

I/1 Zustandsbewertung städtischer Wasserrohrleitungen zur Vorbereitung der Rehabilitation

Prof. Dr.-Ing. habil. Harald Roscher

1 Rehabilitation von Wasserversorgungsnetzen als Daueraufgabe der Wasserversorgungsunternehmen

Wasserversorgungsunternehmen müssen sich nach dem Ausbau der Wasserversorgungssysteme im 20. Jahrhundert in verstärktem Maße der Instandhaltung ihrer Rohrnetze zuwenden, Rohrleitungen sanieren oder erneuern und aufgetretene funktionale Mängel beseitigen. Sie werden demzufolge einen zunehmenden Anteil ihrer Kosten für diese Aufgaben einsetzen müssen. Die technische und betriebswirtschaftliche Nutzungsdauer aller Rohrmaterialien einschließlich der Rohrverbindungen ist begrenzt und von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig. Rohrnetze unterliegen einem ständigen physischen und moralischen Verschleiß aufgrund:

- ihres Alters und der damit verbundenen physischen Veränderungen der Materialien,
- neuer oder veränderter Anforderungen an das Rohrnetz (Wasserverbrauch, Löschwasserversorgung, Konstruktion und Anordnung von Armaturen),
- der äußeren Einflüsse wie Verkehrsbelastungen, Boden- und Grundwasserhältnisse sowie wechselndem Innendruck und auftretender Druckstöße usw. sowie
- neuer Entwicklungen von Rohrmaterialien und Auskleidungen bzw. Beschichtungen und neuer Erkenntnisse hinsichtlich der Wechselwirkung mit dem transportierten Wasser.

Neben den Anforderungen an das Wasserrohrnetz hinsichtlich Druck und Menge rücken Fragen der Wasserqualität in den Vordergrund. Auch dazu kann die Rehabilitation der Rohrnetze ihren Beitrag leisten. Die Fragen der Löschwasserversorgung müssen unter dem Gesichtspunkt rückläufigen Wasserverbrauchs betrachtet werden, da die hydraulische Bemessung von Rohrnetzteilen vielfach nicht von Verbrauchsspitzen, sondern vom Löschwasserbedarf bestimmt wird.

Die Rehabilitation der Rohrnetze ist für alle Versorgungsunternehmen eine Daueraufgabe, um den hohen Stand der Wasserversorgung in Deutschland zu erhalten.

Der Kenntnisstand über den Zustand der Rohrnetze ist trotz der in fast allen Versorgungsunternehmen geführten Schadenserfassung und Schadensstatistik unbefriedigend. Die Zustandsbeurteilung von Rohrleitungen ist in der Regel nur bei Aufgrabungen infolge von Schäden oder bei Arbeiten im unterirdischen Bauraum möglich. Die Quantifizierung der inneren und äußeren Einflüsse, denen die Leitungen unterliegen und die auf Dauer ihren Zustand verschlechtern, ist demzufolge nur schwer möglich. Als Hauptursachen von Schäden sind aufgrund der Eigenschaften der in der Vergangenheit eingesetzten Rohrwerkstoffe, Rohrverbindungen und Umhüllungen zu nennen:

- Rohrmaterialalterung und -ermüdung (Graphitierung bei Graugussleitungen, unzureichende Zeitstandsfestigkeit bei älteren Kunststoffrohren),
- Einsatz ungeeigneter Materialien oder schlechter Qualität,
- unzureichender Außen- und Innenschutz metallischer Rohrmaterialien in der Vergangenheit sowie Korrosionserscheinungen durch Fremd- und Streuströme von elektrischen Bahnen und Stahlbetonfundamenten in heutiger Zeit,
- das Bruchverhalten bei mechanischen Belastungen einschließlich der Kerbwirkung bei Kunststoffrohrleitungen bzw. Beschichtungen bei metallischen Rohrleitungen,
- Wasserqualität und Wasserqualitätsänderungen (Grundwasser – Talsperrenwasser),

- wechselnde Druckverhältnisse in Tag- und Nachtstunden oder Neuordnung von Netzteilen zu Druckzonen,
- Boden- und Grundwasserverhältnisse,
- Verkehrserschütterungen, Bergbaufolgeerscheinungen (Setzungen) und
- Beschädigungen durch Dritte (Verkehrsbau und Versorgungsleitungsbau direkt oder indirekt durch Belastungen, Setzungen, Arbeiten an anderen Versorgungssystemen).

Jedes Wasserversorgungsunternehmen steht also aufgrund des „Erbes aus der Vergangenheit“ früher oder später vor der Entscheidung wie viel es und zu welchem Zeitpunkt für die Rehabilitation an Mitteln einsetzt. Die Verschiebung des Sanierungs- oder Erneuerungszeitpunktes kann für das Versorgungsunternehmen kurzfristig betriebswirtschaftlich vorteilhaft sein, langfristig wird sich hinausgeschobene Rehabilitation durch Versorgungsausfälle, erhöhtes Versorgungsrisiko und erhöhte soziale Kosten nachteilig auswirken.

