



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Gutachten

über die Wirkung des Wasserbehandlungsgerätes AQUA ROYAL® Rohrsanierung
im Trinkwasser

Prüfobjekt: Wasserbehandlungsgerät „AQUA ROYAL® Rohrsanierung

Das zu prüfende Gerät besteht im Wesentlichen aus einem galvanischen Element, das von einem Edelstahlgehäuse umgeben ist.

Die Anode des galvanischen Elementes ist aus reinem Magnesium, die Kathode aus Edelstahl.

Das Verfahren, das hier zur Anwendung kommt (Magnesiumopferanode, bzw. kathodischer Korrosionsschutz), ist seit über 100 Jahren bekannt und wird seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich als Korrosionsschutz in Warmwasserboilern eingesetzt.

Die Leistung des Gerätes wird durch Größe und Anordnung des galvanischen Elementes bestimmt.

Hersteller: AQUA ROYAL
Heinz & Alexander Vogel GbR
Fritz-Reichle-Ring 28
78315 Radolfzell

Ziele: Mit den Prüfungen wurden 7 Ziele verfolgt:

1. Beurteilung der Wirkung auf das Verhalten von Escheria coli Bakterien
2. Beurteilung der Wirkung auf das Verhalten von Pseudomonas aeruginosa Bakterien
3. Beurteilung der Wirkung auf den pH Wert
4. Beurteilung der Wirkung auf Kupfer-Ionen
5. Beurteilung der Wirkung auf Eisen-Ionen
6. Beurteilung der Wirkung als Kalkschutz
7. Beurteilung der Wirkung als Korrosionsschutz

Zentrale: Steinbeis GmbH & Co. für Technologietransfer
Haus der Wirtschaft, Willi-Bleicher-Straße 19, 70174 Stuttgart, Postfach 10 43 62, 70038 Stuttgart
Fon: (07 11) 18 39-5, Fax: (07 11) 2 26 10 76, Internet: www.stw.de, E-Mail: stw@stw.de
Registergericht Stuttgart, HRA 12 480 - Komplementär: Steinbeis-Verwaltungs-GmbH, Registergericht Stuttgart, HRB 18 715
Geschäftsführer: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn, Prof. Dr. Michael Auer, Prof. Dr.-Ing. Silvia Rohr
Ein Unternehmen der Steinbeis-Stiftung · Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Versuchs- aufbau:

A) Kreislaufsystem

Zur Simulation von diversen Zuständen in den Warmwasserkreisläufen der Trinkwasserinstallation von Ein- und Mehrfamilienhäusern wird ein Kreislaufsystem eingesetzt.
Dieses Kreislaufsystem soll auch den Prüfaufwand auf ein vernünftiges Maß reduzieren helfen.

Das Kreislaufsystem besteht aus folgenden Elementen:

- Edelstahlboiler, 150 Liter
- El. Zusatzheizung mit 3 KW Leistung und Temperaturregelung
- Verrohrung mit Überdruckfunktion
- Befüll- Impf- Entnahmestationen
- Umwälzpumpe
- Temperatur- und Druckanzeige
- Original AQUA ROYAL[®] Rohrsanierungsgerät 11/4“ I für die Prüfung

B) Unter atmosphärischem Druck

Um den maximalen Einfluss des Geräts auszutesten wurde der Einsatzes des AQUA ROYAL[®] Geräts in ein Gefäß mit definiertem Volumen gestellt und bei atmosphärischem Druck in der statischen Anwendung überprüft.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

ERGEBNISSE:

Thema 1:

Wirkung auf das Verhalten von Escheria coli Bakterien:

A) Kreislaufsystem

Ausgangszustand: Verkeimte wässrige Lösung (Volumen ca. 165 l) mit 10 ppm LB-Medium als Nährstoff bei 36 °C

Referenz: Blindprobe

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start
0	---	---
0,2	201	1,00
1	189	0,94
24	124	0,61
72	91	0,45

Untersuchung: Probe mit AQUA ROYAL® Rohrsanierung

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start
0	---	---
0,2	234	1,00
1	220	0,94
24	126	0,54
72	70	0,30

Ergebnis: Durch AQUA ROYAL® Rohrsanierung wird die Anzahl der E. coli Bakterien unter diesen Bedingungen deutlich verringert.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

B) Unter atmosphärischem Druck

Ausgangszustand: Stark verkeimte wässrige Lösung (Volumen 0,8 l) mit 1000 ppm LB-Medium als Nährstoff bei 36 °C. (Für die Untersuchung wird nur der Einsatz des AQUA ROYAL® Gerätes verwendet.)

