

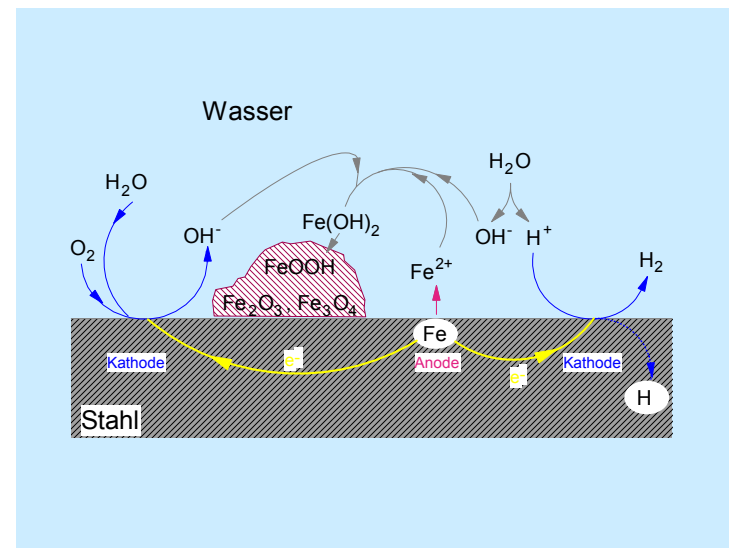
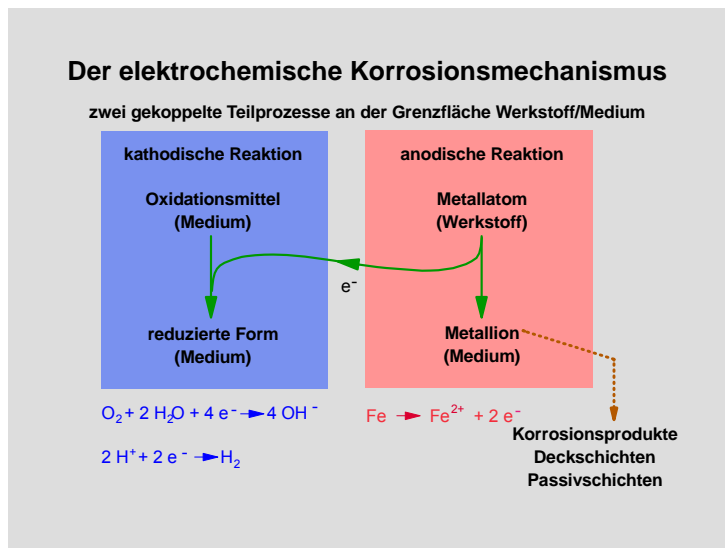
**BEGRIFFE**  
(nach DIN 50900/T1 bzw. ÖNORM EN ISO 8044)

**Korrosion**  
Reaktion eines (metallischen) Werkstoffes mit seiner Umgebung

**Korrosionserscheinung**  
meßbare Veränderung des Werkstoffes

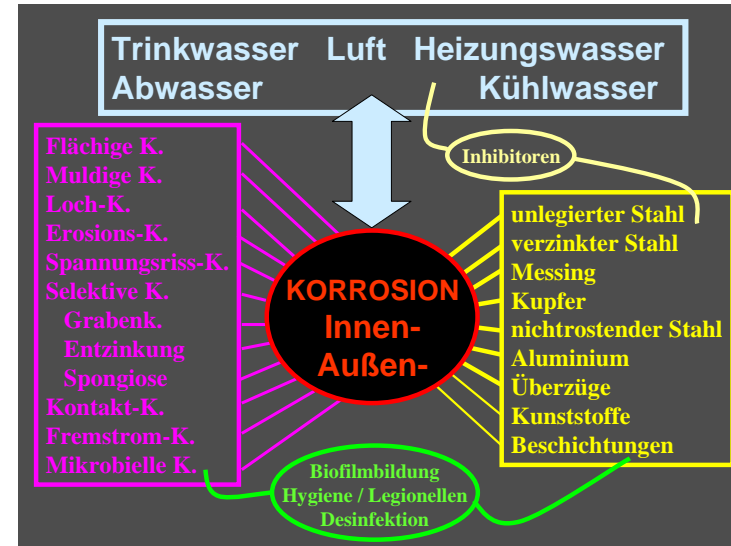
**Korrosionsschaden**  
Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils oder eines ganzen Systems durch Korrosion