Betriebswirtschaftliche Berechnungen mit Hilfe von Wasserverlust- und Reparaturkosten, den Sanierungs- oder Erneuerungszeitpunkt zu verschieben, berücksichtigen nicht die o. g. Faktoren sowie die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Funktions- und Betriebssicherheit der Wasserversorgungssysteme. Somit müssen folgende Fragen entschieden werden:

- Wie ist der **Zustand** der Rohrleitungen oder des Rohrnetzes zu beurteilen ?
- Kann durch die Sanierung der **Zeitpunkt der Erneuerung** hinausgeschoben werden und wie lange können Reparaturmaßnahmen vertreten werden ?
- Wann ist der richtige **Zeitpunkt der Sanierung** oder Erneuerung ?
- Welches ist das geeignete **Verfahren für die Sanierung oder Erneuerung** ?

2. Möglichkeiten und Grenzen der Schadensstatistik

Die Schadensstatistik als Planungsgrundlage zu verwenden, geht auf Überlegungen von Hofer [1], Weimer [2], Kottmann [3, 4, 5, 6, 7] u. a. in der BRD und auf Ahrens, Michalik Schweiger [8, 9, 10, 11] u. a. mit der „Datenbank Netze“ in der ehemaligen DDR zurück. Nachfolgend wurden durch Herz, Hochstrate [12, 13, 14] u. a. Trendberechnungen für den Erneuerungsbedarf von Rohrnetzen durchgeführt, welche ebenfalls auf schadensstatistische Überlegungen zurückgehen.

Herz [15] versuchte den Erneuerungsbedarf aus der Schadensentwicklung einzelner Materialgruppen in den vergangenen Jahren die Restnutzungsdauer dieser Leitungsgruppen zu ermitteln und den jährlichen Erneuerungsbedarf für die Versorgungsbetriebe vorherzusagen. Am Beispiel ausgewählter ostdeutscher Versorgungsunternehmen mit einer Gesamtleitungslänge von 18 000 km mit materialabhängigen Überlebensfunktionen prognostizierte er den Erneuerungsbedarf. Aus den geschätzten Werten für die Nutzungsdauer ermittelte er für die untersuchten Unternehmen eine Restnutzungsdauer von 17 bis 41 Jahren und eine materialspezifische Erneuerungsrate bis zum Jahre 2010 von 1 bis 3 % bei Graugussrohren, von 2,5 bis 5 % bei Stahlrohren, von 2,5 bis 5,5 % bei Asbestzementrohren und von 1 bis 3 % bei PVC/PE-Rohren – im Mittel 2 % jährlich.

Durch den DVGW wurde die bundesweite Schadensstatistik eingeführt, über die Sattler und Buckler in berichteten [16, 17], die jedoch keine Unterteilung der Rohrmaterialien nach Leitungsgruppen beinhaltet. Demzufolge sind die Ergebnisse nur bedingt aussagefähig.

Der Schadensstatistik sind durch nachfolgende Einflussfaktoren Grenzen gesetzt:

- In der Regel werden nur Schäden mit Wasserverlusten erfasst; Schäden ohne nennenswerte Wasserverluste dagegen nicht.
- Fehler bei der Erfassung und Auswertung von Schäden durch unzureichende Sachkenntnis und unvollständige Schadensberichte.

- Es wird keine Einteilung der Schäden innerhalb der Rohrmaterialien nach Leitungs- oder Materialgruppen vorgenommen.
- Wiederauftretende Schäden an instandgesetzten Leitungen werden erneut als Schäden erfasst.
- Schäden durch außergewöhnliche Naturereignisse (Frost mit großer Tiefe, Austrocknen der Böden) werden nicht separiert.
- Durch den neuzeitlichen Straßenbau – Bau dichter Fahrbahndecken – werden Schäden nicht erkannt oder es tritt Wasser an anderer Stelle als der Schadensstelle aus.
- Schäden und Schwachstellen durch Streu- und Fremdströme werden ebenfalls als Schäden registriert.

Zu Schäden mit Wasserverlusten und Schäden mit geringen Wasserverlusten:

Mit der heute üblichen Korrelationsmesstechnik lassen sich nur Schäden mit Wasserverlusten erfassen, die Leckgeräusche hervorrufen. Sickerwasserverluste aus Rohrleitungen und Rohrverbindungen sind nicht erfassbar, da sie keine Leckgeräusche hervorrufen. Bei Lochkorrosion metallischer Leitungen setzen die Korrosionsprodukte an der Innenseite der Rohrwandung diese eine bestimmte Zeit zu und demzufolge sind Wasserverluste erst bei einer bestimmten Lochgröße messbar.

