

II/5 Trendanalyse zur Auswahl der Rehabilitationsstrategie für Wasserrohrnetze, dargestellt am Beispiel der Stadt Erfurt

Dipl.-Ing. Dietmar Schmidt

1. Ausgangsbedingungen, Entwicklung der Rohrnetzschäden

Die Erfurter Wasserversorgung feierte 2001 ihr 125-jähriges Jubiläum, ein durchaus erfreuliches Ereignis, denn die Einführung der Zentralwasserversorgung in den Städten führte unbestritten zu einem unschätzbaren Fortschritt in der Volksgesundheit und in den Lebensbedingungen der Menschen. Trotzdem gibt es Grund zur Sorge, denn die 125 Jahre sind nicht spurlos an den Wasserversorgungsanlagen vorbeigegangen.

Die Auf- und Ausbauphase der Wasserversorgung geht zu Ende, die Rehabilitationsphase hat begonnen.

Die Stadt Erfurt verfügt heute über ein Wasserrohrnetz mit ca. 555 km Haupt- und Versorgungsleitungen sowie ca. 260 km Hausanschlussleitungen. Die Thüringen Wasser GmbH betreibt insgesamt ein Wasserrohrnetz mit einer Gesamtlänge von ca. 1.520 km. Hiervon entfallen ca. 1.110 km auf Haupt- und Versorgungsleitungen sowie ca. 410 km auf Hausanschlussleitungen. Das Wasserrohrnetz (ohne Behälter und Netzpumpwerke) verursacht **etwa 50 %** des Gesamtaufwandes der Wasserversorgung, der insbesondere durch Kosten aus der Herstellung, dem Betrieb und der Unterhaltung des Rohrnetzes verursacht wird. Aufgrund der Altersstruktur (das mittlere Alter des Rohrnetzes liegt heute zwischen 40 und 45 Jahren) werden diese Kosten zunehmend durch Schäden und Wasserverluste sowie notwendige Rehabilitationsmaßnahmen (Erneuerung oder Sanierung) im Rohrnetz bestimmt. Um diese Kosten zu beeinflussen und im Rahmen einer optimierten Rehabilitationsstrategie zu reduzieren, ist es erforderlich, die Ursachen und Zusammenhänge bei der Veränderung der Anzahl der Schäden, der Wasserverluste, des Alters, des Neubaus und der Erneuerung/Sanierung der Anlagen sowie der hieraus resultierenden Kostenveränderung zu analysieren.

Bild 1 zeigt die Entwicklung der absoluten Anzahl der Schäden seit 1994, getrennt nach Haupt- und Versorgungsleitungen (VL), Hausanschlussleitungen (AL) und Armaturen, wobei die seit 1996 steigende Anzahl der Armaturenschäden auf die zusätzliche Reparatur von „Hausabstellern“ im Rahmen des Wasserzählerwechsels zurückzuführen ist [3].