**KORROSION → KORROSIONSERSCHEINUNG ≠ SCHADEN**



### Lebensdauer - Korrosionswahrscheinlichkeit

- Alle gebräuchlichen metallenen Werkstoffe korrodieren in wäßriger Umgebung
- Erst Passivierung/Deckschichtbildung ermöglicht Anwendung
- Wenn erfolgreich: Lebensdauer nahezu unbegrenzt (*Abtragsraten  $\mu\text{m/a}$* )
- Bei (seltener) gleichförmiger Flächenkorrosion *Lebensdauer meist längerfristig (Jahrzehnte)*
- **Schadensursache zumeist Lokalkorrosion**  
*Hohe örtliche Korrosionsraten*  
*Lebensdauer: Wochen bis wenige Jahre*



## INNENKORROSION

**ÖNORM EN 12502 (2005-05)**  
Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe  
Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit  
in Wasserverteilungs- und -speichersystemen

- |  |   |
|--|---|
| Teil 1 – Allgemeines                           | Teil 4 – Nichtrostende Stähle                       |
| Teil 2 – Kupferwerkstoffe                      | Teil 5 – Gusseisen, un- und niedrig legierte Stähle |
| Teil 3 – schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe |   |

### DIN 50930 (1993-02)

Korrosion der Metalle

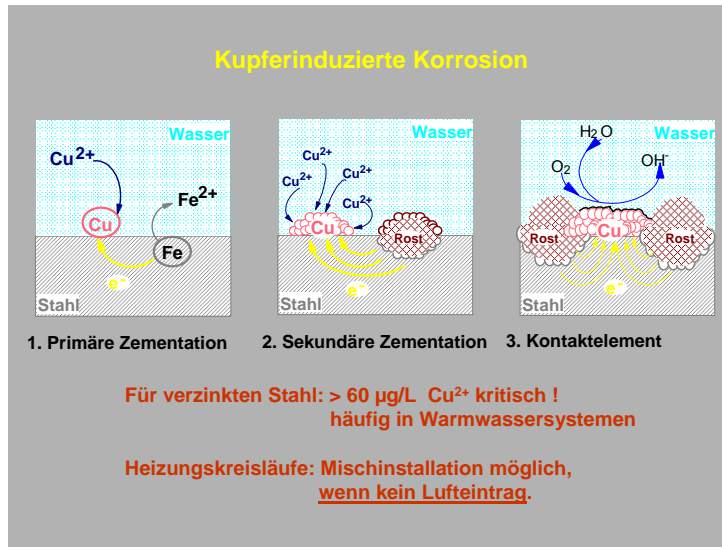
Korrosion metallischer Werkstoffe im Inneren von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wasser.

- |  |   |
|--|---|
| Teil 1 – Allgemeines                             | Teil 4 – Kupferwerkstoffe                                   |
| Teil 2 – un- und niedriglegierte Eisenwerkstoffe | Teil 5 – Nichtrostende Stähle                               |
| Teil 3 – feuerverzinkte Eisenwerkstoffe          | <b>Teil 6 – Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit</b> |

