurde in diesen Untersuchungen ähnlich wie im Falle der gefundenen Ammoniumgehalte eine um den Faktor 10 höhere Chlorzehrung des Hochofenzementes gefunden.

Die hier geschilderte Problematik zeigt die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen zum Einfluß von Zementmörtelauskleidungen auf die Qualität der geförderten Trinkwässer. So entstand ein Versuchsstand mit der Möglichkeit unter praxisnahen Bedingungen den Einfluß unterschiedlicher Zementmörtelauskleidungen auf die Trinkwasserzusammensetzung zu untersuchen.

3. Experimentelles

3.1 Der Versuchsstand

Der Bau einer Anlage zur Untersuchung des Elutionsverhaltens verschiedener Zementmörtelinhaltstoffe erforderte die Einhaltung einiger grundlegender Randbedingungen.

1. Die Versuche sollten unter praxisnahen Bedingungen vorgenommen werden.
2. Bei der Auswahl der Basiswerkstoffe durften keine Materialien verwendet werden, die Inhaltsstoffe in meßbaren Größenordnungen freisetzen.
3. Es sollte eine kontinuierliche Überwachung der verschiedenen Wasserparameter ermöglicht werden.

Die praxisnahen Bedingungen konnten entweder durch einen möglichst langen Rohrstrang oder mit Hilfe eines Wasserkreislaufs durch ein einzelnes Rohrsegment realisiert werden. Die besten Voraussetzungen als platzsparende Alternative lieferte hier der kreislaufbetriebene Versuchsstand (Abb. 2).



Abb. 2: Versuchsstand zur Untersuchung der Wechselwirkung von Zementmörtelauskleidung und Trinkwasser.

Die wesentlichen Bestandteile des Versuchsstandes sind die Pumpe, ein Thermostat, die Rohrleitungen für die Kreislaufführung und ein Vorratsbehälter mit Möglichkeiten der Probennahme und Unterbringung von Sensoren. Zwischen 2 Adapters kann ein etwa 1 m langes Prüfrohr eingesetzt werden. Der Prüfstand wurde aus einem inneren Kunststoff (PVDF) gefertigt, so daß Veränderungen der Wasserparameter durch das Material des Prüfstandes weitgehend ausgeschlossen sind. Die technischen Daten des Prüfstandes sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tab. 3:
Technische Daten des Versuchsstandes

Rohr- und Behältermaterial:	PVDF
Prüfrohrstreckenlänge:	1000 mm
Durchmesser der Verbindungsleitungen:	100 mm
Gesamtfüllvolumen:	100 l
Temperaturbereich:	ca. 5 °C – 30 °C
Durchfluß:	ca. 50 – 400 l/min

Die Wassertemperatur des Prüfstandes wird mit Hilfe eines Thermostaten geregelt und über ein Thermoelement gemessen. Die Durchflußgeschwindigkeit lässt sich über einen Kugelhahn einstellen und mit Hilfe eines Durchflußmessers kontrollieren. Nach derzeitigem Stand des Wissens ist eine kontinuierliche Überwachung nur für Durchfluß, Druck, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert praktikabel. Entsprechende Sensoren wurden im Vorratsbehälter plaziert. Über eine A/D-Wandler-Karte können die verschiedenen Meßwerte mittels Computer erfaßt und verarbeitet werden. Gleichzeitig erlauben digitale Anzeigen die direkte Kontrolle der kontinuierlich erfaßbaren Parameter.

3.2 Die Wasseranalytik

Die verschiedenen Wasserparameter werden derzeit laborchemisch bzw. apparativ im Labor bestimmt. Aufgrund der damit verbundenen Umstände kann die Überwachung der Wasserinhaltsstoffe nur in bestimmten Zeitabständen, also diskontinuierlich erfolgen.

Zur kontinuierlichen bzw. quasi kontinuierlichen Messung soll zukünftig ein mehrkanaliges FIA-System verwendet werden um Meßwerte in kürzeren und vor allem äquidistanten Zeitabständen zu erhalten.

