

Effiziente Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen

Zunehmendes Netzalter, steigende Reparaturkosten, erhöhte Wasserverluste und spektakuläre Rohrbrüche sind offensichtliche Anzeichen für die Notwendigkeit, größeres Augenmerk auf die Instandhaltung des Rohrnetzes zu richten. Aber auch in augenscheinlich gut funktionierenden Systemen ist es erforderlich, rechtzeitig ein zielorientiertes Instandhaltungsmanagement einzuführen.

Immer wieder befinden sich in der Tagespresse Schlagzeilen über spektakuläre Wasserrohrbrüche. Z. T. handelt es sich dabei um Großereignisse, die zwar mit hohen Kosten verbunden sind, aber nur selten auftreten. Kleinere Rohrbrüche treten jedoch öfter zu Tage und werden rasch repariert, wodurch es in der Regel zu keinen nennenswerten Versorgungsunterbrechungen für die Kunden kommt. Die Häufigkeit dieser Schäden sollte jedoch über die Jahre konstant im Bereich eines unternehmensspezifisch definierten Richtwertes liegen. Eine strategisch orientierte und auf fundierten technischen und wirtschaftlichen Grundlagen basierende Instandhaltung der Infrastruktur ist Basis dafür, dass dies so bleibt. Derzeit findet in der Planung der Instandhaltungsmaßnahmen ein Paradigmenwechsel von technikorientierten Ansätzen hin zu risiko- und optimierungsorientierten Ansätzen statt. Generell gilt es, zielorientierte Lösungs-

ansätze zu entwickeln, die es ermöglichen, sowohl kurz-, mittel- als auch langfristig Betrieb und Instandhaltung technisch und wirtschaftlich zu optimieren. Inspektion, Schadensbehebung und eine entsprechende Dokumentation sind dabei die Fundamente für die Planung. Ein gutes Zusammenspiel zwischen Instandhaltungsplanung (Asset Management) und Anlagenbetrieb (Asset Service) ist daher eine der Grundvoraussetzungen für eine effiziente Instandhaltung.

Welche Informationen werden nun für eine zielorientierte Instandhaltung benötigt? Wie lassen sich die effizientesten Maßnahmen zur Erreichung der gesetzten Instandhaltungsziele ableiten? Welche Investitionen ins Rohrnetz sind langfristig zu erwarten und wie können diese ermittelt werden? Das sind nur einige der Fragen, die sich bei der Auseinandersetzung mit diesem Thema stellen.

Instandhaltungsmanagement – Grundsätzliches

Die Instandhaltung umfasst laut DIN 31051 Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung der Anlagen. Management heißt, sich Ziele zu setzen, Maßnahmen zur Einhaltung der Ziele zu planen, diese zum erforderlichen Zeitpunkt umzusetzen und den Erfolg der gesetzten Schritte regelmäßig zu kontrollieren (Abb. 1).

Zu den Zielen der Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-3 zählen neben dem Niedrighalten von Verlusten und Schäden oder der raschen Schadensbehebung auch die Optimierung der Netznutzungsdauer bestehender Anlagen und der Instandhaltungskosten bei Einhaltung des erforderlichen Versorgungsstandards. Der erste Schritt ist es somit, den Ist-Stand zu beurteilen und Zustandsindika-