### Kupferinduzierte Korrosion

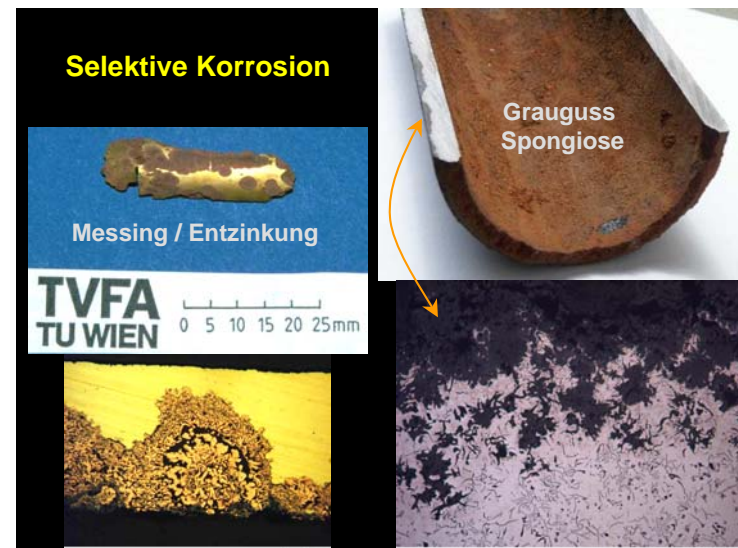
Verzinkter Stahl  
Warmwasserrohr






### Typische Quellen des Kupfereintrags

- Leitungen aus Kupfer trotz Beachtung der Fließregel  
auch das Rückströmen (Konvektion) muss verhindert werden !
- Bauteile aus Kupferwerkstoffen obwohl zulässig  
zu große Anzahl von Fittings, Absperrorganen  
Bedingungen, die Korrosion dieser Bauteile fördern



### Erosionskorrosion

Durchfluss-Regelventil



W. Allertshammer 2001



### Erosionskorrosion

Heizkörper aus Aluminium



- Fernwärmewasser (pH 9.5 – 10, Na und K – hältig)
- Betriebszeit 2 Jahre
- Deckschichtbildung erfolgte nur im Bereich niedriger Strömungsgeschwindigkeit
- Bereiche höherer Geschwindigkeit sind metallisch blank.

### Erosionskorrosion

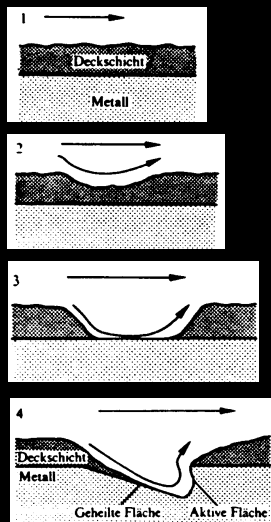
Heizkörper aus Aluminium

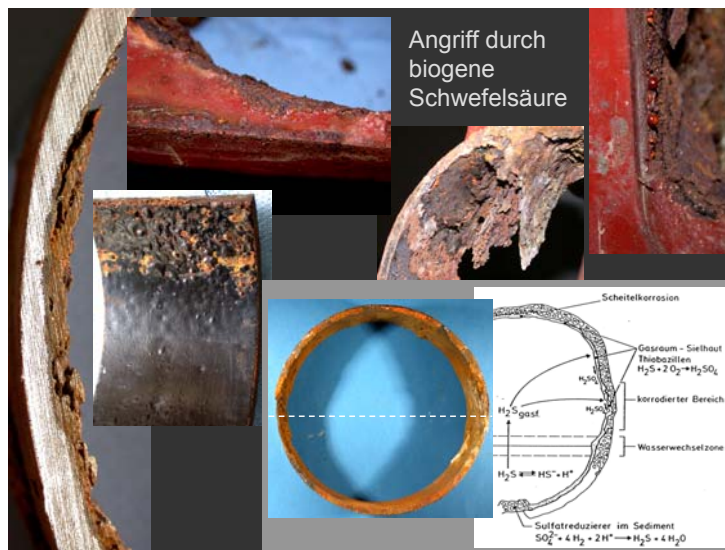
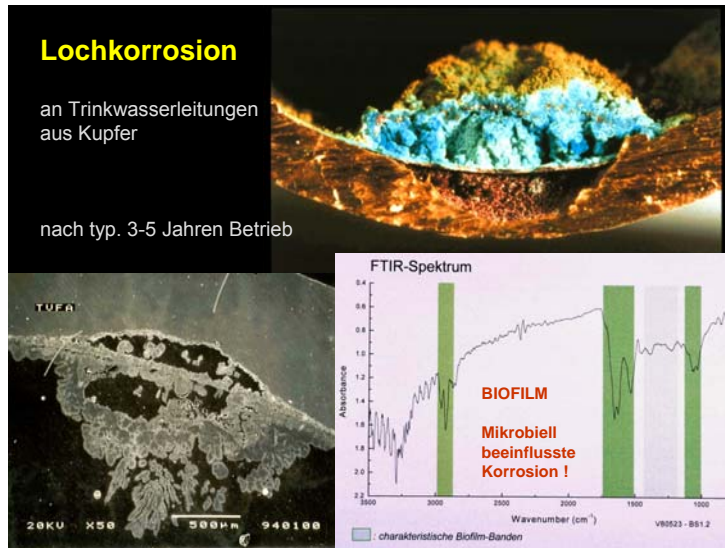



