

# Volkswirtschaftliche Bedeutung der Korrosion

Daniel Bindschedler

Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz SGK  
Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich

## 1. Allgemeines

### 1.1 Einleitung

Durch Korrosion geht ein grosser Teil der technisch mit hohem Aufwand erzeugten Metalle vom elementaren wieder in ihren ursprünglichen „natürlichen“ (meist oxidierten) Zustand über. Dies gilt sinngemäss auch für Kunststoffe und keramische Werkstoffe, die ebenfalls korrosionsartigen Zerstörungsvorgängen unterworfen sein können. Korrosionsschäden haben nicht nur enorme wirtschaftliche Konsequenzen, sie stellen häufig auch Gefährdungspotenziale, sowohl für Bauteile und Anlagen als auch für die Umwelt dar. Der Beherrschung der Korrosion zur Vermeidung von Korrosionsschäden kommt damit eine ausserordentlich grosse volkswirtschaftliche Bedeutung zu.

### 1.2 Kosten der Korrosion

#### 1.2.1 Korrosionskosten in verschiedenen Ländern

Aktuelle Angaben über die geschätzten jährlichen Korrosionskosten in Europa und den USA finden sich in **Tab. 1**:

**Tab. 1: Korrosionskosten in Industrieländern**

Land	Korrosionskosten	
		[Mia €/ Jahr]
Schweiz	16'000'000'000 CHF	10.5
Deutschland	80'000'000'000 €	80
EU (vor Osterweiterung)	290'000'000'000	290
USA	350'000'000'000 USD	290
EU+USA	700'000'000'000 USD	580

Mehrere zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführte Studien zeigen, dass sich die auf das Bruttosozialprodukt bezogenen Korrosionskosten in den Industrieländern zwischen 3 und 4 % und somit überall in ähnlichen Grössenordnungen bewegen [1,2,3]. Erstaunlich ist dabei, dass sie in den vergangenen Jahrzehnten trotz

intensiver Forschungsbemühungen auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes konstant geblieben sind oder tendenziell sogar noch leicht zugenommen haben.

So gewaltig die Verluste durch Korrosion auf den ersten Blick erscheinen, werden durch Erfahrungswerte aus der chemischen Industrie bestätigt. Dort geht man davon aus, dass sich die Korrosionskosten auf 4 % des Umsatzes belaufen [3].

Eine andere Betrachtungsweise für die Quantifizierung der Korrosionsverluste geht über die Instandhaltung. Der Durchschnittswert der Instandhaltungskosten für die gesamte Industrieproduktion wird für Industrieländer mit rund 6 % des Neuwerts/Jahr [4] angegeben (**Tab. 2**). Dabei tritt Korrosion als Hauptursache für die Notwendigkeit einer Instandhaltung auf.

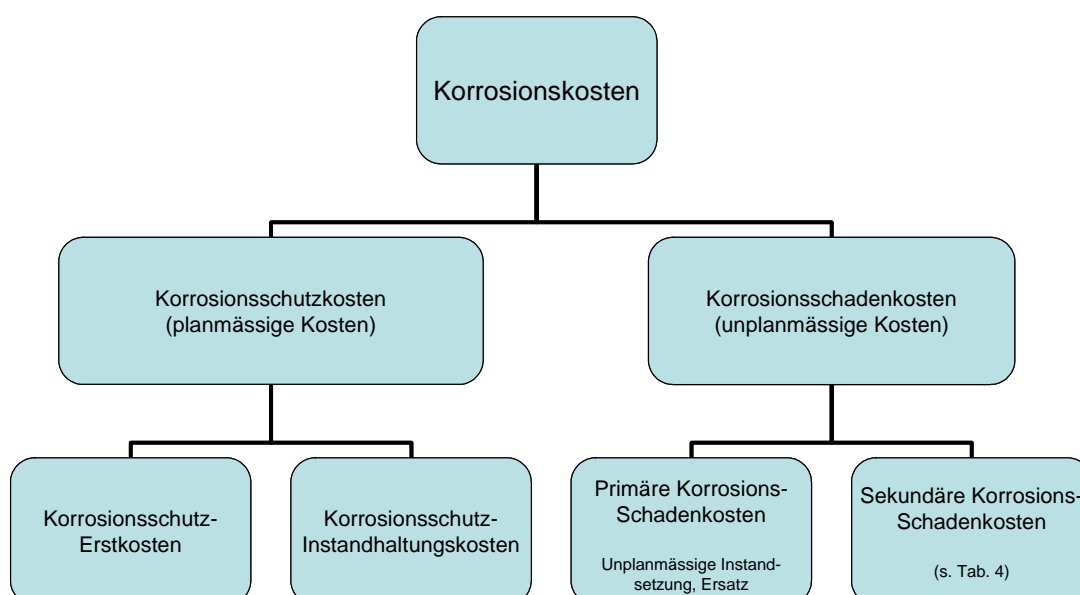
**Tab. 2: Jährliche Kosten für Inspektion, Reparatur und Wartung**

Branche / Objekte	Korrosionsbedingte Instandhaltungskosten [% des Neuwerts]
Motorfahrzeuge	14
Stahlhochbau	5
Chemische Anlagen	4.5
Strassenbrücken (Schweiz)	5.7
Durchschnitt Industrieproduktion	6

### 1.2.2 Einteilung der Korrosionskosten

Die mit Korrosion verbundenen Kosten lassen sich in zwei Kategorien einteilen (**Tab. 3**). Die erste umfasst die planmässigen Kosten für den Korrosionsschutz, die zweite die durch Schäden unplanmässig entstehenden Kosten [3].

