

**Plattform Wasser Burgenland  
Österreichische Vereinigung für das  
Gas- und Wasserfach**



**Infotag Wasser 2010**

**Deutsch Kaltenbrunn, 18.11.2010**

**Aggressivität und Korrosion**



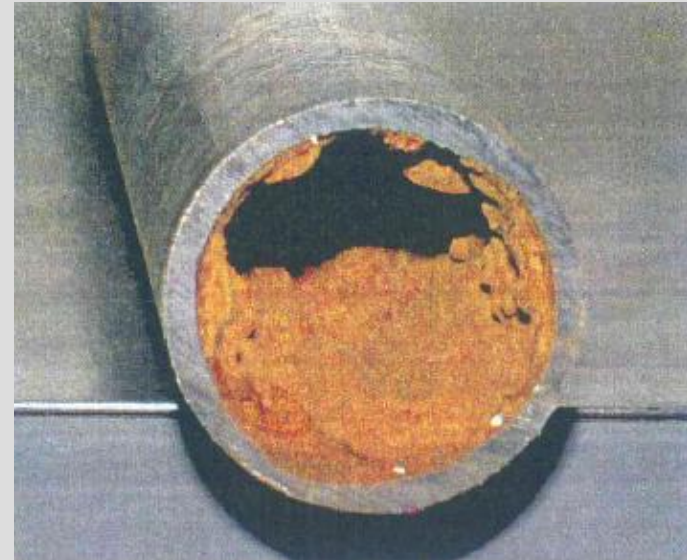
**Dr. Eckart Hitsch**

# Überblick

- Aktualität des Themas?**
- Rechtslage**
- Aggressivität**
  - Kalk- Kohlensäure- Gleichgewicht**
  - Angriff auf Betonwerkstoffe**
  - Behälterreinigung**
- Korrosion**
  - Treibende Kraft des Korrosionsvorganges**
  - Sauerstoffkorrosion**
  - Mikrobiologisch induzierte Korrosion**
- Kunststoffe**
  - Versprödung**
  - Bewuchs, Geruchs- und Geschmackprobleme**
- Aktivitäten der Codexkommission und die Folgen**
- Empfehlungen an die Wasserversorger**

# Aktualität des Themas Korrosion?

- Im Frühjahr 2010 wird das WVU einer Stadt in Westösterreich mit Schadenersatzforderungen konfrontiert, weil in einer Hausinstallation Korrosionsschaden aufgetreten ist

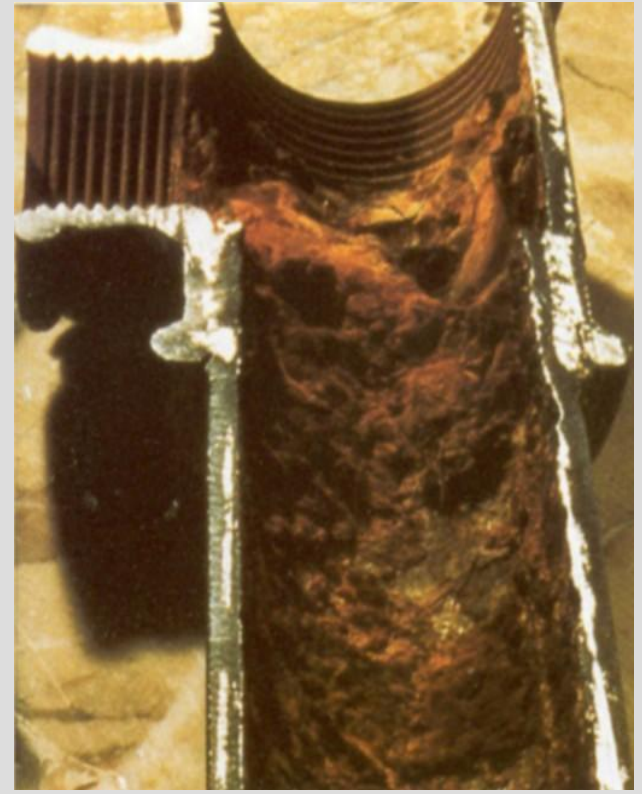


- Ähnlicher Fall vor einigen Jahren in Kärnten

# Was tun?

- Stimmt die Aussage?
- Wenn ja, wird eine Lawine von Forderungen ausgelöst?
- Wenn nein, wie wehrt man sich?
- Es werden zwei härtere Grundwässer mit einem weichen Quellwasser zentral, aber in wechselnden Verhältnissen gemischt
- Nach den bisherigen Betriebserfahrungen ist das Wasser korrosionschemisch gesehen eher gutartig
- Es sind Optimierungen des Betriebsablaufes geplant, werden dadurch die korrosionschemischen Eigenschaften des Wassers verändert?
- Es muß geklärt werden, wie sich das Wasser korrosionschemisch verhält!
- Wie geht das?

# Aktueller Anlaß:



**In vielen Gebieten Österreichs gehört das Rostwasser im Waschbecken zum Tagesgeschehen**

# Rechtslage:

- **Trinkwasserverordnung 2001:**
- **Indikatorparameterwerte:**
  - Färbung, Geruch, Geschmack: Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung
  - Wasserstoffionenkonzentration (pH- Wert): 6,5 - 9,5  
„Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken“
  - Leitfähigkeit: 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Chlorid: 200 mg/l, Sulfat: 250 mg/l:  
das Wasser sollte nicht korrosiv wirken
- **Im Codex- Kapitel B1 Trinkwasser: bei Chlorid und Sulfat folgender Zusatz:**
  - Ab einer Konzentration von 100 mg/l kann es unter Umständen bei metallischen Werkstoffen zu Korrosionen kommen

# Indikatorparameterwerte

- **TWV 2001 idgF: §3 (1) 2.:**  
Die in Anhang I Teil C definierten Anforderungen für Indikatorparameter gelten für Überwachungszwecke. Bei Nichteinhaltung der Werte oder Spezifikationen ist den in Anhang I Teil C angeführten Verpflichtungen nachzukommen.
- **Anhang I, Teil C:**  
Werte von Indikatorparametern stellen Konzentrationen an Inhaltsstoffen, Mikroorganismen oder Strahlenaktivitäten dar, bei deren Überschreitung die Ursache zu prüfen und festzustellen ist, ob bzw. welche Maßnahmen zur Aufrechterhaltung einer einwandfreien Wasserqualität erforderlich sind.  
Natürliche Gehalte sind, auch wenn sie weit unter dem jeweiligen Wert liegen, vor unerwünschten Veränderungen zu schützen.