Zu Fehlern bei der Erfassung und Auswertung von Schäden durch unzureichende Sachkenntnis und unvollständige Schadensberichte:

Bei der Auswertung von Schadensberichten wurde festgestellt, dass diese oftmals fehlerhaft sind. Die Fehler sind unterschiedlicher Art und haben unterschiedliche Ursachen, z. B.:

- „Einfache“ Fehler (Schreibfehler): unkorrekte Nennweite, Zuordnung zu Hauptleitungen, Versorgungsleitungen, Anschlussleitungen.
- Unzureichende Fachkenntnisse der Personen, welche die Eintragungen in Erfassungsbögen vornehmen, und der Personen, die die Daten weiter verarbeiten (Eingabe in Speicher und Auswertung, Materialien und Korrosionsschutzmaßnahmen nicht bekannt, früher verwendete Nennweiten nicht bekannt usw.).

Aus diesem Grunde wurde durch den Verfasser bei schadensstatistischen Untersuchungen eine Unterteilung in verwertbare und nicht verwertbare Daten vorgenommen.

Zur Einteilung der Schäden innerhalb der Rohrmaterialien nach Leitungs- oder Materialgruppen:

Gegenwärtig wird bei der Datenerfassung und -auswertung keine Unterteilung der Rohrmaterialien nach Material- bzw. Leitungsgruppen vorgenommen. Da in der Vergangenheit zunächst Grauguss- und Stahlrohrleitungen verlegt wurden, sind Schäden hauptsächlich bei diesen Materialien anzutreffen. Nach den von Sattler und Buckler [16, 17] aufgeführten Schäden sind die Schäden bei Graugussleitungen von 66 % und von 18,7 % bei Stahlleitungen anzutreffen. Eine Unterteilung nach der Liegezeit enthält diese statistische Aussage jedoch nicht.

Damit werden Materialien beurteilt, welche in der Vergangenheit verlegt worden sind, die 30, 40, 50 oder 100 Jahre alt sind, einen unterschiedlichen Korrosionsschutz und unterschiedliche andere Eigenschaften haben. Kunststoffrohrleitungen mit einer geringen Liegezeit schneiden dagegen sehr gut ab. Also stellt sich die Frage: „Wie werden sich Kunststoffrohrleitungen mit der anfänglich geringeren Zeitstandsfestigkeit und anderen Eigenschaften als heutige Kunststoffrohrleitungen nach solch einer langen Liegezeit verhalten?“

Zu wiederauftretenden Schäden an instandgesetzten Leitungen:

Bei der Schadensauswertung wurde festgestellt, dass Schäden an Rohrleitungen und Armaturen, die durch unzureichende Verdichtung des Bodenmaterials unter der Rohrleitung oder

unsachgemäße Verdichtung in der Leitungszone auftreten ebenfalls als Schäden erfasst werden.

Zu Schäden durch außergewöhnliche Naturereignisse – Frost mit großer Tiefe, Austrocknen der Böden:

Untersuchungen zu diesem Problem liegen von Kottmann vor, der sich in seiner Dissertation und nachfolgenden Veröffentlichungen sehr umfassend damit befasst hat – siehe dazu Literatur [4, 5, 6]. Neuere Ergebnisse zum Frostwinter 1995/96 enthalten die Veröffentlichungen von Roscher, Saitenmacher, Perdelwitz [18, 19]. Eine umfassende Schadensauswertung des DVGW zu Frostschäden gibt es bereits aus dem Jahre 1939/40 [20].

Zu Schäden durch den neuzeitlichen Straßenbau:

Durch den Bau dichter Fahrbahndecken werden Schäden nicht erkannt oder es tritt Wasser an anderer Stelle als der Schadensstelle aus. Während es bei den früher üblichen Pflasterdecken in der Regel zum Wasseraustritt an der Schadensstelle kam, befindet sich der Wasseraustritt heute oft an einem Schieber oder Hydranten und nicht an der eigentlichen Schadensstelle. Dadurch können umfangreiche Schadensfolgen, wie Setzungen durch ausgetragenes Bodenmaterial oder Kellervernässungen, eintreten, für die haftungsrechtlichen Fragen (Möglichkeiten, Grenzen und Folgen) in die Betrachtungen einzubeziehen sind [21].

Zu Schäden durch zunehmende Verkehrsbelastungen und Lastverkehr durch Bauarbeiten:

Durch Straßenverbreiterungen werden Rohrleitungen, die in Bereichen mit geringen Belastungen sich befanden, in eine „neue Lage“ gebracht, d. h., sie werden mehr als bisher belastet. Ältere Graugussleitungen kleiner Nennweite ertragen oftmals diese Belastungen nicht und erleiden Risserscheinungen. Ebenfalls traten in den ostdeutschen Innenstädten nach 1990 durch die intensive Bautätigkeit eine Vielzahl von Schäden an Rohrleitungen aus Grauguss auf. In Erfurt wurde durch den Verfasser die Visualisierung von Schäden in Schadenskarten eingeführt. Aus diesen war z. B. erkennbar, dass in einer Straße die vermehrt auftretenden Schäden durch Umleitungen von Schwerlastverkehr und nicht durch andere Faktoren verursacht wurden [21].

