

Wie alt werden Wasserleitungen - ab wann ist die Leitung zu erneuern?

Daniela Fuchs-Hanusch

1 Einleitung

70% des Gesamtanschaffungswertes eines Wasserversorgungssystems sind mit dem unterirdischen Rohrnetz „vergraben“. Der Ausbau der Netze ist weitgehend abgeschlossen. Der Anschlussgrad in Österreich an die öffentliche Wasserversorgung beträgt ca. 90 % (ÖVGW, 2008). C. SKALA (2007) führt an, dass zwischen 1959 und 2006 ca. €8,8 Mrd. in die Wasserversorgung investiert wurden. Weiters wurde im Bericht von C. SKALA (2007) abgeschätzt, dass zwischen 2007 und 2015 weitere €1,3Mrd. an Investitionen anstehen, wobei hiervon der Großteil bereits die Rehabilitation der Anlagen betrifft.

Beginnend mit Ende des 19. Jahrhunderts wurden bei den österreichischen Wasserversorgern Rohrnetze gebaut, wobei die unterschiedlichsten Materialien und Nennweiten unter verschiedensten Rahmenbedingungen eingesetzt wurden. Die Ursachen für die nun mancherorts ansteigende Zahl von Wasserrohrbrüchen sind daher vielfältig. Unter anderem sind Zustandsverschlechterungen dafür verantwortlich, die wiederum durch externe und interne Einflüsse beschleunigt werden können.

Wann ist nun der Zeitpunkt erreicht um von einer weiteren Reparatur abzusehen und eine vollständige Rehabilitation eines Abschnittes anzustreben?

Wo sollen im Netz die Prioritäten gesetzt werden?

Welche Einflüsse sind zu beachten?

Kann die Erfahrung bei größeren und älteren Rohrnetzen für nachfolgende Generationen und Wasserversorger mit jüngeren Netzen genutzt werden?

Welche Daten hinsichtlich Bestand und Zustand der Netze und der darauf wirkenden Einflüsse sind verfügbar?

Welche Daten müssen erhoben werden um Entscheidungen treffen zu können?

Die Fragestellungen sind vielfältig. Im Folgenden werden Untersuchungen und Ansätze zu diesem Thema, die an der TU Graz mit zahlreichen Wasserversorgern erprobt wurden, beschrieben.

2 Lebensdauer unterschiedlicher Rohrtypen

Das Ausfallverhalten von Rohrleitungstypen kann mathematisch beschrieben werden. Abbildung 1 zeigt die sogenannte Badewannenkurve des Ausfallverhaltens von Objekten.

Für die ersten Jahre ist die Ausfallrate infolge „Kinderkrankheiten“ wie Produktions- oder Einbaufehlern noch hoch. Für Objekte, die diese Phase überlebt haben, bleibt die Ausfallrate eine lange Zeit konstant, dies ist der Boden der Badewanne.

Mit zunehmendem Alter vergrößert sich die Ausfallrate infolge der Zustandsverschlechterung wieder. Die Zustandsverschlechterung wird beeinflusst durch mechanischem Verschleiß,

Einwirkungen auf die Materialfestigkeit infolge äußerer und innerer Beanspruchungen sowie durch chemische Zersetzung der Materialien (Korrosion, ..). Für manche Leitungen eines Rohrtyps führen diese Einwirkungen früher zum Ausfall für andere später.

Die Ausfallrate hängt auch von der Wartung und Inspektion ab. Regelmäßige Wartung, zeitnahe und qualitativ hochwertige Reparaturen von Leckagen erhöhen die Lebensdauer. Wird mit Reparaturen zu lange zugewartet wird aus einem kleinen „Übel“ oft ein großer Schaden dem nur noch mit anlassbezogener Erneuerung begegnet werden kann. Man kennt solche Rohrbrüche aus der Presse.