Referenz: Blindprobe

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start
0	E+8	1,0
0,2	E+8	1,0
1	E+8	1,0
12	E+7	0,9

Untersuchung: Probe mit AQUA ROYAL® Rohrsanierung

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start	Gemessener pH-Wert
0	E+8	1,0	7,8
0,2	E+7	0,9	8,7
1	E+1	0,0	10,3
12	0	0,0	11,1

Ergebnis: Die Keimzahl wird durch AQUA ROYAL® Rohrsanierung so stark reduziert, dass nach wenigen Stunden keine Keime mehr feststellbar sind.
Die Ursache für die Keimreduzierung liegt in der pH-Erhöhung.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Thema 2:

Wirkung auf das Verhalten von *Pseudomonas aeruginosa* Bakterien:

A) Kreislaufsystem

Ausgangszustand: Verkeimte wässrige Lösung (Volumen ca. 165 l) mit 10 ppm LB-Medium als Nährstoff bei 20 °C

Referenz: Blindprobe

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start
0	---	---
0,2	169	1,00
1	154	0,91
24	103	0,61
72	94	0,56

Untersuchung: Probe mit AQUA ROYAL® Rohrsanierung

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start
0	---	---
0,2	153	1,00
1	138	0,90
24	80	0,52
72	63	0,41

Ergebnis: Durch AQUA ROYAL® Rohrsanierung wird die Anzahl der *Pseudomonas* Bakterien unter diesen Bedingungen deutlich verringert.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

B) Unter atmosphärischem Druck

Ausgangszustand: Stark verkeimte wässrige Lösung (Volumen 0,8 l) mit 1000 ppm LB-Medium als Nährstoff bei 20 °C. (Für die Untersuchung wird nur der Einsatz des AQUA ROYAL® Gerätes verwendet.)

Referenz: Blindprobe

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start
0	E+8	1,0
0,2	E+8	1,0
1	E+8	1,0
12	E+7	0,9

Untersuchung: Probe mit AQUA ROYAL® Rohrsanierung

Zeitpunkt der Probenentnahme nach Beimpfen [Stunden]	Keimzahl [Bakterien/ml]	Verhältnis zum Start	Gemessener pH-Wert
0	E+8	1,0	7,8
0,2	E+7	0,9	8,5
1	E+1	0,0	9,7
12	0	0,0	10,4

Ergebnis: Die Keimzahl wird durch AQUA ROYAL® Rohrsanierung so stark reduziert, dass nach wenigen Stunden keine Keime mehr feststellbar sind.
Die Ursache für die Keimreduzierung liegt in der pH-Erhöhung.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Thema 3:

Wirkung auf den pH Wert:

Ergebnisse der experimentellen Untersuchung:

- | | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------|
| - Im Gefäß mit 0,8 l Volumen | Start: | pH = 7,8 |
| | Nach 5 Tagen bei 16 °C: | pH = 11,3 |
| - Im Kreislaufsystem: | Start: | pH = 7,8 |
| | Nach 5 Tagen bei 20 °C: | pH = 9,1 |

Die Alkalisierung wirkt der sogenannten Säurekorrosion entgegen. Freie Kohlensäure wird gebunden.

Thema 4:

Wirkung auf Kupfer-Ionen:

Ergebnisse der experimentellen Untersuchung mit Kupfer-Ionen:

- Im schwach sauren bis neutralen pH-Bereich werden Kupfer-Ionen unter Reduktion und Bildung eines Kupferbelags auf der Kathode des Wasserbehandlungsgerätes mit Magnesium Opfer-Anode abgeschieden.
- Im alkalischen Bereich fallen Kupfer-Ionen unter Bildung von Kupferhydroxid aus, das unlöslich ist und sich damit einer weiteren Reaktion entzieht.

Die neue Trinkwasserverordnung von 2003 hat den Grenzwert für Kupfer von 3mg/l auf 2mg/l gesenkt. AQUA ROYAL[®] Rohrsanierung kann hier bei Kupferinstallationen eine gewisse Sicherheit bieten.