**Tab. 3: Einteilung der Korrosionskosten**



Bei den Schadenkosten ist zwischen primären Kosten zur Schadenbeseitigung und Wiederherstellung der Funktion von Bauteilen oder Anlagen und den sekundären Kosten (**Tab. 4**) zu unterscheiden. Oft übersteigen dabei letztere die Primärkosten um ein Vielfaches.

**Tab. 4: Einteilung und Beispiele für Korrosionsfolgeschäden**

<b>Typ des Folgeschadens</b>	<b>Beispiel</b>
Produktionsverlust	Ausfall einer Maschine / Produktionsanlage infolge Korrosion
Effizienzverlust	Verminderung der Wärmetauscherleistung durch Korrosionsprodukte
Produktverunreinigung	Radioaktive Verunreinigung des Primärkreislaufwassers in Kernkraftwerken
Ueberdimensionierung von Anlagen – Redundanz	Erhöhte Materialkosten durch Korrosionszuschläge oder doppelte Anlageteile
Personen- / Umweltschäden	Schäden durch Austritt von umweltgefährdenden Flüssigkeiten (z.B. Öl) Erhöhter Aufwand für Ueberwachung
Indirekte Folgen	Imageverlust Steigende Versicherungsprämien

### 1.3 Schadensverhütung als volkswirtschaftliche Aufgabe

Verschiedene unabhängig voneinander durchgeführte Studien führten zum Schluss, dass durch die Anwendung der derzeit zur Verfügung stehenden Korrosionsschutzverfahren 15 bis 35 % vermeidbar wären [1,2]. Dabei sind der Anteil der in verschiedenen Bereichen, Sparten verursachten Korrosionskosten und auch die Einsparungspotenziale sehr unterschiedlich (**Tab. 5**).

**Tab. 5: Korrosionskosten und Einsparungspotenziale in verschiedenen Industriezweigen**

<b>Branche Industrie</b>	<b>Anteil am Gesamtkorrosionsverlust [%]</b>	<b>Einsparungspotenzial [%]</b>
Transport	34 – 45	11 - 32
Bauwesen	13 -18	20
Öl- / Chem. Industrie	13	8
Maschinenbau, Metallerzeugung	12	32
Energie	4	42
Wasserversorgung	4	16
Telekommunikation	4	Keine Angabe

Als grösste Verursacher der Korrosionskosten wurden das Transport- und das Bauwesen ermittelt, die zusammen fast die Hälfte der Gesamtkosten erzeugen. In

beiden Fällen handelt es sich um etablierte Produkte und Technologien, die einen grossen Ausbreitungsgrad besitzen.

Angesichts der enormen, durch Korrosion entstehenden Verluste muss die Verhütung von Korrosionsschäden als volkswirtschaftliche Aufgabe betrachtet werden. Wichtig ist dabei, dass das vorhandene Wissen und die zur Verfügung stehenden Verfahren bereits in der Planungsphase sachkundig angewandt werden und dass die Strategie des Korrosionsschutzes den möglichen Schadensrisiken angepasst ist. Investitionen in Ausbildung und Technologietransfer einerseits und in Forschung und Entwicklung andererseits sind ein wirtschaftlich rentables und ökologisch nützliches Unternehmen, da die dafür aufgewendeten Mittel mit Sicherheit überkompensiert und die Gefährdungspotenziale vermindert werden.

#### **Literatur**

- [1] Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States, NBS Special Publication 511-1 und 511-2 (1978)
- [2] Hoar, T.P.: Report of the Committee on Corrosion and Protection, Dept. of Trade and Industry, H.M.S.O., London (1971)
- [3] Behrens D., Gräfen H.: "Volkswirtschaftliche Bedeutung der Korrosion" in Kunze E., Korrosion und Korrosionsschutz Bd. 1, Wiley – VCH, Weinheim (2001), 1-17
- [4] van Laak, H.: Chem.-Ing.Tech. 54 (1982). 17

Projekt:       Wirtschaftliche Bedeutung des Korrosionsschutzes  
              Bekämpfung der Aussenkorrosion im Rohrnetz der Wasserversorgung Zürich  
Verfasser:     Adrian Rieder  
Datum:        März 2006

CEOCOR, Juni 2006

## **Wirtschaftliche Bedeutung des Korrosionsschutzes**

### **Korrosionsschutzmassnahmen im Rohrnetz der Wasserversorgung Zürich**



Adrian Rieder, Wasserversorgung Zürich

## Zusammenfassung

Das Rohrleitungsnetz ist die grösste Kapitalanlage der Wasserversorgung. Diese Tatsache gilt in urbanen, städtischen Verhältnissen, wie auch in ländlichen Gegenden. Um dieses enorme Kapital richtig zu verwalten und die Substanz der Netze zu erhalten, braucht das Wasserversorgungsunternehmen eine langfristige Zukunftsstrategie. Die Instandhaltung der Rohrleitungen und deren zugehörigen Anlagen und Bauteile, der vorsorgliche, systematische Unterhalt, die Instandsetzung und die konsequente Erneuerung der schadenanfälligen Rohrleitungen garantieren die Substanzerhaltung. Das Rohrnetz der Wasserversorgung Zürich (WVZ) misst rund 1550 km (inkl. Hausanschlussleitungen) und stellt einen Wiederbeschaffungswert von über 2 Milliarden Franken dar. Die Wasserversorgung Zürich ersetzt pro Jahr zwischen 1.5 % und 2.2 % der Rohrnetzlänge und investierte in den letzten Jahren über 25 Mio. Franken / Jahr in die Erneuerung und Substanzerhaltung des Leitungsnetzes.