Zu Schäden durch Streu- und Fremdströme:

Der zunehmende Bau von Tiefgaragen und Gebäuden mit mehreren Kellern und dafür erforderlichem hohen Stahlanteil im Stahlbeton lässt erwarten, dass die Schäden durch Streu- und Fremdströme an metallischen Rohrleitungen zunehmen werden. Alle Wasserversorgungsunternehmen sind gut beraten, bei Standortanfragen und -zustimmungen eine Kartierung von Bauten mit hohem Stahlbetonanteil im unterirdischen Bauraum durchzuführen und mit den Antragstellern eine Beratung zum kathodischen Korrosionsschutz vorzunehmen. Diese potentielle Schadensquelle lässt bei Vernachlässigung von Korrosionsschutzmaßnahmen nach GW 10 [28] Schäden in einigen Jahren oder Jahrzehnten erwarten [21, 22].

Hohe Schadensrate durch Einsatz der Korrelationsmesstechnik:

Eine Besonderheit ostdeutscher Versorgungsunternehmen, die sich auch in der Schadensstatistik widerspiegelt, ist der verstärkte Einsatz der Korrelationsmesstechnik nach 1990. Dadurch trat ein Ansteigen der Schadensfälle (danach meist ein Rückgang) und eine Reduzierung der Wasserverluste auf. Schadensstatistische Aussagen über mehrere Jahre sind also unter diesem Aspekt kritisch zu betrachten.

Eine richtige Beurteilung statistischer Aussagen setzen nicht nur Fachkenntnisse in der Werkstoffkunde, sondern in vielen weiteren Sachgebieten voraus, um nicht zu falschen Schlussfol-

gerungen zu kommen. Um eine gesicherte Datenbasis zu erhalten ist die Schulung der Mitarbeiter erforderlich und zwar zu Zielen der Erfassung, Führung der Schadensberichte auf der Baustelle, Dateneingabe und Verarbeitung usw. Die Fragestellung „Zulässige Schadensrate...“ [23] ist falsch gestellt und aus o. g. Gründen nicht haltbar. Intensiver müssen wir uns in Zukunft mit der materialtechnischen Beurteilung des Zustandes der Rohrleitungen beschäftigen.

Weitergehende Möglichkeiten als die Schadensstatistik den Zustandes der Rohrnetze zu beurteilen sind gegeben durch die

- Einteilung in Leitungs- bzw. Materialgruppen,
- Zustandsuntersuchung von Rohrproben mit Gutachten,
- Zustandsuntersuchung mit digitaler Bildverarbeitung:
Beweissicherung auf der Baustelle,
Dokumentation der Zustandsuntersuchungen,
- Bodenuntersuchungen hinsichtlich der Aggressivität und Altlasten,
- Grundwasserverhältnisse u. a.

3 Einteilung in Leitungsgruppen

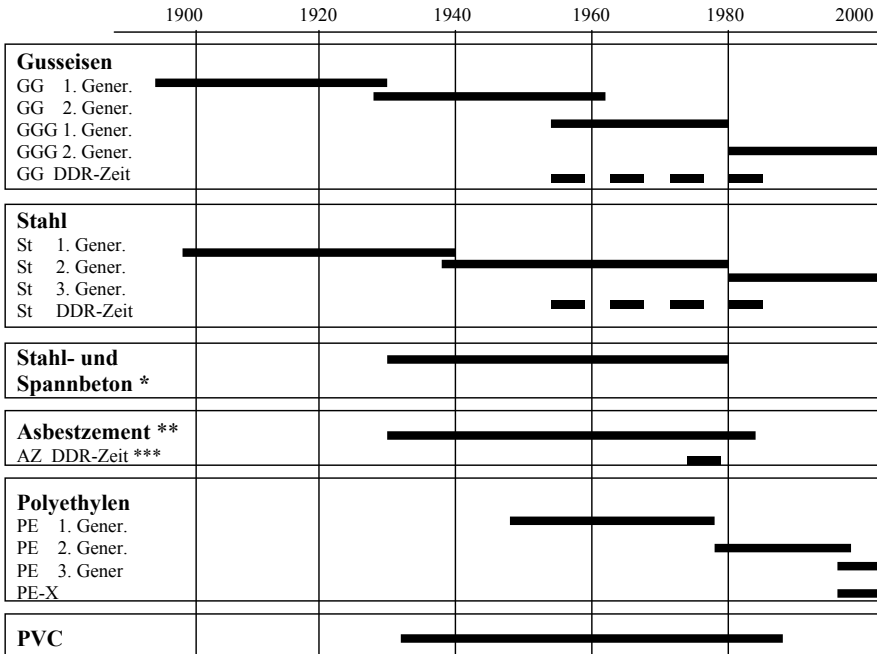
Ausgehend von W 401 [23] wurde vom Autor nach umfangreicher Recherche und in Abstimmung mit den Rohrherstellern (Guss, Stahl und Kunststoffe) eine Einteilung in Material- bzw. Leitungsgruppen vorgenommen (**Bild 1**) [21].