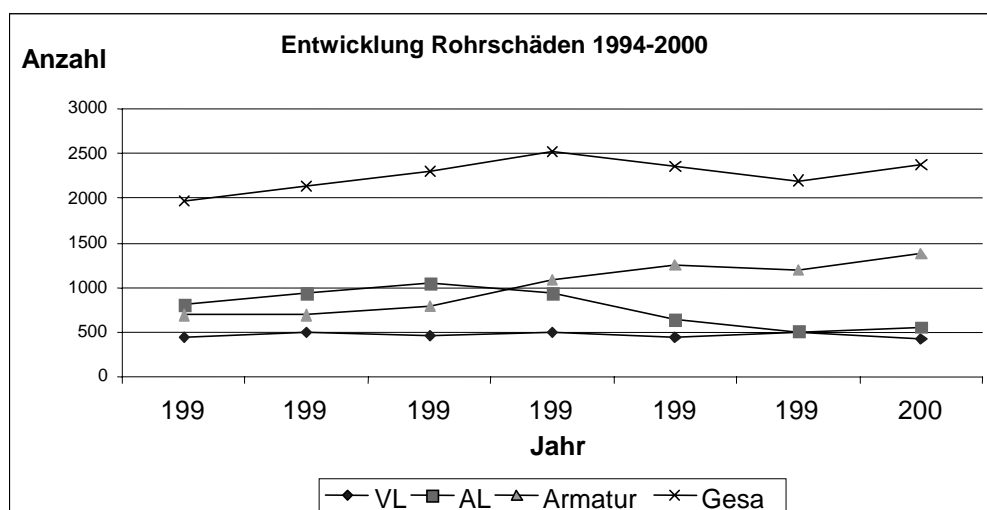


Bild 1: Entwicklung der Rohrschäden von 1994 bis 2000

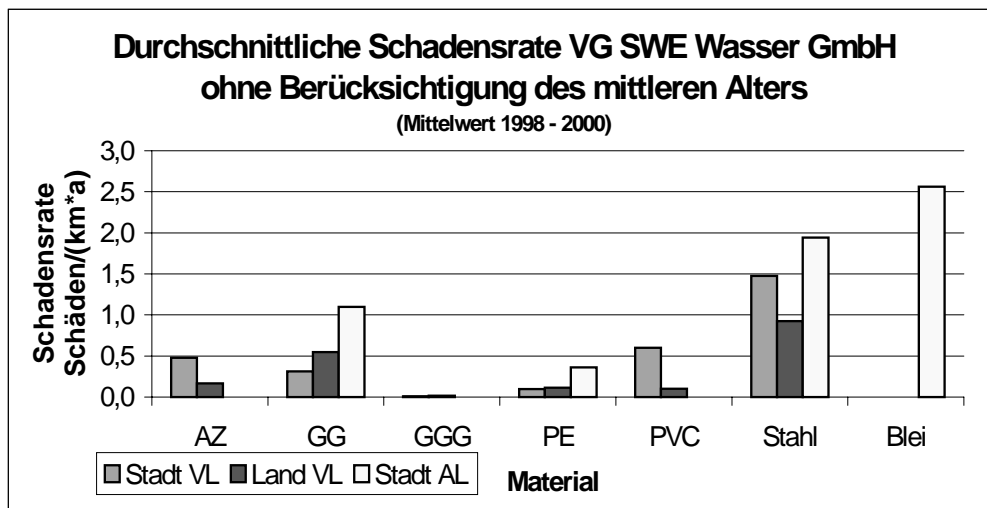


Bild 2: Durchschnittliche Schadensrate

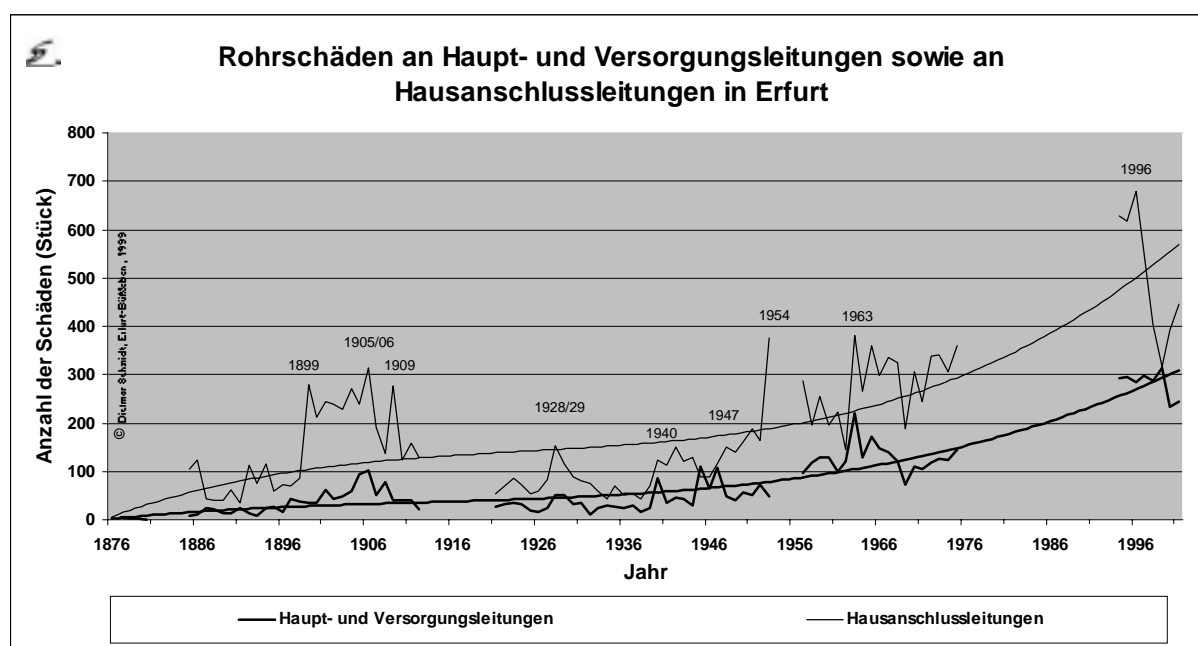


Bild 3: Rohrschäden an Haupt-, Versorgungs- und Hausanschlussleitungen

Die Anzahl der Schäden wird im Wesentlichen durch die Länge der Rohrleitungen bzw. die Anzahl der Armaturen sowie durch das Rohrnetzalter, und dieses wiederum durch die Rehabilitationsrate beeinflusst (**Bilder 3 bis 6**). Dieser Zusammenhang begründet eine Zunahme der Rohrnetzschäden durch das fortschreitende Alter der Rohre und Armaturen und durch den zunehmenden Bestand des Rohrnetzes (extensive Erweiterung). Die rückläufigen Investitionen zur Erschließung von Wohnungsbau- und Gewerbestandorten ermöglichten etwa seit 1996 eine Erhöhung der Rohrnetzerneuerung bzw. -rehabilitation. Insgesamt führten die durchgeführten Maßnahmen (gezielte Rohrschadenssuche, Rohrnetzerneuerung) von 1994 bis 2000 zu folgenden Ergebnissen:

- € Reduzierung der Wasserverluste um 5,3 Mio. m³ je Jahr und
- € Reduzierung der Rohrschäden (ohne Armaturen) um 281 Schäden je Jahr.