Für die Instandsetzung von Leitungsschäden wendet die Wasserversorgung zusätzlich rund 6 Mio. bis 7 Mio. Franken jährlich auf. Der überwiegende Anteil dieser Rohrschäden ist durch die Aussenkorrosion verursacht.

Im weiteren beschreibt der Artikel die Ursachen der Aussenkorrosion in der Stadt Zürich und gibt einen Überblick über die seit 1983 getroffenen Massnahmen zur Bekämpfung der Streuströme<sup>1)</sup>. Aktuell sind 58 Streustromdrainage Anlagen mit insgesamt 106 Ableitern in Betrieb. Die Wartung und Inspektion dieser Anlagen wird durch die Partner der Streustromkoordination gemeinsam finanziert und erfolgt nach den Richtlinien C3 der Korrosionskommission SGK.

Dieser hohe Finanzbedarf der zur Rohrschadenbehebung aufgewendet wird, zeigt die wirtschaftliche Bedeutung des Korrosionsschutzes für das Leitungsnetz der Wasserversorgung Zürich.

Bezug nehmend auf die traditionelle Bezeichnung der Ströme in der Streustromkommission der Stadt Zürich, werden alle Ströme, inkl. Makroelementströme nachfolgend als „Streuströme“ bezeichnet.

## 1 Aussenkorrosion im Rohrnetz

### 1.1 Ursachen

Die Aussenkorrosion im metallischen Rohrnetz ist ein komplexer Vorgang, der physikalische, elektrochemische und hydrogeologische Prozesse vereint. Die Aussenkorrosion bei den metallischen Rohrnetzen wird durch den im Erdboden vorhandenen, gelösten Sauerstoff initiiert; Streuströme und eine ungünstige, inhomogene Bodenbeschaffenheit beschleunigen diese Reaktion. Diese Streuströme werden in Zürich hauptsächlich durch die schlechte, inhomogene Bettung der Wasserleitungen verursacht. Lokale „Makroelemente“, Auslöser sind Holzunterlagen die ursprünglich im Rohrleitungsbau verwendet wurden, Fremdkathoden (Fundamenterde, Erdungsanschlüsse) und Gleichstrombahnen sind weitere Verursacher von korrosiven Strömen. Eine grobe Abschätzung der verschiedenen Einflüsse zeigt, dass rund ein Drittel der Streuströme auf den Trambetrieb zurückzuführen sind. Die Makroelemente entstehen z.B. in einer inhomogenen Bettung (Lehm / Kies). Die zwischen Bereichen unterschiedlicher Bettung auftretende Spannungsdifferenz von 300 mV und mehr erzeugen einen Korrosionsstrom, welcher zu lokalen, kraterförmigen Anfressung an der Wasserleitung führt. Dort wo die Streuströme kumuliert auftreten oder ein ungünstiges Flächenverhältnis von Kathode und Anode vorhanden ist (Fremdkathoden) und keine Massnahmen gegen Aussenkorrosion getroffen sind, verläuft dieser Korrosionsvorgang besonders schnell.

In Zürich sind die Ursachen der Aussenkorrosion sehr verschieden und können sich teilweise gegenseitig verstärken. Um die Wechselbeziehungen zwischen der Bodenbeschaffenheit

<sup>1)</sup> Streustrom ist ein aus stromführenden Leitern elektrischer Anlagen stammender Strom im Erdboden

(Bodenaggressivität) und dem Korrosionsverhalten der metallischen Leitungen zu untersuchen, wurde bereits 1991 eine Karte der Bodenaggressivität bezüglich der erdverlegten metallischen Leitungen erstellt. In einem weiteren Planwerk, wurden die Rohrschadenintensität (Zeitperiode von 12 Jahren), mit den Ursachen Korrosion / Setzung graphisch dargestellt. Interessant war der hohe Grad der Korrelation zwischen diesen beiden Planwerken, die zwar vermutet wurde, jedoch nicht in diesem Ausmass erwartet werden durfte. Aufgrund dieser Erkenntnisse, konnten in den 90er Jahren verschiedene Flächensanierungen zur Erneuerung der Wasserleitungen gestartet werden.

Bis 1991 hatten die metallischen Wasserleitungen auch in Zürich die in der Schweiz traditionelle „Doppelfunktion“ als Erder von Elektroinstallationen (Hausinstallationen, Trafostationen, Blitzschutzanlagen etc.) und als „Transportgefäss“ für das Trinkwasser. Die Rohre wurden erdfühlig verlegt und die Muffenverbindungen waren elektrisch längsleitend. Durch zufällige oder gewollte Kontakte zwischen der Wasserleitung und der Bewehrung von grossen Stahlbetonbauten, entstanden für verschiedene Rohrnetzabschnitte korrosiv wirkende Makroelemente. Die in den 70er Jahren eingeführte Betonkiesumhüllung konnte diese Korrosionsvorgänge nur ungenügend verzögern.

## 1.2 Streuströme als Hauptverursacher der Aussenkorrosion

Verschiedene Untersuchungen in den letzten 20 Jahren zeigen, dass Streuströme die Hauptverursacher der Aussenkorrosion an den Trinkwasserleitungen sind. Die Analyse der Schadenstatistik zeigt, dass gegen 90 % aller Schadenfälle auf die Kombination Aussenkorrosion / Setzung zurückzuführen sind.