Verwirbelung beim Umströmen der Kante  
Auf Durchflussbegrenzer vergessen !

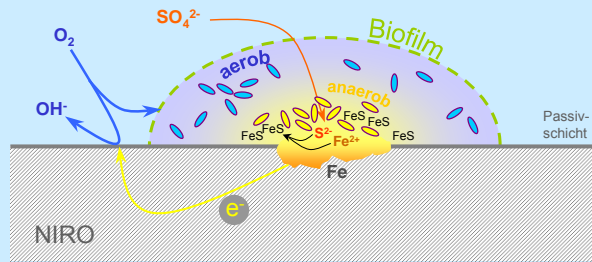
### Erosionskorrosion Mechanismus

- Antransport von Agenzien
- Reaktion an der Phasengrenzfläche
- Abnahme der hydrodynamischen Grenzschichtdicke mit steigender Strömungsgeschwindigkeit
- Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit gegenüber Bereichen geringerer Strömungsgeschwindigkeit
- Abtransport von Korrosionsprodukten
- dadurch weitere Steigerung der Reaktionsgeschwindigkeit
- Stabilisierung der Lage der Korrosionsstelle



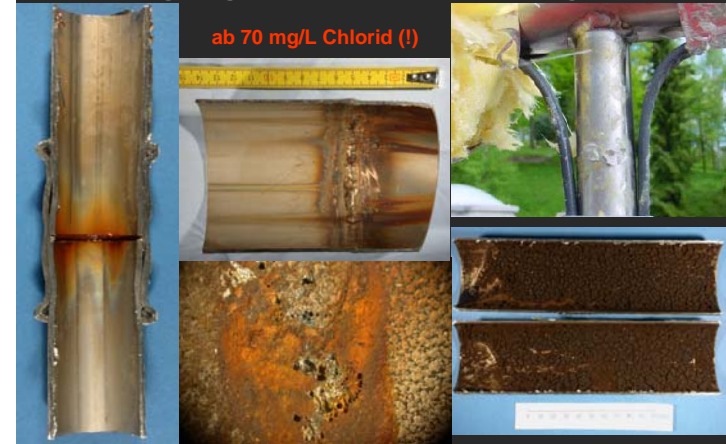


Lokalkorrosion an Nichtrostendem Stahl  
Aktivierung durch SRB und Belüftungselement



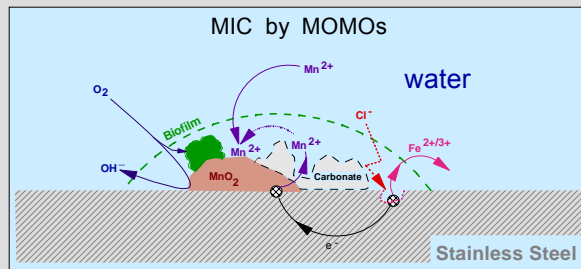
**Korrosion an Nichtrostendem Stahl durch Manganoxidierer**

in Trinkwasser an CrNi 18/10 und CrNiMo 18/10/2  
an ortsfertigten Schweißnähten und Pressfittings



ab 70 mg/L Chlorid (!)

