

Schadensprognosen für das Wasserversorgungsnetz mit OptNet®

Zehn Jahre Erfahrungen in Berlin

Petra Maler und Jürgen Ahrens

Wasserversorgung, Wasserverteilung, Rohrnetzschäden, Schadensprognose

Die möglichst genaue Bestimmung des Ist-Zustandes jedes Netzabschnittes von Versorgungsnetzen und die Prognose der Zustandsentwicklung ist eine wesentliche Voraussetzung für eine zielgerichtete und kostenoptimale Rehabilitations- und Instandhaltungsstrategie. Eine große Anzahl von Einflussfaktoren prägt diese Entwicklung. Eine Quantifizierung dieser Faktoren kann auf der Basis der für jeden einzelnen Netzabschnitt vorliegenden Informationen zu einer individuellen Prognose führen. Mit der dann möglichen mathematischen Beschreibung des Alterungsprozesses sind die Bestimmung der Versorgungszuverlässigkeit und damit der voraussichtlichen Schadensentwicklung möglich.

1997 wurde die Software OptNet® [1] erstmals für die Berliner Wasserbetriebe eingesetzt und eine solche Prognose für das ehemalige Ostberliner Wasserversorgungsnetz gestellt. Das 10-jährige Jubiläum ist mit Anlass, die Belastbarkeit der Aussagen von 1997 zu kontrollieren. Es hat sich gezeigt, dass die erwartete Genauigkeit der Prognosen zutrifft.

The accurate determination of a network section's current condition as well as any projected future changes to the condition of the network sections is a substantial requirement for a goal oriented and cost related rehabilitation and maintenance strategy. Many factors have an impact on the development of a network section. Their quantification depending on information available of a single network sections can lead to an individual prognosis. This allows a mathematical description of the alteration process to consecutively determine the reliability of the network and therefore the expected damage of individual network sections in the future.

In 1997 OptNet was employed for the first time by the Berlin Utility (Water) Company in their search to determine the current condition of the former East Berlin Water supply network and its projected change over time. This year's 10th anniversary of OptNet is motivation to test the results of the 1997 analysis of the Berlin Water Supply Network. The expected precision of the prognosis is shown.

Bereits 1977 wurde mit der Entwicklung einer Software zur Bestimmung optimaler Rehabilitationsstrategien begonnen. Der technische Zustand, die hydraulische Leistungsfähigkeit und die monetäre Bewertung der Druckrohrnetze waren von Anfang an Entwicklungsschwerpunkte. Über 80000 km Netz und rund 120000 Schäden und diverse Expertenmeinungen wurden bei der Entwicklung der Bewertungsalgorithmen berücksichtigt.

Die Software OptNet® besteht aus einer Rohrnetzdatenbank (MS Access), dem eigentlichen Bewertungsprogramm (C++) und einer Visualisierung der Auswertungsergebnisse mit ca. 100 Diagrammen (MS Excel). In Verbindung mit dem Rohrnetzberechnungsprogramm STANET verfügt es auch über Möglichkeiten zur mobilen Datenerfassung und zur grafischen Darstellung des Netzes. In der Rohrnetzdatenbank

werden bis zu 40 den Alterungsprozess beeinflussende Merkmale (z. B. Verbindungsart, Wanddicke, Umhüllung und Auskleidung, Bodenart, Bodenaggressivität, Grundwasser, Verlegetiefe, Verkehrsbelastung, Lage der Leitung, Zustand der Rohrwand innen und außen, Anzahl, Art und Ursachen der Schäden u. a.) und diverse Bewertungsergebnisse verwaltet.

Ziel der Anwendung von OptNet ist die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer jedes Netzabschnittes unter Berücksichtigung aller zur Verfügung stehenden technisch-hydraulischen, zustandsorientierten und monetären Informationen. Im Ergebnis der Bewertung können belastbare Rehabilitationsstrategien abgeleitet und wesentliche Aufgaben der DVGW-Arbeitsblätter W 392, 395, 400-3 und 401 zukunftsorientiert bearbeitet werden.

1. Ausgangssituation

Mit der Teilung des Berliner Trinkwassernetzes 1964 entstand – unbeabsichtigt – ein großräumiges Testfeld zur Be-

Fachingenieur *Petra Maler*, Berliner Wasserbetriebe, WV-S/K, Neue Jüdenstraße 1, D- 10179 Berlin, E-Mail: petra.maler.bwb.de; Dipl.-Chem. *Jürgen Ahrens*, Büro für Rohrnetzanalysen, Koblenzer Straße 12, D-15366 Neuenhagen bei Berlin, E-Mail: info@optnet.de.

obachtung des Alterungsverhaltens von Rohrleitungen. Beide Netze waren in ihrer Alters- und Materialstruktur fast identisch und wurden von den gleichen Firmen unter vergleichbaren Verlegebedingungen gebaut.

