

# Die Inbetriebnahme von zementmörtel- ausgekleideten Rohrleitungen

Sonderdruck 004

# Die Inbetriebnahme von zementmörtel ausgekleideten Rohrleitungen – Hygienische Aspekte von pH bis Zement –

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

Universitätsprof. Dr. Wolfgang Maurer,  
Universität-GH Siegen, Lehrstuhl für analytische Chemie II

Dipl.-Chem. Wolfgang Zimmermann,  
Universität-GH Siegen, Lehrstuhl für analytische Chemie II

Dipl.-Lab.-Chem. Andreas Runge,  
Universität-GH Siegen, Lehrstuhl für analytische Chemie II

*Bei der Inbetriebnahme von zementmörtel ausgekleideten Trinkwasserleitungen können je nach der Trinkwasserbeschaffenheit und den Netzgegebenheiten pH-Werte oberhalb des laut Trinkwasserverordnung zugelassenen Grenzwertes festgestellt werden, die in einigen Fällen aufwendige Spülmaßnahmen vor der offiziellen Freigabe erfordern. Diese pH-Wert-Erhöhungen beeinträchtigen nicht nur die Qualität der geförderten Trinkwässer, sondern führen in Einzelfällen auch zu Kalkablagerungen in den Versorgungsnetzen und Hausinstallationen. Über die Ursachen und Lösungsmöglichkeiten dieser Problematik soll im folgenden berichtet werden.*

## 1. Einleitung

Der Einsatz von Zementmörtel ausgekleidungen als wirksamer Korrosionsschutz von Guß- und Stahlleitungen in der Trinkwasserversorgung ist seit Langem bekannt und geschätzt. Die Schutzwirkung beruht dabei nicht nur auf der Barrierewirkung der Auskleidung, sondern auch auf der hohen Alkalität des Mörtels, bedingt durch gelöste Alkalioxide des Portlandzementklinkers im Porenwasser /1/. Ein weiterer Vorteil liegt in den guten Haft Eigenschaften der Auskleidung. Nach der Inbetriebnahme diffundiert im Laufe der Zeit Sauerstoff in den Phasengrenzbereich von Mörtel und Stahl. Durch Reaktion von Eisen, Calciumoxid und Sauerstoff erfolgt die Bildung einer Mischkristallzwischenschicht. So wandelt sich die anfänglich aufgrund mechanischer Verklammerung haftende Mörtelschicht zu einer durch chemische Bindungen fixierten Auskleidung /2/3/.

Von großer Bedeutung ist der sogenannte „Selbsteffekt“ der Zementmörtel auskleidung. Durch die Reaktion von Zementinhaltsstoffen mit den Bestandteilen des geförderten Trinkwassers können Risse in der Auskleidung durch die Reaktionsprodukte geschlossen werden. Dieser „Selbsteffekt“ beruht auf der Carbonatbildung bei der Reaktion löslicher Calcium- oder Magnesiumverbindungen mit den Kohlensäureanteilen des Wassers /4/. Die Zementmörtel auskleidung ist damit im Gegensatz zu passiven Korrosionsschutzmaßnahmen, wie beispielsweise organischen Beschichtungen, in der Lage, im Falle einer Schädigung auf den korrosiven Angriff entsprechend zu reagieren. Aus diesem Grunde kann eine Zementmörtel-

auskleidung auch als aktive Korrosionsschutzmaßnahme angesehen werden.

Aus hygienischer Sicht sind langfristig betrachtet keine schädlichen Wechselwirkungen der Zementmörtel auskleidung mit dem Trinkwasser bekannt. Unter bestimmten Bedingungen kann es jedoch während des Betriebs, beispielsweise im Falle der Schwindrißbildung nach längeren Wartungsarbeiten am entleerten Rohrnetz, zu Wechselwirkungen zwischen Trinkwasser und den freiliegenden Rißflanken des Zementmörtels kommen. Diese Wechselwirkungen führen in der Regel nicht zur Überschreitung der Grenzwerte nach Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und sind nur von kurzer Dauer. Durch das Quellen der Auskleidung nach der Wiederinbetriebnahme schließen sich diese Risse in relativ kurzer Zeit. Damit entsprechen die Zementmörtel auskleidungen den Anforderungen des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG).

In jüngerer Zeit wird jedoch vermehrt über Probleme bei der Inbetriebnahme von zementmörtel ausgekleideten Rohren berichtet. So wurden im Falle sehr weicher und kohlen säure armer Wässer während und nach der Inbetriebnahme relativ hohe pH-Werte festgestellt, die zum Teil auch Größenordnungen oberhalb des durch die TrinkwV festgelegten Grenzwertes von 9,5 annehmen können. Solche pH-Wert-Überschreitungen wurden in der Vergangenheit intensiv untersucht und werden vorrangig auf das Lösen von Calciumoxidanteilen des Zementmörtels zurückgeführt /5/6/.

Der vorliegende Artikel beschreibt neben der alkalisierenden Wirkung weicher Wässer auch die weniger beachteten Effekte der Kalkabscheidung harter Wässer während und nach der Inbetriebnahme. Die Ergebnisse einiger Meßreihen zur Simulation dieser Wechselwirkungen zwischen Rohrauskleidung und unterschiedlichen Versuchswässern werden vorgestellt und die Ursachen sowie die Möglichkeiten der Vermeidung dieser Probleme diskutiert.

