

20.04.2011

**DI Dr. Daniela Fuchs-Hanusch**

Technische Universität, Graz Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

**DI Doris Kasess**

MA 31 Wiener Wasserwerke

**Zustands- und risikogestützte Rehabilitationsplanung – Erfahrungen  
der Wiener Wasserwerke**

**1. Einleitung**

Die mittel- und langfristige strategische Instandhaltungsplanung als Grundlage für den gezielten Einsatz zukünftig erforderlicher Reinvestitionen für Wasserversorgungsnetze, ist eine der wesentlichen Zukunftsaufgaben von Wasserversorgungsunternehmen. Rohrnetze unterliegen einer Vielzahl von Einflüssen, welche die Alterung bzw. das Schadensverhalten der Leitungen, Armaturen und Hydranten beeinflussen. Dieses Verhalten kann mit mathematischen Modellen beschrieben werden. Eine wesentliche Basis hierfür ist eine ausführliche Dokumentation von Bestand und Zustand der Systeme. Mit dem Aufbau des geographischen Netzinformationssystems (NIS) im Wiener Wasserwerk wurde diese Grundlage geschaffen. Darauf aufbauend wurde eine umfassende Instandhaltungsplanung umgesetzt. In mehreren Teilschritten wurden Zustandsbewertungen von Teilnetzen und von Leitungsabschnitten inklusive der zugehörigen Einbauten durchgeführt. Auf diese stützen sich in weiterer Folge die Ausfalls- und Schadensprognosen, sowie die Definition von mittelfristigen Rehabilitationsprioritäten. Im gegenständlichen Beitrag werden Methoden sowie Ergebnisse der Berechnung von mittelfristigen Rehabilitationsprioritäten am Beispiel des Wiener Wasserrohrnetzes beschrieben

**2. Zustands- und Risikoorientierte Planung von Rehabilitationen - Grundlagen**

Grundsätzlich sind zur Durchführung von Zustandsbewertungen als Grundlage für Rehabilitationsplanungen des Wasserversorgungsnetzes gemäß ÖVGW W 100 bzw. ÖVGW W 59 **Leitungs- und Schadensdaten** erforderlich.

Leitungsinformationen müssen zumindest Lage, Material, Nennweite, Verlegejahr und Abschnittslänge umfassen. Das Wiener Wasserwerk versorgt mit einer Leitungslänge von ca. 3.300km ca. 102.000 Hausanschlüsse. Schäden an Haupt-, Versorgungs- und Anschlussleitungen sowie an Armaturen werden seit den 70er Jahren erfasst. Die Schäden (jährlich ca. 350 Rohrleitungs- und ca. 1.200 Armaturenschäden) werden den von Schäden betroffenen Leitungsabschnitten eindeutig zugeordnet und beinhalten als weitere Information zumindest das Schadensdatum. Für die risikoorientierte Planung sind

darüber hinaus Informationen über das Schadensausmaß, welches monetär über Reparatur-, Straßeninstandsetzungs- und soziale Kosten bewertet werden kann, erforderlich.

Um **Wasserverluste** in die Rehabilitationsplanung direkt einzubeziehen ist es zweckmäßig Wasserverluste und ihren Trend gebietsweise über Wasserverlustkennzahlen zu beurteilen (Fuchs-Hanusch, et al.; 2009). Diese Beurteilung wurde für Wien aktuell nicht durchgeführt, da die dauerhafte Absperrung von Teilnetzen (Messzonen) in Wien auf Grund der geforderten Versorgungssicherheit im Brandfall nicht geplant ist. Ein Ziel der Rehabilitationsplanung in Wien ist jedoch die Senkung der Wasserverluste. Es wurden daher Leitungsabschnitte hinsichtlich ihres „Wasserverlustpotentials“ beurteilt. Darunter sind Leitungen aus Grauguss mit Stemmuffenverbindungen einzureihen, die aufgrund zersetzter Dichtungen Verluste verursachen, sowie Leitungen mit erhöhtem Alter der Anschlussleitungen (Abbildung 4).