Ein wesentlicher Bestandteil der weiteren Optimierung dieses Versuchsstandes ist daher auch die Entwicklung eines On-Line arbeitenden Analyseverfahrens mit rechnergestützter Erfassung und Weiterverarbeitung der Meßwerte.

Tabelle 4 liefert einen Überblick der derzeit untersuchten Wasserinhaltsstoffe und Analyseverfahren.

Tab. 4:
Verfahren zur Bestimmung der Wasserinhaltsstoffe

Ionensorte	Methode	DIN-Norm	DEV*
Calcium	Titrimetrie	38406	E3
Magnesium	Titrimetrie	38406	E3
Natrium	AAS	38406	E14
Kalium	AAS	38406	E13
Nitrat	HPIC	38405	D19
Sulfat	HPIC	38405	D19
Chlorid	HPIC	38405	D19
Hydrogen-carbonat	Titrimetrie	38409	H7 (D8)

* Deutsches Einheitsverfahren

4. Ergebnisse und Diskussion

Ein bekanntes Problem bei zementmörtelausgekleideten Rohren bzw. Leitungen ist der pH-Anstieg des Trinkwassers während der Inbetriebnahme [19/20/21]. Diese Problematik wurde in der Vergangenheit intensiv untersucht und wird vorrangig auf das Lösen von Calciumoxidanteilen des Zementmörtels zurückgeführt. Erst die Carbonatisierung der Oberfläche durch den im Wasser gelösten CO₂-Anteil und die damit verbundene Bildung einer Sperrschicht verringert den pH-Wert des geförderten Wassers. Diese Carbonatisierung kann in Abhängigkeit der Wasserdichte manchmal äußerst langsam erfolgen und in seltenen Fällen sogar völlig unterbleiben. Dies gilt jedoch nur in Wässern mit negativem Sättigungsindex, die sich nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht befinden [10].

In Zusammenarbeit mit dem zur Verlegung einer 15 km langen Versorgungsleitung beauftragten Ingenieurbüro in Luxemburg konnte diese Problematik näher untersucht und später mit Hilfe des Versuchsstandes simuliert werden.

Während der Inbetriebnahme der Trinkwasserleitung verhinderte ein zu hoher pH-Wert die Freigabe und verlängerte somit die erforderliche Spülphase. Aus diesem Grunde wurden jeweils am Anfang und am Ende der Leitung Wasserproben entnommen und analysiert.

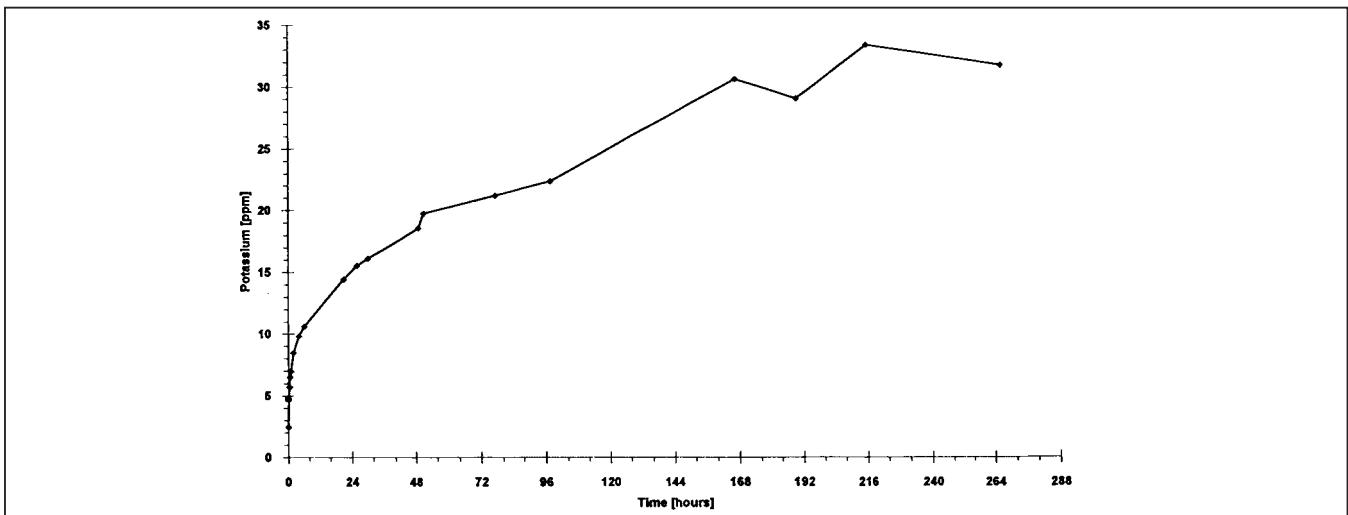
Tab. 5: Wasseranalysen am Anfang und Ende der Trinkwasserleitung während der Inbetriebnahme