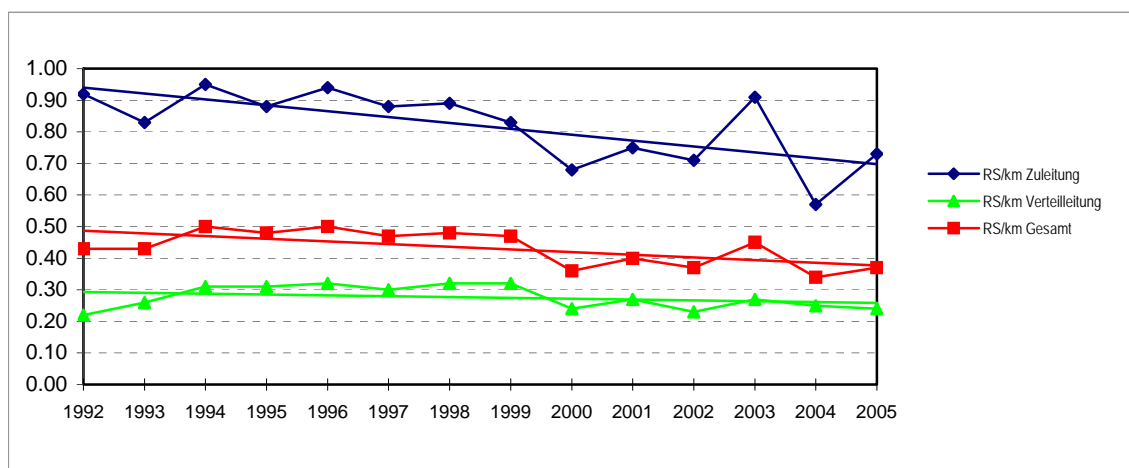
Die Analysen zeigen auch, dass nach wie vor die folgenden Ursachen wesentlich zum Substanzverlust des metallischen Rohrnetzes führen:

- Streuströme aus heterogener Rohrbettung, resp. mit Holzunterlage
- Streuströme von Fremdkathoden
- Streuströme aus dem Trambetrieb (Gleichstrombahnen)

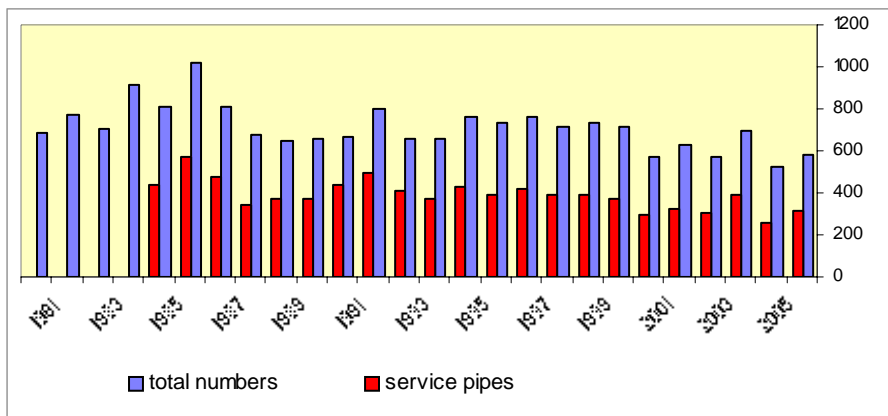
### 1.2.1 Rohrschäden (RS)

Die Rohrschadenentwicklung seit den 90er Jahren ist in der Tendenz leicht rückgängig. Die genaue Analyse der Schäden zeigt, dass vor allem bei den Hausanschlussleitungen ein merklicher Rückgang von rund 1 RS/km/Jahr auf 0.7 RS/km/Jahr festgehalten werden kann.

Die Schadenentwicklung im übrigen Rohrnetz, den Verteil- und Hauptleitungen, ist in etwa konstant. Mit rund 0.25 RS/km/Jahr hat sich die Schadenintensität in den letzten rund 10 Jahren kaum verändert (*Abbildung 1 und 2*).

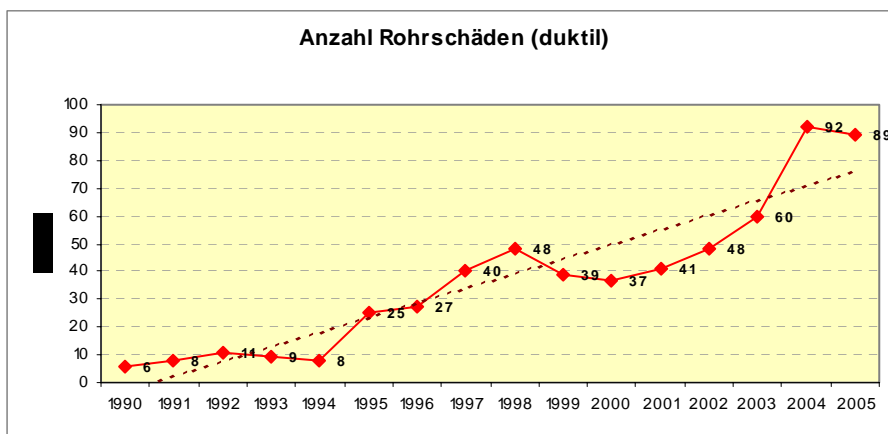


**Abbildung 1:** Darstellung der Schadendichte 1992 bis 2005



**Abbildung 2:** Rohrschadenentwicklung im Rohrnetz der Wasserversorgung Zürich 1981 bis 2005.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt die Entwicklung der Rohrschäden bei den duktilen Gussrohren der 1. Generation (GGG), Wasserleitungsrohre mit einem aus heutiger Sicht ungenügendem Aussenschutz aus einer dünnen Bitumenbeschichtung und einem zinkstaubhaltigen Lackanstrich (Abbildung 3, 4).