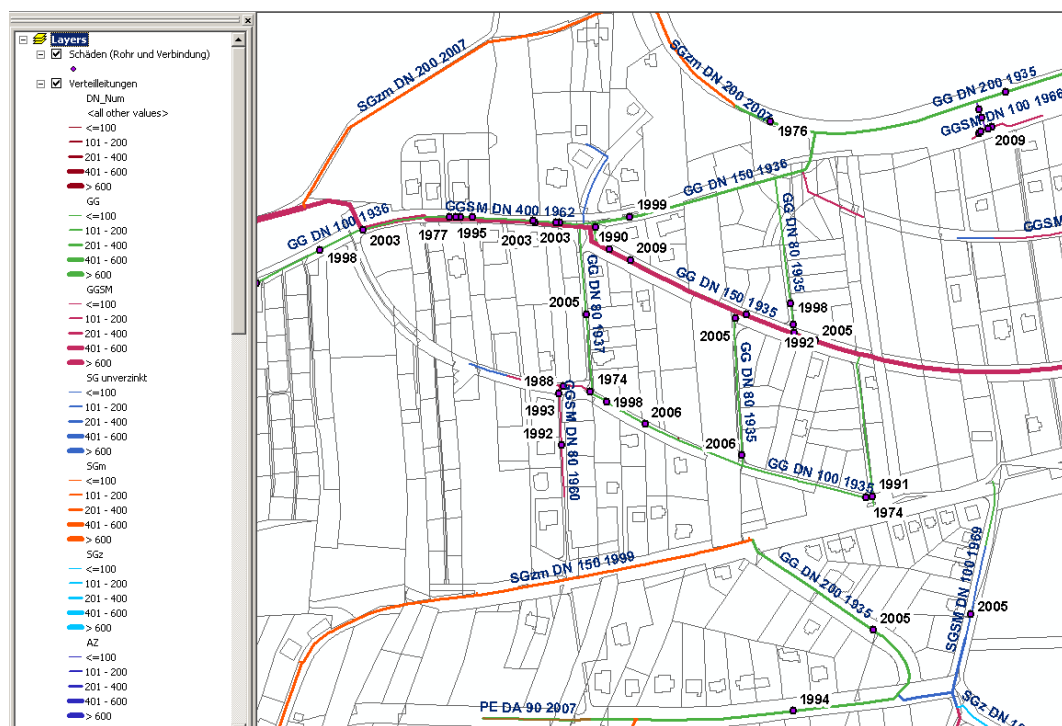


Abbildung 1: Leitungs- und Schadensdatenbasis GIS –gestützte Rehabilitationsplanung

### 3. Zustands- und Risikoorientierte Auswahl von Rehabilitationsprioritäten - Methodik

Der Begriff Risiko ist grundsätzlich definiert als das Produkt von Schadensausmaß und Schadenswahrscheinlichkeit. Das Schadensausmaß wurde im gegenständlichen Projekt vorwiegend monetär bewertet. Schadenskosten infolge Reparatur- und Straßeninstandsetzung wurden erhoben. Vor allem in Abhängigkeit von der

Verkehrswichtigkeit einer Straße (Nachtarbeitszuschläge) und der Lage der Leitung unter verschiedenen Belagsflächen ergeben sich unterschiedliche Kosten für die Straßenwiederherstellung. Darüber hinaus ist in Strassen mit Straßenbahnführung zusätzlich mit Kostenerhöhungen zu rechnen (Abbildung 2).