Wasserparameter	Anfang	Ende	EG-Richtlinie
pH	7,9	9,3	6,5 – 8,5
Chlor	mg/l	18	25
Sulfat	mg/l	10	25 max. 250
Nitrat	mg/l	22	25 max. 50
Nitrit	mg/l	< 0,01	< 0,01 – max. 0,1
Ammonium	mg/l	< 0,1	0,05 max. 0,5
Natrium	mg/l	9,8	20 max. 175
Kalium	mg/l	2,8	10 max. 12
Gesamthärte °fh		9,2	8,9
Carbonathärte °fh		6,2	5,9

In Tabelle 5 sind die Resultate dieser Untersuchungen zusammengestellt. Neben dem zu erwartenden pH-Anstieg von 7,9 auf 9,3 wurde auch eine Erhöhung der Kalium- und Natriumkonzentrationen festgestellt. Die Kaliumwerte stiegen dabei von 2,8 auf 20,2 mg/l, die Natriumwerte von 9,8 auf 17,2 mg/l. Sowohl die Kaliumkonzentration als auch der pH-Wert lag dabei oberhalb der EG-weit geltenden Grenzwerte. Das Wasser dieser Leitung war aufgrund seiner Härte von etwa 9° französischer Härte als weiches Wasser einzustufen.

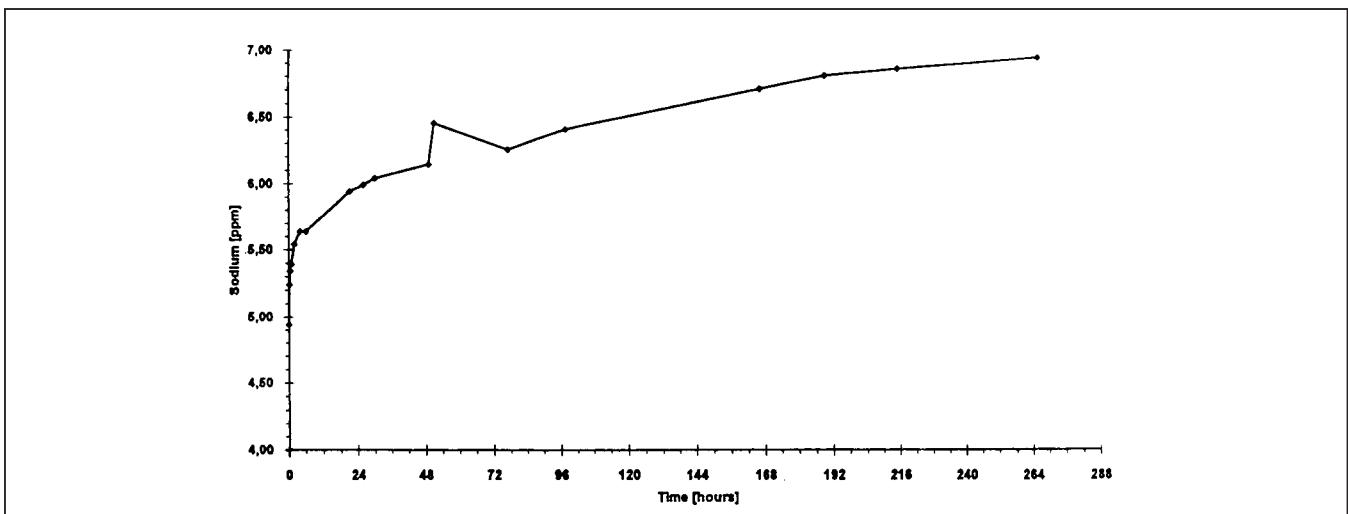
Bei der Simulation der Inbetriebnahmephase im Versuchsstand mit gleichem Zementmörteltyp und Siegener Trinkwasser konnten diese Resultate einwandfrei nachvollzogen werden. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen den Verlauf der im Versuchsstand ermittelten Kalium- und Natriumkonzentrationen. Hier wurde erst ein starker, später abklinger Anstieg der Konzentrationen gefunden. Die Alkali-Ionen reicherteten sich langsam im Kreislaufwasser an.