Die Einteilung geht bei metallischen Rohrleitungen insbesondere auf den äußeren und inneren Korrosionsschutz nach Herstellungsperioden sowie Rohrverbindungen zurück. Stahlrohre, welche vor 1980 hergestellt wurden, können bis etwa 1940 einer Materialgruppe der 1. Generation und ab 1940 der 2. Generation zugeordnet werden. In den 80er Jahren wurde der innere und äußere Korrosionsschutz herstellungsseitig so weiterentwickelt, dass, wenn auf der Baustelle keine Beschädigungen erfolgen und die Verlegung entsprechend den Regeln der Technik erfolgt, keine Korrosionsgefährdung zu erwarten ist. Rohre der sog. 3. Generation haben eine hohe Lebenserwartung (natürlich wird trotzdem die Alterung und der Verschleiß des Korrosionsschutzmaterials eintreten !)

Bei Gussrohrleitungen wurde durch die Rohrhersteller laufend die Festigkeit erhöht. Bis 1926 erfolgte die Fertigung von Gussrohren nach dem Sandgussverfahren, so dass sich bei diesen Rohren eine „Schutzschicht“ bilden konnte. 1926 ist der Übergang zum Schleudergussverfahren anzusetzen. Durch die Herstellung der Gussrohre in einer wassergekühlten Form fehlt diese Schutzschicht, so dass diese Rohre korrosionsempfindlicher sind als die davor hergestellten; demzufolge 1. Generation vor 1926, 2. Generation nach 1926.

Die Gussrohrindustrie entwickelte das duktile Gussrohr mit der Erwartung, die Zugfestigkeit zu erhöhen, gleichzeitig traten jedoch zunehmend Korrosionserscheinungen an diesen Rohren in den Versorgungsunternehmen der alten Bundesländer auf. Die Verbesserung des inneren und äußeren Korrosionsschutzes etwa zeitgleich wie bei der Stahlrohrindustrie erhöhte die Korrosionsresistenz. Duktulgussrohre sind demzufolge in GGG-Rohre der 1. und 2. Generation einzuteilen.

Bei den metallischen Rohren ist außerdem noch eine Einteilung der auf dem Gebiet der ehemaligen DDR verlegten Grauguss- und Stahlrohre vorzunehmen, die einen unzureichenden Korrosionsschutz aufweisen und demzufolge sehr bald zu erneuern sind.



- ** keine Produktion in Deutschland mehr
- ** Anwendungsverbot
- *** Einsatz kurzfasriger Asbestfasern

Bild 1: Zeittafel zum Einsatz der Rohrmaterialien in Deutschland [21, 27]

Die Kunststoffrohrindustrie unterteilt ebenfalls in Rohre der 1., 2. und 3. Generation. Nach DIN 8075 sind heute die PE-Typen nach dem MRS-Wert zu unterscheiden in:

- PE 63 (**PE der ersten Generation:** MRS = 6,3 N/mm²)
- PE 80 (**PE der zweiten Generation:** MRS = 8 N/mm²)
- PE 100 (**PE der dritten Generation:** MRS = 10 N/mm²)

Zusammenfassend können aus guten Bestandskarten mit Eintragung der Verlegejahre (Zuordnung zu Leitungsgruppen) bereits wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden. Die Rohrherstellung und der Korrosionsschutz sollten dem Personal bekannt sein, welches Schadensfälle erfasst und statistisch weiter bearbeitet.

Die heute liegenden Rohrleitungen sind also hinsichtlich ihrer Lebenserwartung wie folgt zu beurteilen:

1. Rohrmaterialien sind nach Leitungsgruppen einzuteilen:

- Wie wurden die Rohre produziert ?
- Wie wurden sie korrosionsschutz (was wir beurteilen, sind hauptsächlich metallische Rohrleitungen) ?
- Wie wurden sie verlegt ?

- Wie wurde das Rohrnetz betrieben ?
 - Welche Rohrverbindungen wurden eingesetzt ?
2. Der Zustand der liegenden Rohrmaterialien ist zu beurteilen:
- Welche Rohre wurden eingesetzt ?
 - Beurteilung der Boden- und Grundwasserverhältnisse ?
 - Verkehrsbelastungen und Baumaßnahmen im Bereich von Rohrleitungen (W 380).