## 2. Der Schadensfall

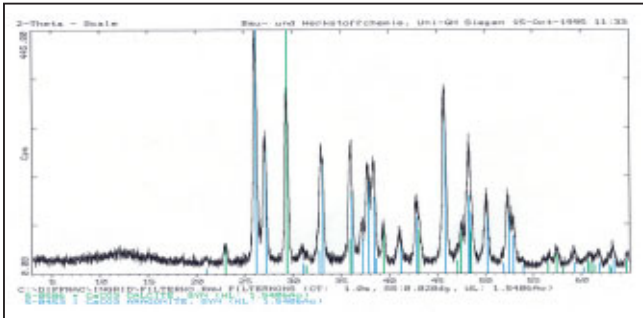
Kurze Zeit nach der Inbetriebnahme einer Trinkwasserleitung klagte ein Endverbraucher über den permanenten Ausfall seiner Feinstfilteranlage in der Hausinstallation. Der Filter mußte mehrfach gespült und letztlich sogar ausgetauscht werden. So konnte die Anlage erst nach einigen Wochen ohne weitere Ausfälle betrieben werden.

Der Filterrückstand (Abb. 1) ließ vermuten, daß Feinstanteile aus der Zementmörtel auskleidung für das Filterversagen verantwortlich waren. Mit Hilfe der Röntgenspektroanalyse konnte jedoch nachgewiesen werden, daß im Filter eine Mischung reiner Calzit- und Aragonitkristalle in einem Verhältnis von 1 : 2 (Abb. 2) vorlagen, die nicht aus der Zementmörtelmatrix stammen konnten. Die Röntgenspektroanalyse würde im Falle von Zementmörtel-



**Abb. 1:**  
Filter mit Rückstand

resten kein eindeutiges Spektrum liefern, da weitere Bestandteile des Zementmörtels insbesondere die unterschiedlichen Silikate eine Zuordnung der Signale erschweren. Auch die unsaubere Arbeit eines Verlegers war damit auszuschließen.



**Abb. 2:**  
Röntgenspektralanalyse des Filtrerrückstandes

Somit stellten sich Fragen nach der Herkunft dieser Calzit- bzw. Aragonitabscheidungen und die Ursachen für die Beschränkung dieser Schadensform auf einen begrenzten Zeitraum nach der Inbetriebnahme des neu verlegten Rohrleitungsabschnittes. Im Labor wurden dazu die Betriebsbedingungen während und nach der Inbetriebnahme mit Hilfe eines für diese Untersuchung konzipierten Versuchsstandes simuliert [7].

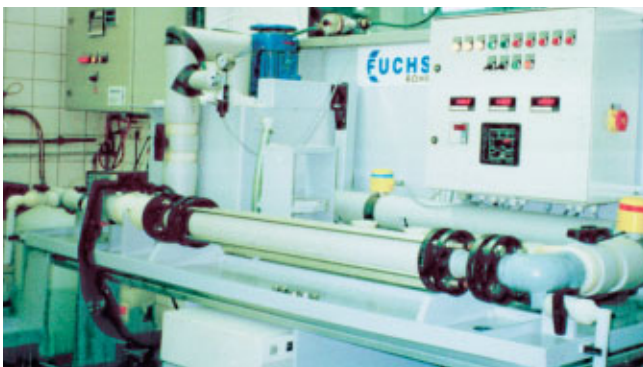
### 3. Experimentelles

#### 3.1 Der Versuchsstand

Beim Bau einer Anlage zur Untersuchung der Wechselwirkungen von Rohrauskleidung und Trinkwasser müssen verschiedene Randbedingungen erfüllt werden.

1. Die Versuche sollen möglichst praxisnah durchgeführt werden
2. Bei der Auswahl der Basiswerkstoffe sind Materialien zu vermeiden, die Inhaltstoffe in meßbaren Größenordnungen freisetzen
3. Es ist eine kontinuierliche Überwachung der wichtigsten Wasserparameter sicherzustellen

Die praxisnahen Bedingungen können entweder durch einen möglichst langen Rohrstrang oder mit Hilfe eines Wasserkreislaufs durch ein einzelnes Rohrsegment realisiert werden. Als wasser- und platzsparende Alternative wurde hier ein kreislaufbetriebener Versuchsstand konzipiert (Abb. 3).



**Abb. 3:**  
Versuchsstand zur Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Zementmörtelauskleidung und Trinkwasser

Die wesentlichen Bestandteile des Versuchsstandes sind die Pumpe, ein Thermostat, die Rohrleitungen für die Kreislaufführung und ein Vorratsbehälter mit Möglichkeiten zur Probennahme und Unterbringung von Sensoren. Zwischen zwei Adaptern kann ein 1 m langes Prüfrohr eingesetzt werden. Der gesamte Prüfstand wurde aus PVDF, einem inerten und lebensmittelchemisch unbedenklichen Kunststoff gefertigt, so daß Veränderungen der Wasserparameter durch das Material des Prüfstandes ausgeschlossen sind. Die technischen Daten des Prüfstandes sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

**Tab. 1:** Technische Daten

Material	PVDF
Prüfrohrdurchmesser	100 mm
Prüfrohrlänge	1000 mm
Durchmesser der Verbindungsleitungen	100 mm
Gesamtfüllvolumen	100 l
Temperaturbereich	ca. 5 – 30 °C
Durchfluß	ca. 50 – 400 l/min

Die Wassertemperatur des Prüfstandes wird mit Hilfe eines Thermoelementes gemessen und über einen Thermostat geregelt. Die Durchflußgeschwindigkeit kann mit einem Durchflußmesser kontrolliert und einem Kugelhahn reguliert werden. Nach derzeitigem Stand des Wissens ist eine kontinuierliche Überwachung nur für Durchfluß, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert praktikabel. Entsprechende Sensoren wurden im Vorratsbehälter untergebracht. Über eine A/D-Wandler-Karte können die verschiedenen Meßwerte mittels eines PC erfaßt und verarbeitet werden. Gleichzeitig erlauben digitale Anzeigen die visuelle Kontrolle der kontinuierlich erfaßbaren Parameter.