Abb. 3: Verlauf der Kaliumkonzentration während der Inbetriebnahme des mit PZ ausgekleideten 1 m langen Proberohres.



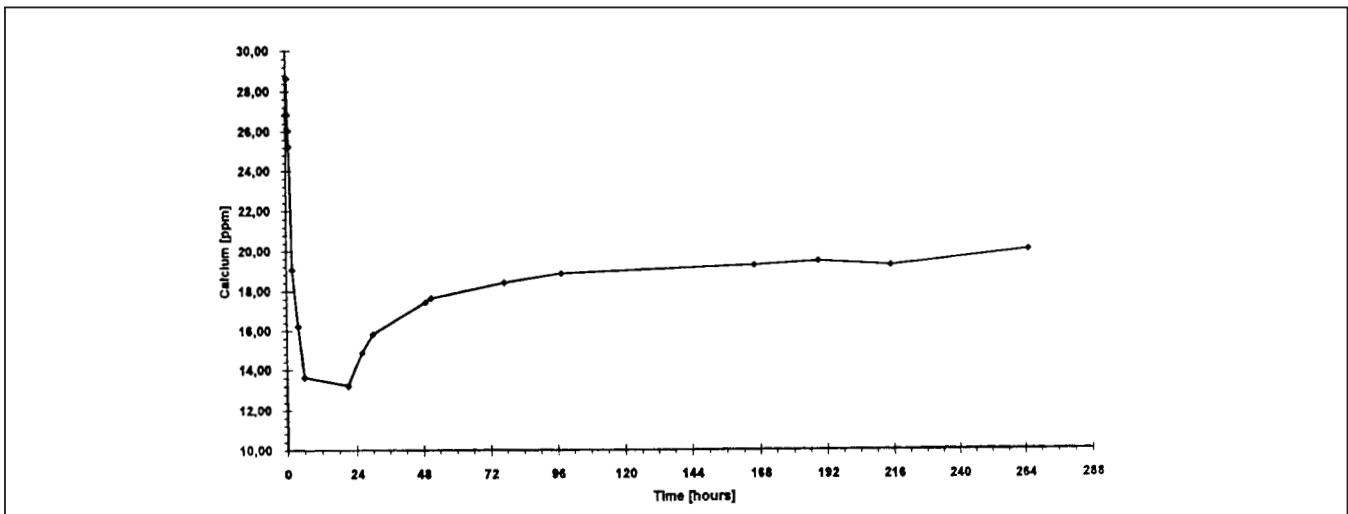
Bed.: Temperatur 10 °C, Durchfluß 400 l/min, Alter der ZM-Auskleidung 28 Tage

Abb. 4: Verlauf der Natriumkonzentration während der Inbetriebnahme des mit PZ ausgekleideten 1 m langen Proberohres.