4 Material-Zustandsuntersuchung zur Auswahl der Sanierungsverfahren

Die sicherste Methode, Rohrleitungen zu untersuchen, besteht in der gezielten Bergung von Rohrmaterialproben aus Schadensfällen und deren Zustandsbeurteilung im Labor hinsichtlich

- des äußeren Korrosionsschutzes (was verbirgt sich unter der Schutzschicht ?),
- des inneren Korrosionsschutzes (wie dauerhaft ist er, ist er abgetragen, Wasserqualität und Veränderungen innerhalb der Betriebszeit ?) und
- der Restwandstärke.

Kritiker werden allerdings einwenden, dass Materialien auch nur punktuell entnommen und beurteilt werden. In Verbindung mit Schadensberichten und unter Einsatz der nachfolgend beschriebenen Bilderfassung, -speicherung und -verarbeitung mit Hilfe der EDV bilden sie eine weitaus sichere Basis zur Beurteilung des Leitungszustandes als bisherige Methoden. D. h., moderne Technik sollte auch auf diesem investitionsintensiven Gebiet des Rohrleitungsbaus eingesetzt werden.

Verfahren und Ergebnisse der Untersuchung von Rohrproben:

Grundlage von Zustandsuntersuchungen sind Rohrproben, wobei nach Brussig [25] ein Beprobungsumfang von 3 bis 5 Rohrproben/km für die Begutachtung ausreichend ist (Rohrprobe möglichst 60 cm Länge mit Rohrverbindung). Die Rohrproben sollten möglichst bei Reparaturen gewonnen werden, (nur bei geplanten Sanierungsmaßnahmen wird vorsätzlich die Entnahme durchgeführt). Es empfiehlt sich, in den Versorgungsbetrieben gleichartiges Material (nach Verlegezeit, Materialarten getrennt usw.) aus Teilgebieten der Stadt zu sammeln, ggf. zwischenzulagern, die Schadensstelle mit Protokoll bzw. Probebegleitschein zu beschreiben und zusammenfassend der Bewertung zu unterziehen.

Als Schäden treten nach Brussig [25] auf:

- Herstellungsbedingte Schädigung
- Verlege- und Montagefehler
- Technische und biologische Alterungsprozesse
- Natürliche Bodenbewegungen
- Eingetragene Bodenbewegungen
- Betreibungs- und Rohrnetzfehler

Zustandsuntersuchung mit digitaler Bildverarbeitung:

Die Zustandsuntersuchung mit digitaler Bildverarbeitung dient der

- Beweissicherung auf der Baustelle (dürfte in Zusammenhang mit GW 301 auch für die Baubetriebe eine größere Bedeutung erhalten) und der
- Dokumentation der Zustandsuntersuchungen.

Ausgehend von allgemeinen Rohrnetzinformationen sind qualitative und quantitative Kriterien zu erfassen.

Allgemeine Rohrnetzinformationen beinhalten:

- Verlegejahr, Länge der Gesamtleitung und der Rohrprobenlänge, den k-Wert im Neuzustand sowie Wassertemperatur.

Quantitative Zustandserfassungen beinhalten:

- Innendurchmesser und Unrundheit.
- Mittlere Korrosionsschutzdicke und der davon festhaftende Anteil.
- Durchgehende Voll-Inkrustations-Schichtdicke.
- Maximale und mittlere Verkrustung sowie deren Oberflächenanteil im seitlichen und oberen Rohrleitungsbereich in der 8- bis 4 -Uhr Position (Rauhigkeit).
- Maximale und mittlere Verkrustung sowie deren Oberflächenanteil im Bereich der Rohrsohle in der 5- bis 7-Uhr Position (Rauhigkeit der Rohrsohle).

Qualitative Zustandsuntersuchungen beinhalten bei Guss- und Stahlrohren die:

- Korrosion und den Korrosionsschutz (innen und außen),
- Verkrustungsart, -festigkeit und -verteilung,
- Wasserchemie (Kalkkohlendioxidgleichgewicht usw.) und
- werkstoffspezifische Zustandsdaten (Spongiosfestigkeit und Gefüge, Beurteilung der Materialart, z. B. GGL, Sandguss, Festigkeit in N/mm², feinkristallines Gefüge).

Bei der Rohrprobenentnahme sollte ein Rohrprobenbegleitschein ausgefertigt werden mit Angaben wie:

- Rohrleitungslage (Ort, Straße, Lage des Rohre),
- Nennweite, Länge der Leitung, Rohrprobenlänge, Verlegejahr,
- Rohrverbindung,
- Rohrleitungswerkstoff,
- Transportmedium (Rohwasser, Trinkwasser, u. a.) und
- Rohrbettung/Boden (Rohrüberdeckung, Bodenart).