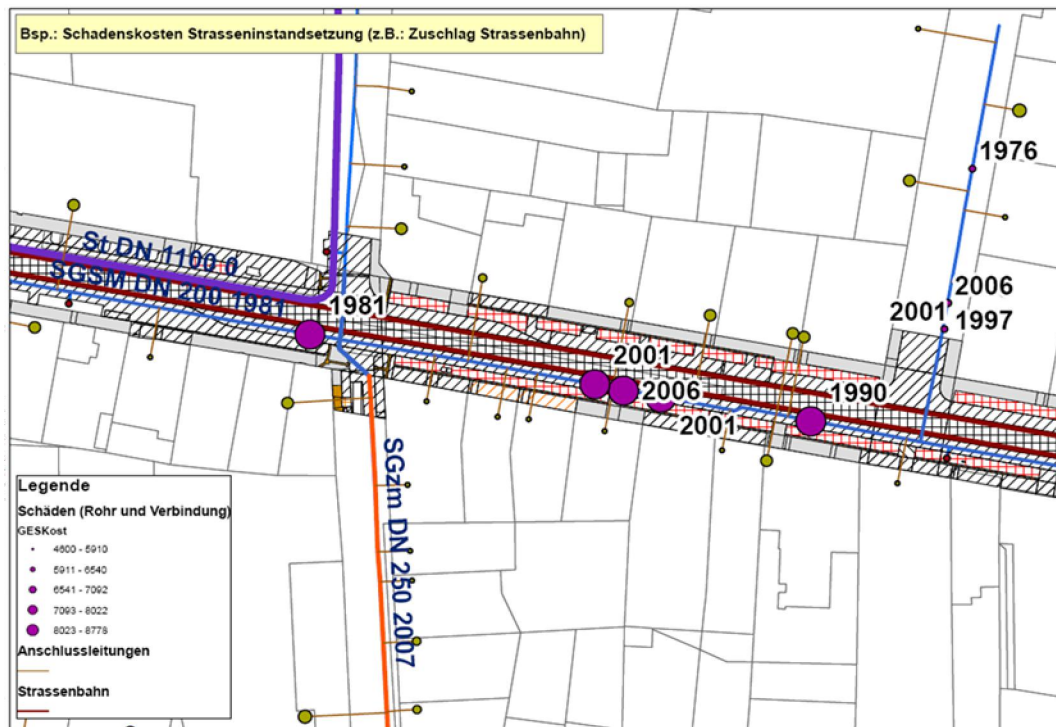


Abbildung 2: Gis gestützte Schadenskostenzuordnung in Abhängigkeit vom Strassenbelag und der Lage in der Strasse

Die Schadenswahrscheinlichkeit von Leitungsabschnitten wurde mit Hilfe eines probabilistischen Modells berechnet. Abbildung 3 zeigt die mittels des im Zuge des Forschungsprojektes „Infrastructure Rehabilitation Management“ im Knet „Waterpool“ abgeleiteten Proportional Hazards Model (Fuchs-Hanusch, et al.; 2010) berechneten Medianwerte für Zeitabstände zwischen Rohrschäden unterschiedlicher Leitungsgruppen im Wiener Wasserrohrnetz.

Als kritische Gruppen sind dabei Graugussleitungen mit Schraubmuffenverbindungen (GGSM) und Graugussleitungen (GG) mit Stemmuffen der Zwischenkriegsjahre (GEN2: Verlegejahr 1921 bis 1940) mit Nennweiten unter 250mm einzustufen, da hier neben der hohen Schadenswahrscheinlichkeiten auch große Leitungslängen betroffen sind. Die beiden Leitungsgruppen haben zurzeit jährliche Schadensraten von ca. 40 S/100km und betreffen rund 320 km Leitungslänge. Weiters ist der Leitungsgruppe Duktillusrohre 1. Generation (SG unverzinkt) mit Nennweiten bis 250mm beginnendes Augenmerk zu

schenken. Diese Gruppe betrifft 500km Netzlänge und die Schadensraten stiegen seit Ende der 90er Jahre jährlich um ca. 10% an und erreichten 2009 13S/100km.