**MIC durch Manganoxidierende Mikroorganismen**



1. Biomineralisation von Braunstein ( $\text{MnO}_2$ )  
 $\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O} \quad E^0 = +1.224 \text{ V}$
2. Anodische Potentialverschiebung (*Ennoblement*) von nichtrostendem Stahl  
 $E = +350 \text{ mV}_{\text{SCE}} @ \text{pH} = 7, 0.1 \text{ ppm Mn(II)} \quad dE/d\text{pH} = -118 \text{ mV}$
3. Überschreiten des krit. Potentials für Lochkorrosion bei deutlich geringeren Chloridgehalten als „normal“
4. Hoch effiziente Kathode durch Katalyse der Sauerstoffreduktion

**AUSSENKORROSION**

**DIN 1988 Teil 7**

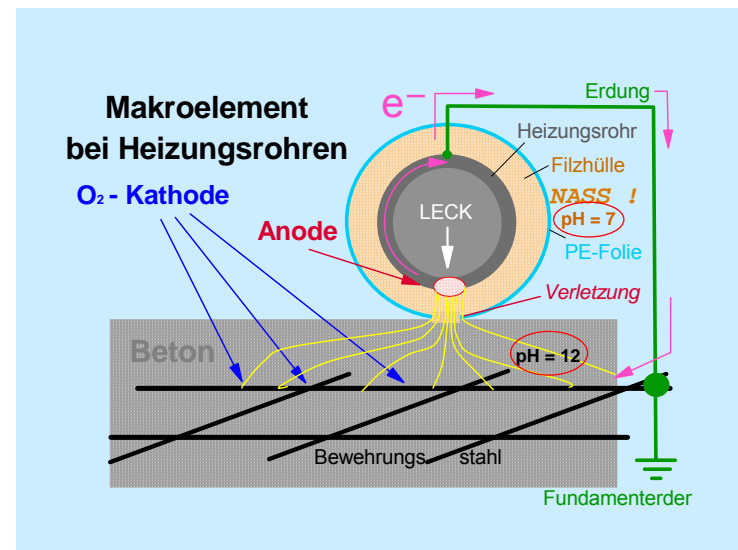
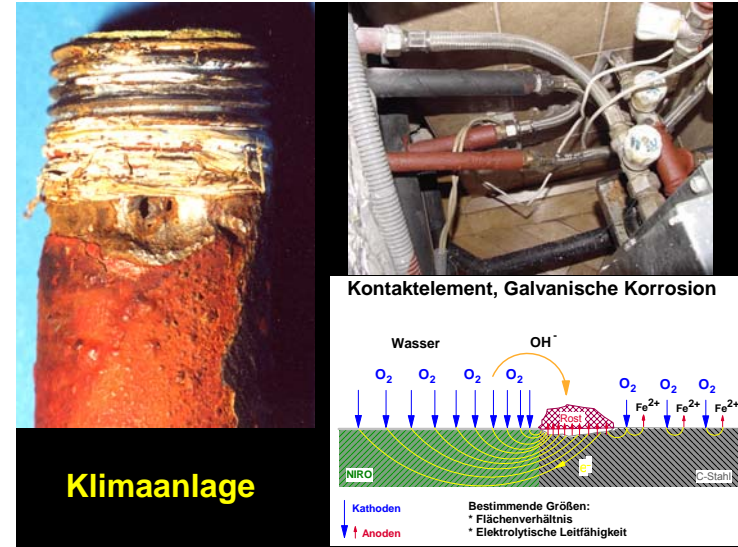
Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen  
Vermeidung von Korrosionsschäden und Steinbildung