#### 3.2 Die Wasseranalytik

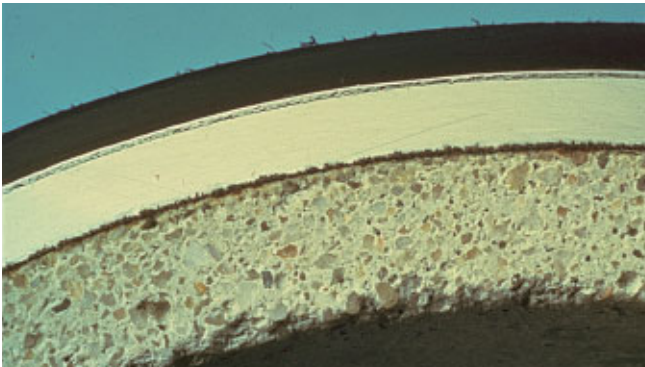
Die Wasserinhaltsstoffe werden derzeit zum Teil naßchemisch bzw. apparativ im Labor bestimmt. Aufgrund der damit verbundenen Umstände kann die Überwachung nur diskontinuierlich erfolgen. Zur kontinuierlichen bzw. quasi-kontinuierlichen Messung soll zukünftig ein mehrkanaliges FIA-System verwendet werden, um Meßwerte in kürzeren und vor allem äquidistanten Zeitabständen zu erhalten. Ein wesentlicher Bestandteil der Optimierung dieses Versuchsstandes ist daher die Entwicklung On-Line arbeitender Analysenverfahren mit rechnergestützter Erfassung und Weiterverarbeitung der Meßwerte. Tabelle 2 gibt einen Überblick der für diesen Anwendungsfall apparativ im Labor bestimmten Wasserparameter und die dazu angewandten Analyseverfahren.

**Tab. 2:** Verfahren zur Bestimmung der Wasserparameter

Ionensorte	Methode	DIN-Norm
Magnesium	Titrimetrie	38403
Calcium	Titrimetrie	38406
K <sub>S4.3</sub>	Titrimetrie	38409
Leitfähigkeit	Sensor (Titan)	38404
pH-Wert	Elektrode (Glas)	38404

### 3.3 Die Zementmörtelauskleidung

Die Herstellung der zementmörtelausgekleideten Rohrabschnitte erfolgt unter den üblichen Produktionsbedingungen der Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH. Die Versuchsrohre werden nach Verfahren II der DIN 2614 ausgekleidet /8/. Der Mörtel wird mit Hilfe eines luftmotorbetriebenen Schleuderrades an die Rohrwandung angeschleudert und anschließend auf einer Drehstation mit definierten Drehzahlen geglättet und verdichtet. Die Rotationsgeschwindigkeit der Rohre ist dabei so bemessen, daß bei maximaler Verdichtung ein homogenes Gefüge der Rohrauskleidung ohne die Anreicherungen von Feinkorn an der Rohrinnenfläche sichergestellt ist (Abb. 4).

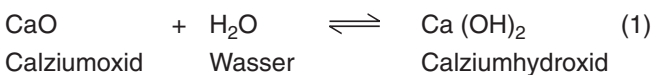


**Abb. 4:** Gefüge der Zementmörtelauskleidung nach Verfahren II der DIN 2614

Für die Herstellung des Zementmörtels werden standardmäßig Portlandzement (PZ 45 F), feuergetrockneter Quarzsand und Trinkwasser eingesetzt. Zur Auskleidung wurde ein Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis von 1 : 1 und ein Wasser/Zement-Wert von 0.34 eingestellt. Die hier untersuchten Rohrabschnitte wurden im verschlossenen Zustand 28 Tage gelagert.

### 3.4 Das Versuchsmedium

Für die Untersuchungen wurden drei Vergleichswässer unterschiedlicher Härte und Sättigungsindices ausgewählt. Bei der Betrachtung von Wechselwirkungen zwischen Zementmörtelauskleidungen und Trinkwasser ist das Calcium mit seinen Verbindungen von größter Bedeutung. Das Calciumoxid ist mit einem Gehalt von 60 – 70 % Hauptbestandteil eines Portlandzementes. Der Zementmörtel bietet bei einer Mischung aus chemisch inertem Quarzsand und Zement das Calciumoxid als Hydroxid im Porenwasser gelöst dem Trinkwasser als reaktive Komponente an (Gl. 1).