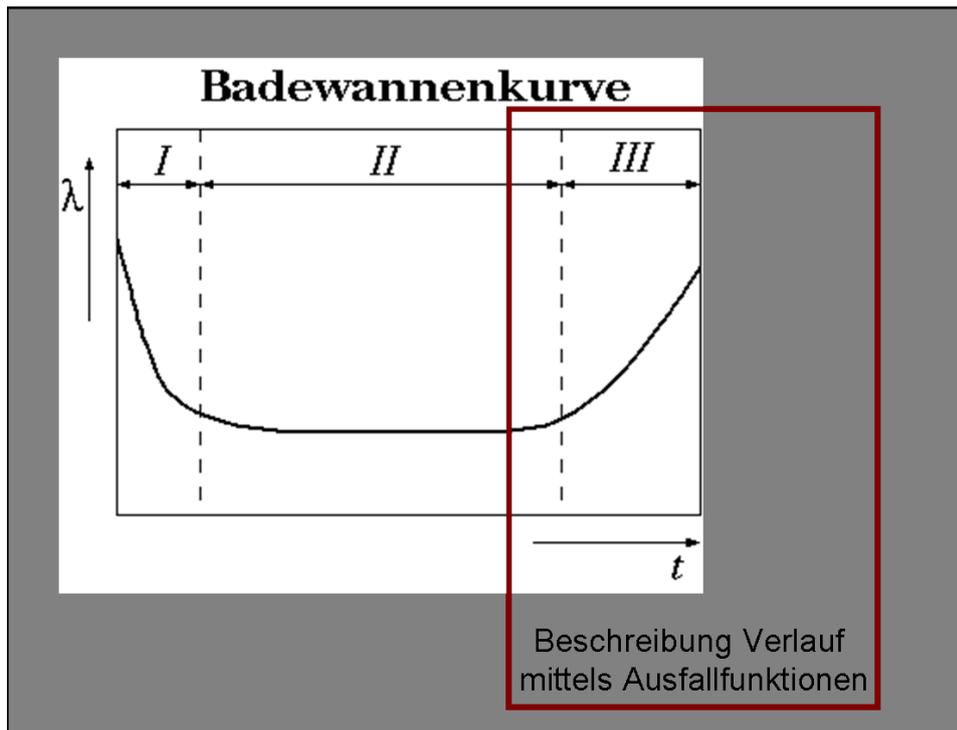


Abbildung 1: Badewannenkurve Ausfallverhalten von Objekten

Der rechte Ast dieser Badewannenkurve ist von Rohrtyp zu Rohrtyp unterschiedlich. Untersuchungen mit Daten von 5 österreichischen Wasserversorgungsnetzen haben jedoch gezeigt dass die unterschiedlichen Rohrtypen netzübergreifend Gemeinsamkeiten aufweisen. Für die Ausfallraten konnten auf dieser Basis Standardfunktionen abgeleitet werden. Abbildung 2 zeigt z.B. den rechten Ast der Badewannenkurve am Beispiel der Leitungsgruppe GGG unverzinkt DN ≤ 200 mm abgebildet mit Hilfe der *Herz Verteilung* (Herz, 1994). Mit dieser Funktion wird der Anteil der Leitungen angegeben, der mit fortschreitendem Alter ausfallen wird.

Die Funktionen der unterschiedlichen Rohrtypen wurden anhand der Bestands- und Schadensdaten 5 österreichischer Wasserversorger kalibriert.

Der Ausfall (= Erneuerung) einer Versorgungsleitung wird auch durch die Entscheidungsträger mitbestimmt. Meist ist eine hohe Schadensrate Hauptanlass für die Auswechslung von Rohren. Aber auch externe Anlässe sind als Ursache für Erneuerungen (Ausfälle) in Betracht zu ziehen. Daher wurden bei der Kalibrierung der Ausfallraten unterschiedlicher Rohrtypen sowohl Schäden als auch bisherige Erneuerungen einbezogen.