**Abbildung 3:** Zunahme der Rohrschäden an duktilen Gussrohren der 1. Generation, (vorwiegend Baujahr ca. 1965 bis 1990).



**Abbildung 4:** Typischer Rohrschaden an duktiler Gussleitung der 1. Generation, verursacht durch Holzunterlagen

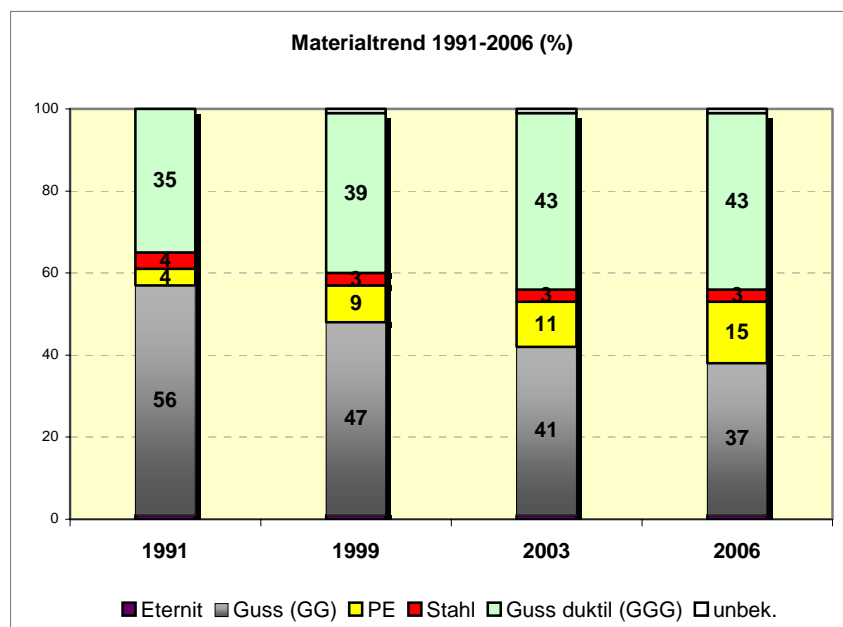


## 1.3 Rohrleitungsmaterial

### 1.3.1 Entwicklung in Zürich

Das hauptsächliche, seit 1868, dem Beginn der „modernen“ Trinkwasserversorgung in Zürich, eingesetzte Rohrleitungsmaterial ist bis 1965 Grauguss. Diese dickwandigen Rohre waren für den damaligen Zeitpunkt mit Bitumen gegen Korrosion „gut“ geschützt. Nach 1965 wurden die ersten duktilen Rohre, im Schleudergussverfahren hergestellt und eingebaut. Seit 1975 wurden duktile Gussleitungen mit Steckmuffenverbindung und einer Innenbeschichtung aus Polyurethan (PUR) verwendet. Alle Rohrverbindungen wurden elektrisch längsleitend ausgebildet. Gegen Aussenkorrosion waren diese Rohre nur schlecht geschützt. Die anfängliche Bitumenbeschichtung wurde durch eine auf die Gussoberfläche gespritzte zinkstaubhaltige Lackschicht ergänzt.

Erste Polyethylenrohre werden für Hausanschlussleitungen seit 1984 eingesetzt. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung des Polyethylenrohres werden unterdessen Rohrleitung bis DN 315 mm in Polyethylen (PE) gebaut.



**Abbildung 5:** Trend der Materialien im Rohrnetz der Wasserversorgung Zürich: davon Guss duktil (GGG) 1. Generation, (1965 bis ca. 1990) rund 350 km; die gesamte Rohrnetzlänge ist ca. 1550 km.

Die duktilen Gussleitungen, Armaturen und Formstücke werden seit 1991 nur mit einem zusätzlichen, werkseitig aufgetragenen äusseren Schutzschicht aus Faserzementmörtel (FZM), Polyurethan (PUR) oder Epoxidharz (Armaturen), eingebaut. Die Rohrverbindungen sind schubgesichert und elektrisch nicht leitend, somit wird verhindert, dass Streuströme über grössere Strecken transportiert werden.