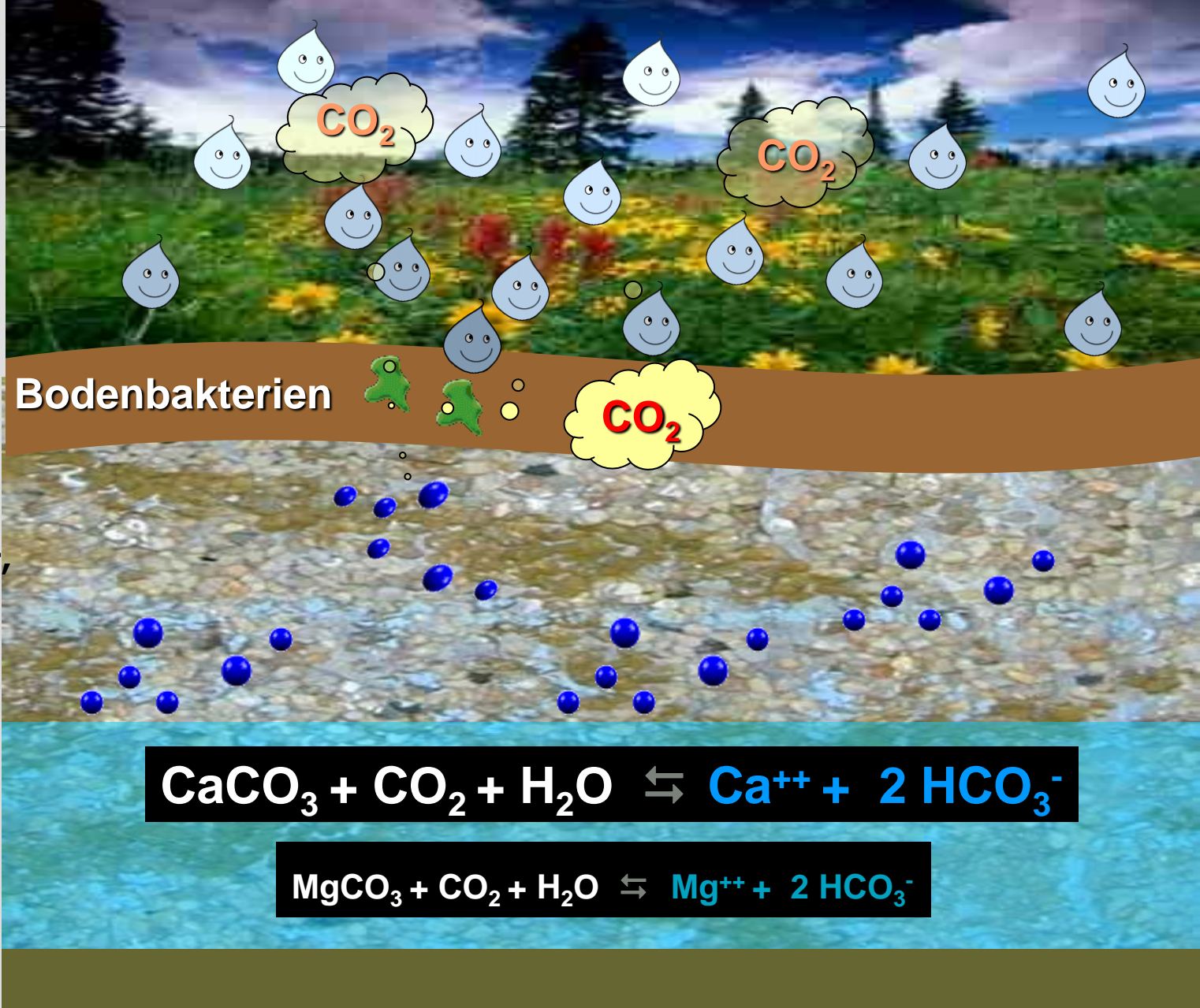
# Wer ist für die Maßnahmen verantwortlich?

- Alte Forderung aus dem Codex B1:  
Das Leitungsmaterial soll an das Wasser  
angepaßt werden, und nicht das Wasser an das  
Leitungsmaterial.
- Planer, Installateur sollen wassergerechtes  
Material verwenden
- Zur Zeit wird das Thema in Österreich oft nicht  
einmal ignoriert
- Schadenersatzforderungen von geschädigten  
Kunden wecken das Interesse
- Was wissen die Wasserversorger über die  
korrosiven Eigenschaften ihres Wassers?



# Aggressivität

- Eigenschaft eines Wassers, aufgrund von gelöster, überschüssiger, freier Kohlensäure Kalzium- und Magnesiumkarbonate anzugreifen und aufzulösen.**
- Aufgelöst werden vor allem:**
  - Im Boden: Kalk  
Magnesit
  - Im Wasser: Calcit
  - Bauteile aus: Beton  
Asbestzement
- Grundlage: Kalk – Kohlensäure – Gleichgewicht**



Humusschicht

Bodenbakterien

Grundwasserleiter,  
ungesättigt

Grundwasser

GW-Stauer



# Bewertungskriterium für Aggressivität

## Calcitlösekapazität:

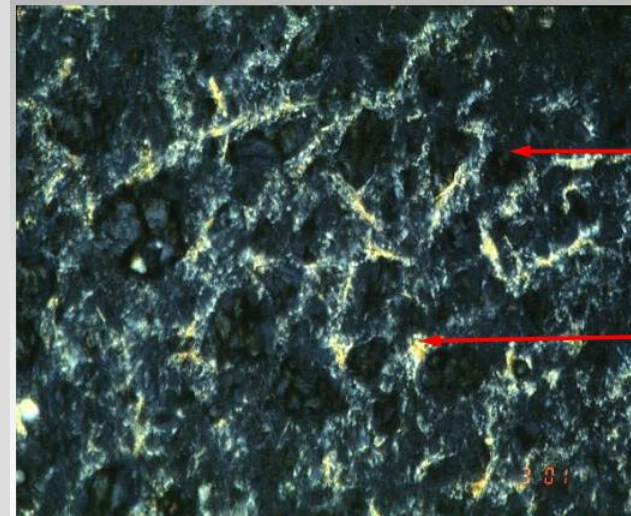
- Abgang Wasserwerk:  $< 5,0 \text{ mg/l CaCO}_3$
- Bei verschiedenen Wässern, die im Netz gemischt werden:  $< 10 \text{ mg/l CaCO}_3$
- Bestimmung der Calcitlösekapazität:
  - Technische Wasseranalyse:
  - Aus pH- Wert und  $Sk_{4,3}$  berechnen nach DIN 38 404 Teil 10 (Umfangreiches Rechenprogramm erforderlich)

# Praktische Bedeutung: Angriff von Beton



- Beton: Kunststein aus Zementstein und Zuschlagskorn
- Betonstein besteht im wesentlichen aus faserigen Kalzium-Silikat-Hydraten (CSH) und Kalziumhydroxid (20%)

## Das dreidimensionale $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Gefüge



CSH-  
Phasen  
Klinker

$\text{Ca}(\text{OH})_2$

Polarisationsmikroskopische Aufnahme

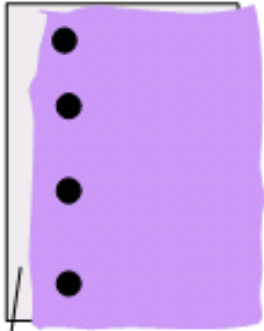
30  $\mu\text{m}$

# Karbonatisierung

- pH- Wert im Porenwasser aufgrund des  $\text{Ca(OH)}_2$  bei ca. 12,5 (hoch alkalisch)
- Bewehrungsstahl durch Passivierung gut geschützt
- Neutralisierung durch Aufnahme von  $\text{CO}_2$  aus der Luft:  
$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- pH- Wert im Porenwasser sinkt auf  $< 8,5$ :  
Passivierung der Bewehrung geht verloren:  
Korrosion der Bewehrung, Absprengen von Beton