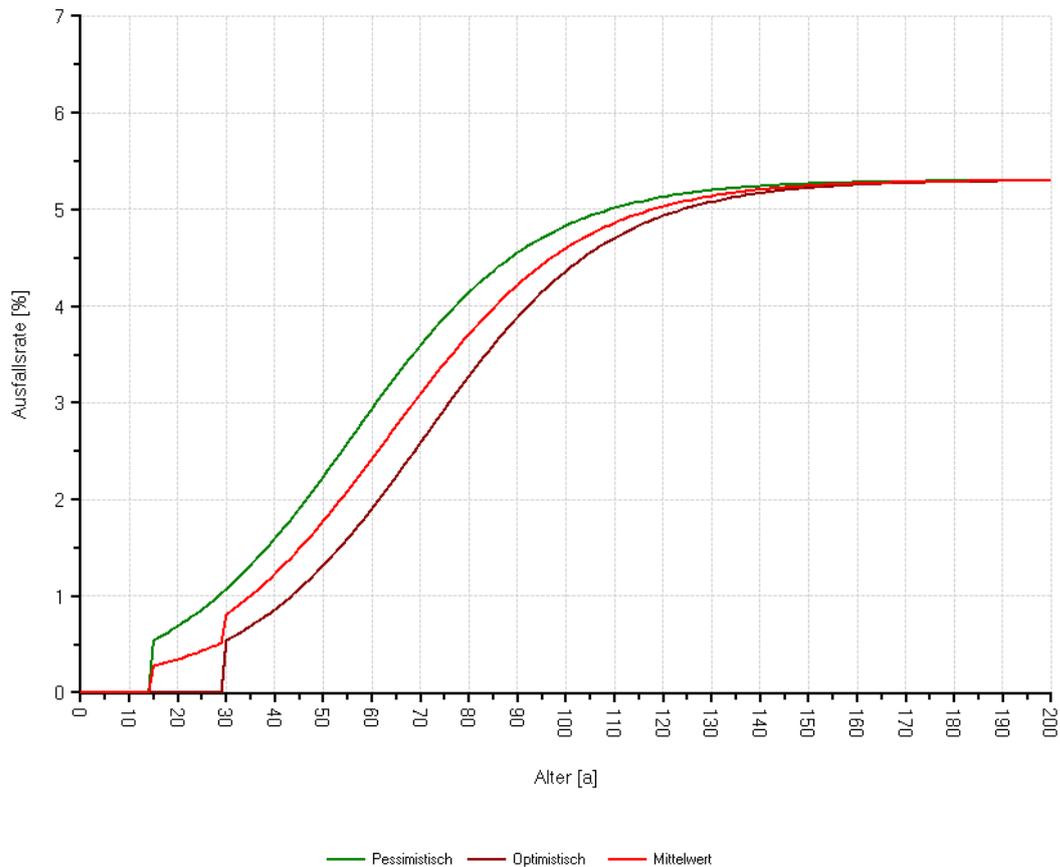


Abbildung 2: Kalibrierte Ausfallrate GGG unverzinkt <= 150

Im gezeigten Beispiel (Abbildung 2) wird angenommen, dass bei 70 jährigen Rohren im Mittel jährlich mit 3% Ausfällen zu rechnen ist. Bei den 40 jährigen Rohren ist im Mittel jährlich mit ca. 1,1% Ausfällen zu rechnen.

Durch Multiplikation der Länge der vorhandenen Rohre je Jahrgang der betrachteten Gruppe (Abbildung 3) mit den altersspezifischen Ausfallraten lassen sich nach *Kohortenüberlebensmodell* (Herz, 1994) die jährlich zu erwartenden Ausfälle (=erforderliche Erneuerungen) einer Leitungsgruppe in Laufmeter berechnen.

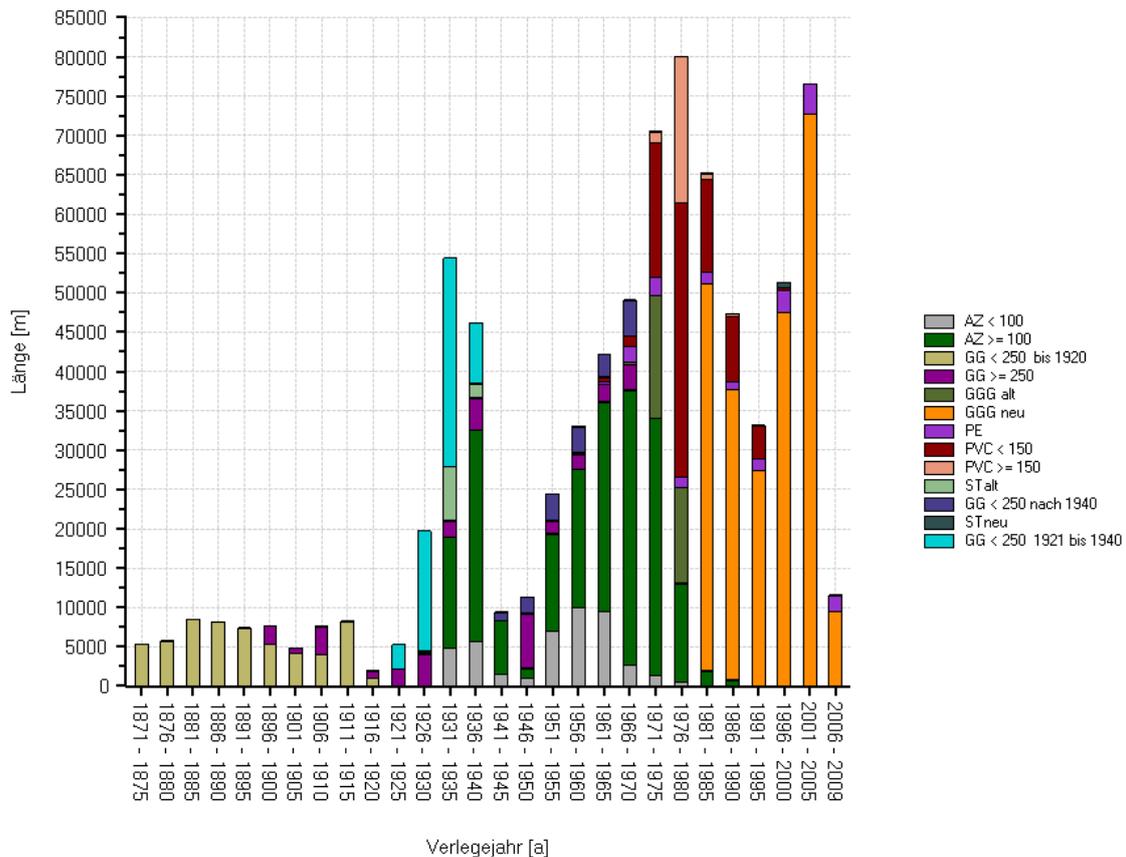


Abbildung 3: Leitungslängen je Rohrtyp am Bsp. eines österreichischen Wasserversorgers

Durch aufsummieren der Ausfallslängen der einzelnen Leitungsgruppen ergibt sich der Erneuerungsbedarf des Gesamtröhrenetzes gemäß Kohortenüberlebensmodell. Die Angabe des Erneuerungsbedarfes sollte immer als Bandbreite aus pessimistischer und optimistischer Schätzung der Altersparameter bestehen.