Mediumseitig gilt das Interesse vorrangig der Kohlensäure und ihren Anionen. Hier ist die Kohlensäure Reaktionspartner des Calciums, beispielsweise bei der Rißheilung oder der zur Deckschichtbildung und pH-Reduzierung erforderlichen Carbonatisierung der Auskleidungsfläche. In den folgenden Untersuchungen haben daher in Übereinstimmung mit den Angaben der DIN 38404 – Teil 10 die Konzentrationsänderungen von Calcium und Hydrogencarbonat/Carbonat ( $K_{S4,3}$ ) im Prüfwasser einen besonderen Stellenwert /9/. Die folgende Tabelle liefert einen Überblick der für Zementmörtelauskleidungen

signifikanten Wasserparameter. Beim Versuchswasser I handelt es sich um ein hartes Wasser, das sich mit einem Sättigungsindex von 0.1 annähernd im Kalk-Kohlensäuregleichgewicht befindet. Versuchswasser II ist ein weiches Wasser mit einem Sättigungsindex von 0.4. Wasser III ist ein extrem weiches Wasser, das aufgrund seines negativen Sättigungsindex von – 1.29 als kalklösend einzustufen ist.

**Tab. 3:** Ausgangsparameter der untersuchten Wässer

Parameter	Wasser I	Wasser II	Wasser III
pH (20 °C)	7.1	8.4	8.0
$K_{S4,3}$ (mmol/l)	4.9	1.5	0.4
Ca (mg/l)	144.0	36.0	8.0
Mg (mg/l)	19.2	4.6	2.4
pH <sub>Gl</sub> (20 °C)	7.0	8.0	9.3
SI	+ 0.1	+ 0.4	– 1.3

### 3.5 Versuchsdurchführung

Die Untersuchung der Wechselwirkungen von Trinkwasser und Rohrauskleidung erfolgen in Anlehnung an eine von Künzler und Schwenk 1986 publizierte Methodik /10/. Künzler und Schwenk berichteten über Auslagerungsversuche von Mörtelprismen in gerührtem Trinkwasser. Das Wasser wurde in diesen Untersuchungen nach jeweils 3.5 tägiger Kontaktzeit erneuert. Die Vorgehensweise war abgestimmt auf die Situation in einem gut durchflossenen Leitungsnetz.

Die hier vorgestellten Untersuchungen hingegen erfolgen an zementmörtelausgekleideten Rohrsegmenten in einem geschlossenen System. Im Gegensatz zu den Untersuchungen von Künzler und Schwenk werden hier aufgrund der längeren Kontaktzeiten zwischen Wasser und Auskleidung die Verhältnisse in Stichleitungen mit geringen Durchflußraten oder langen Transportleitungen berücksichtigt.

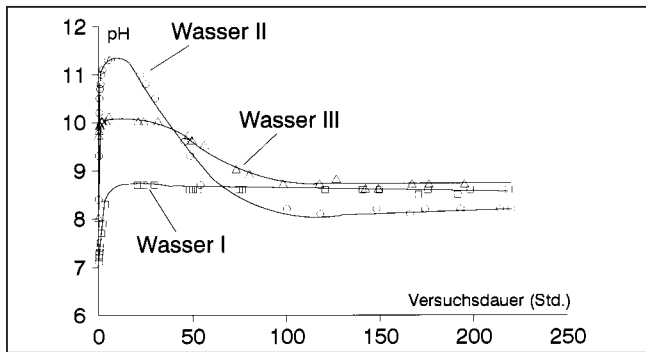
Zur Simulation der Inbetriebnahme neuerlegter oder sanierter Rohrleitungen wurde ein 1 m langes mit Zementmörtel ausgekleidetes Rohr DN 100 in den Versuchsstand eingebaut. Die Schichtdicke des Mörtels betrug 5 mm. Der gesamte Versuchsstand wurde vor Versuchsbeginn desinfiziert, entkalkt, mehrmals mit Siegener Stadtwasser und abschließend einmal mit dem jeweiligen Versuchswasser gespült. Nach erneutem Befüllen wurde ohne weiteren Wasserwechsel während der 8 tägigen Versuchsdauer Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert kontinuierlich überwacht und in unterschiedlichen Zeitabständen die Bestimmung der Magnesium-, Calcium- und Hydrogencarbonatkonzentration im Prüfstandwasser vorgenommen.

In diesem Zeitraum, dies zeigen frühere Untersuchungen, sind die Wechselwirkungen zwischen Auskleidung und Trinkwasser unter Prüfstandbedingungen nahezu abgeschlossen /11/. Entsprechend der geforderten Übertragbarkeit der Prüfstandergebnisse auf Praxisverhältnisse wurde eine Temperatur von 10 °C und ein Durchfluß von 400 l/min vorgegeben.

## 4. Versuchsergebnisse und Diskussion

Mit Blick auf die Alkalisierung war der Einsatz der unterschiedlichen Wässer für einen ersten Vergleich der Laborergebnisse mit den Erfahrungen der Praxis äußerst aufschlußreich. Tatsächlich konnten die zu erwartenden

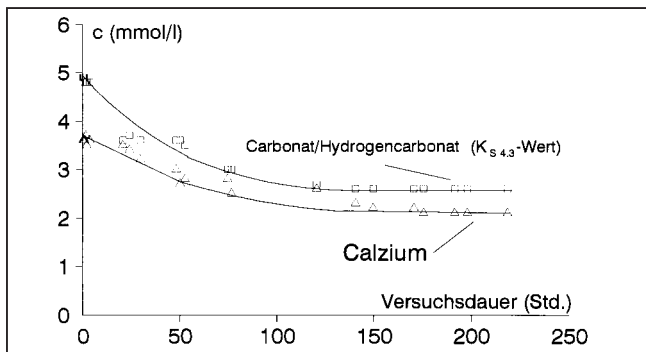
Unterschiede im pH-Verlauf der Prüfwässer nachgewiesen werden (Abb. 5).