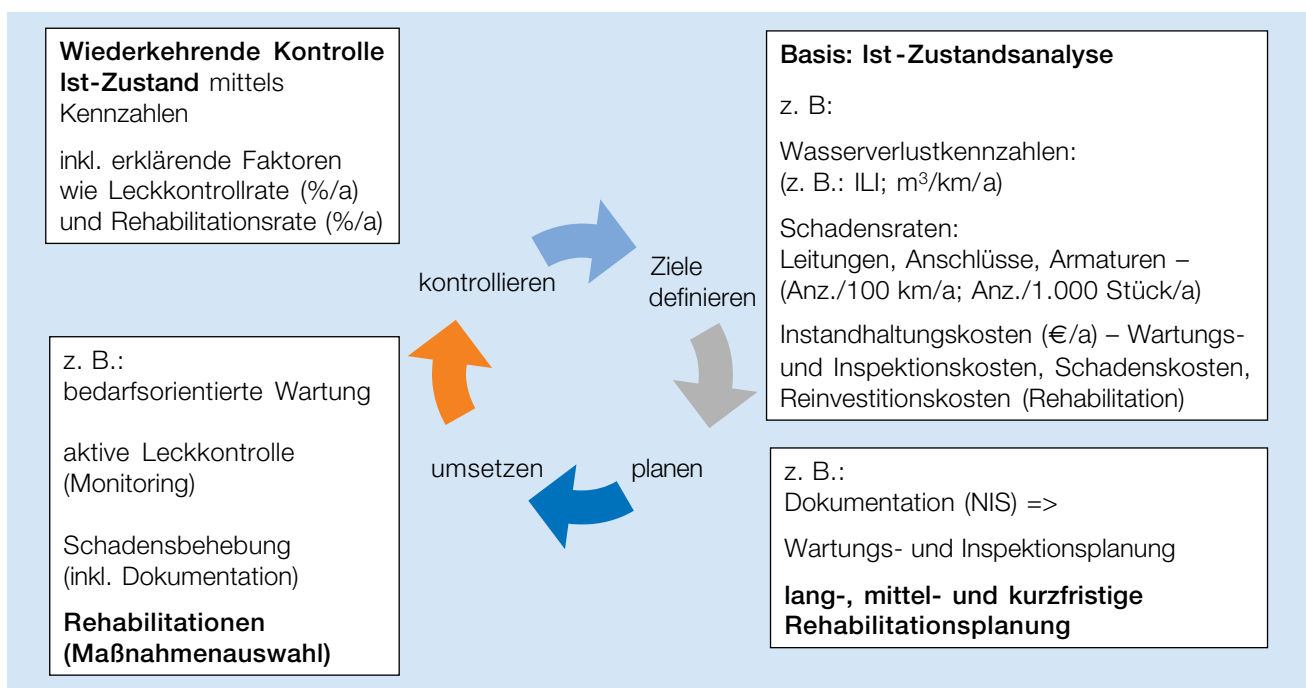


Abb. 1: Instandhaltungsmanagement – ausgewählte Prozesse und Kennzahlen

Quelle: Fuchs-Hanusch, 2008

toren zu definieren, um die Ziele bewertbar zu machen.

Indikatoren zur Definition von Instandhaltungszielen und zur Erfolgskontrolle erfolgter Maßnahmen

Die Überprüfung der Einhaltung der Instandhaltungsziele sollte mittels standardisierter Kennzahlen erfolgen. Ein umfassendes Kennzahlensystem, mit einem Beispiel für die Beurteilung des Netzzustandes sowie des Prozesses Netzinstandhaltung wurde von der International Water Association (IWA) herausgegeben (Alegre et al. 2006).

Richtwerte für Kennzahlen zur Quantifizierung der technischen Ziele lassen sich aus Vorgaben der technischen Richtlinien ableiten. So ist die jährliche Überprüfung der Schadensraten Stand der Technik und ermöglicht bei langjähriger Auswertung und vergleichender Betrachtung mit den getätigten Rehabilitationsmaßnahmen die Erfolgskontrolle des Instandhaltungsprozesses Rehabilitation in Hinblick auf das Instandhaltungsziel „niedrige Schadensraten“ (Abb. 2). Die Effizienz der getroffenen Maßnahmen kann aber nur bei integrierter Betrachtung mehrerer Indikatoren bewertet werden. Bei einer Gesamtnetzschadensrate von unter 0,1 S/km/a könnte z. B. grundsätzlich von einem guten Netzzustand und einer gezielten Instandhaltung ausgegangen werden. Bei der Interpretation der Schadensrate sollten jedoch zumindest folgende erweiterte Überlegungen angestellt werden:

- Wie gut ist die Qualität der Information?
 - Wurden im Betrachtungsjahr alle reparierten und erkannten Schäden dokumentiert?
- Entsprechen Qualität und Quantität der Leckkontrolle den Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 392, 2003?
- Wie hoch sind die Wasserverluste im Rohrnetz?
- Mit welchen Schadensraten, Betriebs- und Schadensbehebungskosten ist bei Beibehaltung der aktuellen Strategie mittel- und langfristig zu rechnen?

Die Leckkontrollrate (prozentueller Teil des Rohrnetzes/a) sollte sich an der Höhe der Wasserverluste orientieren (DVGW W 392, 2003). Bei hohen Wasserverlusten hat demnach auch eine intensivere Leckkontrolle stattzufinden. Bei einer entsprechenden Leckkontrolle und Reparatur der georteten Schäden wird bei einer sachgemäßen Dokumentation der Schäden eine Datenbasis geschaffen, die strategische Planungen ermöglicht.

Abbildung 3 zeigt Schadensauswertungen bei einem österreichischen Wasser-

Tabelle 1: Risikobewertung mittels Risikoprioritätszahl für Leitungsgruppen eines Rohrnetzes (modifiziert nach Katz et al. 2007)

Leitungsgruppe	P (S/a)	P (-)	M (€)	M (-)	E (%)	E (-)	RPZ
PVC > 150	3	2	12.000	9	80	4	144
PVC ≤ 100	6	5	5.000	5	35	6	150
GG ≤ 100	22	9	3.800	4	90	3	108
AZ ≤ 100	15	7	3.600	4	90	3	84
AZ 125 bis 200	2	2	8.000	7	80	4	56
PE ≤ 100	1	2	3.000	3	35	6	36

versorger, der ab dem Jahr 2004 erhöhtes Augenmerk auf die Dokumentation der Schäden legte. Bis dahin wurden zwar Protokolle vor Ort ordnungsgemäß ausgeführt, diese gelangten jedoch nicht vollständig zur Dokumentation ins Netzinformationssystem (NIS). Aufgefallen war dieser Mangel dadurch, dass das Netz vergleichsweise hohe Verluste in Relation zu den äußerst geringen Schadensraten aufwies. Eine interne Abstimmung und Darlegung dessen, was mit diesen Daten geschieht und wofür sie gebraucht werden, hat in den letzten Jahren zu einer deutlichen Verbesserung der Datengrundlage für die Schadensprognose und Auswahl der kritischen Leitungsabschnitte (Abb. 4) geführt.