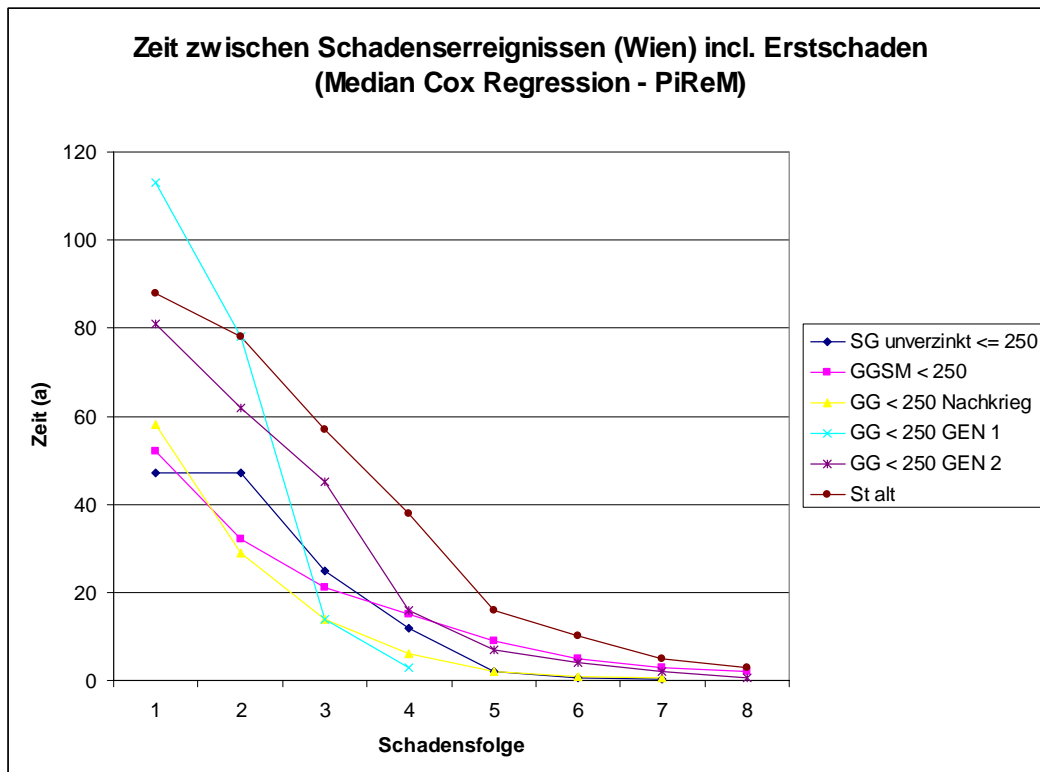


Abbildung 3: Medianwerte für Zeitabstände zwischen Leitungsschäden Wasserversorgungsleitungen Wien

Mit Hilfe von *Lebenszykluskostenbetrachtungen* gemäß Formel (1) kann aus den Kosten für die Rehabilitation und dem langfristigen Schadensrisiko (Schadenshäufigkeit X Schadensausmaß) der wirtschaftlich optimale Erneuerungszeitpunkt errechnet werden. Dieser ist jener Zeitpunkt an welchem die Gesamtkosten aus Erneuerung und Erhalt der alten Leitung ein Minimum sind.

$$(1) \quad K_{(i,t)}^{ges.} = K_{i,t}^{Reha} \cdot e^{-z_1 \cdot t} + \sum_{j=1}^t S_{i,j} \cdot [(K_i^{Rep} + K_i^{Inst}) \cdot e^{-z_1 \cdot j}] + K_i^{W\&I} \cdot e^{-z_2 \cdot t}$$

Wobei  $Z_1$  und  $Z_2$  Zinssätze darstellen die sich aus Barwertzinssatz vermindert um den Baupreisindex bzw. Verbraucherpreisindex errechnen.  $K_{i,t}^{Reha}$  sind die mit der Zeit gemäß  $z_1$  (Barwertzinssatz – Baupreisindex) abnehmenden Rehabilitationskosten einer Leitung. Die Kosten an der alternden Leitung errechnen sich aus den aufsummierten Schäden bis zum Zeitpunkt  $j$  ( $S_{i,j}$ ) und den Kosten für Reparatur und Kosten für die

Straßeninstandsetzung bis zum Zeitpunkt j sowie aus den steigenden Kosten für Wartung (alternde Armaturen) und Inspektion (ansteigende Leckortung)

#### 4. Ergebnisse

Aus den Berechnungen des *wirtschaftlich optimalen Rehabilitationszeitpunktes* ergaben sich für Wien maximal *35km* Rehabilitationsprioritäten. Betroffen sind 17km GG, 12km GGSM sowie 5km SG der Rest ist verteilt auf Stahl und Asbestzement. Die Prioritäten können im Rahmen des aktuellen Baubudgets in einen Zeitraum von ca. 5 bis 6 Jahren abgebaut werden.

Bei einer weitergehenden Priorisierung wurden die Leitungen hinsichtlich des Risikos einer Versorgungsunterbrechung für Großverbraucher mit Hilfe der Kennzahl Verbrauchsdichte ( $\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{a}$ ) beurteilt (Abbildung 4). Dabei konnten *2,6 km* Leitungen identifiziert werden, die sowohl eine hohe Schadenswahrscheinlichkeit als auch eine direkte Anspeisung von *Großverbrauchern* aufwiesen.