Es ist darauf zu achten, dass sich die jährlichen Erneuerungsraten innerhalb dieser Bandbreite befinden (Abbildung 4).

Rehabilitationsbedarf Gesamtnetz

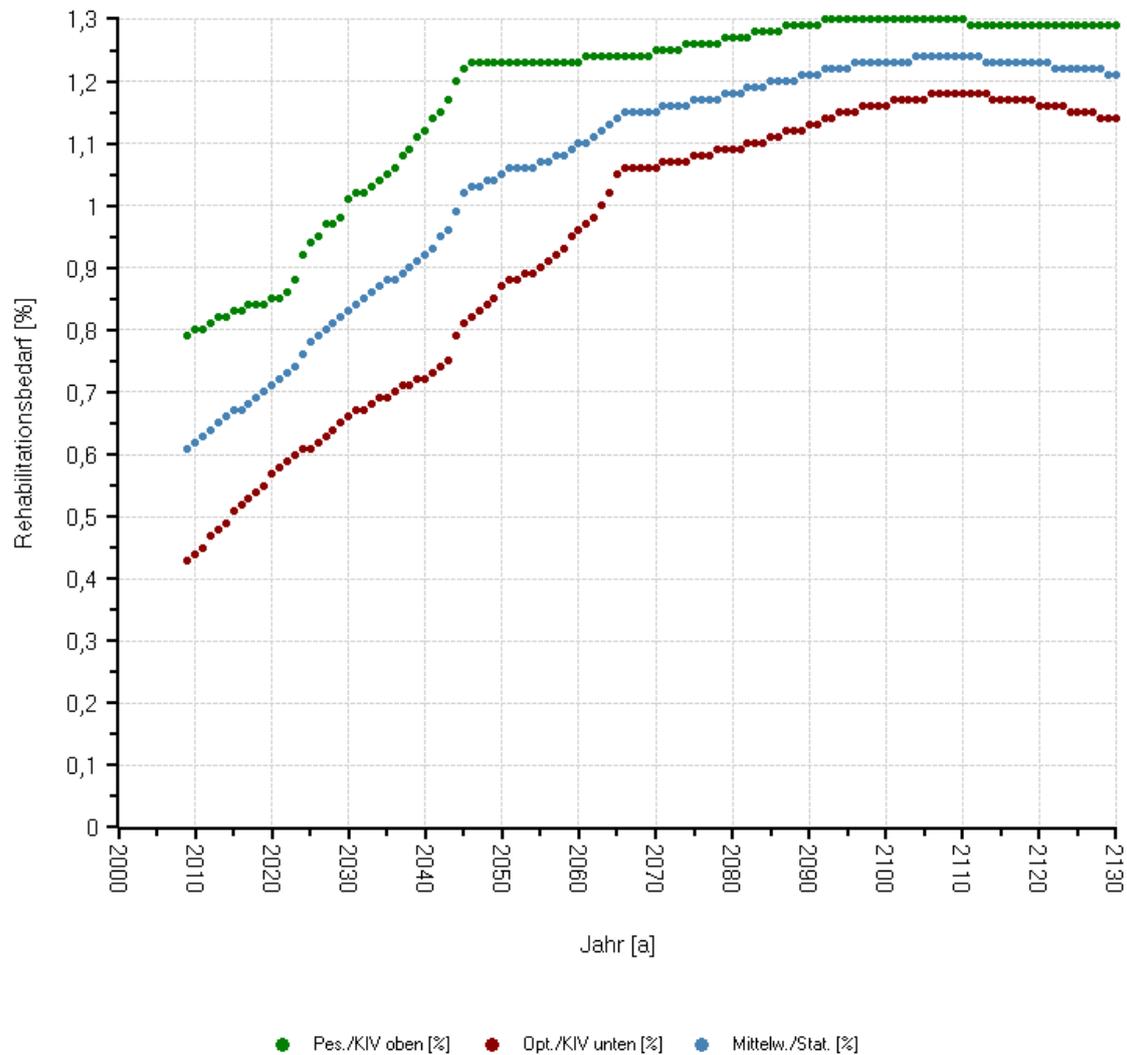


Abbildung 4: Erneuerungsbedarf des Wasserrohrnetzes mit Materialanteilen gemäß Abbildung 3.