Wartung, Inspektion und eine entsprechende Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen sind die wichtigsten Standbeine für die Bewertung und Interpretation des Zustandes von Anlagen mittels Kennzahlen und die darauf aufbauende strategische Instandhaltungsplanung. Kern eines effizienten Instandhaltungsmanagements ist die Planung von Maßnahmen zur Zielerreichung. Neben den Überlegungen hinsichtlich Leckkontrollstrategien zur Verbesserung der Zustandsprognose ist dabei die softwaregestützte Planung von Rehabilitationsmaßnahmen die zentrale Aufgabe.

Strategische softwaregestützte Rehabilitationsplanung

Der Einsatz von GIS-gestützten Entscheidungshilfesystemen für die Rehabilitationsplanung ermöglicht sowohl die Lösung komplexer lageorientierter Fragestellungen als auch eine sich am Zustand orientierende Unterteilung des Netzes in überschaubare Einheiten oder die Definition der schadensanfälligsten Teilabschnitte im Rohrnetz und die Visualisierung von Rehabilitationsprioritäten (Abb. 4). Eine Implementierung von Bodenkarten, Verkehrsdaten oder die Lage anderer Netze liefert weitere lagebezogene Informationen über mögliche externe Beanspruchungen oder erschwerte Bedingungen bei Schadensbehebung oder Erneuerung.

Soll der langfristige Finanzmittelbedarf für zukünftige Rehabilitationen abgeschätzt werden, ist die Simulation von schadensbedingten Ausfällen im Rohrnetz mit Hilfe von Alterungsmodellen möglich. Diese sind über dokumentierte Schäden und Erneuerungen zu kalibrieren.

Unter Einbeziehung einer Risikobewertung (R) kann neben der Schadenswahrscheinlichkeit (P) auch das Schadensausmaß (M) berücksichtigt werden. In der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) wird in die Bewertung des Risikos, mittels Risikoprioritätszahl (RPZ), zusätzlich die Erkennungswahrscheinlichkeit (E) einbezogen:

$$RPZ = P \cdot M \cdot E$$

Über die Erkennungswahrscheinlichkeit wird quantifiziert, inwiefern ein zu er- ▶

DALMINEX EINBAUGARNITUREN

23. Oldenburger Rohrleitungsforum 2009
05./06.02.2009, Stand: EG-M-04

Produzent von Einbaugarnituren

- ◆ starr oder verstellbar
- ◆ als Teleskop-System
- ◆ für Kugelhähne, Absperrklappen, Schieber- und Hausanschlussarmaturen

Auszug aus unserem Zubehörprogramm

- ◆ Handräder
- ◆ Bedienungsanschlüsse nach DIN
- ◆ Hydrantenschlüssel und Schachthaken
- ◆ Mechanische Räderzeigerwerke
- ◆ Markierungsscheiben für Teleskop-EBG
- ◆ Dreikantschoner und Muffen
- ◆ Dreikant-Bedienungsschlüssel
- ◆ Bedienungsschlüssel-Adapter



WASSERDICHT EINBAUGARNITUR

Dalminex GmbH
Helleforthstraße 87 • D-33758 Schloß Holte-Stukenbrock
Telefon +49. (0)52 07. 91 37 - 12 • info@dalminex.de • www.dalminex.de