Bei der differenzierten Betrachtung der Rohrschadensrate nach Materialarten (**Bild 2**) wird deutlich, dass bei den Haupt- und Versorgungsleitungen (VL) die Stahlrohre und bei den Hausanschlussleitungen die Blei- und Stahlrohre deutlich höhere Schadensraten als die übrigen Materialarten aufweisen. Weiterhin wird deutlich, dass das Niveau der Schadensrate der

Versorgungsleitungen in der Stadt Erfurt (altes Stadtgebiet) wesentlich über dem Niveau im Gebiet des Zweckverbandes Erfurter Becken (Umlandgemeinden und Eingemeindungen) liegt. Die Ursachen hierfür liegen im wesentlich höheren Alter des Rohrnetzes im Gebiet der Stadt Erfurt. Noch höher liegt das Niveau der Schadensrate jedoch bei den Hausanschlussleitungen, die aufgrund der geringeren Wandstärken wesentlich anfälliger für Rohrschäden sind (**Bild 3**).

Diese „Augenblicksaufnahme“ sagt allerdings wenig über die tatsächliche Schadensanfälligkeit der verschiedenen Rohrmaterialien aus, da das Alter einen maßgeblichen Einfluss auf das Alterungsverhalten und damit auf die Schadensrate der Rohrmaterialien hat.

Nach umfangreichen Recherchen kann heute am Beispiel des Wasserrohrnetzes der Stadt Erfurt die Veränderungen des Systems dargestellt und die Ursachen für diese Veränderungen nachvollzogen werden. **Bild 3** zeigt die Entwicklung der Rohrschäden seit 1876 [1].