Gleichzeitig sollte die Bilddokumentation durchgeführt werden, welche den vorgefundenen Zustand sowie die durchgeführten Reparaturarbeiten umfasst. Sie dient der Schadensaufklärung, aber auch der Beweissicherung (im Interesse des Versorgungsunternehmens, aber auch im Interesse des reparaturdurchführenden Betriebes).

In der nachfolgenden Zustandsuntersuchung durch ein beauftragtes Ingenieurbüro oder auch bei entsprechender Qualifikation in Eigenleistung des Versorgungsunternehmens sind zu untersuchen:

- der Zustand der Schädigungen im Rohrschaft und im Rohrverbindungsbereich,
- der Korrosionsschutz und dessen Zustand,
- der Verkrustungs-/Inkrustationszustand,
- die Korrosionsschädigung (innen und außen) sowie
- die Besonderheiten des Rohrmaterials (Werkstoffs).

Datenmenge – kein Speicherproblem heutiger Datenverarbeitungstechnik:

Nach an der FH Erfurt durchgeführten Untersuchungen mit digitaler Bildverarbeitung stellt die Datenmenge kein Problem mehr dar [26]. Ziel der Bildspeicherung waren ein möglichst geringer Zeitaufwand, bestmögliche Bildqualität und möglichst geringe Kosten. Außerdem muss die Arbeit auf der Baustelle von wenig qualifizierten Personen nach Anleitung und Einarbeitung möglich sein.

Wege der Bildverarbeitung und Bildspeicherung wurden besprochen:

- Aufnahmen mit herkömmlicher analoger Kamera, scannen und Speicherung im jpeg-Format.
- Aufnahme mit digitaler Kamera, Speicherung im jpeg-Format.

Derzeitig konnte mit der digitalen Kamera noch nicht die Qualität der mit herkömmlicher Kamera aufgenommenen Bilder erreicht werden – dürfte aber demnächst ohne Einschränkungen

gen erreicht werden. Die Arbeit mit der digitalen Kamera hat aber den Vorteil, dass vor Ort die Aufnahme kontrolliert und ggf. Aufnahmen sofort wiederholt werden können.

Nach durchgeführten Untersuchungen sind erforderlich:

- 4 Bilder für die Beweissicherung auf der Baustelle (ca. 0,8 MB)
 - 5 Bilder für die Zustandsuntersuchung von Rohrproben (ca. 1,0 MB)
- Die gespeicherten Bilder können jederzeit wieder abgerufen werden. Außerdem stehen heute Drucker zur Verfügung, welche in der Lage sind, von der Speicherkarte sofort ein Farbbild zu drucken.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die heute bestehenden Möglichkeiten der Zustandsbewertung sich wesentlich erweitert haben (Statistik – Wasserverlustmessung – Datenverarbeitung mit Visualisierung von Schadensereignissen, Materialuntersuchungen mit Bildverarbeitungstechnik). Im Zusammenhang mit den heute verfügbaren Verfahren der Sanierung und Erneuerung von Rohrleitungen stehen sehr gute Grundlagen für die Rehabilitation der Wasserversorgungsnetze zur Verfügung. Der Rehabilitation von Rohrnetzen muss eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden [27].

Rehabilitationsstrategie = Unternehmensstrategie = Zukunftsstrategie

Literatur:

- [1] Hofer, P.: Rohrnetzstatistik als Planungsgrundlage, gwf Gas/Erdgas 119 (1978) 1, S. 7 - 12
- [2] Weimer, D.: Leitungsdateien als Grundlage der Planung, gwf Wasser/Abwasser 120 (1979) 4, S. 186 - 192
- [3] Kottmann, A.: Über die Ursachen von Rohrbrüchen in Versorgungsleitungen, Diss. Stuttgart, 1978
- [4] Kottmann, A.: Ein Weg zur Voraussage von Rohrbrüchen, gwf Gas/Erdgas 120 (1979) 5, S. 231 - 35
- [5] Kottmann, A.: Ergebnisse aus Rohrschadensuntersuchungen, gwf Wasser/Abwasser 119 (1980) 10, S. 483 - 490
- [6] Kottmann, A.: Rohrbrüche – Jahreszeitliche Schwankungen der Bruchzahlen und die Bruchursachen, gwf wasser/abwasser 121 (1980) 2, S. 84 - 88
- [7] Zeitz, K.: Schadensstatistik und Schadensanalyse für Trinkwasserrohrnetze, Wissensch. Zeitschrift der Hochschule für Architektur Bauwesen Weimar 35 (1989) 1/2, S. 41 - 46
- [8] Ahrens, J.: Auswertungssystem zur Analyse der Zustandsentwicklung und zur Optimierung von Rekonstruktionsstrategien, Forschungsbericht Institut für Wasserwirtschaft 1985
- [9] Michalik, P.: Beitrag zur Ermittlung des ökonomisch günstigen Rekonstruktionszeitpunktes von Wasserversorgungsleitungen unter Nutzung des Datenbankteil Wasserversorgungsnetze. Diss. TU Dresden, 1985
- [10] Michalik, P.; Schweiger, K.-H.: Ökonomische Beurteilung ausgewählter Maßnahmen der Rekonstruktion von Wasserversorgungsleitungen, Wiss., Zeitschrift der TU Dresden 35 (1986) 3
- [11] Michalik, P.; Schweiger, K.-H.: Ökonomische Beurteilung ausgewählter Maßnahmen der Rekonstruktion von Wasserversorgungsleitungen, Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 35 (1986) 3