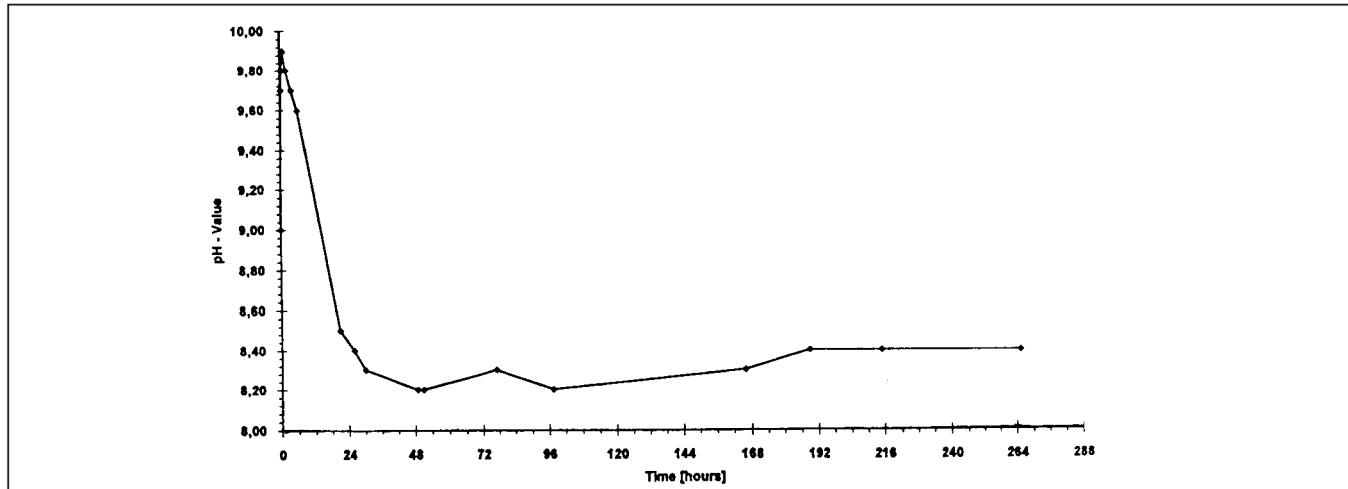
Bed.: Temperatur 10 °C, Durchfluß 400 l/min, Alter der ZM-Auskleidung 28 Tage

Abb. 5: Verlauf der Calciumkonzentration während der Inbetriebnahme des mit PZ ausgekleideten 1 m langen Proberohres.



Bed.: Temperatur 10 °C, Durchfluß 400 l/min, Alter der ZM-Auskleidung 28 Tage

Abb. 6: Verlauf des pH-Wertes während der Inbetriebnahme des mit PZ ausgekleideten 1 m langen Proberohres.



Bed.: Temperatur 10 °C, Durchfluß 400 l/min, Alter der ZM-Auskleidung 28 Tage

Während die Elution der Alkali-Ionen einem einfachen Auslaugen der Zementmörtelauskleidung gleichkommt, ergeben sich für den pH-Wert und der Calciumkonzentration andere Gesetzmäßigkeiten. So wird anfänglich ein deutlicher pH-Anstieg und mit steigender Calciumkonzentration und der damit einsetzenden Carbonatisierung in der Folge eine Abnahme von pH-Wert und Calciumkonzentration beobachtet (Abb. 5 und 6).

Die Zementmörtelauskleidung ist aufgrund der Zusammensetzung des hier verwendeten Trinkwassers absolut unbedenklich. In relativ kurzer Zeit wird eine Abnahme des pH-Wertes beobachtet. Nach etwa 96 Stunden stellen sich konstante Bedingungen ein. Grundsätzlich ergaben sich jedoch, wie auch für die Trinkwasserleitung in Luxemburg, zu Beginn erhöhte pH-Werte und Alkali-Konzentrationen.