Wie aus **Thema 3** ersichtlich, erhöht AQUA ROYAL[®] Rohrsanierung den pH Wert und senkt dadurch außerdem den Austrag von Kupfer bei Trinkwasser mit pH ca. 7 oder kleiner.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Thema 5:

Wirkung auf Eisen-Ionen

Ergebnisse der experimentellen Untersuchung mit Eisen-Ionen:

- Im schwach sauren bis neutralen pH-Bereich bleiben die Eisen-Ionen in Lösung. Eisen(III)-Ionen werden an der Magnesium-Anode zu Eisen(II)-Ionen reduziert.
- Im alkalischen Bereich fallen die Eisen-Ionen unter Bildung von Eisenhydroxid aus, das unlöslich ist und sich damit einer weiteren Reaktion entzieht.

Erhöhte Konzentrationen von Eisen sind im Trinkwasser aus ästhetischen Gründen unerwünscht. Sie können zu geschmacklichen Beeinträchtigungen führen, wenn 0,3 mg/l überschritten werden.

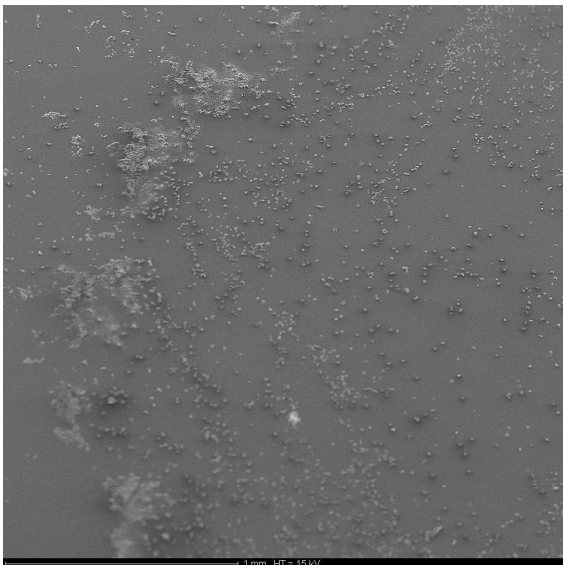
AQUA ROYAL[®] Rohrsanierung kann hier Abhilfe schaffen.

Thema 6:

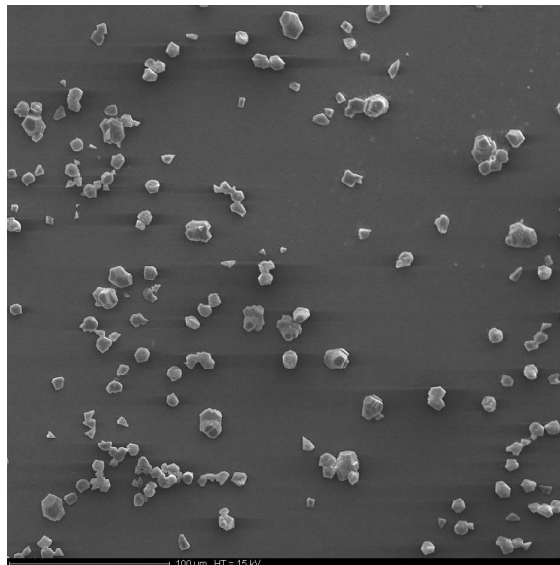
Wirkung als Kalkschutz

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen bezügl. Kristallstruktur unter atmosphärischem Druck

- Referenz



Übersicht (70:1)



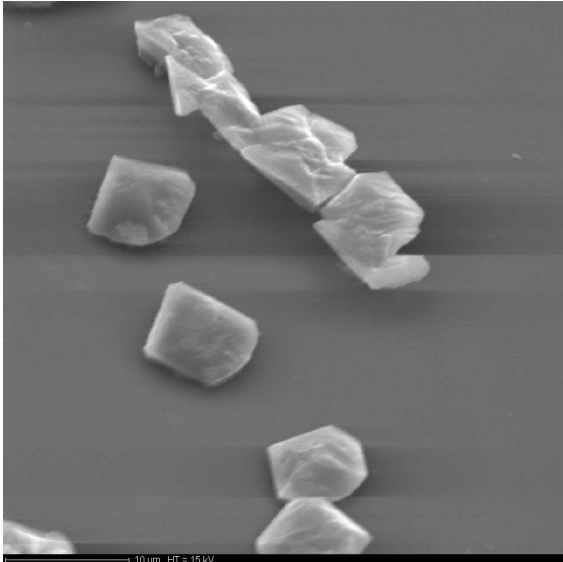
vergrößertes Fenster 1 (450:1)