3 Wasserverlustkennzahlen und Schadensraten

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Auswertungen ermöglichen es, bei bekannter Material-, Durchmesser-, Längen- und Altersverteilung, erforderliche jährliche Austauschlängen zu definieren um langfristig erhöhte Wasserverluste, Schadensraten und kostspielige unplanbare Erneuerungen zu vermeiden.

Wann sollte mit einem solchen Erneuerungsprogramm begonnen werden?

Tabelle 1 zeigt z.B. Richtwerte für Schadensraten an Anschluss- und Verteilleitungen mit Empfehlungen in Hinblick auf erforderliche Maßnahmen. Die angegebenen Richtwerte gelten für

eine Gesamtnetz Betrachtung. Für einzelne Gebiete oder Leitungsgruppen können diese Raten deutlich höher sein. Eine gruppenbezogene Auswertung der Schadenraten ist dabei ein Anhaltspunkt um Trends der Zustandsverschlechterung einzelner Rohrtypen erkennen zu können (Abbildung 5).

Tabelle 1: Richtwerte für durchschnittliche Schadensraten in Rohrnetzen (ohne Zubringerleitungen); (ÖVGW W 100)

Bereiche für Schadensraten	Rohrschadensraten		Empfehlung
	Haupt- und Versorgungsleitungen	Anschlussleitungen	
	Schäden je 100 km und Jahr	Schäden je 1000 AL und Jahr	
Niedrige Schadensrate	< 7	< 3	Standard halten
Mittlere Schadensrate	7 bis 20	3 bis 10	Standard verbessern
Hohe Schadensrate	> 20	> 10	Dringender Handlungsbedarf

Die Schadensrate ist weiters immer in Kombination mit der Wasserverlustkennzahl (gemäß ÖVGW W 63) zu beurteilen.

Ist die Schadensrate gering, sind aber dennoch hohe Verluste im Netz erkennbar, ist daraus zu schließen, dass Handlungsbedarf hinsichtlich Leckortung besteht, um unerkannte Leckagen aufzufinden.

Wird der aktuellen Zustand der Anlagen regelmäßig überprüft und die Ergebnisse dokumentiert so ist der Grundstein zur rechtzeitigen Erkennung eines allfälligen Erneuerungsbedarfes gelegt. Entsprechende Richtlinien hierfür stellen die ÖVGW W 85 (Wartungs- und Betriebshandbuch für WV- Anlagen) und die ÖNORM B 2539 bzw. ÖVGW W 59 (Technische Überwachung von Wasserversorgungsanlagen) dar. Derzeit ist weiters eine ÖVGW Publikation (ÖVGW W 105) zum Thema „Schadenstatistik“ in Ausarbeitung welches vor allem eine Vorlage für ein Reparaturprotokoll sowie Empfehlungen für Auswertungen der Aufzeichnungen beinhalten wird.