# Sichtbarmachen der Karbonatisierung

Bewehrung geschützt



karbonatisiert



Bewehrung  
ungeschützt

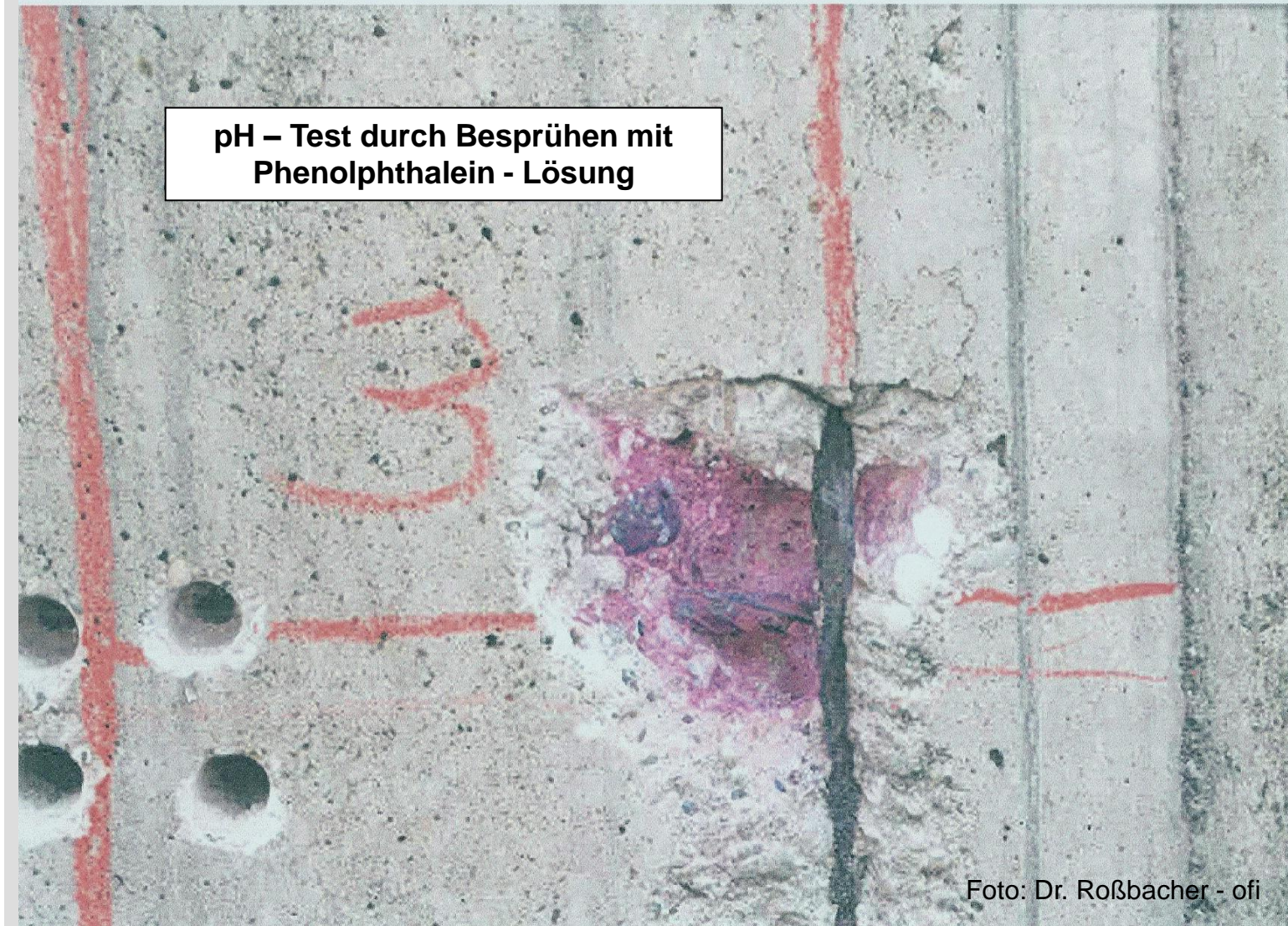
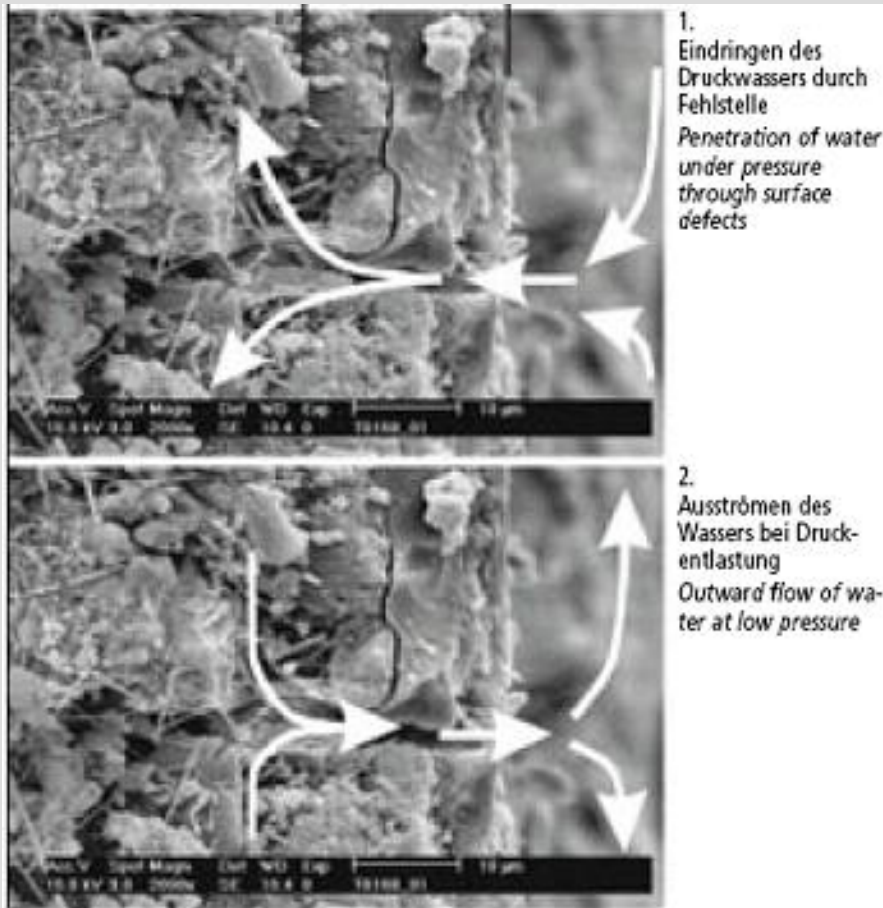


Foto: Dr. Roßbacher - ofi

# Kontakt mit (weichem) Wasser



- Anfangs bei hohem pH- Wert: Ausfällung von  $\text{CaCO}_3$  aus dem Wasser:  
Verdichtung der Oberfläche
- Strömungsvorgänge durch Poren bei Wasserspiegelschwankungen:  
 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  (leicht löslich)
- Kalk geht entlang von Korngrenzen in Lösung:
- Poröse Oberfläche, weiches hellbraunes Material bleibt zurück