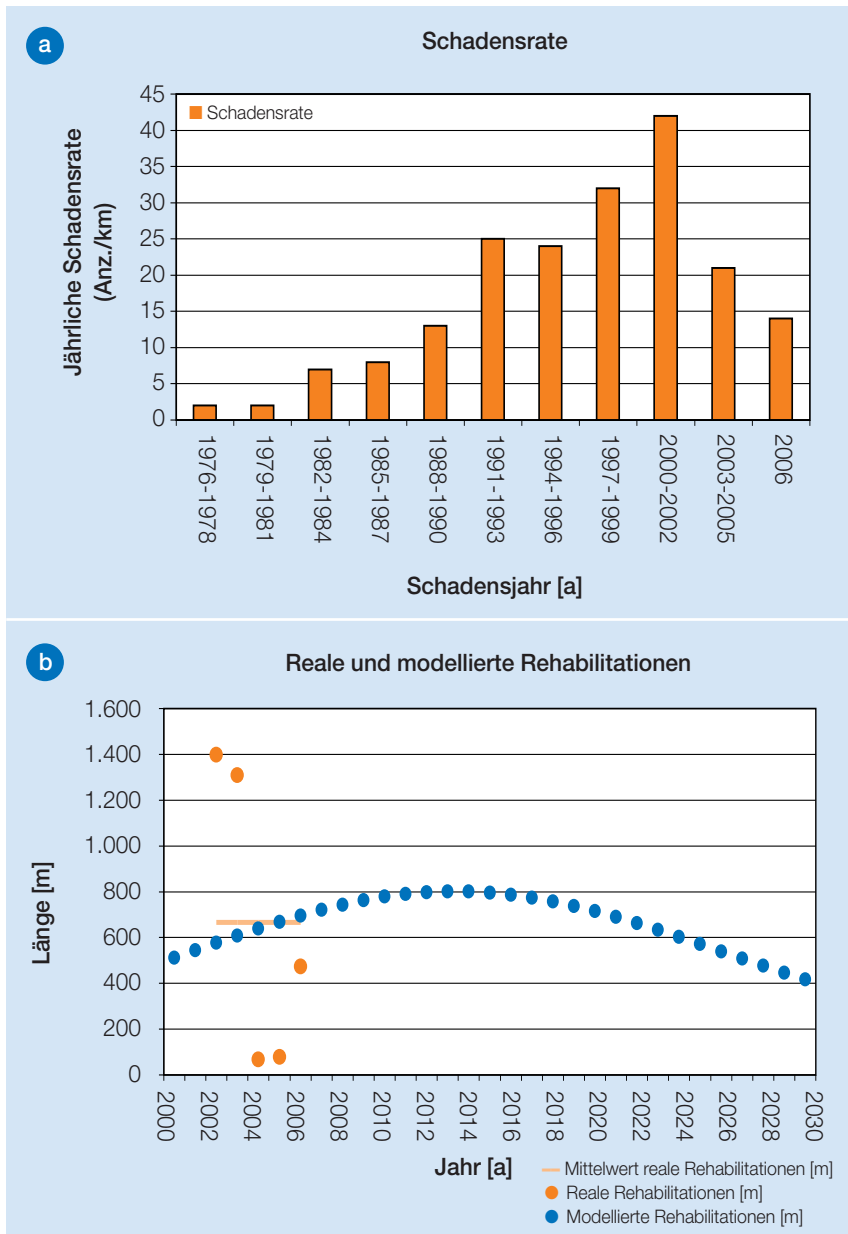


Abb. 2: Reduktion der jährlichen Schadensraten durch gezielte Rehabilitation

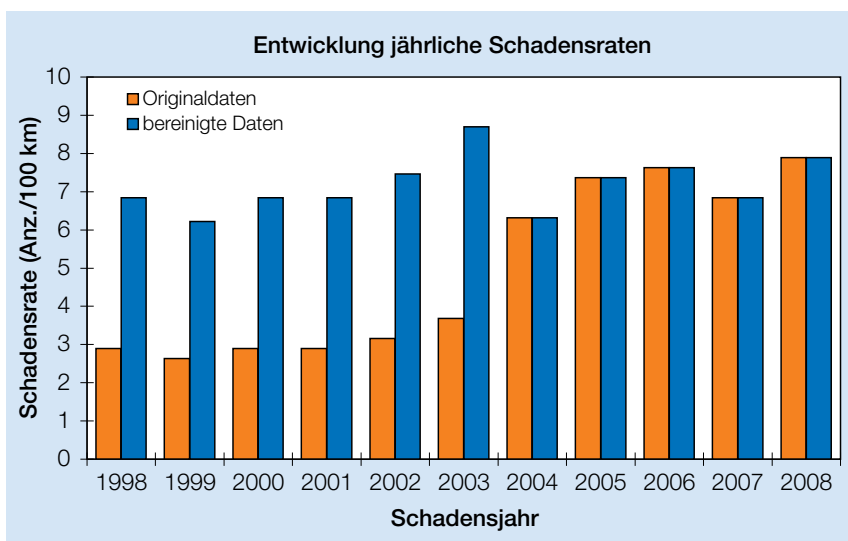


Abb. 3: Intensivierung der Schadensdokumentation ab 2004

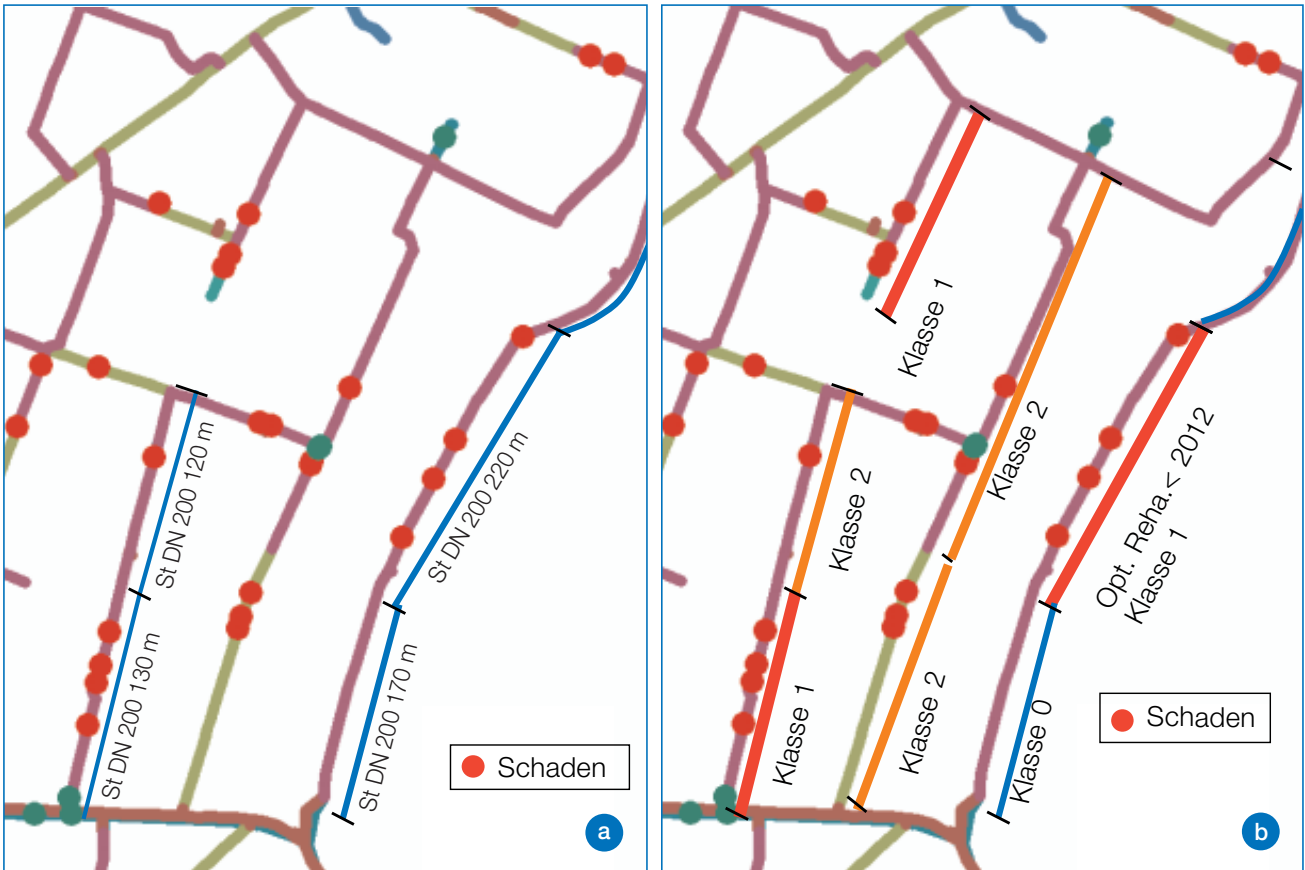
wartendes Schadensereignis rechtzeitig in Hinblick auf eine Schadensminimierung erkannt werden kann. Je besser also Monitoring und Dokumentation, desto geringer das Risiko. Als Beispiel sei hier die unterschiedliche Erkennungswahrscheinlichkeit zwischen Leckagen bei metallischen und Kunststoffleitungen erwähnt, die so in die Bewertung der kritischen Rohrtypen einfließen kann. Für die Ermittlung der Schadenswahrscheinlichkeit (P) dient die Zustandserhebung als Basis. Diese wird üblicherweise durch die zu erwartende jährliche Schadenshäufigkeit (Schadensprognose) der Betrachtungseinheit (z. B. Leitungsgruppe) ausgedrückt. Das Schadensausmaß (M) kann über die bei einem Schaden zu erwartenden Kosten unter Einbeziehung von Folgekosten (Versicherungen, Folgeschäden, Imageverlust ...) erfasst werden.

Tabelle 1 zeigt einen Auszug aus der Bewertung des wirtschaftlichen Risikos durch Rohrbrüche in verschiedenen Leitungsgruppen im Wasserverteilsystem eines österreichischen Wasserversorgers mittels Risikoprioritätszahl (Katz et al. 2007). Die Untersuchung war eingebettet in ein umfassendes Risiko- und Chancenmanagementprojekt für diesen Wasserversorger und wurde in einem österreichischen Kompetenznetzwerk (KNet „Waterpool“) bearbeitet. In einem weiteren Projekt (PiReM – Pipe Rehabilitation Management) im Kompetenznetzwerk wurde in Kooperation zwischen Universitätsinstituten und Wasserversorgern ein „Decision Support System“ für die Rehabilitationsplanung von Wasserverteilungsanlagen entwickelt. Der genannte Ansatz zur Risikobewertung von Rohrbrüchen wird derzeit eingebunden (Abb. 5).