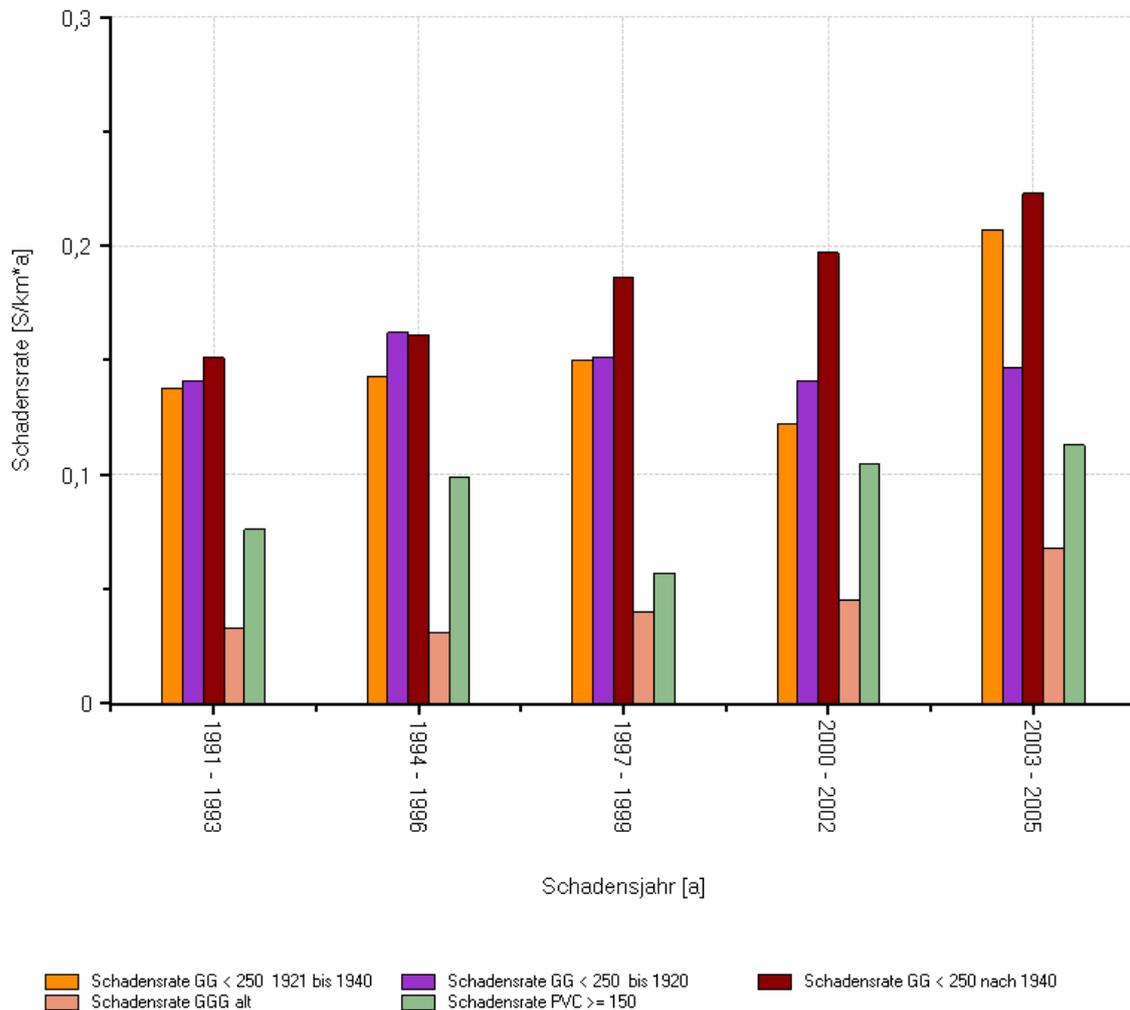


Abbildung 5: Vergleich der Schadensraten von Leitungsgruppen 5 österreichischer Wasserversorger

4 Lebenszyklusbetrachtung von Wasserleitungsrohren - Wann ist der optimale Zeitpunkt um zu tauschen?

Neben der oben beschriebenen Beurteilung von Schadensraten je Leitungsgruppe ist die Betrachtung der Einzelleitung in Hinblick auf ihr Schadenspotential ein wesentlicher Schritt um den Austauschzeitpunkt festzulegen. Aus Untersuchungen großer Wasserversorgungsnetze ist bekannt, dass ab einer gewissen Anzahl von Vorschäden die Zeitabstände zwischen den einzelnen Schäden immer geringer werden.

Dies ist die Grundlage für Berechnungen des optimalen Erneuerungszeitpunktes für Einzelleitungen. Zusätzlich ist das Risiko der Leitung in Hinblick auf die verursachten Kosten der Schadensbehebung einzubeziehen.

Zwei Leitungen des gleichen Rohrtyps und des gleichen Alters erreichen nur selten zum gleichen Zeitpunkt den optimalen Erneuerungszeitpunkt.

Ein Beispiel dazu:

Der optimale Erneuerungszeitpunkt errechnet sich über Lebenszyklusbetrachtungen indem das Minimum der Gesamtkosten aus der Erneuerung der Leitung und den Kosten der alternden Leitung über die Zeit ermittelt wird (Abbildung 6). Es wird dabei von einer möglichen Veranlagung ausgegangen, wodurch die Erneuerungskosten ausgehend vom Betrachtungszeitpunkt trotz Baupreiserhöhung in Zukunft abnehmen. Langfristig kann als Baupreisindex 3,5% jährlich angesetzt werden, dies entspricht dem Durchschnittswert der letzten 10 Jahre. Als Barwertzinssatz werden 4,5 % als langjähriger Durchschnitt empfohlen. Die Kosten nehmen bei diesem Ansatz somit um 1% jährlich ab.

Das Schadensrisiko steigt dennoch an, da die Häufigkeit der Schäden auf der alternden Leitung sowie die laufenden Wartungs- und Inspektionserfordernisse zunehmen.