Beton wird mürbe



Foto Dr. Roßbacher - Ofi





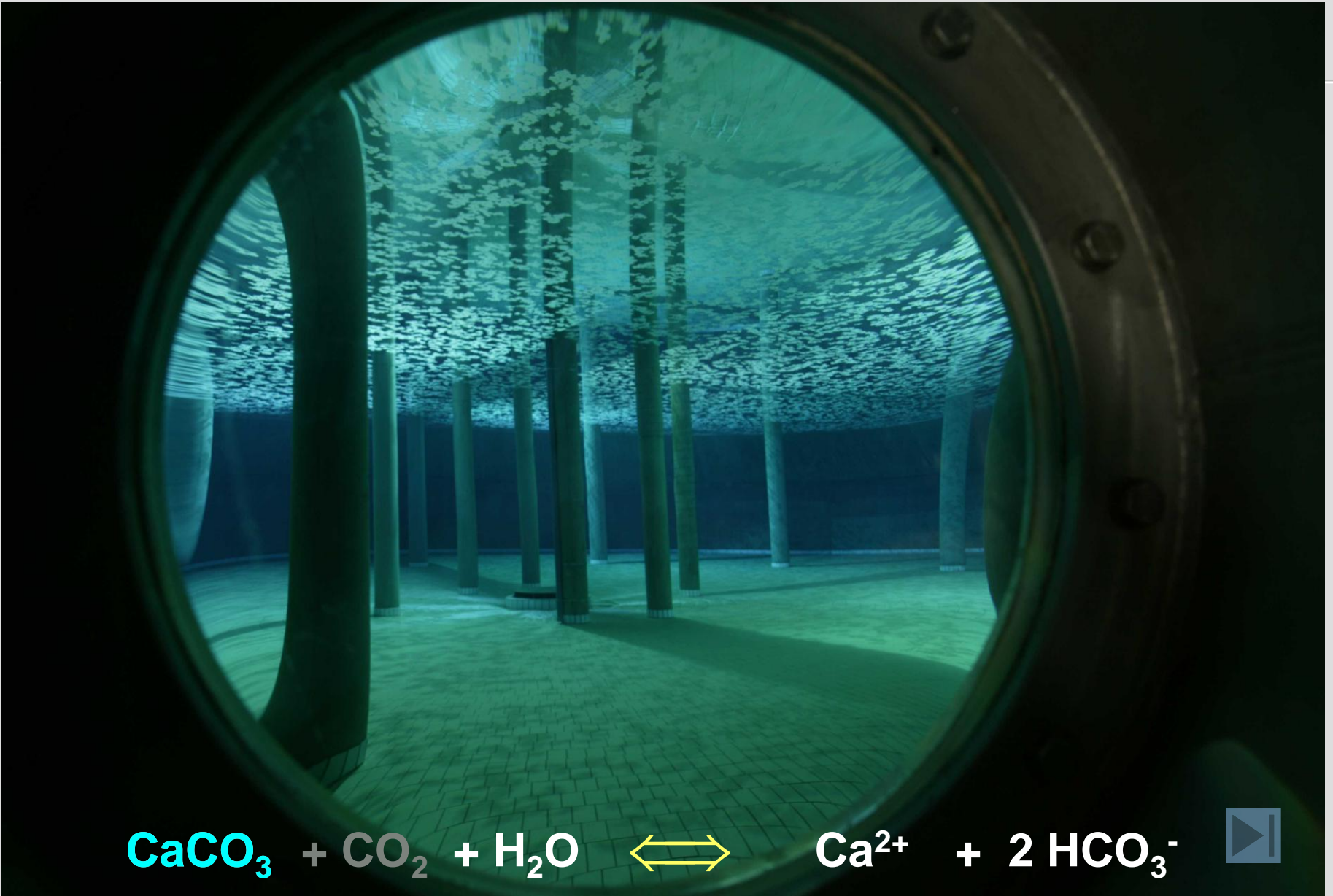
# Gefahren der chemischen Behälterreinigung

- Alle Behälterreinigungsmittel enthalten Säuren**
- Soweit vorhanden schützen Korrosionsinhibitoren nur Bauteile aus Metall**
- Die Betonoberflächen werden jedenfalls lösend angegriffen:**
  - Verringerung der Betonüberdeckung
  - Karbonatisierungsfront schreitet weiter fort
  - Passivierung des Bewehrungsstahls wird aufgehoben
  - Durch Rost gebildete Eisenoxide dehnen sich aus
  - Betonüberdeckung platzt ab
  - Aufwändige Behältersanierung erforderlich

- Jede chemische Reinigung von Betonbehältern schädigt die Bausubstanz**
- Auch beim Einsatz von Hochdruckreinigern Abtrag von Beton**
- Nutzungsdauer des Bauwerkes wird reduziert**
- Einsatz nur in begründeten Ausnahmefällen !**

# Hygienische Behälterpflege

- Jedenfalls im laufenden Betrieb häufige Sichtkontrolle auf Schwimmschichten, Ablagerungen und Bauschäden durchführen!**
- Schwimmschichten durch gewollten Überlauf bei Bedarf entfernen** 
- Ablagerungen nach Ablassen des Wassers ausspülen**
- Sonst den Behälter in Ruhe lassen!** 



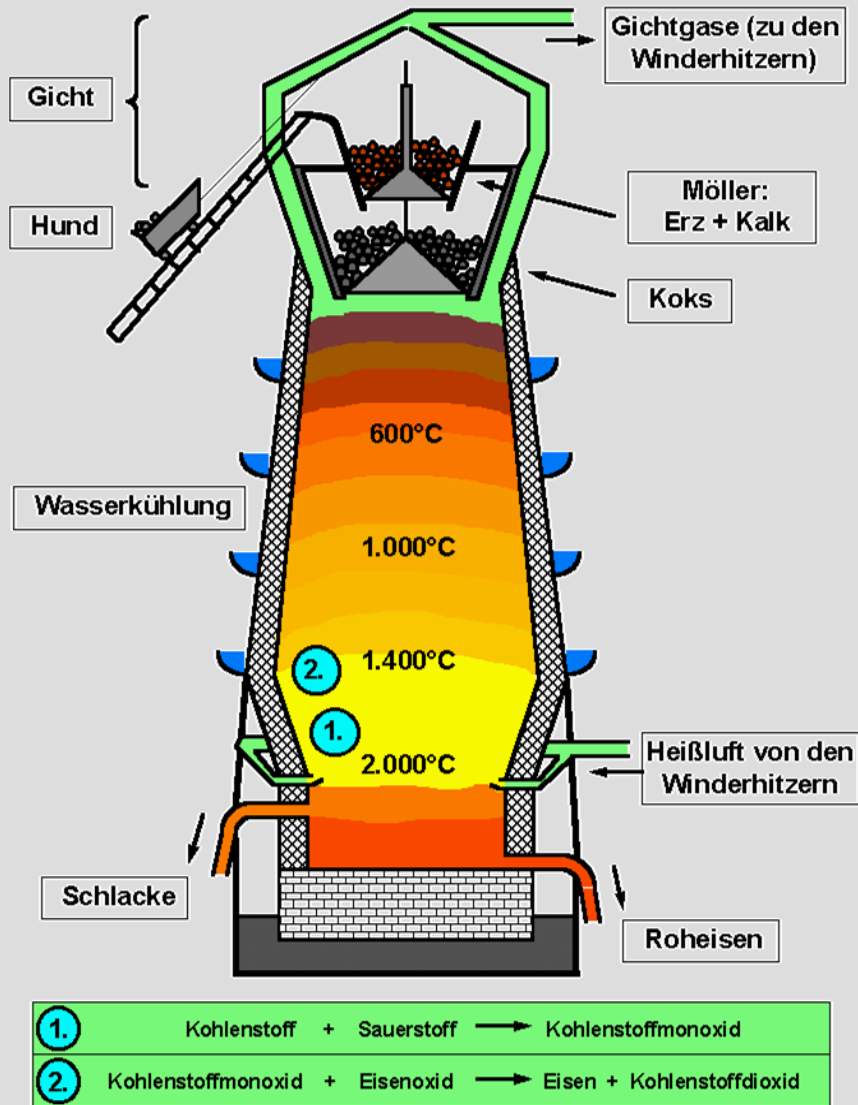
# Korrosion

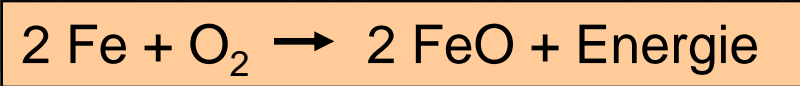
## Begriffsbestimmungen nach DIN 50 900

- Korrosion:**
  - Zerstörung von Werkstoffen durch (chemische oder elektrochemische\*) Reaktion mit ihrer Umgebung. (\*auch mikrobiologische)
- Korrosionserscheinung:**
  - Meßbare Veränderung des Werkstoffes
- Korrosionsschaden:**
  - Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles oder eines ganzen Systems durch Korrosion
- Korrosionsversagen:**
  - Verlust der Funktionsfähigkeit eines Bauteiles oder Systems