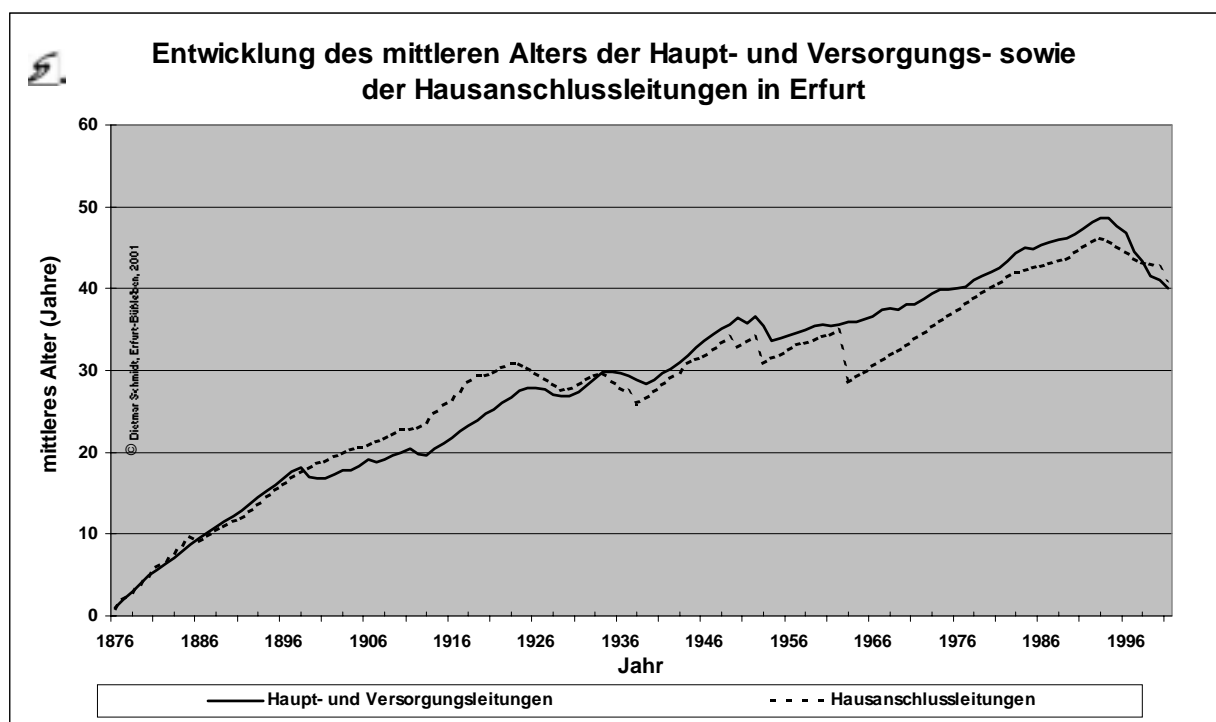


Bild 4: Entwicklung des mittleren Alters der Haupt-, Versorgungs- und Hausanschlussleitungen

Mit Hilfe des mittleren Alters (**Bild 4**) der Anlagen, das in Anlehnung an den DVGW-Hinweis W 401 aus der Erweiterungs- und Rehabilitationsrate berechnet wird [4], kann der alterungsbedingte Entwicklungstrend der Schadensrate ermittelt werden (**Bild 5**).

Im **Bild 5** wurde am Beispiel der Haupt- und Versorgungsleitungen in der Stadt Erfurt der Einfluss des Alters auf die Entwicklung der Schadensrate vereinfacht dargestellt. Diese Form der Auswertung ist als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Rohrnetzrehabilitation geeignet.

2. Die wirtschaftliche Rehabilitationsstrategie

Nur durch eine gezielte Rohrschadenssuche/-beseitigung und Rohrnetzrehabilitation (Erneuerung und Sanierung) ist es möglich, dem fortschreitenden Anstieg der Wasserverluste und Rohrnetzschäden insbesondere durch die „Verjüngung“ des Netzes entgegenzuwirken. Durch