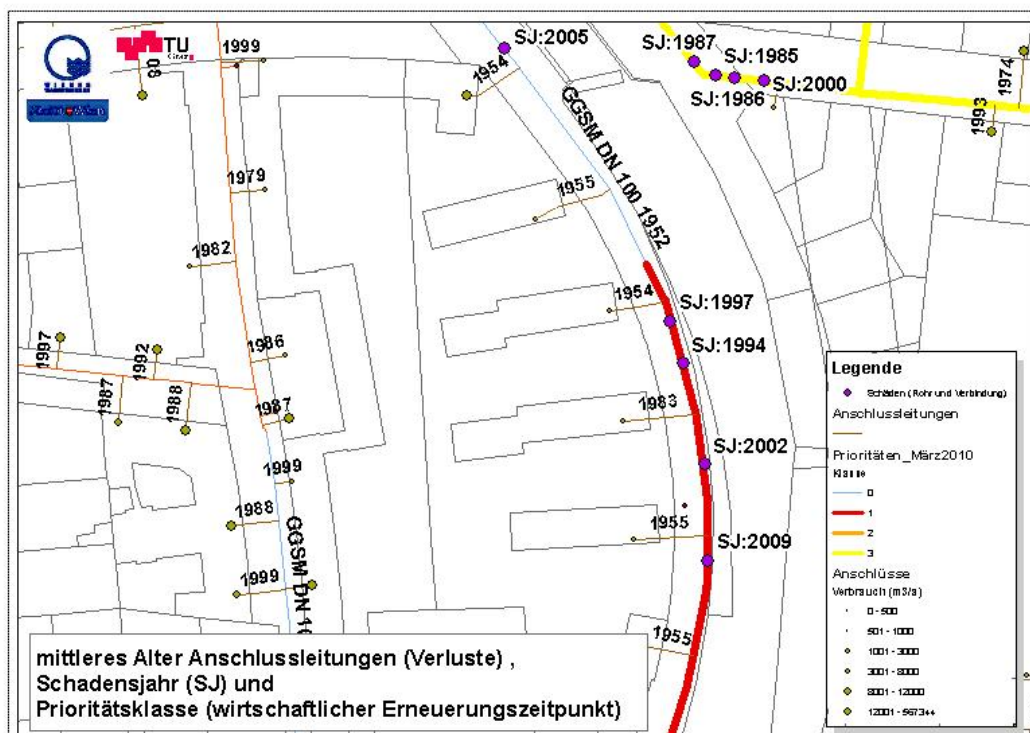


Abbildung 4: Prioritätsklasse (optimaler Erneuerungszeitpunkt), mittleres Alter der Anschlussleitungen und Verbrauchsdichte als maßgebliche Kriterien für die Leitungserneuerung

Darüber hinaus werden zukünftig Leitungen der Prioritätsklasse 1 und einem erhöhten Alter der Anschlussleitungen in Hinblick auf das Ziel Wasserverlustsenkung vorrangig in die Erneuerungsprogramme aufgenommen (Abbildung 4).

## **5. Zusammenfassung**

Die langfristige Planung mit den Zielen die Wasserverluste zu reduzieren und die Schadenrate gleich zu behalten bzw. zu minimieren soll mittels optimierter Aufteilung der Rehabilitation auf verschiedene Leitungsgruppen erreicht werden. Die zukünftig erwartete Schadensentwicklung der Rohrmaterialien großer Verlegelänge und steigender Schadensrate soll hierbei direkt einfließen.

In der mittelfristigen Rehabilitationsplanung wird anhand der Priorisierung die Erneuerung der Leitungen der Priorität 1 bevorzugt behandelt, wobei ca. 50% der Leitungserneuerungen in Wien aufgrund von Koordinierung mit anderen Dienststellen und Einbautenträgern durchgeführt werden.

Mittels risiko- und zustandsorientierter Rohrnetzerneuerung können nicht nur Strategien für die optimale Reinvestition gefunden werden, es ist auch möglich Prognosen bei veränderten Erneuerungsstrategien zu erstellen, die anschaulich mögliche Auswirkungen auf die Schadensentwicklung etc. bzw. zukünftig nötiger Investitionen zur Verbesserung des Rohrnetzzustandes aufzeigen.

Zukünftig wird bei der Verwendung dieses Entscheidungskriterium zur Wahl der Erneuerungsabschnitte die vertiefte Mitbetrachtung von Wasserverlusten und die Anwendung der Rohrnetzhydraulik in den Wiener Wasserwerken angedacht.

## **Literatur:**

Fuchs-Hanusch D.; Weyrer F.; Hanusch W.; Kasess D.; Friedl F.; Sulzbacher R. (2009): Wasserverluste und Schadensraten als Qualitätsparameter für Trinkwassernetze, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 57, G1-G16

Fuchs-Hanusch D.; Friedl F.; Kornberger B.; Kainz H. (2010): Endbericht „Infrastructure Rehabilitation Management“, Forschungsprojekt Area 5 des Kompetenznetzwerks „Waterpool“