Zentrale: Steinbeis GmbH & Co. für Technologietransfer
Haus der Wirtschaft, Willi-Bleicher-Straße 19, 70174 Stuttgart, Postfach 10 43 62, 70038 Stuttgart
Fon: (07 11) 18 39-5, Fax: (07 11) 2 26 10 76, Internet: www.stw.de, E-Mail: stw@stw.de
Registergericht Stuttgart, HRA 12 480 - Komplementär: Steinbeis-Verwaltungs-GmbH, Registergericht Stuttgart, HRB 18 715
Geschäftsführer: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn, Prof. Dr. Michael Auer, Prof. Dr.-Ing. Silvia Rohr
Ein Unternehmen der Steinbeis-Stiftung · Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn

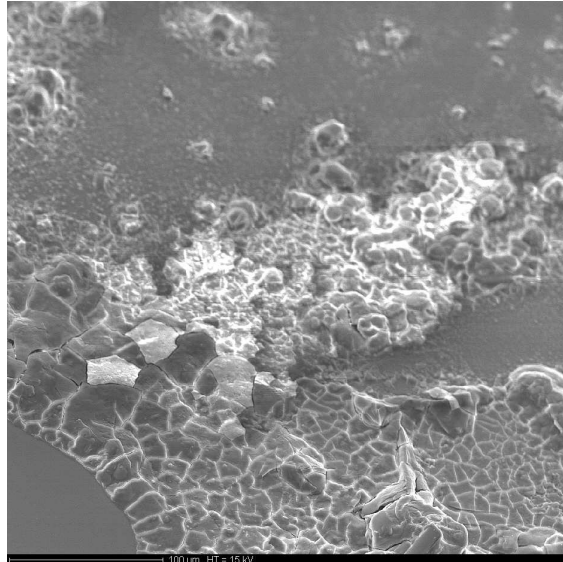


STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

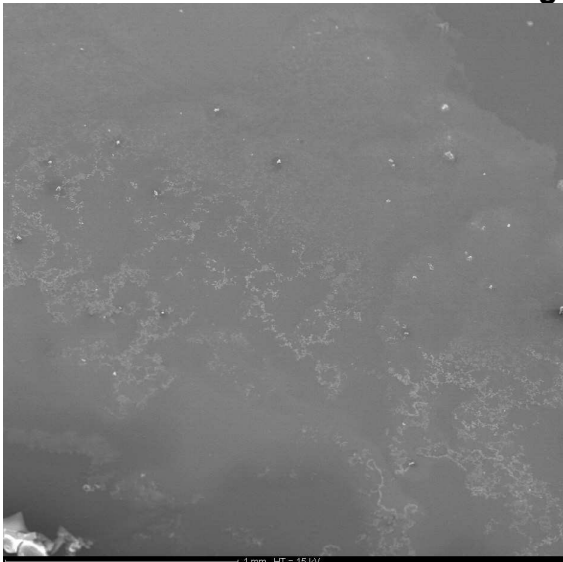


vergrößertes Fenster 2 (3600:1)

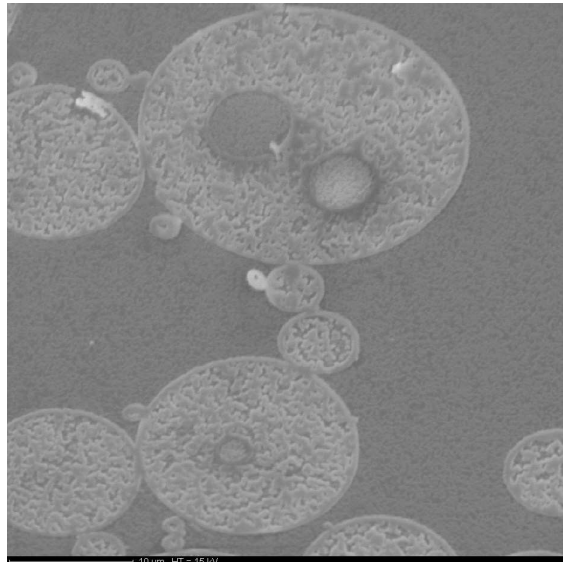


vergrößertes Fenster 3 (450:1)

- AQUA ROYAL® Rohrsanierung



Übersicht (70:1)