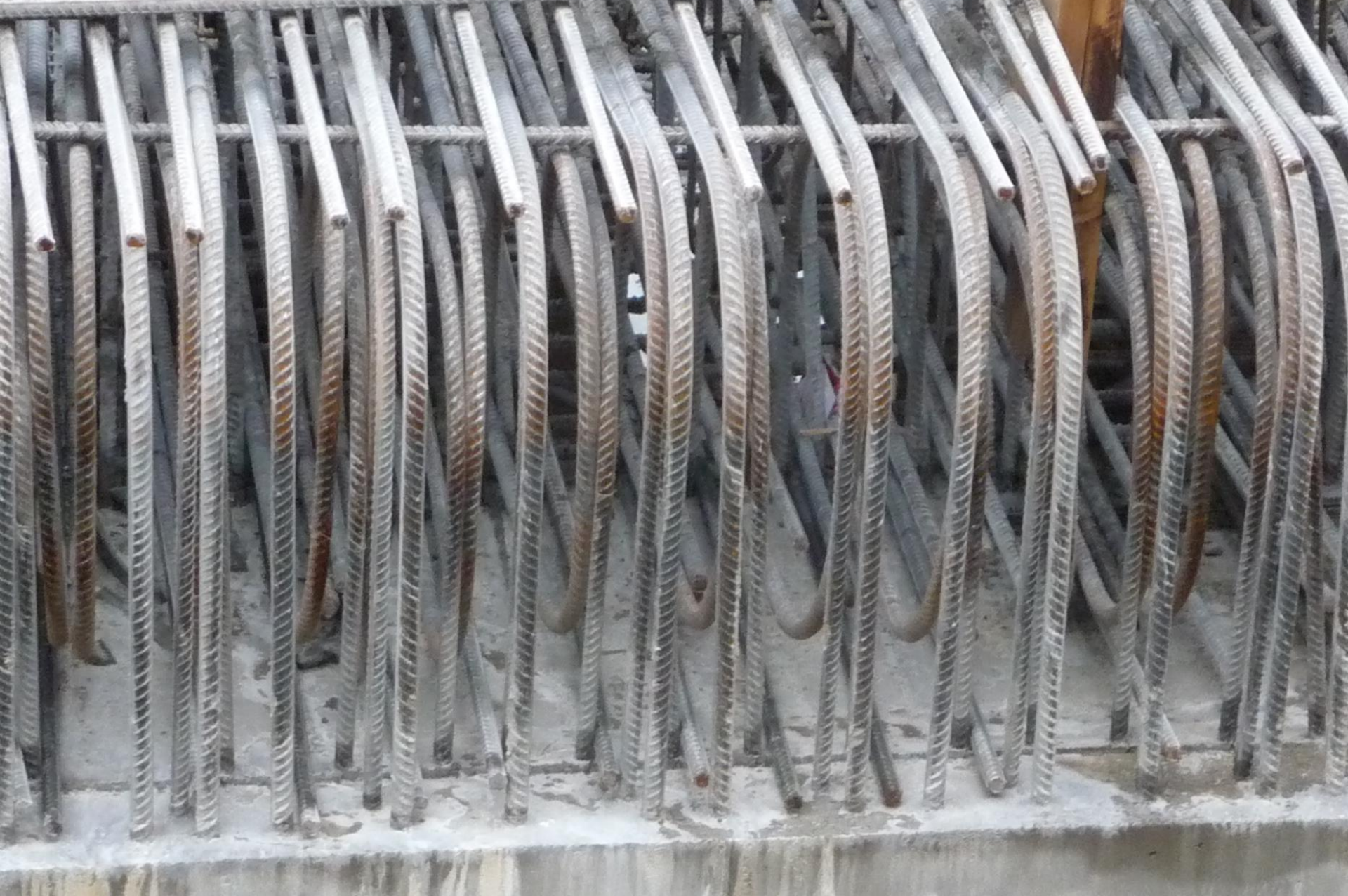


# Im Hochofen:









# Korrosion

- Korrosion kann nicht verhindert, nur verlangsamt werden**
- Bei der Korrosion wird nicht nur der Werkstoff sondern auch das Wasser beschädigt, z.B. Rostwasser**
- in der Wasserwerkstechnik ist vor allem die Korrosion der Metalle (verzinkter Stahl, Kupfer) wichtig, aber auch von Beton und Kunststoffen**
- Korrosion ist wichtigste Schwermetallquelle für das Trinkwasser**
- Heute werden nur die Korrosionseigenschaften des Wassers behandelt !**

# Korrosion

- **Sauerstoffkorrosion:**
- **Im Wasser gelöster Sauerstoff entzieht dem Metall Elektronen**
- **Daraufhin müssen Metallionen in Lösung gehen**
- **Metallionen reagieren mit Wasserinhaltsstoffen**  
**2 Möglichkeiten:**
  - Reaktionsprodukte sind schwer löslich:  
schlagen sich auf der Metalloberfläche nieder, bilden Schutzschicht gegen weiteren Sauerstoffzutritt, Korrosion kommt zur Ruhe: Stationäre Korrosion
  - Reaktionsprodukte sind leicht löslich:  
belasten das Wasser, werden abtransportiert: Rostwasser, Korrosion schreitet fort: Instationäre Korrosion

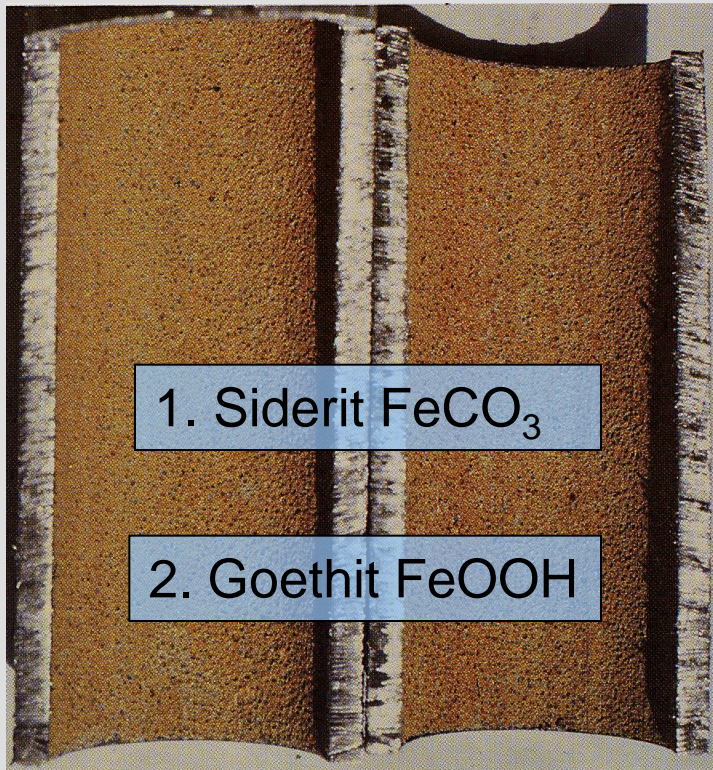
# Weitere Korrosionsformen

- Mulden- und Lochfraßkorrosion**
  - durch Ablagerungen etc. Sauerstoffzutritt unregelmäßig: Materialabtrag unregelmäßig: Rohrperforation
- Spaltkorrosion:**
  - hoher Chloridgehalt bei Edelstahl
- Selektive Korrosion:**
  - z.B. Entzinkung von Messingarmaturen
- Bimetallkorrosion**
  - Fließregel: Kupfer nicht vor Zink
- Erosionskorrosion:**
  - Zu hohe Strömungsgeschwindigkeit in Kupferleitungen
- Spannungsrißkorrosion**
  - Ammoniumreicher Hanf an Messinggewinde