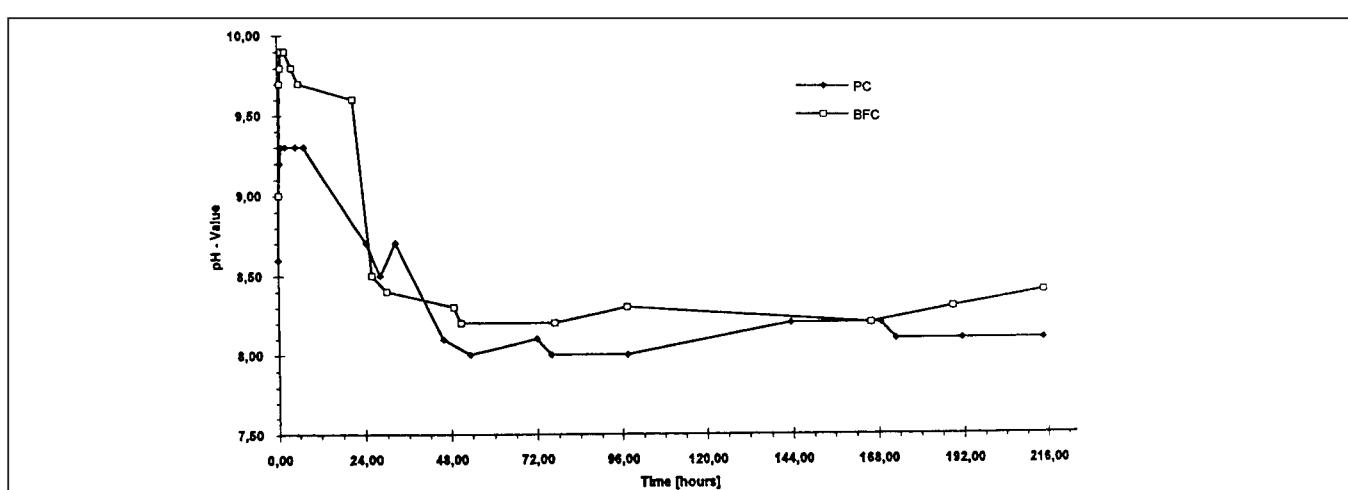
Die Maßnahmen der Versorgungsunternehmen zur Reduzierung der pH-Werte in ihren Versorgungsnetzen sind unterschiedlich. So wird in einigen Fällen das Rohwasser durch Zugabe von hochreinem Kalkwasser konditioniert. Durch die Zugabe von hochreinem Kalkwasser wird eine Wasserqualität erzielt, die eine Carbonatisierung der Zementmörtelauskleidung erleichtert /22/. Andere Vorsor-

gungsunternehmen setzen gezielt Hochofenzement ein, um eine Wasseraufbereitung zu vermeiden. Es war naheliegend aufgrund dieser Kenntnisse vergleichende Untersuchungen an Portland- und Hochofenzementmörtelauskleidungen vorzunehmen.

Tatsächlich konnte bei einem Vergleich der pH-Verläufe für den Hochofenzement ein günstigeres Verhalten festgestellt werden. Im Falle der Portlandzementmörtelauskleidung wurde ein kurzer, starker Anstieg auf pH-Werte um 10 festgestellt, während unter Einsatz der Hochofenzementmörtelauskleidung maximal ein pH-Wert von 9,3 registriert wurde (Abb. 7). Nach 48 Stunden waren die pH-Werte auf annähernd konstante Werte gefallen.

Unter Einsatz der Portlandzementmörtelauskleidung wurden Werte im Bereich von pH 8,3 bis 8,4 ermittelt, während die pH-Werte des Wassers in Kontakt mit der Hochofenzementmörtelauskleidung um 8,1 lagen. Im Hochofenzement ist bekanntlich ein Teil des Portlandzementklinkers durch feingemahlene Hochofenschlacke ersetzt. Diese Schlackenanteile bilden einen Inertanteil, der die Freisetzung alkalischer Bestandteile des Portlandzementklinkers verhindert.

Abb. 7: Vergleich der pH-Verläufe während der Inbetriebnahme der mit HOZ und PZ ausgekleideten 1 m langen Proberohre



Bed.: Temperatur 10 °C, Durchfluß 400 l/min, Alter der ZM-Auskleidung 28 Tage

Die vergleichenden Untersuchungen mit Hochofen- und Portlandzementmörtelauskleidungen bestätigen erneut die gute Übereinstimmung von Prüfstandergebnissen und Praxiserfahrungen.