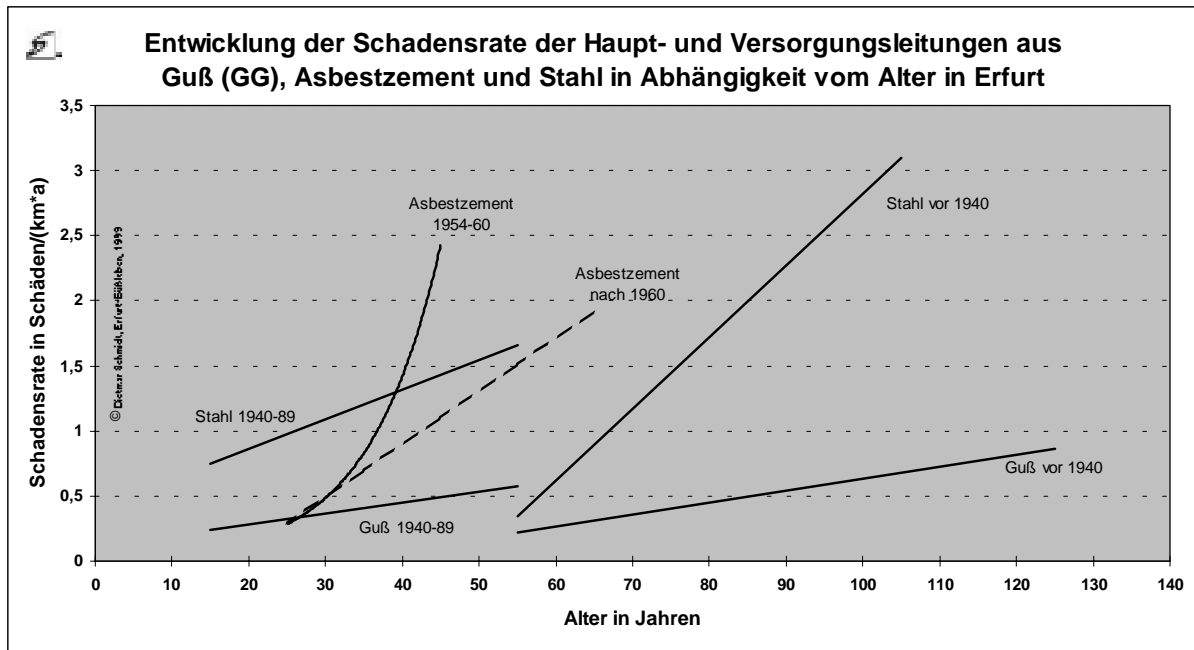


Bild 5: Entwicklung der Schadensrate

die Ermittlung des Trends der Schadensrate in Abhängigkeit vom Rohrnetzalter (**Bild 5** und [2]) lässt sich z. B. für die Gruppe der Haupt- und Versorgungsleitung die zukünftige Entwicklung der Schadensrate in Abhängigkeit von der gewählten Rehabilitationsrate prognostizieren (**Bild 6**). Die „zulässige Schadensrate“ wird gemäß DIN ISO 40041 mit Hilfe der eigens für diesen Zweck entwickelten Software „*Hyperfitt-1*“ im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsberechnung bestimmt, parallel dazu wird auch die Entwicklung der Schadensrate und der Restlebensdauer bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt. Bei der Verwendung des mittleren Alters für die Trendberechnung beträgt die „zulässige Schadensrate“, d. h. die „Eingriffsgrenze für die Rehabilitation“ ca. das 1,5- bis 2-fache der für die wirtschaftliche Rehabilitationsrate berechneten „erreichbaren Schadensrate“ (**Bild 6**).