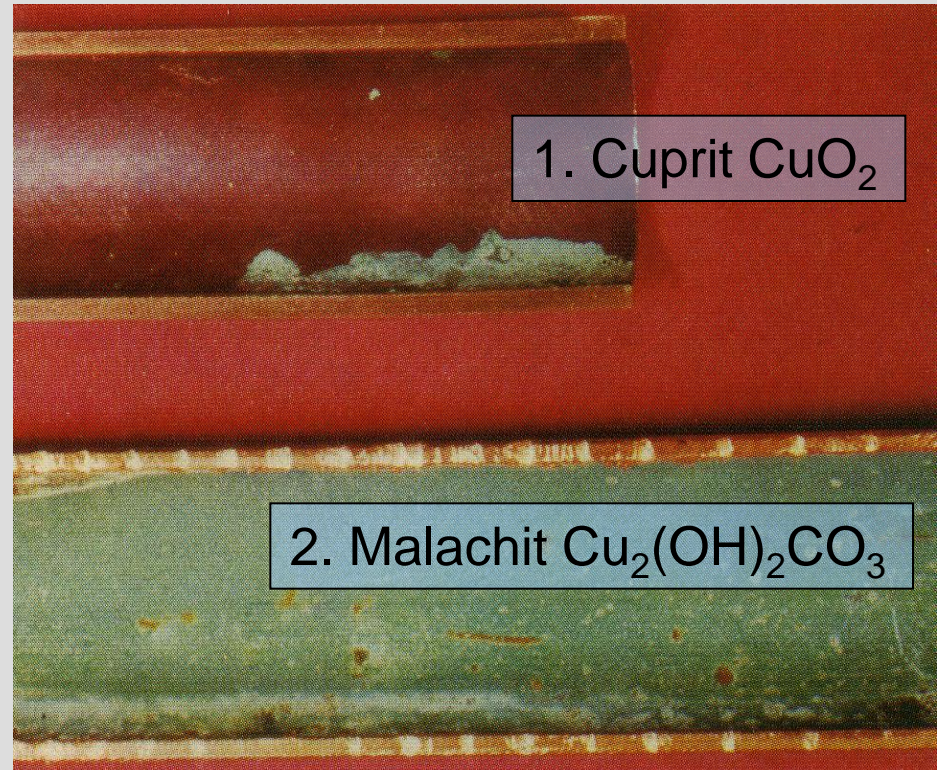
# Homogene Schutzschichten

bei annähernd gleichmäßigem Wasserdurchsatz:

## Gleichmäßige langsame Flächenkorrosion



**Feuerverzinkter Stahl**

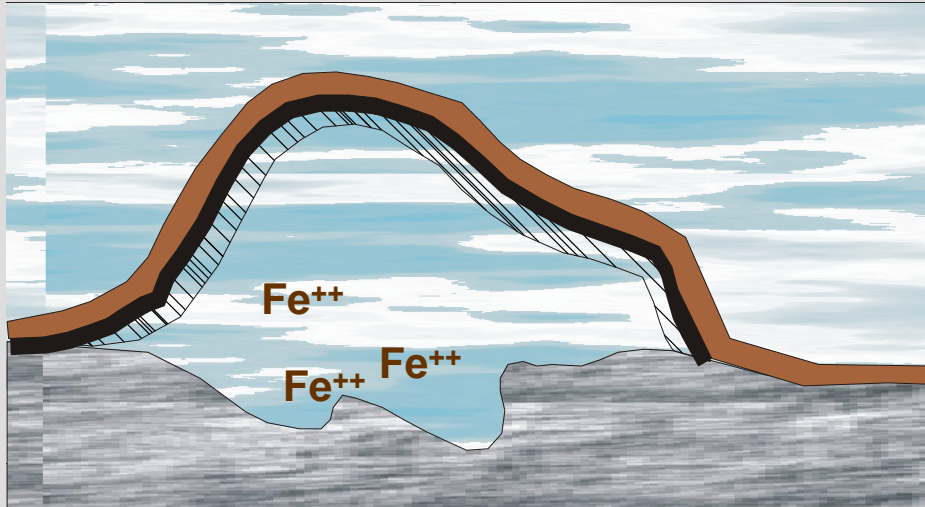


**Kupfer**

# Wasserseitige Vorraussetzungen für gleichmäßige Flächenkorrosion:

- Gußeisen, unlegierte und niedriglegierte Stähle:**
  - pH-Wert ist größer als 7,0 und
  - Gelöster Sauerstoff größer als 1,6 mg/l und
  - Kalziumionen größer als 40 mg/l und
  - Hydrogencarbonationen größer als 122 mg/l
  - Sauerstoff kleiner als 0,05 mg/l: keine Korrosion
- Schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe**
  - pH-Wert größer 7,0
  - Gelöster Sauerstoff größer 3,0 mg/l
  - Säurekapazität  $K_{S\ 4,3}$  größer als 1 mmol/l und
  - Basenkapazität  $K_{B\ 8,2}$  kleiner als 0,7 mmol/l
- Kupfer und Kupferlegierungen:**
  - pH-Wert größer 7,4 und
  - Hydrogencarbonat größer 61 mg/l

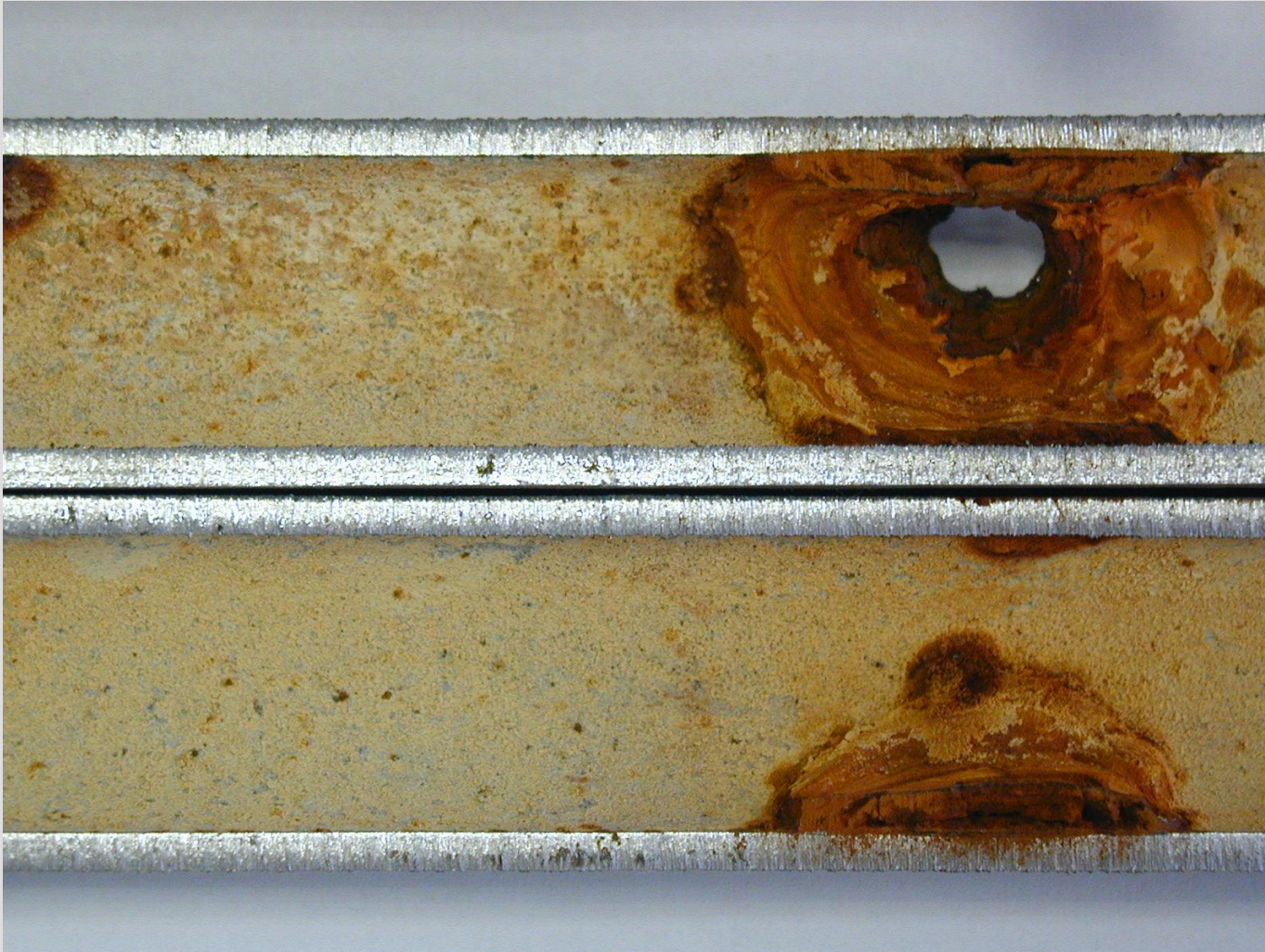
# Stagnation:



## Rostwasserbildung:

Wenn  $O_2$  verbraucht ist, reduzieren die frei werdenden Elektronen den Goethit zu zweiwertigem Eisenhydroxid, das in Lösung geht > Pusteln bilden sich und platzen auf > Verunreinigung des Wassers  
Bildung von Rostknollen  Verengung des Rohres  Lochfraß

# Folgen eines Belüftungselementes





# Beurteilungsmaßstab

## ÖNORM EN 12502, Teil 1-5

### Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserleitungssystemen

#### Einflussfaktoren für

- Kupfer und Kupferlegierungen
- feuerverzinkte Eisenwerkstoffe
- nichtrostende Stähle
- Gusseisen, unlegierte und niedriglegierte Stähle

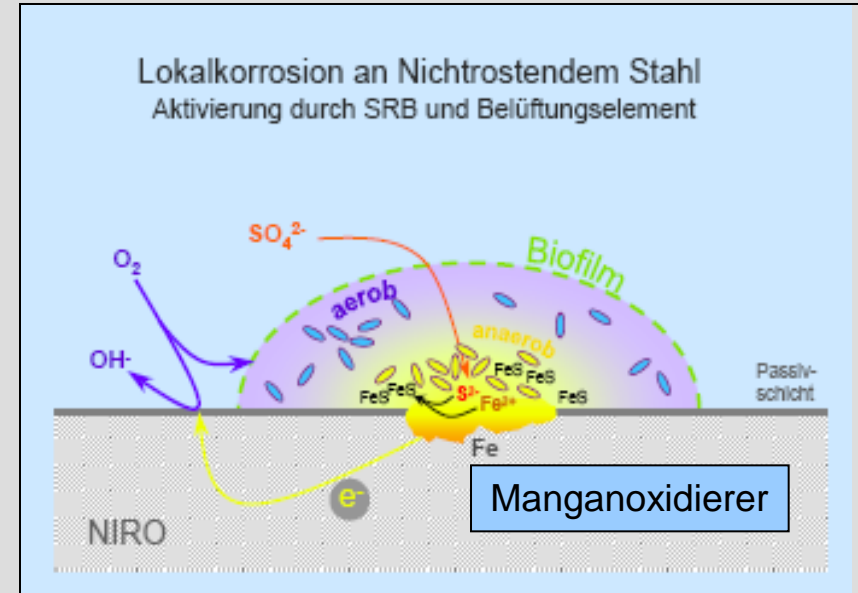
## DIN 50930, Teil 6

### Einfluss auf die Trinkwasserbeschaffenheit

### Hilfe bei der Materialwahl

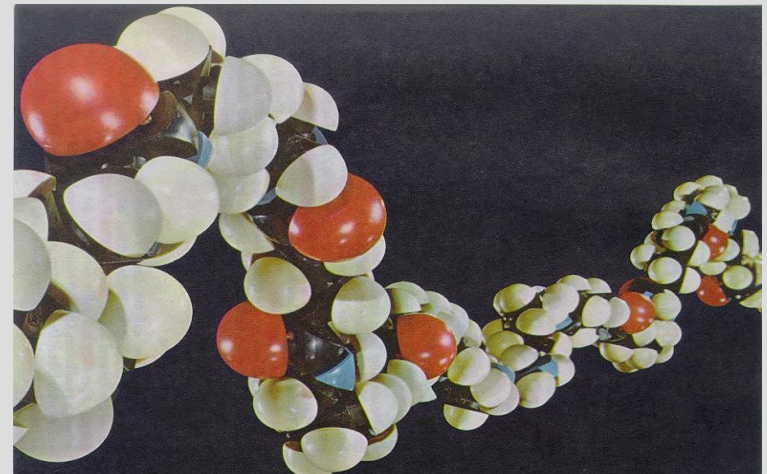
# Mikrobiologisch induzierte Korrosion

- Alle Oberflächen sind besiedelt: Biofilm
- Lebensgemeinschaft verschiedenster Mikroorganismen, in Schleim (EPS) eingehüllt
- Nährstoffe aus Wasser, Wandmaterial oder durch die Wand eindiffundiert
- Zusammenwirken von speziellen Bakterien und anorganischen Wasserinhaltsstoffen wie Sulfid-, Sulfat- und Manganionen: Rohrperforationen von Sphäroguß-, Kupfer- und Edelstahlrohren z.B. durch Schwefelsäurebildung
- Besiedlung einer Bitumen- Epoxidharz- Außenbeschichtung eines duktilen Gußrohres mit Mikroorganismen: mikrobiell verursachte Korrosion des Gußrohres



# Polymere Werkstoffe

- **Handelsübliche Kunststoffe bestehen aus dem Basispolymer und Zusatzstoffen (Lieferung als Package):**
  - **Farbpigmente**
  - **Füllstoffe (Ruß, Talkum etc.)**
  - **Verstärkungsstoffe (Glasfasern)**
  - **Vernetzungsmittel**
  - **Stabilisatoren gegen Hitze, UV etc.**
  - **Schlagzähmodifizierung**



# Korrosion an Kunststoffen

- **Diese Zusatzstoffe können durch Diffusion und Desorption in das Leitungswasserübergehen:**
  - **Beschaffenheit des Leitungswassers beeinträchtigt. Parameterwerte für Vinylchlorid und Epichlorhydrin**
  - **Die Werkstoffeigenschaften ändern sich dadurch: Versprödung des Rohrwerkstoffes und in der Folge Versagens desselben.**
  - **Es können aber auch Schwermetallionen aus dem Wasser oder aus Buntmetallfittings in den Kunststoff eindiffundieren und ihn dadurch schädigen.**

# Korrosion an Kunststoffen

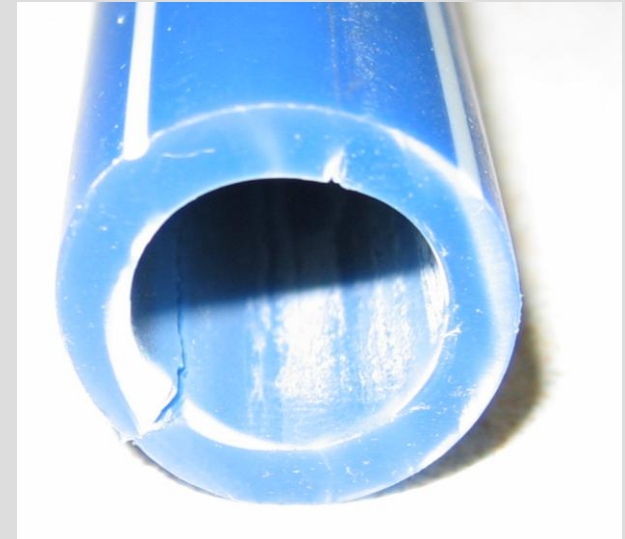
- **Im Wasser gelöste Oxidationsmittel, vor allem Chlordioxid, können mit den Additiven im Kunststoff reagieren unter Versprödung des Werkstoffes.**
- **Vor allem im Zusammenhang mit der thermischen Desinfektion von Hausinstallationen zur Legionellenbekämpfung unter Verwendung von gechlortem Wasser kann es zur raschen Zerstörung von Polyethylen- und vor allem Polypropylenrohren kommen.**

# Korrosion von Kunststoffen



## PVC:

**Versprödung durch  
Ausdiffundieren von  
Weichmachern**




## PP

**Versprödung durch  
oxidativen Abbau von  
Weichmachern durch  
Einwirken von Chlordioxid**



## PE

**Versprödung durch  
Lichteinwirkung**

- **Die Forderung der Trinkwasserverordnung:**  
**„Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken“**  
**soll präzisiert werden:**