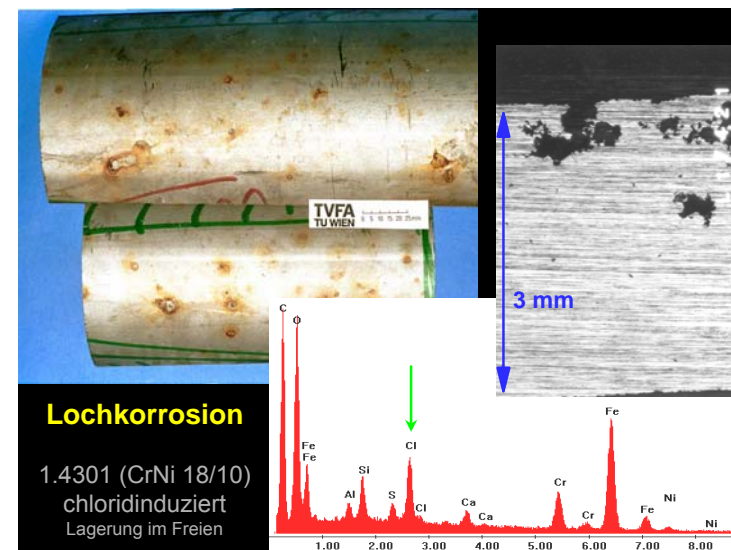
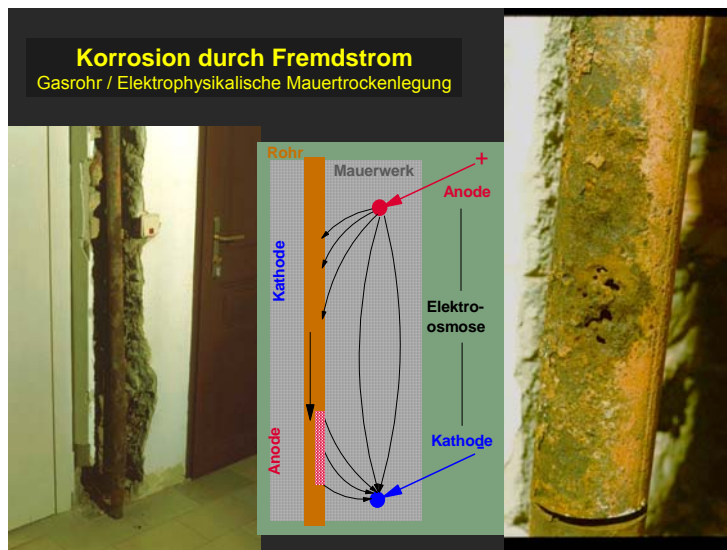
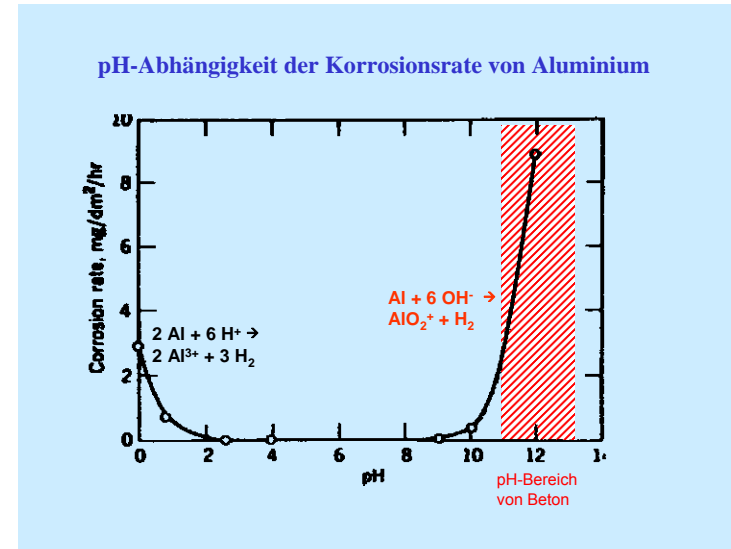
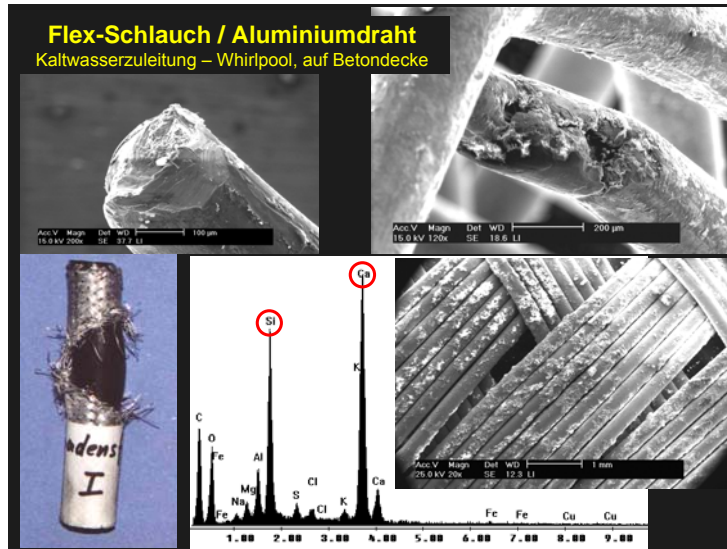
*„Es ist dafür zu sorgen, dass Rohrleitungen nicht über längere Zeit mit Feuchtigkeit in Berührung kommen.“*