In der entwickelten Software PiReM:Systems basiert die Simulation des langfristigen Rehabilitationsbedarfes auf dem Kohortenüberlebensmodell nach Herz. Eine sich statistisch am besten an die Schadens- und Leitungsdaten anpassende Alterungsfunktion (Herz, Weibul, Logistic oder Lognormal) wird gewählt. Bandbreiten für die Länge von zukünftig erforderlichen Rehabilitationen je Gruppe und für das Gesamtnetz werden daraus berechnet. Die risikoorientierte Betrachtung ermöglicht jene Leitungsgruppen abzuleiten, die aktuell den dringendsten Handlungsbedarf zeigen. Das heißt, jene Gruppen mit dem höchsten wirtschaftlichen Rohrbruchrisiko werden im mittelfristigen Rehabilitationsprogramm intensiver rehabilitiert als Gruppen mit niedrigem Risiko. Die Summe der Erneuerungen des Gesamtnetzes bewegt sich trotzdem

Quelle: Fuchs-Hanusch, 2008

Quelle: Fuchs-Hanusch, 2008



Quelle: Fuchs-Hanusch, 2008

Abb. 4: GIS-gestützte Definition schadensanfälliger Leitungsabschnitte und darauf aufbauender Prioritätenplan

immer innerhalb der Bandbreite des modellierten Gesamtbedarfes.

Im Folgenden sind innerhalb der risikoreichsten Gruppen die kritischen Leitungsabschnitte zu ermitteln. Dies erfolgt über die Evaluierung jedes Leitungsabschnittes

anhand technischer und wirtschaftlicher Kriterien. Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit der Rehabilitation eines Leitungsabschnittes werden die zu erwartenden Kosten auf der alternden Leitung mit aktuellen Reinvestitionskosten verglichen. In die Berechnung der Kosten der alternden

Leitung werden Schadensbehebungskosten und erhöhte Kosten für Wartung und Inspektion einbezogen.

Erhöhte Betriebskosten (Pumpkosten) auf Grund alternder inkrustierter Leitungen oder Kosten infolge von Wasserver- ▶

PiReM Systems

Online Demoverision
www.pirem.net

- Analysis
- Scenario
- Decision
- Rehabilitation

GUEP Software **RBS wave**
 Reininghausstraße 13 Lautenschlagerstraße 21
 A-8020 Graz D-70173 Stuttgart
 T: +43 316 232317-80 T: +49 711 289-51349

Kabeleinführungformteile
 druckwasserdichte Türen, Pass- und
 Ausbaustücke · Geländer · Leitern · Treppen

**Rohrdurchführungen &
 Abdichtungskonstruktionen**

Standardmäßig oder speziell gefertigt.
 Als Stahlschweißkonstruktion oder aus Edelstahl.

Walther Müller & Co. KG
 Stormarnstraße 1-3 · 22844 Norderstedt
 eMail: Walther-Mueller@t-online.de
www.Walther-Mueller.de
 Tel. 040 / 30 98 89 00
 Fax 040 / 30 98 89 10

DIN EN ISO
 9001:2000
 Zert.-Nr.
 SEE 0727

lusten werden aktuell nicht in die Berechnung einbezogen. Es können jedoch darüber hinaus soziale Kosten, die durch Stau infolge Rohrbruchreparaturen im Straßenraum hervorgerufen werden, berücksichtigt werden. Gangl et al. (2007) weisen auf eine Reduktion von Staukosten durch gezielte Rehabilitation in verkehrsschwachen Sommermonaten hin. Bei dieser volkswirtschaftlichen Betrachtung rückt der optimale Rehabilitationszeitpunkt deutlich vor. Standbein der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist ebenfalls eine hochwertige Dokumentation von Häufigkeit, Art und Ursache der Gebrechen. Abweichungen bei der Schadensprognose zeigen den signifikantesten Einfluss auf das Berechnungsergebnis.

In die Beurteilung der Abschnitte hinsichtlich ihrer Rehabilitationspriorität fließen in PiReM:Systems außerdem die durchschnittlichen jährlichen Wasserverluste von (Mess)zonen ein. Die generelle Bruchanfälligkeit von Rohrtypen wird beurteilt, die Gefährdung hinsichtlich Korrosion (beispielsweise durch Streustromeinfluss oder korrosive Böden) oder ungebräuchliche Materialien bzw. Nennweiten. Der Beurteilungsalgorithmus ist angelehnt an den DVGW-Hinweis W 401, 1997. Prioritätsklasse 1 wird zum Großteil von Leitungen erreicht, bei welchen der wirtschaftlich optimale Rehabilitationszeitpunkt in den nächsten fünf Jahren liegt (Abb. 4). Der vorgestellte Planungsablauf, der in Pi-

ReM:Systems umgesetzt wurde, wird derzeit bei den PiReM Projektpartnern Graz AG, Linz AG und Wasserwerk Villach eingesetzt. Der Ansatz wird in einem laufenden Folgeprojekt (Infrastructure Rehabilitation Management) im Kompetenznetzwerk „Waterpool“.