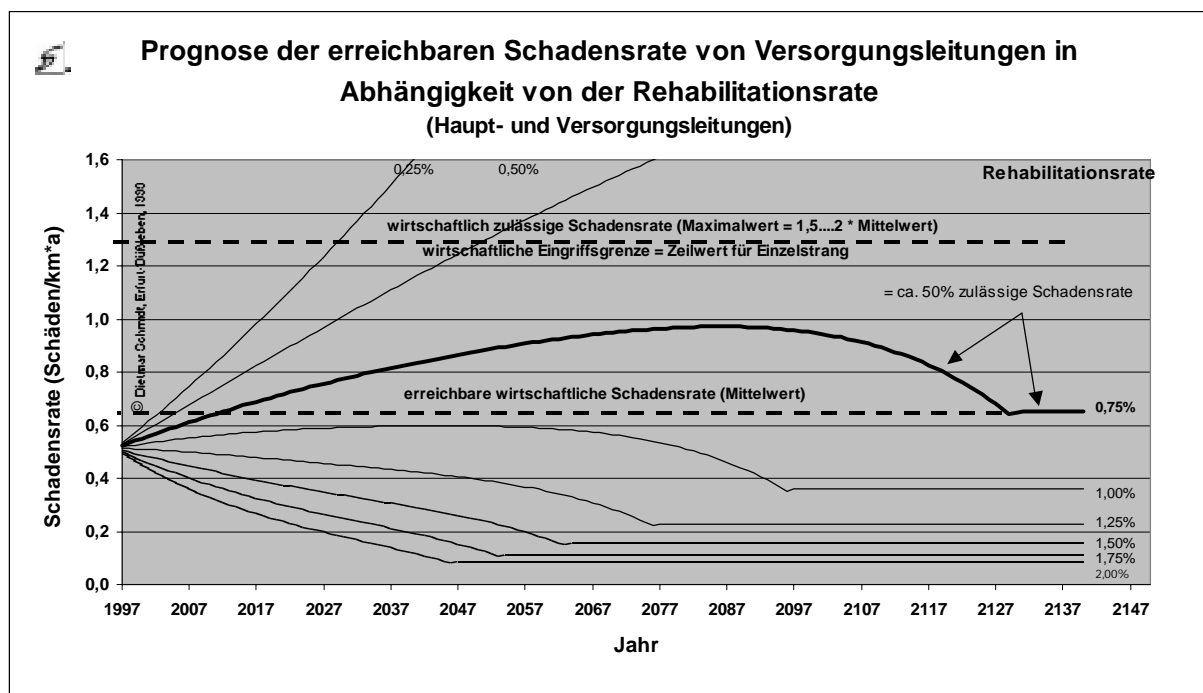


Bild 6: Prognose der erreichbaren Schadensrate

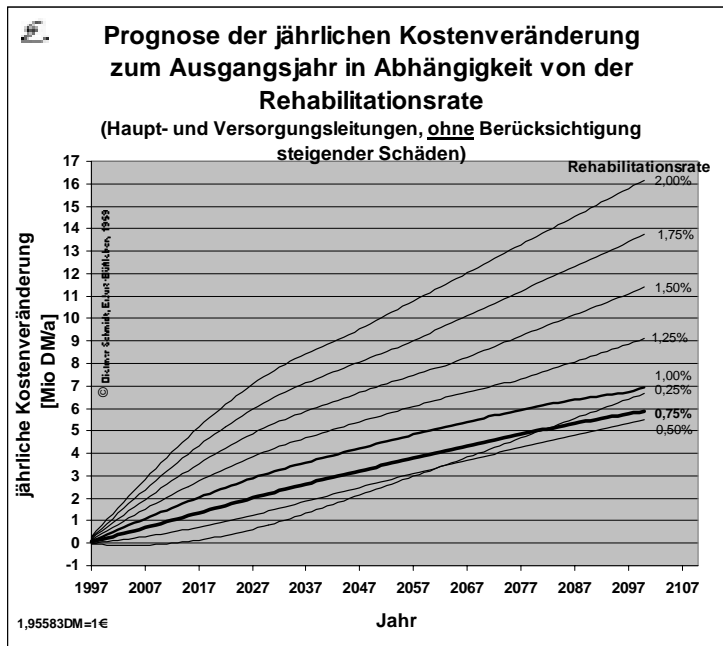


Bild 7: Prognose der jährlichen Kostenveränderung ohne Berücksichtigung steigender Schäden

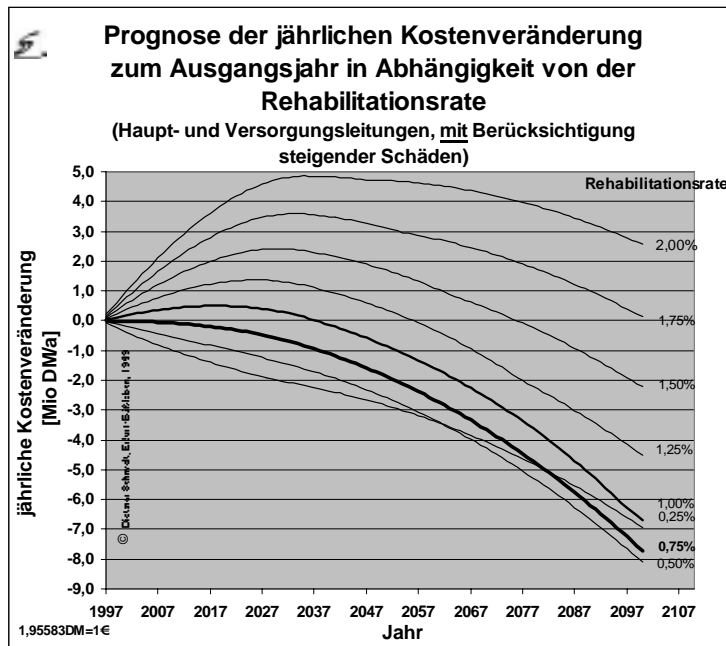


Bild 8: Prognose der jährlichen Kostenveränderung mit Berücksichtigung steigender Schäden