**Österreichisches  
Lebensmittelbuch  
IV. Auflage**



**Codexkapitel  
B 1  
TRINKWASSER**



**ANHANG 8  
Korrosion und Aggressivität**

Grundanforderung  
Calcitlösekapazität  
< 5 mg/l  $\text{CaCO}_3$  bzw.  
< 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$  bei  
Mischwasser wird  
festgeschrieben



Veröffentlicht mit Erlass GZ:  
BMGFJ-  
vom

Codex-Unterkommission

Trinkwasser

## Richtlinie

**Wechselwirkung zwischen Trinkwasser  
und den in der Wasserversorgung üblichen  
Werkstoffen**

**Aggressivität und Korrosion**



# Folgen

- Wasserbedingte Korrosionsprobleme sollen bereits vom Wasserversorger und nicht erst bei den Kunden gelöst werden:**
- Weiche, saure Wässer sollen entsäuert werden**
- Wässern, die auf Grund hoher Neutralsalzgehalte korrosiv wirken, sollen Korrosionsschutzmittel zudosiert werden**
- In kleinen überschaubaren Einheiten kann u. U. mit Materialempfehlungen das Auslangen gefunden werden.**
- Der Einsatz von Behälter – Reinigungsmitteln soll auf das Nötigste eingeschränkt werden**

# Auswirkungen

- Der Codex formuliert die Verbrauchererwartungen und, soweit zutreffend, den Stand der Technik**
- Der neue Anhang 8 zu Codex B1 und die zugehörige Richtlinie präzisieren die Forderung der TWV, daß das Wasser nicht korrosiv wirken soll**
- Der Codex hat keine rechtlich unmittelbar bindende Wirkung, aber:**
- In einem Gerichtsverfahren, z. B. wegen Schadenersatzes bei Korrosionsfällen, gilt der Codex als objektiviertes Sachverständigen-gutachten**

# Empfehlungen

- **WVU soll spätestens bei der nächsten fälligen Volluntersuchung nach Trinkwasserverordnung auch eine sogenannte „Technische Wasseranalyse“ mit beauftragen**
- **Falls verschiedene Wässer gemischt werden, mit den Rohwässern Mischwasserberechnung nach ÖVGW- Richtlinie W 73 durchführen lassen**
- **Auf Grund der Daten der Technischen Wasseranalyse und der Mischwasserberechnungen eine korrosionschemische Bewertung nach Anhang 8 zu Codex B1 durchführen lassen (Lebensmittelgutachter!)**

# Maßnahmen:

- Falls die Calcitlösekapazität am Ausgang des Wasserwerkes größer als 5 mg/l  $\text{CaCO}_3$  ist: Aufbereitung mit dem Ziel der Entsäuerung
- Falls bei Wassermischung im Netz die Calcitlösekapazität größer als 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$  ist, prüfen, ob durch die Begrenzung des Mischungsverhältnisses der Grenzwert eingehalten werden kann, sonst Aufbereitung zumindest des kritischeren Rohwassers. Womöglich auf zentrale Mischung in einem Behälter umstellen
- Falls die korrosionschemische Bewertung weitere Auffälligkeiten ergibt, sind die entsprechenden Aufbereitungsmaßnahmen zu ergreifen, z.B. zentrale Dosierung von Korrosionsschutzmitteln.
- Bei überschaubaren kleinen WVU prüfen, ob Materialempfehlung reicht

# Information der Verbraucher

- Die Ergebnisse der korrosionschemischen Bewertung zu den interessierten Kreisen (Installateure, Planer, Hausverwaltungen etc.) kommunizieren und auf Anfrage bekannt geben
- Gegebenenfalls bis zum Wirksamwerden der Aufbereitungsmaßnahmen jährlich bekannt geben:
  - Falls der pH- Wert unter 7,4 liegt, Information der Verbraucher, daß in Hausinstallationen aus Kupfer Grenzwertüber-schreitungen für Cu möglich, bei pH- Werten unter 7,0 wahrscheinlich sind, und bei Hausinstallationen aus Blei jedenfalls Grenzwertüberschreitungen wahrscheinlich sind
  - Auf die Notwendigkeit von Leitungsspülungen vor der Wasserentnahme hinweisen.
  - Bei Hausinstallationen aus Blei wird auch nach Einführung der notwendigen Aufbereitungsmaßnahmen der Grenzwert für Blei nicht eingehalten werden können: Leitungsauswechslung unvermeidlich !



**VORSCHLAG**

**ÖNORM  
B 5014-3**

**ON14028N0166**

Ausgabe: 2010-09-30

## **Sensorische und chemische Anforderungen und Prüfung von Werkstoffen im Trinkwasserbereich**

**Teil 3: Metallische Werkstoffe**

**Teil 2: Zementgebundene Werkstoffe**

**Teil 1: Organische Werkstoffe**

Sensory and chemical requirements and testing of materials in contact with drinking water — Part 3: Metallic materials

Exigences sensorielles et chimiques et examen des matériaux en contact avec de l'eau potable — Partie 3: Matériels métalliques





ON14028N0175

ONR 25014-3

*Liste der trinkwasserhygienisch  
geeigneten  
metallenen Werkstoffe —  
Ergänzung zu ÖNORM B 5014-3*

# PRÜFRICHTLINIE PW200

Beschlussfassung September 2010

## Metallische Bauteile in Kontakt mit Trinkwasser

Anforderungen und Prüfungen

Österreichische Vereinigung  
für das Gas- und Wasserfach

A-1015 Wien  
Schubertring 14  
Postfach 26

Telefon: +43/1/513 15 88-0\*

Telefax: +43/1/513 15 88-25

E-mail: [office@ovgw.at](mailto:office@ovgw.at)

Internet: [www.ovgw.at](http://www.ovgw.at)

# Spannungsrissskorrosion ausgelöst durch Dichtungshanf

**Einfluss von Zusatz- und Hilfsstoffen**



seit Jahren gleichbleibend hergestellte Bauteile aus Messing

innerhalb kurzer Zeit gehäuft Schäden durch Spannungsrissskorrosion

Dichtungshanf (Flachs) gibt Ammoniumionen an das Wasser ab

dadurch Spannungsrissskorrosion ausgelöst

Der Schaden ist im gleichen Zeitraum an unterschiedlichen Einbauorten und an Messingbauteilen unterschiedlicher Hersteller aufgetreten!!!



**Einfluss von Errichtung und Montage**

23

W. Allertshammer 05/2006

# Spannungsrissskorrosion ausgelöst durch Dichtungshanf

Einfluss von Zusatz- und Hilfsstoffen

Nachweis des Ammoniumgehaltes mit Eluatanalysen (Lösung in destilliertem Wasser)

Vergleichsanalysen zeigen sehr unterschiedliche Gehalte von 0,3 bis 49,0 mg/l  $\text{NH}_4$

Im strömungstoten Spalt genügen geringe Mengen um eine kritische Konzentration zu erzielen.

Rissbildung im ersten wasserberührten Gewindegang



# Ammonium aus Hanf

- Spannungsriß- Korrosion nur, wenn folgende drei Bedingungen gleichzeitig eintreten:**
  - Anfälliges Material
  - Mechanische Belastung (Spannung)
  - Korrosives Medium
- Messing ist anfällig für Spannungsriß- Korrosion**
- An Verschraubungen treten innere Spannungen auf**
- Am Markt befindliche Hanfqualität wird nur noch trocken „geröstet“, dabei bleibt Ammonium im Hanf zurück**
- Ammonium ist der Auslöser für Spannungsriß- Korrosion:**
  - Bauteil reißt am ersten Gewindegang!**
  - Beim Einkauf auf ammoniumarme Hanfqualität achten!**

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit !**

**Ich freue mich auf Ihre Fragen und Beiträge!**