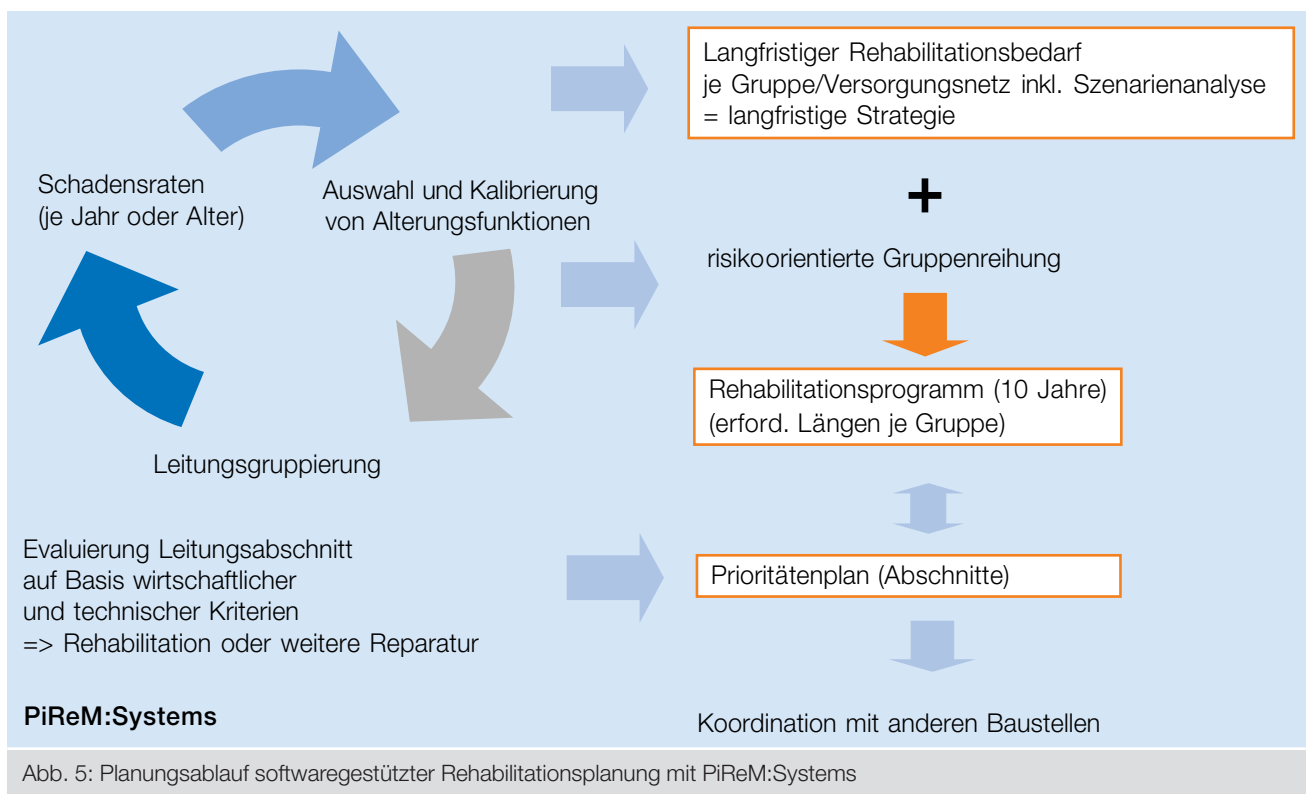
Zusammenfassung

Die Instandhaltung der Wasserrohrnetze ist zweifelsohne eine der wesentlichsten Zukunftsaufgaben der Wasserversorger in industrialisierten Ländern. Langfristig angelegte, ziel- und zustandsorientierte Lösungsansätze sind zu entwickeln, die eine technisch und wirtschaftlich optimierte Instandhaltung ermöglichen. Die Festlegung von Richtwerten ermöglicht die regelmäßige Kontrolle des Erfolges und der Effizienz der getroffenen Maßnahmen. Als wesentlichste Kennzahlen sind Schadensraten, Wasserverlustraten sowie die Leckkontrollraten und Rehabilitationsraten einschließlich der entsprechenden Kostenkennzahlen zu ermitteln und regelmäßig zu interpretieren.

Instandhaltungsmanagement bedeutet, Ziele festzusetzen, Abweichungen des Ist-Zustandes von der Zielgröße zu ermitteln und lang-, mittel- und kurzfristige Maßnahmen zu planen, um die Ziele zu erreichen, diese umzusetzen und den Erfolg der Maßnahmen zu kontrollieren. Kern des Instandhaltungsmanagements ist die strategische Planung der Rehabili-

tationen im Rohrnetz. Die Rehabilitationsplanung in der Wasserversorgung basiert sinngemäß auf einer Schadensprognose. Das in diesem Artikel beschriebene System integriert in die Alterungs- und Schadensprognose Risiko- und Wirtschaftlichkeitsbewertungen von Leitungsgruppen und Leitungsabschnitten.