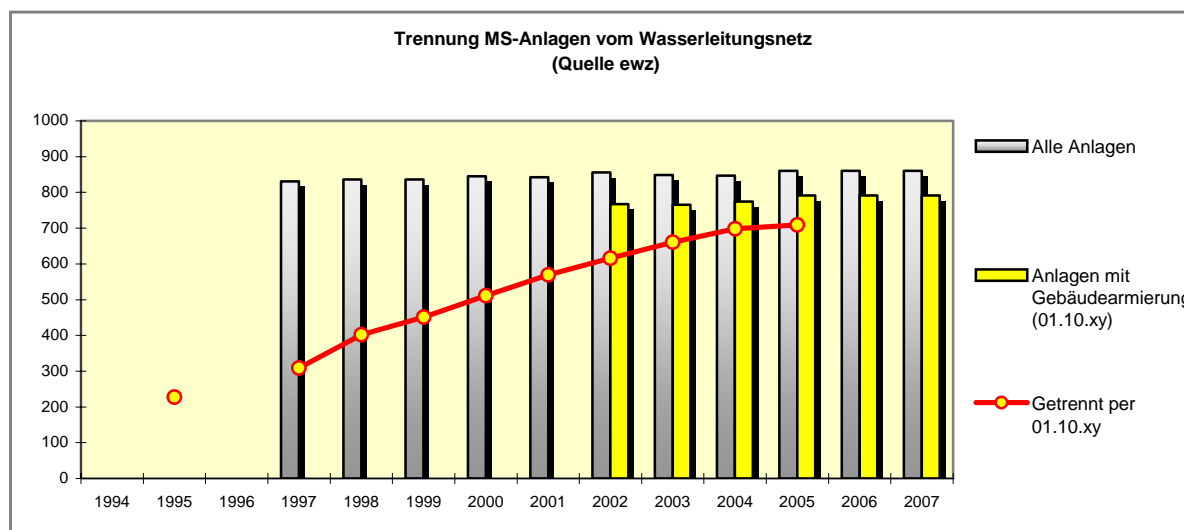
## 2 Korrosionsschutzmassnahmen

### 2.1 Streustrom Kommission der Stadt Zürich

1983 wurde die stadtinterne Korrosionsschutz Koordinationsgruppe gebildet, bestehend aus Vertretern des Elektrizitätswerkes (EWZ), Verkehrsbetrieben (VBZ), der Erdgas Zürich AG und der Wasserversorgung Zürich (WVZ), sowie externen Fachspezialisten<sup>2</sup>. Die swisscom AG wurde 1998 Mitglied der Gruppe. Das primäre Ziel dieser koordinierenden Arbeitsgruppe ist es, die Werkleitungen und Infrastrukturen vor den negativen Auswirkungen der Streuströme zu schützen, bestehende Anlagen zu unterhalten und weiterführende Untersuchungen zur Streustromproblematik durchzuführen.

### 2.2 Trennung der Erdung vom Wasserleitungsnetz

Seit 1990 werden keine Transformatorstationen und seit 1991 keine Verteilkkabinen mehr an die Wasserleitung angeschlossen. Die Erdung der Gebäude ist nur noch an die Fundamentarmierung, resp. separate Einzelerder erlaubt. Bei Gebäuden mit Zuleitungen aus Kunststoff, wurden bestehende Erdungsüberbrückungen auf die Wasserleitungen im Gebäude getrennt und der Potentialausgleich bei den Hausinstallationen erstellt. In einem separaten Programm werden grosse Stahlbetonbauten und geschlossene Überbauungen erfasst, Kontrollmessungen durchgeführt und vom Rohrnetz elektrisch getrennt. In Gebieten mit einer überdurchschnittlichen Rohrschadenrate werden gezielt Flächensanierungen durchgeführt und Streuströme aus Fremdkathoden über Fundamentezder abgeleitet und mittels Isolierstücken vom bestehenden Rohrleitungsnetz elektrisch getrennt.



**Abbildung 6:** Stand der elektrischen Trennung von Mittelspannung (MS) -Anlagen des Elektrizitätswerkes vom Wasserleitungsnetz

<sup>2</sup> Beschluss des Stadtrates Nr. 3477, vom 20.11.1985

## 2.2.1 Chronologischer Verlauf der Korrosionsschutzmassnahmen in der Stadt Zürich

Streustrom Kommission der Stadt Zürich	Korrosionsschutzmassnahmen	ewz, vbz, erdgas ZH, wvz, swisscom
1983	Bildung der Korrosionsschutz Koordinationsgruppe	
1985	Untersuchungen und erste Messungen zur Streustromproblematik in der Stadt Zürich Stadtratsbeschluss 3477, vom 20.11.1985, zur „Kostenverteilerschlüssel und Finanzierung von Schutzmassnahmen gegen Streuströme“. Involvierte Werke: EWZ, VBZ, WVZ, Erdgas ZH.	
1986	Bau von 56 Streustromableitern entlang von Gleichstrombahnen (Streustromdrainagen)	
1990	Rohrschadenintensitätsplan	
1991	Karte der Bodenaggressivität	
1991	Trennung der Erdung von den Wasserleitungen	
ab1991	Rohrsysteme ohne Längsleitfähigkeit, zus. Aussenschutz gegen Korrosion	
ab 1995	Kontinuierlich Entfernung der Erdungen von den Wasserleitungen (Trafostationen, Verteilkabinen, Fremdkathoden) Flächensanierungen und Pilotgebiete, die galvanisch vom Rohrnetz getrennt werden	
ab 1997	erste Trasse der Gleichstrombahnen werden elektrisch isolierend gebaut	
1998	Nutzniessungsvereinbarung mit Swisscom AG bei Korrosionsschutzeinrichtungen	
ab 2000	Weitere Streustromdrainagen werden erstellt	
2006	100 % der Erdungsüberbrückungen bei Hausanschlussleitungen aus Polyethylen (PE), ca. 2500 Stk. vom Leitungsnetz getrennt neue Tramtrassees werden elektrisch isolierend gebaut rund 82 % der MS-Anlagen und rund 44 % der Verteilkabinen sind vom Wasserleitungsnetz getrennt kontinuierlicher Unterhalt und Streustromüberwachung der Streustromdrainagen (58 Stk.) Weiterführung der elektrischen Abisolierung von ausgewählten Fremdkathoden	