- [12] Herz, R. K., Hochstrate, K.: Erneuerungsstrategien für städtische Infrastrukturnetze. Jahrbuch für Regionalwissenschaft; Sonderdruck 1987, S. 67 - 105, Vandenhoeck & Ruprecht in Göttingen
- [13] Herz, R. K.: Alterung und Erneuerung von Infrastrukturbeständen, ein Kohortenüberlebensmodell, Schriftenreihe für Städtebau und Landesplanung, Universität Karlsruhe, 1995
- [14] Herz, R.: Erneuerungsbedarfsprognose für alternde Wasserrohrnetze. bbr Wasser und Rohrbau 47 (1996) 12, S. 25 - 32
- [15] Herz, R. K.: Erneuerungsbedarf kommunaler Wasserrohrnetze in den östlichen Bundesländern, gwf Wasser Abwasser 140 (1999) 13, S. 54 - 60
- [16] Sattler, R.: Einführung der bundesweiten DVGW-Statistik Wasser. gwf Wasser Special 138 (1997) 13, S. 27 - 31
- [17] Buckler, M., Sattler, R.: DVGW-Statistik Wasser, erste Auswertung und Umsetzung. gwf Wasser Special 140 (1999) 13, S. 48 - 53
- [18] Roscher, H., Saitenmacher, L., Perdelwitz, D.: Frostschäden an Hausanschluss- und Versorgungsleitungen im Winter 1995/96. 1. Teil: Historischer Rückblick, gwf Wasser Abwasser 138 (1997) 1, S.1 - 9
- [19] Saitenmacher, L., Perdelwitz, D., Roscher, H.: Frostschäden an Hausanschluss- und Versorgungsleitungen im Winter 1995/96, 2. Teil: Statistische Erfassung von Schäden –Bewertung und Schlussfolgerungen, gwf Wasser Abwasser 138 (1997) 1, S. 10 - 16
- [20] DVGW Auswirkungen des Winters 1939/40 auf Wasserrohrnetze, Heft 1 , Stuttgart 1941
- [21] Roscher, H. u. a.: Sanierung von städtischen Wasserversorgungsnetzen. Verlag für Bauwesen 2000
- [22] Skarda, C.: Wasserrohrnetz-Zukunftsstrategie, Außenkorrosionsforschung und -bekämpfung in Zürich, GWA (1994) 8, S. 649 - 657
- [23] W 401: Entscheidungshilfen für Rehabilitation von Wasserrohrnetzen, 9/97
- [24] Schmidt, D.: Zulässige Schadensrate in Wasserrohrnetzen aus Sicht der Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit am Beispiel des Versorgungsgebietes Erfurt. gwf Wasser Abwasser 140 (1999) 1, S. 45 - 50
- [25] Brüssig, P.: Sanierung erdverlegter Trinkwasserleitungen (Teil 1 - 7). Wasserwirtschaft-Wassertechnik (1996) 7, S. 38 - 40, (1996) 8, S. 37 - 39, (1997) 1, S. 38 - 40; (1997) 2, S. 36 - 39 (1997) 3, S. 32 - 35, (1997) 4, 33 - 35, (1997) 5, S. 37 - 39
- [26] Müller, S.: Rehabilitationskonzeption des Wasserversorgungsnetzes Erfurt. FH Erfurt, FB Bauingenieurwesen, Lehrgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Betreuer: Roscher, H.), Juli 2000
- [27] Roscher, H.: Rehabilitationsstrategie = Unternehmensstrategie = Zukunftsstrategie. Vortrag auf dem 5. Kolloquium Wasserversorgung an der FH Erfurt am 04.05.2000
- [28] GW 10: Inbetriebnahme und Überwachung des katholischen Korrosionsschutzes erdverlegter Lagerbehälter und Stahlrohrleitungen, 9/1999

Verfasser: Prof. Dr.-Ing. habil. Harald Roscher
 FH Erfurt, Fachbereich Bauingenieurwesen,
 Lehrgebiet Siedlungswasserwirtschaft
 Werner-Seelenbinder-Straße 14
 99096 Erfurt
 Telefon: (03 61) 67 00 – 9 24 (Sekt. 9 01)
 Telefax: (03 61) 6 70 09 02
 e-mail: roscher@fbbau.fh-erfurt.de