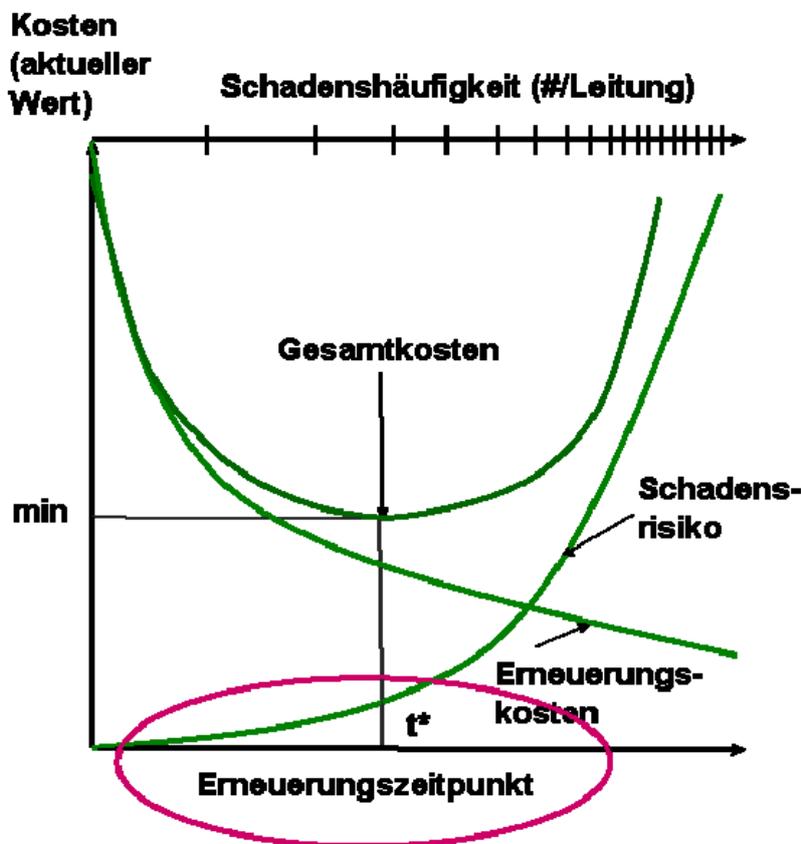


Abbildung 6: Lebenszykluskosten

Aus Untersuchungen in verschiedenen Rohrnetzen ist bekannt, dass die Kosten eines Schadens der gleichen Leitungsgruppe (z.B. AZ DN 200 bis 300) weiters je nach Lage der Leitung infolge der Oberflächeninstandsetzung unterschiedlich sind (Abbildung 7). Leitungen des gleichen Typs und des gleichen Zustandes in Ortsnetzen erreichen somit in Hinblick auf das Schadensrisiko früher den optimalen Erneuerungszeitpunkt als Leitungen in Güterwegen.

Diese Berechnungen werden für alle Leitungen durchgeführt. Die Leitungen sind dazu in sinnvolle Abschnitte zu unterteilen. Dabei haben sich Abschnitte mit einer Länge zwischen 150m und 300m bewährt.

Das Ergebnis ist eine Auflistung von Erneuerungsprioritäten die sukzessive abgebaut werden sollten. Die jährlichen Erneuerungslängen sollten sich dabei an den oben angeführten langfristigen Berechnungen orientieren.