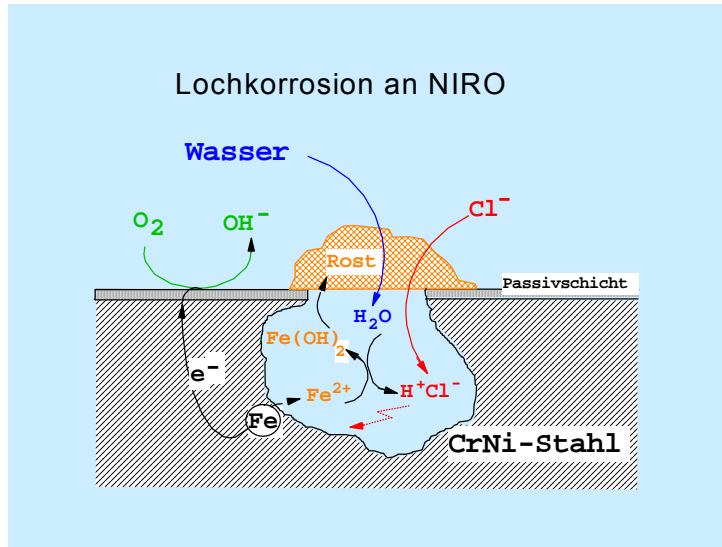
**DIN 50929 Teil 2**

Korrosion der Metalle / äußere Korrosionsbelastung  
Installationsteile im Inneren von Gebäuden

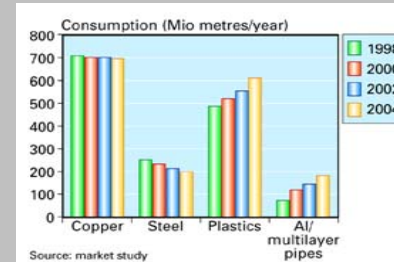
*„Korrosionsmedien kommen bestimmungsgemäß nicht vor.“*





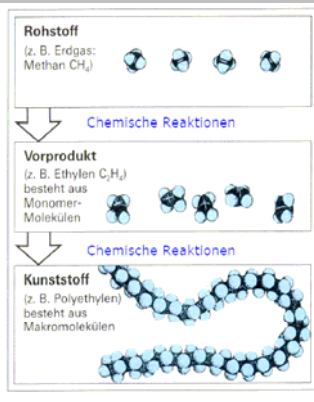


## Kunststoffrohre in der Hausinstallation



- **Kalt- und Warmwasser** PE, PP, PE-X, PVC, Verbundrohre
- **Heizungsverteilung** PE-X, Verbundrohre
- **Fußbodenheizung** PE-X, PE-X/Al /PE Verbundrohre
- **Abwasser** PE, PP, PVC
- **Gas** PE, PE-X