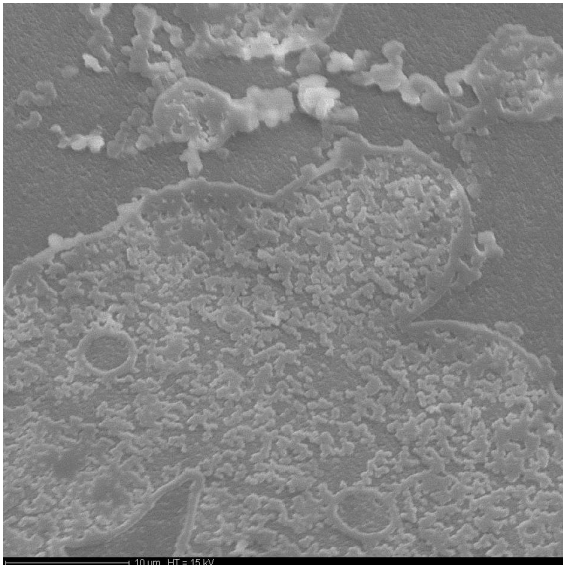
vergrößertes Fenster 1 (3600:1)

Zentrale: Steinbeis GmbH & Co. für Technologietransfer
Haus der Wirtschaft, Willi-Bleicher-Straße 19, 70174 Stuttgart, Postfach 10 43 62, 70038 Stuttgart
Fon: (07 11) 18 39-5, Fax: (07 11) 2 26 10 76, Internet: www.stw.de, E-Mail: stw@stw.de
Registergericht Stuttgart, HRA 12 480 - Komplementär: Steinbeis-Verwaltungs-GmbH, Registergericht Stuttgart, HRB 18 715
Geschäftsführer: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn, Prof. Dr. Michael Auer, Prof. Dr.-Ing. Silvia Rohr
Ein Unternehmen der Steinbeis-Stiftung · Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn

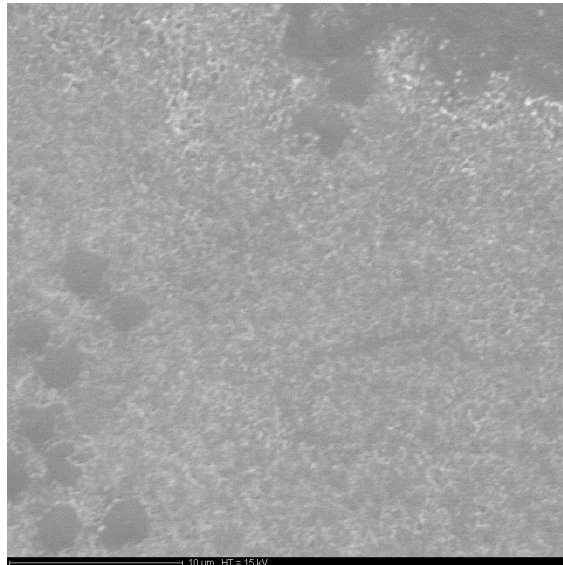


STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255



vergrößertes Fenster 2 (3600:1)



vergrößertes Fenster 3 (5000:1)

Ergebnis: Bei AQUA ROYAL® Rohrsanierung werden die typischen „harten“ Kalkstrukturen nicht mehr beobachtet.

Dieses Ergebnis kann wie folgt erklärt werden:

Durch die Magnesium Opfer-Anode werden Impfkristalle gebildet. Diese führen über eine homogene Keimbildung zur Ausfällung von stark verändertem Wasserstein, der keine, bzw. nur noch eine sehr geringe Haftung aufweist. Am Boden des Warmwasserboilers setzen sich zum Teil (bei geringer Strömung) kleine krümelige lose Teile von diesem Material ab.

Parallel dazu wird ein Teil des im Wasser gelösten Kalks in Dolomit überführt.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Thema 7:

Wirkung als Korrosionsschutz:

Hier können durch den Einsatz von **AQUA ROYAL® Rohrsanierung** gleich mehrere Punkte angeführt werden, die Korrosion reduzieren helfen:

- **Alkalisierung allgemein**
Die Alkalisierung wirkt der sogenannten Säurekorrosion entgegen. Freie Kohlensäure wird gebunden. Kohlensäure ist einer der wichtigsten Gründe für Korrosion.
- **Alkalisierung speziell bei Kupfer unter pH 7**
Speziell bei Kupferinstallationen wird ebenfalls durch die Alkalisierung im sauren pH Bereich einer Korrosion entgegengewirkt.
- **Minimierung von Sauerstoffkorrosion**
AQUA ROYAL® Rohrsanierung erzeugt durch das galvanische Element in der ersten Reaktion Magnesiumhydroxyd und Wasserstoff.
Der Wasserstoff bindet freien Sauerstoff und minimiert dadurch Sauerstoffkorrosion.
- **Reduktion mikrobiologisch induzierter Korrosion**
Die Versuche zu **Thema 1** und **Thema 2** zeigen, dass AQUA ROYAL® Rohrsanierung mikrobielle Belastungen in wasserführenden Systemen reduziert. Dies hat zur Folge, dass eine mikrobiologisch induzierte Korrosion in vergleichbarem Maße zurückgesetzt wird.

Mikrobiologisch induzierte Korrosion (MIC) wird heute als eine der Hauptursachen für Korrosion in Leitungssystemen betrachtet. (Nachzulesen in der Korrosionsschadenkunde vom Springer-Verlag, ISBN 3-540-63377-4)
Diese Korrosionsform gefährdet nahezu alle Werkstoffe (Metalle, organische Stoffe, Glas, Keramik) im Temperaturbereich von -5°C bis 115°C und im pH Wert Bereich von 0,5 bis 12.



STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM TECHNISCHE CHEMIE

Leiter: DR. DIPL. CHEM. ULRICH SCHEKULIN
Hans-Böckler-Straße 14, D-72770 Reutlingen
Tel 07121 – 565230 Fax 07121 – 565255

Zusammenfassung

Dem Verfahren **AQUA ROYAL® Rohrsanierung** liegt ein einfaches und natürliches Prinzip zugrunde, mit vielseitigen Einsatzmöglichkeiten, die aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet werden können. Es ist erstaunlich, dass mit dem einfachen Erdalkalimetall Magnesium gleich so viele hervorragende Wirkungen erzielt werden.

In der alten Trinkwasserverordnung wird der Grenzwert für Magnesium mit 50mg/l angegeben. Dieser Wert wurde jedoch nur wegen einer möglichen geschmacklichen Beeinträchtigung festgelegt.

Die Abgabemenge von Magnesium, beim Einsatz als Opferanode, in das Trinkwasser wird gesundheitlich als ohne Bedeutung eingestuft. Der Einsatz von Magnesium-Opferanoden ist in allen technisch erforderlichen Fällen ohne Beeinträchtigung der Trinkwassergüte durchführbar. (Nachzulesen in *Die Trinkwasserverordnung* Einführung und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, 3. Auflage 1991)

Da keine Hinweise für die weitere Beibehaltung des Grenzwertes aus gesundheitlicher Sicht vorlagen, wurde dieser **in der neuen Trinkwasserverordnung** von 2003 gestrichen.

Der Einsatz von Magnesium als Opferanode ist weiterhin erlaubt. Andere Materialien als Magnesium sind nicht erlaubt.

„Zweck der neuen Trinkwasserverordnung ist es, die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Trinkwasser ergeben, durch Gewährleistung einer jederzeitigen Genusstauglichkeit und Reinheit zu schützen.“

Um dieses Konzept umzusetzen werden auch die Eigentümer mehr als bisher in die Verantwortung genommen.

Die hygienische Verantwortung für kaltes und warmes Trinkwasser liegt bei dem Eigentümer.

AQUA ROYAL® Rohrsanierung kann gerade hier (siehe Thema 1 und Thema 2) besondere Hilfestellung geben.

Reutlingen, den 26. April 2004

Dr. Dipl. Chem. Ulrich Schekulin

Zentrale: Steinbeis GmbH & Co. für Technologietransfer
Haus der Wirtschaft, Willi-Bleicher-Straße 19, 70174 Stuttgart, Postfach 10 43 62, 70038 Stuttgart
Fon: (07 11) 18 39-5, Fax: (07 11) 2 26 10 76, Internet: www.stw.de, E-Mail: stw@stw.de
Registergericht Stuttgart, HRA 12 480 - Komplementär: Steinbeis-Verwaltungs-GmbH, Registergericht Stuttgart, HRB 18 715
Geschäftsführer: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn, Prof. Dr. Michael Auer, Prof. Dr.-Ing. Silvia Rohr
Ein Unternehmen der Steinbeis-Stiftung · Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr. Dr. h. c. Johann Löhn