5. Schlußfolgerungen

Zur Bewältigung von Problemen der Praxis wurde ein Versuchsstand eingerichtet um mit den modernen Verfahren der analytischen Chemie die Wechselwirkungen zwischen Rohrauskleidungen und geförderten Medien zu untersuchen.

Die vorgestellten Beispiele verdeutlichen den Stellenwert solcher Untersuchungen bei der weiteren Optimierung von Rohrauskleidungen bzw. der Abstimmungen des Einsatzmaterials auf die örtlichen Gegebenheiten der Versorgungsunternehmen. Mit dem vorgestellten Versuchsstand wurde die Möglichkeit geschaffen, in enger Zusammenarbeit von Versorgungsunternehmen, Vormaterialhersteller, Hochschule und Rohrhersteller bestehende Probleme zu simulieren und Lösungsmöglichkeiten zu überprüfen.

6. Danksagung

An dieser Stelle möchten wir dem ZV Bodensee-Wasserversorgung eV, dem Ingenieurbüro Schroeder & Associes in Luxemburg sowie der Dyckerhoff AG (Zementhersteller) für Ihre Unterstützung danken.

7. Literatur

1. F. Fertner; Der Bauingenieur; 39 (1964) 138 – 147
2. D. H. Maury; J. Am. Water Works Assoc. 12 (1924) 51
3. L. P. Wood; J. Am. Water Works Assoc. 25 (1933) 1729
4. L. P. Wood; J. Am. Water Works Assoc. 25 (1933) 1736
5. G. Heim, M. Junker; Wasserwirtschaft 60 (1970) H. 5
6. A. Kottmann; ndz – Neue Deliwa-Zeitschrift (1972) H.10
7. A. Näß; Gas-Wasser-Abwasser 61 (1981) 276 – 280
8. B. Heinrich, H. Hildebrand, M. Schulze, W. Schwenk; 3R International 17 (1978) 448 – 459
9. W. Nissing, W. G. von Baeckmann; 3R International 31 (1992) 331 – 335
10. DIN 2614; Zementmörtelauskleidungen für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke.
11. BS 534; Steel Pipes and Specials for Water and Sewage.
12. ANSI/AWWA C205; AWWA-Standard for Cement-Mortar Protective Lining and Coating for Steel Water Pipes.
13. WRc; Pipe Materials Selection Manual.
14. DVGW Arbeitsblatt W 343; Zementmörtelauskleidung von erdverlegten Guß- und Stahlrohrleitungen.
15. DEP 30.48.30.31-Gen.; Cement Lining of New Pipelines, Technical Specifications for Companies of The Royal Dutch/Shell Group.
16. DIN 2000; Zentrale Trinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau und Betrieb der Anlagen.
17. E. Wendland; gwf Wasser/Abwasser 129 (1988) 567 – 571
18. A. Hohoff, E. Radtke, W. Schwenk, W. Wolf; gwf Wasser/Abwasser 125 (1984) 57 – 65
19. M. Völkel, W. Maurer, J. K. Reichert; gwf Wasser/Abwasser 134 (1993) H. 10
20. R. Künzler, W. Schwenk; gwf Wasser/Abwasser 127 (1986) H. 1
21. M. Schnitzler; Vom Wasser 79 (1992) 181 – 191
22. H. Hubert; gwf Wasser/Abwasser 134 (1993) 199 – 202

Sonderdruck aus:
Proceedings of the European Conference
"Coatings and Linings for the European Water
Industrie"; Birmingham, 18. – 19. 10. 1993



**SALZGITTER
MANNESMANN
LINE PIPE**

Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH
In der Steinwiese 31 | 57074 Siegen
Telefon: 0271 691-0 | Telefax: 0271 691-299
info@smlp.eu | www.smlp.eu