**Tabelle 1:** Korrosionsschutzmassnahmen, koordiniert durch Streustromkommission der Stadt Zürich

## 2.2.2 Streustromdrainagen

1986 wurde mit dem Bau von 56 Streustromdrainagen begonnen. Diese Drainagen führten zur Stabilisierung der Rohrschäden. Diese Streustromdrainagen wurden in der Nähe von Gleichrichterstationen erstellt. Die Rohrleitung wird über einen niederohmigen Widerstand hoher Strombelastbarkeit direkt mit dem Verursacher, der Bahnschiene verbunden. Dabei wird das negative Potential der Schiene auf die Rohrleitung übertragen, so dass sogar eine schwache kathodische Schutzwirkung möglich ist. Die kontinuierlich durchgeführten Messungen zeigen max. Ströme von über 100 [A]. Aktuell sind in der Stadt Zürich 58 Streustromdrainagen mit insgesamt 106 Ableitern (Okt.05) in Betrieb. Die Anlagen werden gemäss Vorgaben der EN 12954, resp. Richtlinie C3 der Korrosionskommission der SGK, halbjährlich durch eigene Mitarbeiter überprüft. Alle 3 Jahre erfolgt die Wirkungskontrolle der Drainagen durch externe Fachspezialisten.

### 3 Instandhaltung des Rohrnetzes

#### 3.1 Wirtschaftliche Aspekte

In der Wasserversorgung Zürich werden über 65 % der jährlichen Investitionen für das Rohrnetz aufgewendet. Die Erneuerungsquote der letzten 10 Jahre betrug im Mittel 1.8 % der Gesamtlänge des Rohrnetzes, das mittlere Rohrnetzalter ist unter 40 Jahre. Die Substanzerhaltung des Rohrnetzes wird durch die konsequente Umsetzung der Instandhaltungsarbeiten,

- Erneuerung (Investitionen und Verbesserung)
- Wartung,
- Inspektion und
- Instandsetzung gewährleistet.

Die Rohrleitungsbauarbeiten und die Tätigkeiten des Unterhaltes werden überwiegend durch das eigene Personal erbracht. In der Wasserversorgung Zürich werden rund 25 % bis 30 % der Gesamtkapazitäten des Rohrnetzdienstes von 85'000 bis 90'000 Arbeitsstunden für den vorsorglichen, planbaren Rohrnetzunterhalt aufgewendet. Diese kontinuierliche Aufgabe zur „Rohrnetzpflege“ muss fortlaufend erfüllt werden, damit die Substanz des Netzes langfristig nicht gefährdet wird und keine Beeinflussung der Trinkwasserhygiene im Rohrnetz auftreten kann.

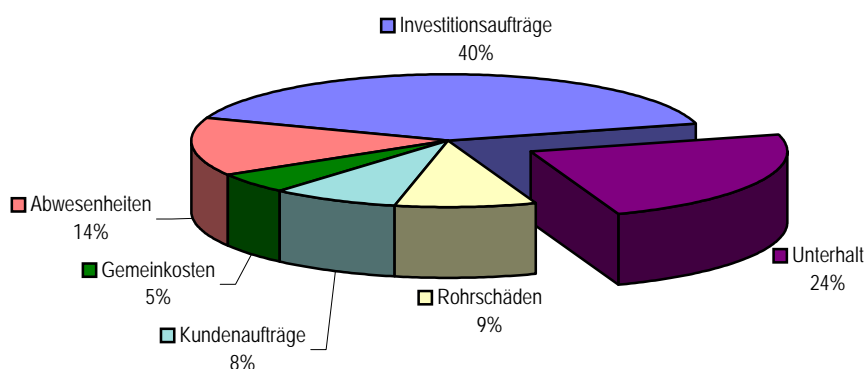
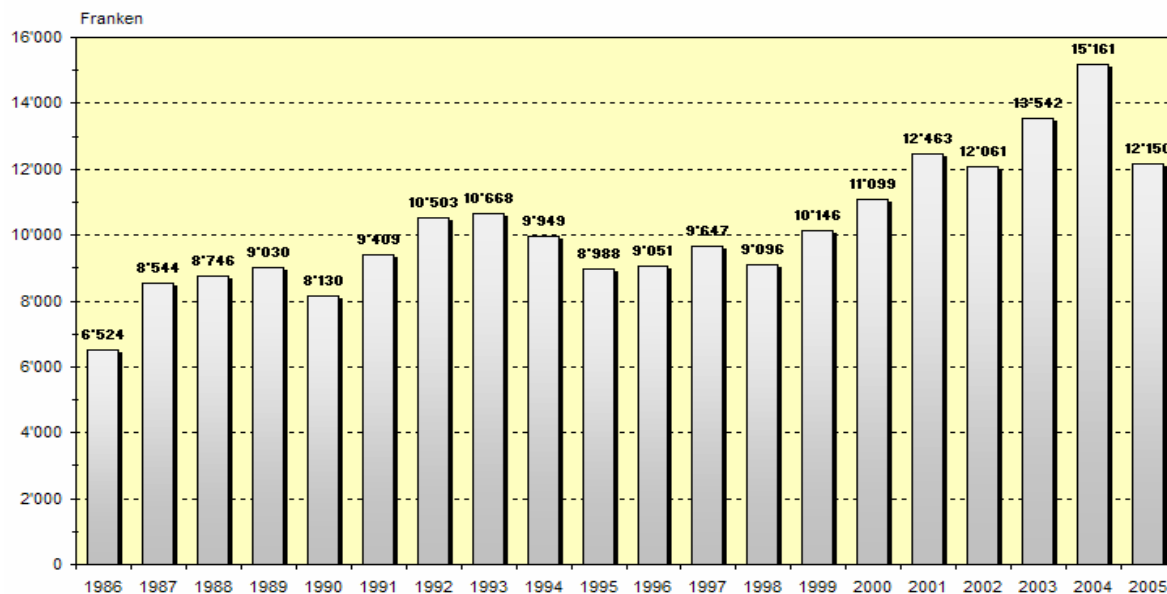