**Abb. 5:** Verlauf des pH-Wertes bei der Simulation der Inbetriebnahme einer Rohrleitung (Bed.:  $T$  10 °C; Durchfluß 400 l/min; Alter der Auskleidung 28 Tage)

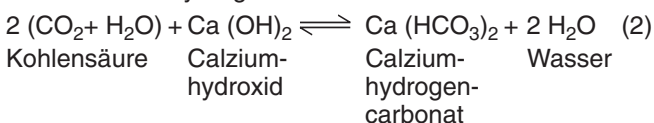
So stieg der pH-Wert im Falle des harten Wassers auf Werte um pH 8,8, während beim weicheren Wasser II immerhin pH-Werte um 11,3 gemessen wurden. Das extrem weiche Wasser III lieferte jedoch ein etwas niedrigeres Maximum mit einem pH-Wert von 10. Nach etwa 100 Stunden wurden im Prüfstand für alle Wasser konstante Werte im Bereich von pH 8,1 bis 8,8 ermittelt.

In gleicher Weise wurden für die verschiedenen Wässer am Ende der Messungen nahezu konstante Werte für die Calcium- und Hydrogencarbonat/Carbonatkonzentrationen beobachtet. Im Falle des harten Wassers I wurde eine stetige Abnahme an Hydrogencarbonat/Carbonat und Calcium registriert (Abb. 6). Die Konzentrationsänderungen erfolgen in einem Verhältnis von etwa 1 : 1.

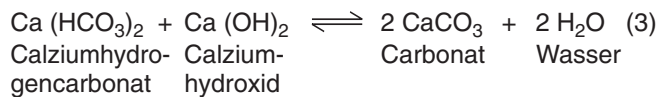


**Abb. 6:** Verlauf der Calcium- und Hydrogencarbonat/Carbonatkonzentration in Wasser I (Bed.:  $T$  10 °C; Durchfluß 400 l/min; Alter der Auskleidung 28 Tage)

Offensichtlich lagerte sich während der Messung im Prüfstand Calciumcarbonat an. Das harte Wasser hat zwei Möglichkeiten auf das Calciumhydroxid des Zementmörtels und damit die pH-Werterhöhung zu reagieren. Durch Reaktion der gelösten Kohlensäureanteile des Wassers mit dem Calciumhydroxid entsteht wasserlösliches Calciumhydrogencarbonat:

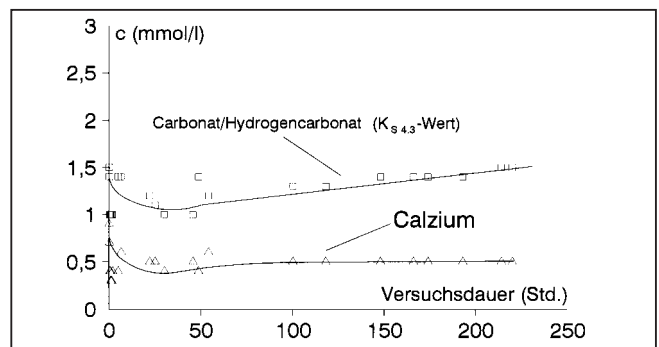


Das Calciumhydroxid kann jedoch auch mit Calciumhydrogencarbonat zum Calciumcarbonat umgesetzt werden:



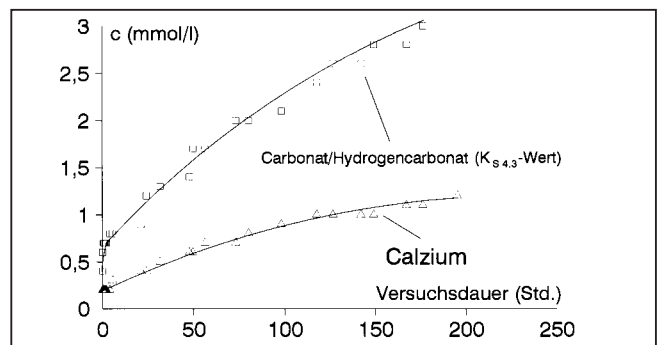
Die Calciumhydrogencarbonatbildung und damit die Aufhärtung des Wassers sowie die Carbonatbildung stellen Regelmechanismen des Trinkwassers dar, die einer Erhöhung des pH-Wertes entgegenwirken. Mit zunehmendem pH-Wert steigt der Carbonatgehalt des Wassers. Die Löslichkeitsprodukte der Calciumcarbonatmodifikationen Calcit und Aragonit werden dabei überschritten. Es kommt zur Bildung von Kalkablagerungen. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, daß die Calcit- bzw. Aragonitbildung nicht nur im Prüfstandwasser, sondern auch auf der Auskleidungsfläche einsetzt und so durch Deckschichtbildung der Austritt alkalischer Bestandteile des Zementmörtels reduziert wird.

Wasser II kann das freigesetzte Calciumhydroxid mangels gelöster Kohlensäure nur entsprechend Gleichung 3 neutralisieren. Diese Reaktion setzt offensichtlich mit einer zeitlichen Verzögerung ein. So wird erst nach Erreichen eines pH-Wertes um 11,3 und die damit verbundene Übersättigung des Prüfstandwassers an Carbonat eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit der Carbonatfällung erzielt, die letztlich eine Reduktion des pH-Wertes auf 8,2 ermöglicht (vergl. Abb. 5 und 7).