## Vom Makromolekül zum Werkstoff

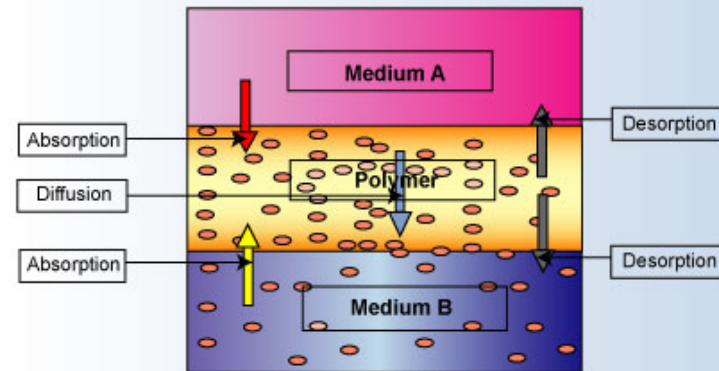


Zusatz von **Additiven** zur

- **Verbesserung der Eigenschaften**  
Farbe, Transparenz, Geruch, Festigkeit, Zähigkeit
- **Verarbeitung**  
Fließverhalten, Reibung, Trennmittel, Stabilisatoren
- **Verbesserung des Langzeit-Verhalten**  
Wärmebeständigkeit, Bewitterung, Degradation
- **Kosten-Reduktion**  
Füllstoffe, Treibmittel, Rezyklat
- **Erzielung spezifischer Eigenschaften**  
Flammhemmung, Leitfähigkeit, Tribologie, Weichmacher, Biozide ...

Chemisch kein normierter Werkstoff !

## Migration - Permeation - Diffusion



Additive, Sauerstoff, Metallionen

### Konsequenzen der Stofftransporte

- Migration „kontaminiert“ Medium  
Stoffe, Grenzwerte, Bestimmung
- Additiv-Migration  
verändert Werkstoffeigenschaften
- Sauerstoffdiffusion  
Schädigung von Bauteilen aus Metallen (Heizungssysteme !)
- Eindiffundieren von Metallionen  
Schädigung des Rohrwerkstoffes

### Schädigung durch Messing-Fittings

Wasser, 3ppm Chlor, 105°C

PE 100 Formulierungen	Bruchzeit mit Messing-Fitting [Stunden]		Bruchzeit mit Kunststoff-Fitting [Stunden]	
	$\sigma$ high	$\sigma$ low	$\sigma$ high	$\sigma$ low
A	6106	> 9550	> 9550	> 9550
B	7619	> 9550	> 9550	> 9550
C	8014	> 9550	> 9550	> 9550
D	8745	> 9550	> 9550	> 9550
E	7633	> 9550	9010	> 9550
F	> 9550	> 9550	> 9550	> 9550
G	3753	5001	6106	6829

G. Oertli, Ciba Spezialitätenchemie

### Schäden an Leitungen

- Übertemperatur
- Überdruck
- Chlor
- Metallionen (Kupfer, Mangan)
- Verarbeitung/Rohrproduktion (Rissinitiierung / Risswachstum)

**Überdruck / Temperatur**  
Mischwasserleitung  
40°C, 4 bar  
< 2 Jahre Einsatz



**Chlor**  
Warmwasserleitung  
70°C, 3 bar  
6 Jahre Einsatz



**Produktion & Verarbeitung**  
Kaltwasserleitung  
10°C, 6 bar  
1 Jahr Einsatz



1 Fusionslinie  
2 Inhomogenität durch Steg im Extruder  
3 Druckstelle im Betrieb

### Kunststoffrohre in der Hausinstallation Zusammenfassung

#### Vorteile

- Gute Beständigkeit
- Kein zusätzlicher Korrosionsschutz nötig
- Geringe Verkrustung Verkalkung
- Flexible Verlegung
- Anwendungsfreundlich durch abgestimmte Systeme
- Preis

#### Schwierigkeiten

- Angriff durch Oxidationsmittel (Chlor)
- Zeit- und Temperaturabhängigkeit der Festigkeit
- Migration, Diffusion und Permeation
- Kerbempfindlich
- Punktlasten ergeben Probleme
- Inhomogenitäten aus Herstellung

- **Es gibt keinen idealen „korrosionsfreien“ Werkstoff**
  - Die Fähigkeit zur **Passivierung/Deckschichtbildung** ist bei **Metallen** für die Lebensdauer entscheidend
  - **Auch Kunststoffe korrodieren**
  - **Wissen um die Grenzen eines Werkstoffs verringert die Schadenswahrscheinlichkeit**
  - **Die Werkstoffauswahl ist ein Kompromiss**
    - mechanisch-konstruktive Eignung
    - Verarbeitbarkeit
    - Korrosionsstabilität
    - KOSTEN (Material/Fertigung/Schadensfolgen)
- ↓
- komplexer Optimierungsprozess, bei Hersteller und Anwender**