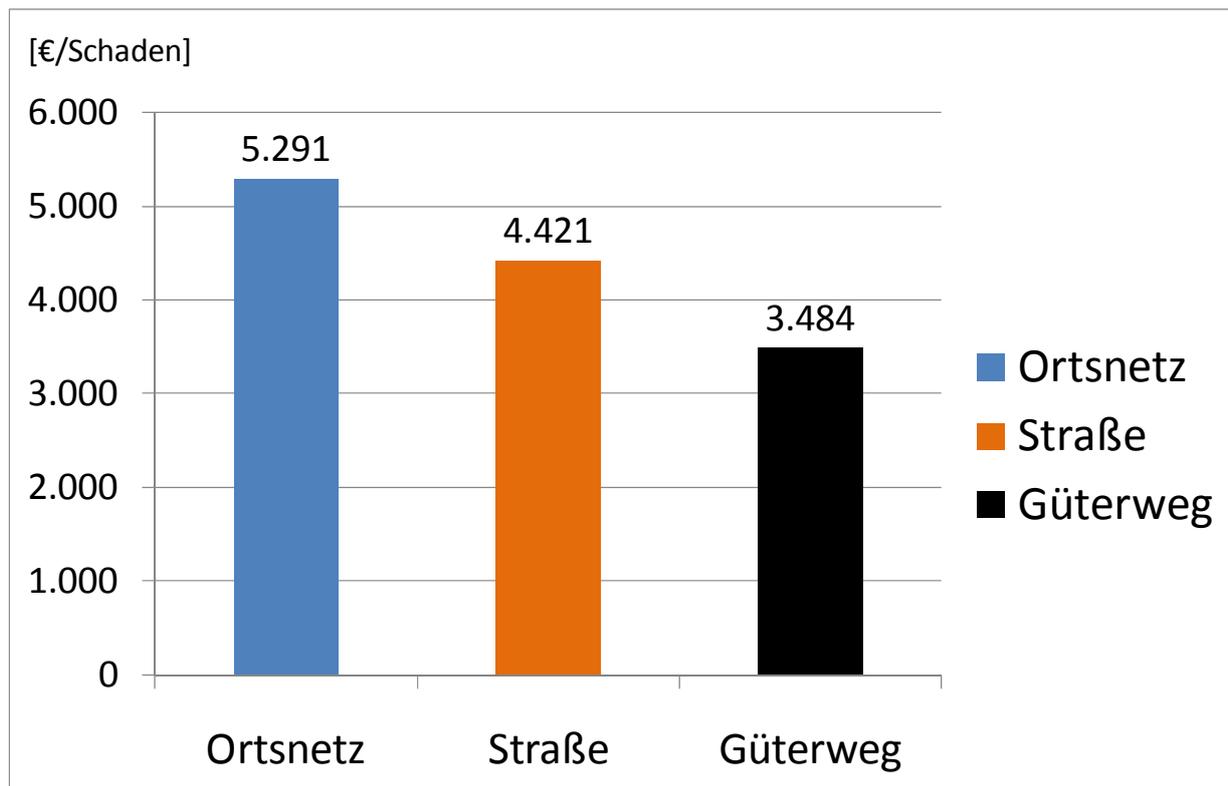


Abbildung 7: Schadenskosten in Abhängigkeit des Verlegebereiches am Bsp. eines österreichischen Wasserversorgers

5 Zusammenfassung

Nach C. SKALA (2007) wurde abgeschätzt, dass zwischen 2007 und 2015 €1,3Mrd. an Investitionen in der Wasserversorgung anstehen, wobei hiervon der Großteil bereits die Rehabilitation der Anlagen betrifft.

Beginnend mit Ende des 19. Jahrhunderts wurden bei den österreichischen Wasserversorgern Rohrnetze gebaut, wobei die unterschiedlichsten Materialien und Nennweiten unter verschiedensten Rahmenbedingungen eingesetzt wurden. Die Ursachen für die nun mancherorts ansteigende Zahl von Wasserrohrbrüchen sind daher vielfältig. Unter anderem sind Zustandsverschlechterungen infolge externer und interner Einflüsse dafür verantwortlich.

Grundsätzlich kann die Zustandsverschlechterung mathematisch durch Funktionen beschrieben werden deren Verlauf von Rohrtyp zu Rohrtyp unterschiedlich ist.

Untersuchungen mit Daten von 5 österreichischen Wasserversorgungsnetzen haben gezeigt, dass die unterschiedlichen Rohrtypen netzübergreifend Gemeinsamkeiten aufweisen.

Dadurch besteht die Möglichkeit auch für Netze mit nur geringer Datenqualität und Quantität Aussagen über zukünftige Erneuerungserfordernisse treffen zu können sofern der Netzbestand bekannt ist und in Rohrtypen incl. Verlegeperioden unterteilt werden kann.

Neben den langfristigen Erneuerungserfordernissen je Leitungsgruppe ist die Beurteilung der Einzelleitung in Hinblick auf ihr Schadensrisiko ein wesentlicher Schritt um den Austauschzeitpunkt festzulegen. Das Schadenrisiko errechnet sich dabei aus Schadenshäufigkeit

multipliziert mit dem Schadensausmaß (=Schadenskosten). Die Kosten hängen wesentlich von der Lage der Leitung ab (Abbildung 7). Die Kosten die unterschiedliche Schäden verursachen sollten daher aufgezeichnet werden.

Die zukünftige Schadenshäufigkeit einer Leitung wird bestimmt durch Faktoren wie Material, Korrosionsschutz und Nennweite, oder ungünstige äußere Bedingungen wie Bodenbewegungen infolge Frost oder Austrocknung. Eine Aufzeichnung der Schäden incl. Lage und Rahmenbedingungen (Schadenart und -ursache - wenn erkennbar) ist daher für die Abschätzung zukünftiger Schäden eine wichtige Grundlage.

Bei Kenntnis solcher Kosten- und Schadensinformationen kann auch die Frage beantwortet werden wann, welche Leitungen, in Hinblick auf die Kosten die sie über den Lebenszyklus verursachen wird, zu tauschen ist.

LITERATUR

FUCHS-HANUSCH, D.; B. KORNBERGER, G. GANGL & E. P. KAUCH (2007b): Entwicklung eines Entscheidungshilfesystems für die Rehabilitationsplanung von Wasserrohrnetzen. - in: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 59 (2007) 9/10, S. 111 - 116

HERZ, R. (1994) Alterung und Erneuerung von Infrastrukturbeständen – ein Kohorten-Überlebensmodell; Jahrbuch für Regionalwissenschaft 14, S..9-28, Gesellschaft für Regionalforschung, Vanderhoeck & Ruprecht, Göttingen

SKALA C., (2007): Bundesförderung im leitungsbezogenen Siedlungswasserbau, Vortrag in Europäische Rohrleitungstage, St.Veit an der Glan, Juni 2007

Kontakt:

DI Dr.techn. Daniela Fuchs-Hanusch

Institute of Urban Water Management and Landscape Water Engineering

Graz University of Technology

Stremayrgasse 10/I

8010 Graz

Tel: ++43 (0)316 873 8378

mail: fuchs@sww.tugraz.at