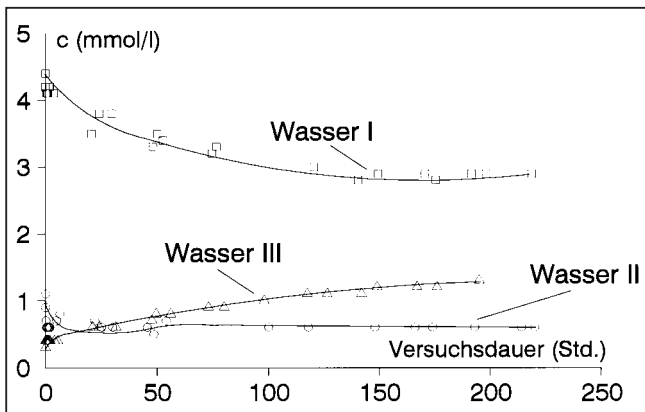


**Abb. 7:** Verlauf von Calcium- und Hydrogencarbonat/Carbonatkonzentration in Wasser II (Bed.:  $T$  10 °C; Durchfluß 400 l/min; Alter der Auskleidung 28 Tage)

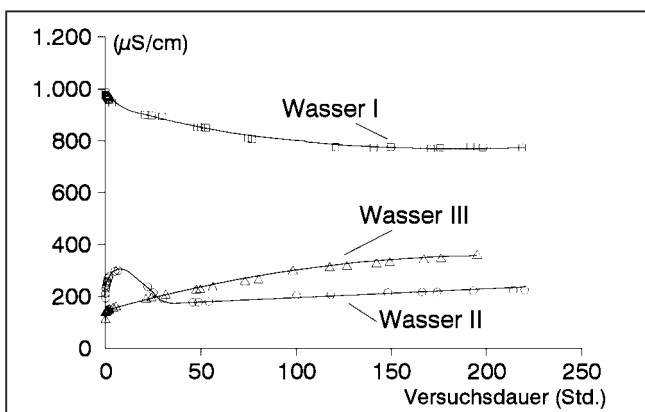
Im Falle des extrem weichen Wassers mit negativem Sättigungsindex wird erwartungsgemäß eine kontinuierliche Zunahme an Calcium und Hydrogencarbonat/Carbonat beobachtet (Abb. 8). Die Konzentrationszunahme erfolgt in einem Verhältnis von 1:2, so daß anzunehmen ist, daß der sich lösende Calciumanteil als Calciumhydrogencarbonat vorliegt.



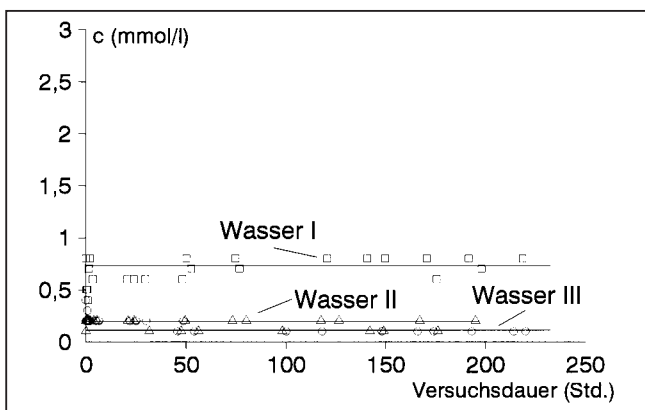
**Abb. 8:** Verlauf von Calcium- und Hydrogencarbonat/Carbonatkonzentration in Wasser III (Bed.:  $T$  10 °C; Durchfluß 400 l/min; Alter der Auskleidung 28 Tage)



**Abb. 9:** Gesamthärteverlauf bei der Simulation der Inbetriebnahme einer Rohrleitung (Bed.:  $T\ 10\ ^\circ\text{C}$ ; Durchfluß  $400\ \text{l/min}$ ; Alter der Auskleidung 28 Tage)



**Abb. 10:** Leitfähigkeitsverlauf bei der Simulation der Inbetriebnahme einer Rohrleitung (Bed.:  $T\ 10\ ^\circ\text{C}$ ; Durchfluß  $400\ \text{l/min}$ ; Alter der Auskleidung 28 Tage)



**Abb. 11:** Verlauf der Magnesiumkonzentration bei der Simulation der Inbetriebnahme einer Rohrleitung (Bed.:  $T\ 10\ ^\circ\text{C}$ ; Durchfluß  $400\ \text{l/min}$ ; Alter der Auskleidung 28 Tage)

Das Fehlen der für Wasser I und II typischen Konzentrationsabnahme von Calcium und Hydrogencarbonat/Carbonat während der pH-Wert-Erhöhung ist im Falle des Wassers III vermutlich auch auf den Phosphatgehalt von  $2.63\ \text{mg/l}$  zurückzuführen. Phosphate bilden im Wasser ein eigenes Puffersystem und sind in der Lage die zur Neutralisation erforderliche Calciumcarbonatbildung zu

inhibieren /12/. So wird vermutlich auch das im Vergleich zu Wasser II niedrigere pH-Wert-Maximum und die verzögerte pH-Wert-Abnahme erklärbar. Die Wirkung der Phosphate soll in weiteren Versuchsreihen noch genauer untersucht werden.