Im Rahmen eines Abgleiches von Aufwand und Nutzen der Rehabilitation bei unterschiedlichen Rehabilitationsraten wird auf der Grundlage der Trendfunktionen eine optimale Rehabilitationsstrategie ermittelt. (**Bilder 7 und 8**). Die „Wirtschaftlichkeitsgrenze“ ist dann erreicht, wenn die Kostenveränderung zum Vorjahr den Wert „0“ annimmt. Im Gegensatz zu der Darstellung in **Bild 7** ist bei einer korrekten Wirtschaftlichkeitsrechnung zusätzlich die indirekte Kosteneinsparung durch den infolge Rehabilitation vermiedenen Anstieg der Schadens- und Wasserverlustkosten zu berücksichtigen (**Bild 8**). In diesem Fall ist eine Rehabilitationsrate bis zu ca. **0,9 %** durchaus wirtschaftlich. Durch die Möglichkeit der direkten Verknüpfung der Trendfunktion der Schadensrate mit allen schadensrelevanten Kosten (Schadensbeseitigung, Wasserverluste) und den Vergleich mit den Rehabilitationskosten sind darüber hinaus wirtschaftliche Aussagen zur zukünftigen Entwicklung der Wasserverlustkosten, der Schadensbeseitigungskosten und der Rehabilitationskosten in Abhängigkeit von der gewählten Rehabilitationsrate möglich.

Materialart	Verlegezeit	Lebensdauer (Jahre)
Grauguss	bis 1940	170
Grauguss	1940 bis 1990	140
Stahl	bis 1940	70
Stahl	1940 bis 1990	40
Asbestzement	1954 bis 1960	40
Asbestzement	ab 1960	50

Tabelle 1: Mittlere Lebensdauer verschiedener Rohrmaterialien (Haupt- und Versorgungsleitungen)

Die insgesamt wirtschaftlichste Rehabilitationsstrategie entspricht einer oder mehreren kombinierten Rehabilitationsraten, deren kumulierte Jahresaufwendungen bzw. -überschüsse abgezinst den geringsten Barwert über einen definierten Zeitraum (in der Regel die erwartete Lebensdauer) ergeben. Durch Ausschluss der indirekten Kosteneinsparung durch z. B. infolge Rehabilitation vermiedener steigender Schadens- und Wasserverlustkosten können bedarfsweise auch strengere Maßstäbe an die Wirtschaftlichkeit gestellt werden. Im vorliegenden vereinfachten Beispiel der Haupt- und Versorgungsleitungen in Erfurt (ca. 65 % Grauguss) wurde auf dieser Grundlage und bei gleichzeitiger Abwägung der Entwicklung der Schadensrate (**Bild 6**) eine Rehabilitationsrate von **0,75 % je Jahr** und damit eine durchschnittliche Lebensdauer von **133 Jahren** ermittelt. Das heute erreichte mittlere Alter beträgt ca. 40 Jahre, so dass bei dieser Rehabilitationsrate mit einer weiteren Verschlechterung und späteren Stabilisierung des Netzzustandes zu rechnen ist (**Bild 6**). Aus der gemäß **Bild 5** für die Zukunft bei einer Rehabilitationsrate von 0,75 % abzuleitenden „zulässigen“ Schadensrate von etwa 1,3 Schäden je km und Jahr und den rohrmaterialspezifischen Trendfunktionen der Schadensrate gemäß **Bild 5** kann näherungsweise die in **Tabelle 1** dargestellte Lebensdauer für die einzelnen Materialien ermittelt werden. Entsprechend hohe Anforderungen sind an die Lebensdauer von Rohrmaterialien zu stellen!