Abbildung 7: Kapazitätsverteilung im Netzdienst (2005)

Der Leitungsbau unterliegt jedoch konjunkturellen Schwankungen, die sich in divergierenden Preisentwicklungen des Baumarktes zeigen. Durch die kontinuierlichen Investitionen der Wasserversorgung Zürich in das Rohrnetz und der Pflege des vorsorglichen Unterhaltes konnte die Rohrschadenentwicklung in etwa konstant gehalten werden. Die Entwicklung der Aufwendungen für die Instandsetzung, d.h. die Behebung von Rohrschäden haben kontinuierlich zugenommen. Die detaillierte Analyse der Schäden zeigt, dass der Anstieg der mittleren Kosten pro Schadenereignis, auf gestiegene Kosten für die Tiefbau- und Wiederherstellungsarbeiten zurückzuführen sind. Der Gesamtaufwand für das einzelne Rohrschadenereignis hat sich deutlich erhöht. Der Anteil der Eigenleistungen, inkl. der Materialkosten beträgt weniger als 20% der Gesamtkosten pro Schadenereignis. Der Vergleich zeigt, dass nicht das Wasserleitungsrohr und die Kosten der Montage das grösste Einsparpotential aufweisen, sondern an den zugehörigen Infrastrukturkosten zur Rohrleitungsverlegung gespart werden muss.



**Abbildung 8:** Entwicklung der mittleren Kosten pro Schadenereignis. Diese setzen sich zusammen aus Rohrleitungsbau, Tief- und Strassenbau und den Versicherungsprämien.

### 3.2 Laufende Aufwendungen für die Streustrombekämpfung

Im Verhältnis zu den Gesamtaufwendungen für die Instandsetzung (Rohrschadenbehebung) des Wasserleitungsnetzes von rund 7 Mio. Franken im Jahr 2005, sind die Kosten für die kontinuierliche Wartung und Inspektion der Streustromdrainagen sehr gering. Neben der Überwachung der 58 Drainagen, werden zusätzlich pro Jahr rund 50 Fremdkathoden von ausgewählten Stahlbetonbauten elektrisch abisoliert. Im weiteren werden im Zuge von Leitungsbauprojekten und koordinierten Baumassnahmen in der Stadt Zürich, Streustrommessungen durchgeführt um allenfalls Schutzmassnahmen an angrenzenden Werkleitungen und Infrastrukturen auszuführen.

Gesamthaft investiert die Wasserversorgung Zürich pro Jahr rund 150'000.- bis 200'000.- Franken (inkl. Eigenleistungen für Inspektion, Wartung und Projektleitung) in die Bekämpfung der Korrosion, die durch Streuströme verursacht wird; dies entspricht in etwa den mittleren Kosten von 15 Rohrschäden im Jahr 2005.

### 3.3 Ausblick und Fazit

Der Anstieg in der Rohrschadenentwicklung konnte Ende der 80er Jahre gestoppt werden. Die Anzahl der Schäden ist im Trend leicht fallend. Basierend auf der aktuellen Instandhaltungsstrategie des Rohrnetzes führten die nachfolgend zusammengefassten Massnahmen zu dieser positiven Entwicklung.

- Bau, Betrieb und Wartung von 58 Streustromdrainagen entlang von stark frequentierten Tramlinien und Gleichstrombahnen (Üetlibergbahn)
- Konsequente Verwendung von integral geschützten Gussrohren für das Verteilnetz.
- Verwendung von Polyethylenrohren bei den Anschlussleitungen
- Kontinuierliche Entfernung von Erdungsanschlüssen auf die Wasserleitung bei Hausanschlussleitungen, bei Trafo- und Verteilstationen des Elektrizitätswerkes
- Unterbrechung der Längsleitfähigkeit bei Gussleitungen.
- Hohe Priorität beim Ersatz von Hausanschlussleitungen (grabenlose Baumethoden).
- Einsatz von NO-DIG Methoden für den Leitungersatz bis DN 175 mm und Anwendung des Rohr-Relinings mit aussen geschützten Polyethylenrohren.

- Hohe Investitionstätigkeit für das Rohrnetz
- Konsequente Durchführung des vorsorglichen Unterhaltes im Rahmen des Instandhaltungsmanagement

Die Korrosion im Rohrnetz der Wasserversorgung Zürich verursacht enorme Schäden. Durch die Umsetzung der Erkenntnisse der ersten Messkampagnen zur Bekämpfung der Korrosion, dem Bau der Streustromdrainagenanlagen und der Verwendung von integral gegen Korrosion geschützten Rohren ohne Längsleitfähigkeit, konnte der Verschleiss und der Substanzverlust der bestehenden metallischen Rohrleitungen verlangsamt werden. Der Nutzen dieser Investitionen in das Rohrnetz ist langfristig zu beurteilen und zeigt sich in der Kontinuität. Erfolge oder Misserfolge der gewählten Strategie sind erst nach Jahren oder Jahrzehnten erkennbar.

Adrian Rieder, März 2006

Abteilungsleiter Netzdienst  
adrian.rieder@wvz.stzh.ch