Die zusätzlich registrierten Verläufe der Summenparameter Gesamthärte und Leitfähigkeit entsprechen den ermittelten Konzentrationsverläufen der Einzelkomponenten (Abb. 9 und 10). Der Gesamthärteverlauf wird lediglich durch die Änderungen der Calciumkonzentration beeinflusst. Der Gehalt an Magnesium im Prüfwasser änderte sich im Verlauf dieser Untersuchungen nicht (Abb. 11). Die Leitfähigkeit wird überwiegend durch die Konzentrationsänderungen von Calcium und Hydrogencarbonat/Carbonat bestimmt. Die deutlicheren pH-Wert-Schwankungen haben nur einen vergleichsweise geringen Einfluß auf die Leitfähigkeit der Prüfwässer. Lediglich im Falle des Wassers II wurde aufgrund des hohen pH-Wertes ein Maximum der Leitfähigkeit in den ersten 24 Stunden beobachtet.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, daß mit Hilfe des beschriebenen Versuchsstandes die Inbetriebnahmephase einer Rohrleitung unter den Bedingungen der Praxis simuliert werden kann. Die in der Vergangenheit häufig diskutierte Alkalisierung sehr weicher und kohlenensäurearmer Wässer sowie die in diesem Zusammenhang beschriebenen Wechselwirkungen von Rohrauskleidung und Trinkwasser ließen sich mit den entsprechenden analytischen Verfahren auch unter den Prüfstandbedingungen nachweisen.

Unter Einsatz des harten Wassers konnte die Ursache für die Bildung der Calcit- und Aragonitablagerungen während und auch nach der Inbetriebnahme simuliert werden, die in der Praxis Feinstfilteranlagen von Hausinstallationen verstopfen können. Solche Feinstfilteranlagen sind bislang relativ selten anzutreffen, so daß diese Ablagerungen in der Vergangenheit wenig Beachtung fanden. Auch die im Vergleich zum weichen Wasser nur sehr kurzen Zeiträume in denen bei harten Wässern nach der Inbetriebnahme pH-Wert-Erhöhungen und damit Kalkablagerungen auftreten können, unterstützen das Dasein dieser Schadensform als wenig beachtete Randerscheinung.

## 5. Konsequenzen für den Rohrnetzbetreiber

Die hier beschriebenen Untersuchungen sind Teil eines umfassenden Versuchsprogramms zur Klärung der Wechselwirkungen zwischen Trinkwasser und Zementmörtelauskleidungen während und nach der Inbetriebnahme von neuverlegten oder mit Zementmörtel sanierten Rohrleitungen /13/. Im Rahmen dieser Untersuchungen sollen Lösungsmöglichkeiten gefunden werden, der hier beschriebenen pH-Wert-Erhöhung während der Inbetriebnahme durch eine gezielte Auswahl der Werkstoffe oder produktionstechnischen Maßnahmen zu begegnen. Die vorgestellten Resultate zeigen in Übereinstimmung mit den Praxiserfahrungen, daß zwischen den Zementmörtelauskleidungen und Trinkwasser noch deutliche Wechselwirkungen bestehen, während die registrierten Trinkwasserparameter längst innerhalb der durch die TrinkwV zugelassenen Grenzwerte liegen.

Eine sanierte oder neuverlegte Rohrleitung sollte im Idealfall erst dann ans Netz gehen, wenn die Reaktionen zwischen Wasser und Zementmörtelauskleidung vollständig abgeschlossen sind. Eine allgemeingültige Festlegung für

diese Zeiträume ist in der Praxis schwierig, weil viele Faktoren zu berücksichtigen sind. Dazu gehören vor allem Parameter, die einen signifikanten Einfluß auf die Carbonatisierungsgeschwindigkeit der Zementmörteloberfläche besitzen, wie beispielsweise die Wasserzusammensetzung, Wassertemperatur oder Durchflußgeschwindigkeit.

In einem verzweigten Netz hat die geschilderte Wirkung der weichen, wie auch der harten Wässer sicher einen anderen Stellenwert als in Stichelungen mit einer geringen Zahl von Endverbrauchern. Bei ungünstigen Rohrquerschnitten resultieren daraus für das Trinkwasser lange Verweilzeiten mit geringen Durchflußgeschwindigkeiten. Solche Bedingungen sollten jedoch laut DVGW-Arbeitsblatt W 403 auf Ausnahmen beschränkt bleiben. Das Arbeitsblatt bezieht sich dabei auf die Gefahr einer möglichen Verkeimung des Wassers /14/. Diese Empfehlung läßt sich jedoch in gleicher Weise auf die hier beschriebene pH-Wert-Erhöhung übertragen.

Eine kontinuierliche pH-Kontrolle könnte bei der Inbetriebnahme den Zeitpunkt indizieren, an dem die Wechselwirkungen zwischen Zementmörtelauskleidung und Trinkwasser abgeschlossen sind. In diesem Falle müßten am Anfang und Ende der Leitung gleiche pH-Werte registriert werden. Eine solche Vorgehensweise ist jedoch in der Praxis nicht zu realisieren. Die Leitungsabschnitte werden üblicherweise ans Netz gegeben, wenn die Wasserparameter im Rahmen der TrinkwV liegen. Der damit verbundene Zeitgewinn ist bezeichnend für die heute übliche Terminplanung bei der Errichtung bzw. Erweiterung vorhandener Versorgungsnetze. Die projektbezogene Beschaffung der Rohre erlaubt bei sorgfältiger Planung von Lieferzeit und Verlegebeginn deutliche Kosteneinsparungen durch die reduzierten Lagerkapazitäten. Mit dem gleichen Ziel versucht der Rohhersteller Fertigungs- und Liefertermine aufeinander abzustimmen. Die Konsequenz ist eine drastische Verkürzung der Zeiträume zwischen Fertigung der Rohre und Inbetriebnahme der neuverlegten Leitungsabschnitte. Eine ähnliche Terminalsituation gilt natürlich auch für den Rohrsanierer.