Die beste Software, der erfahrenste Ingenieur scheidet jedoch an der Aufgabe, die erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen strategisch zu planen, wenn keine ausreichenden und zuverlässigen Informationen über Bestand, Zustand und Kosten der Instandhaltung vorhanden sind. Die Qualität und Quantität der Zustandsdaten hat signifikanten Einfluss auf die Modellierbarkeit des langfristigen Rehabilitationsbedarfes. Diese muss auf einer Kalibrierung der Schadensfunktionen anhand der im betrachteten Netz aufgetretenen Schäden aufbauen. Auch die Berechnung des wirtschaftlich optimalen Rehabilitationszeitpunktes von Netzabschnitten, die eine wesentliche Entscheidungshilfe für die Auswahl der mittelfristig zu erneuernden Abschnitte darstellt, beruht auf der Schadensprognose. Darüber hinaus ermöglicht die lagebezogene Dokumentation von Schäden in einem Netzinformationssystem die Unterteilung des Rohrnetzes in Abschnitte mit unterschiedlicher Schadensanfälligkeit. Das Ausfüllen der Schadensformulare im Anschluss an die Rohrbruchbehebung muss zur Routine jedes Wassermeisters



Quelle: Fuchs-Hanusch, 2008

zählen und diese Protokolle müssen anschließend auch in die Dokumentationssoftware überführt werden. Dies gilt auch, wenn die Schadensfälle aktuell noch gering sind. Ist der Nutzen dahinter erkennbar, so wird diese Aufgabe auch gerne und gewissenhaft wahrgenommen. Dabei gilt es zu kommunizieren, dass reduzierte Schadensraten, Verluste oder Kosten auch durch die Aufgaben der in Wartung, Inspektion und Schadensbehebung tätigen Mitarbeiter erreicht wurden oder erreicht werden können. Denn eine effiziente Instandhaltung im kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizont kann nur durch ein harmonisches Zusammenspiel zwischen den Bereichen Betrieb (Asset Service) und der strategischen Planung (Asset Management) realisiert werden.

Literatur:

Alegre H., Baptista J. M., Cabrera E., Cubillo F., Duarte P., Hirner W., Merkel W. & R. Parena (2006): Performance Indicators for Water Supply Services. Manual of Best Practice, IWA Publishing, Second Edition, London, UK

Fuchs-Hanusch D. (2008): Instandhaltungsmanagement von Wasserrohrnetzen; Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 54, Beitrag G; Graz

Fuchs-Hanusch D., Gangl G., Korneberger B., Kölbl J., Steininger K., Murnig F., und Kainz H. (2008): WP 5.1.1 Endbericht PiReM – Pipe Rehabilitation Management; NK 5 Kompetenznetzwerk „Waterpool“, Graz

Gangl, G.; D. Fuchs-Hanusch & M. Fellendorf (2007): Influence of Congestion Costs on the Midterm Rehabilitation Planning of Drinking Water Pipelines; in European Water & Waste Water Management Conference, 24-26. Sept. 2007; Newcastle; England

Katz H., Fuchs-Hanusch D., Gangl G., Kleb U., Korneberger B., Reiter M., Schmölzer H., Theuretzbacher-Fritz H. und K.-P. Weinbauer (2008): Risikoanalyse in der Wasserversorgung – Methodik und ausgewählte Anwendungsbeispiele. – Unveröff. Teilbericht zum Work Package 5.1.2 TBRCM Technisches Betriebswirtschaftliches Risiken Chancen Management, Kompetenznetzwerk Water Pool, Graz.

DVGW W 400-3 (2006): Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWW); Teil 3: Betrieb und Instandhaltung.

DVGW W 401 (1997): Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen.

DVGW W 392 (2003): Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen.

DIN 31051 (2003): Grundlagen der Instandhaltung.

Autorin:

Dr. Daniela Fuchs-Hanusch
 Institut für Siedlungswasserwirtschaft
 und Landschaftswasserbau
 Technische Universität Graz
 Stremayrgasse 10/I
 A-8010 Graz
 Tel.: 0043 (0)316 873-8378
 Fax: 0043 (0)316 873-108378
 E-Mail: fuchs@sww.tugraz.at
 Internet: www.sww.tugraz.at

Immer die richtige Entscheidung:

Die neue FRIALOC® PE-Absperrarmatur mit innovativem Zwei-Klappen-System.



Dimensionen d160 und d180 jetzt verfügbar!

FRIALOC®



So einzigartig wie Flügel bei Rochen, so einzigartig ist das Zwei-Klappen-System der neuen FRIALOC PE-Absperrarmatur. Die Kunststoffklappen passen sich den Betriebsbedingungen flexibel an. Reduzierte Drehmomente in Verbindung mit einem robusten und verschleißfesten Antrieb erleichtern die Bedienung und sichern eine lange Lebensdauer.

Im PE-Gehäuse werden Korrosion und Inkrustation auf Dauer vermieden. Rohr und Armatur bilden endlich eine homogene Einheit.

Möchten Sie noch mehr Vorteile erfahren? Vereinbaren Sie einen Besuchstermin mit Ihrem Fachberater. Er informiert Sie gerne!

Besuchen Sie uns auf dem Oldenburger Rohrleitungsforum, 05. – 06. Februar 2009, 2. OG, M 14.

FRIATEC Aktiengesellschaft · Division Technische Kunststoffe
 Postfach 71 02 61 · 68222 Mannheim
 Telefon (06 21) 4 86-28 28 · Telefax (06 21) 4 86-15 98
 E-Mail: info-frialen@friatec.de · Internet: www.frialen.de