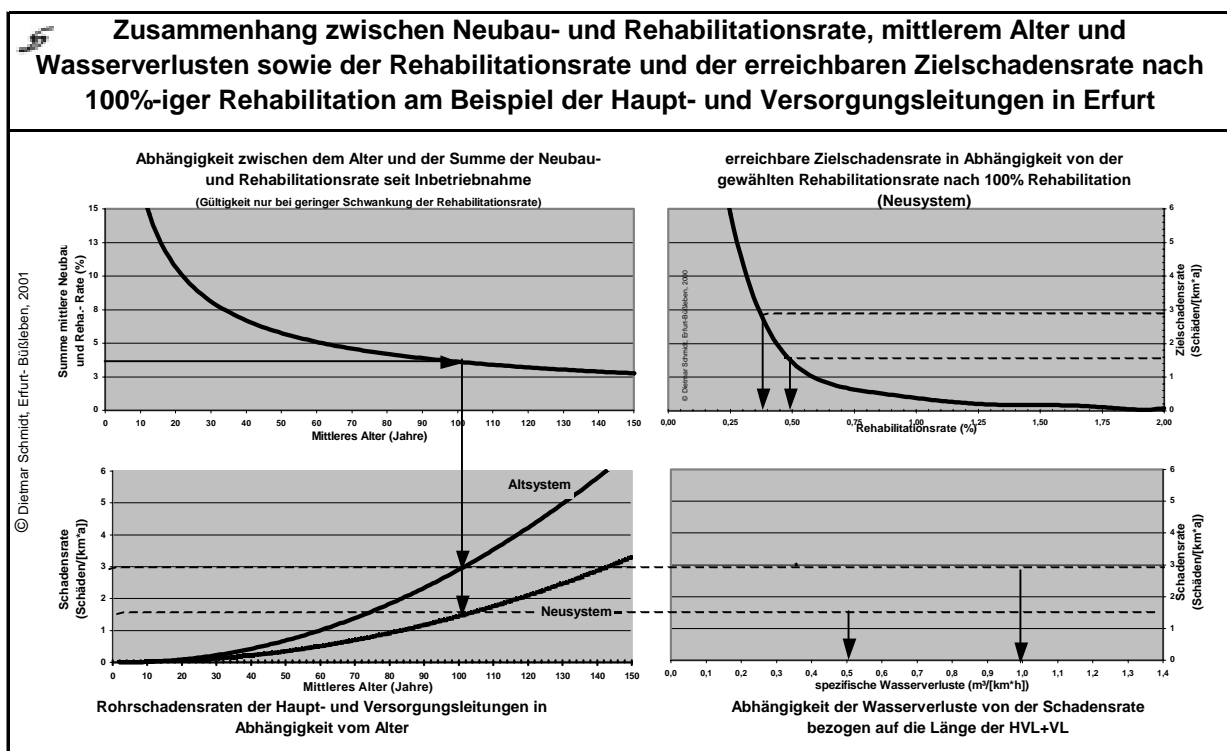


Bild 9: Darstellung der wichtigsten Zusammenhänge

Bild 9 zeigt am Beispiel der Haupt- und Versorgungsleitungen die Abhängigkeit zwischen Neubau- und Rehabilitationsrate, mittlerem Alter und Wasserverlusten sowie der Rehabilitationsrate und der erreichbaren Zielschadensrate nach 100%-iger Rehabilitation [4].

Literatur:

- [1] Schmidt, D.: Inkorporating failure rate trends into strategic rehabilitation planning of water distribution networks, the case of Erfurt. In: Tagungsband zum 13th European Junior Scientist Workshop 08.-12.09.1999, Dresden/Rathen: Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Lehrstuhl Stadtbauwesen (Hrsg.), S. 43-52 und in: gwf-Spezial, IWA-Sonderheft Water/Wastewater, Jg. 141, Nr. 14 (2000), S. 38-42.
- [2] Schmidt D.: Trendfunktion der Schadensrate zur Bestimmung der wirtschaftlichen Rehabilitationsstrategie: Qualitäts- und Risikomanagement am Beispiel der Stadt Erfurt. In: gwf Wasser-Abwasser, Jg. 141, Nr. 8, S. 496-507.
- [3] Schmidt D.: Wirtschaftliche Erneuerung von Wasserrohrnetzen am Beispiel der Stadt Erfurt. Vortragsmanuskript anlässlich der Tagung der DVGW-Landesgruppe Ost, Bezirksgruppe Erfurt am 25.10.2001 in Erfurt. In: Thüringer Wasser-Journal, Heft 3, Zukunftssichere Wasserversorgung, herausgegeben von der FH Erfurt anlässlich des 7. Kolloquium Wasserversorgung am 18.06.2002.
- [4] Schmidt D.: Trends, Benchmarks für die Rehabilitation und Bewertung von Wasserversorgungssystemen, dargestellt am Beispiel der Landeshauptstadt Erfurt. Dissertation, TU Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen.

Verfasser: Dipl.-Ing. Dietmar Schmidt
Thüringen Wasser GmbH
Abteilungsleiter
Magdeburger Allee 34
99086 Erfurt
Telefon: (03 61) 5 64 17 10
Telefax: (03 61) 5 64 17 13
e-mail: dietmar.schmidt@stadtwerke-erfurt.de