In früheren Untersuchungen konnte bereits nachgewiesen werden, daß durch die Alterung des Zementmörtels die Wechselwirkungen zwischen Auskleidung und Trinkwasser deutlich reduziert werden /11/. Eine langfristige Planung und die Bereitstellung geeigneter Lagerflächen könnten die hier beschriebene pH-Wert-Erhöhung bei der Inbetriebnahme verhindern. Diese Vorgehensweise kann unter Umständen auf den Einzelfall beschränkt bleiben, da sicher nicht in jedem Projekt Stichelungen mit geringen Durchflußraten und ungünstiger Wasserbeschaffenheit zu berücksichtigen sind.

Unabhängig von den planerischen Aspekten kennt das DVGW-Arbeitsblatt W 346 bei weichen Wässern auch Maßnahmen zur Reduktion der pH-Werte während der Inbetriebnahme von neuverlegten oder sanierten Netzabschnitten /15/. Dazu zählt beispielsweise das Spülen der Leitungen mit harten Wässern oder das Begasen mit CO<sub>2</sub>. Der Erfolg einer Vorbehandlung wird jedoch im Falle weicher Wässer mit negativem Sättigungsindex in Frage gestellt. Ein Wasser, daß entgegen den Anforderungen der TrinkwV kalklösende Eigenschaften aufweist, kann die in der Vorbehandlung gebildeten Deckschichten lösen und mit zeitlicher Verzögerung die unerwünschten hohen pH-Werte annehmen.

Bei harten Wässern führt die pH-Wert-Erhöhung primär zu einer „scheinbaren“ Aufhärtung des Trinkwassers. Hier

muß kurzfristig mit Kalkablagerungen an prädestinierten Stellen wie den Feinstfilteranlagen von Hausinstallationen gerechnet werden. Dies ist beispielsweise bei der Erschließung von Gewerbegebieten zu beachten, in denen Firmen angesiedelt werden, die für ihre Produktionen auf den Einsatz solcher Feinstfilter zum Schutz der Anlagen angewiesen sind. Die Aufklärung der Betroffenen über mögliche Kalkablagerungen kann hier größere Schäden verhindern.

Grundsätzlich sollen die hier beschriebenen Wechselwirkungen nicht zu einem Verzicht auf die Zementmörtelauskleidung bei Guß- und Stahlrohren im Trinkwasserbereich Anlaß geben. Für den Trinkwasserbereich gibt es derzeit keinen vergleichbar wirksamen und langfristig betrachtet hygienischeren Korrosionsschutz. Bei der Planung von neuen Leitungsnetzen ist zukünftig eine planerische Nutzungsdauer von mind. 50 Jahren vorgesehen /16/. Die hier beschriebenen Erscheinungen beschränken sich auf Einzelfälle und sind bei Wässern entsprechend der TrinkwV auch ohne besondere Gegenmaßnahmen auf einen kurzen Zeitraum nach der Inbetriebnahme begrenzt. Diese Zeiträume stehen in keinem Verhältnis zur Lebensdauer zementmörtelausgekleideter Trinkwasserleitungen.

## 6. Literatur

1. G. Heim, M. Junker; Wasserwirtschaft 60 (1970) H. 5
2. A. Kottmann; ndz – Neue Deliwa-Zeitschrift (1972) H. 10
3. A. Näf; Gas-Wasser-Abwasser 61 (1981) 276 – 280
4. B. Heinrich, H. Hildebrand, M. Schulze, W. Schwenk; 3R international 17 (1978) 448 – 459
5. M. Schnitzler; Vom Wasser 79 (1992) 181 – 191
6. W. Schwenk; 3R international 27 (1988) 39 – 44
7. M. Völkel, B. Blachnik, W. Maurer, J. K. Reichert; gwf Wasser/Abwasser, Heft 4/1995
8. DIN 2614 „Zementmörtelauskleidungen für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke“
9. DIN 38404 – Teil 10 „Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C) Calciumcarbonatsättigung eines Wassers (C 10)“
10. R. Künzler, W. Schwenk; gwf Wasser/Abwasser 127 (1986) H. 1
11. M. Völkel; „Untersuchungen zur Beeinflussung der Trinkwasserqualität bei Verwendung zementmörtelausgekleideter Versorgungsrohre“, Dissertation, RWTH Aachen 1995
12. W. Stumm, J. J. Morgan; „Aquatic Chemistry“, John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 2nd Ed. 1981
13. H.-J. Kocks, W. Maurer, W. Zimmermann; „Cement-Mortar-Linings for Steel Water Pipes“, Proc. Europ. Conf. „Coatings and Linings for the European Water Industry“, Birmingham 1995, Session E
14. DVGW-Arbeitsblatt W 403 „Planungsregeln für Wasserleitungen und Wasserrohrnetze“
15. DVGW-Arbeitsblatt W 346 „Guß- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung – Handhabung –“
16. pr EN 805 „Wasserversorgung, Anforderungen an Wasserversorgungssysteme außerhalb von Gebäuden und Bauteile“

Sonderdruck aus:

Sichere Ver- und Entsorgung durch Rohrleitungen  
Hrsg.: Joachim Lenz, Essen: Vulkan-Verlag, 1996,  
Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau  
an der Fachhochschule Oldenburg; Bd. 10



**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



**PRO AQUA STAHLROHRE**  
*Jedem Druck gewachsen*