In Berlin-Ost wurden zum Erhalt des Versorgungsnetzes nur wenige Ersatzinvestitionen durchgeführt und damit erhebliche Versäumnisse bei der Sicherung der nachhaltigen Daseinsvorsorge zugelassen: Bis 1990 wurden hier kaum Rohrleitungen erneuert, jedoch wurden erhebliche Netzerweiterungen durchgeführt. Aus dem fast ungestörten Alterungsverhalten konnten durch den Vergleich Ost/West wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. So verschlechterte sich der Zustand des Ostberliner Netzes innerhalb von 30 Jahren derart, dass die Schadensdichte 3,5-mal höher war als in dem gepflegten vergleichbaren Netz Westberlins. Das 1971 gestartete Investitionsprogramm für Westberlin sah eine jährliche Erneuerung von ca. 0,65% vor und führte zu einer Stabilisierung der Rohrschadensquote (Bild 1).

Der mit Netzmeistern in den 80er Jahren entwickelte Schadensbeleg berücksichtigt die oben genannten Informationen und wurde bereits über 10 Jahre lang in Berlin eingesetzt, als mit der genannten Software der Ist-Zustand des Ostberliner Netzes 1997 [2] bestimmt wurde.

Ein Jahr später wurde auch Westberlin bewertet, sodass für Gesamtberlin wichtige Voraussetzungen für eine langfristige Rehabilitationsstrategie gegeben waren.

Aufgrund der historischen Entwicklungen und der daraus resultierenden unterschiedlichen Netzsituationen werden der Ost- und der Westteil Berlins weiterhin statistisch getrennt betrachtet.

Im Jahr 2006 wurde bei den BWB eine nachträgliche Prüfung der Prognosegenauigkeit der in Berlin verwendeten Software OptNet® gestartet. Dabei wurde mit der Software von 2006 eine Wiederholungsbewertung für 1997 durchgeführt und die Prognosen zur Zustands- und Schadensentwicklung für den Zeitraum 1997 bis 2006 unter Berücksichtigung der tatsächlich registrierten Schäden untersucht.

2. Ergebnisse der Prognose von 1997

Für das Ostberliner Versorgungsnetz sind die Schäden ab 1988 fast lückenlos erfasst worden. Das Versorgungsnetz wird in der Rohrnetzdatenbank von OptNet® verwaltet. Im Jahr 1997 wurden 3106 km Rohrnetz mit den Informationen aus 12014 Schäden in die Bewertung einbezogen. Ausgehend von damals erwarteten 840 Schäden für 1997 wurde bei fehlender Rehabilitation die Schadensentwicklung mit rd. 3% Zuwachs pro Jahr vorausgesagt. Daraus ergaben sich bei fehlender Erneuerung für 2006 ca. 1000 bis 1100 Schäden am Ostberliner Netz.

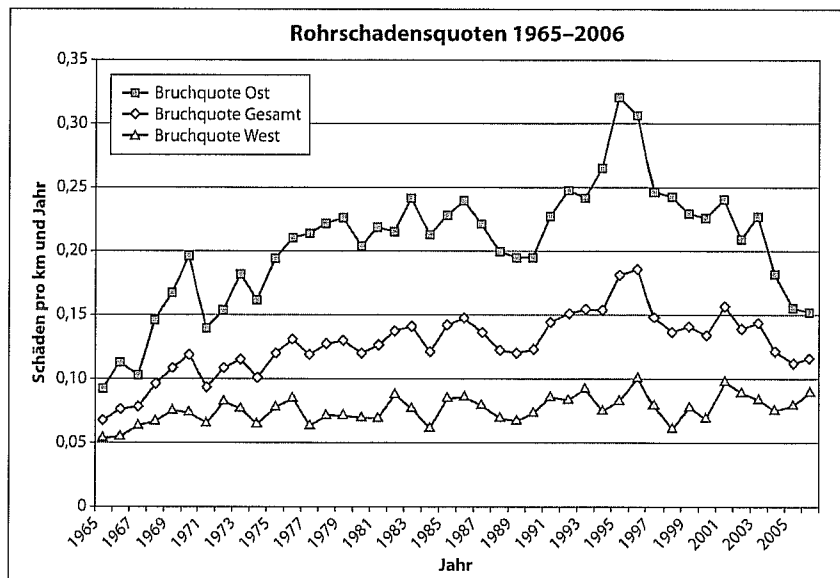


Bild 1. Entwicklung der Rohrschadensquote bis 2006 in Berlin.

Die notwendige Rehabilitationsrate des Netzes im ehemaligen Ostteil Berlins wurde für 1998 mit 38,1 km (1,2% Netzlänge) ermittelt. Bei einer Realisierung dieser Investitionsforderung wurde eine stetig fallende Rehabilitationsrate prognostiziert, die innerhalb von 10 Jahren dann 2006 ca. 25–30 km betragen sollte. Bei dieser vorgeschlagenen Rehabilitationsstrategie wurde erwartet, dass die Schadensanzahl für 2006 auf ca. 750 bis 850 Schäden für Ostberlin sinken wird.

3. Vorbereitung der Bewertung

Bis 2006 wurden 221 km des 1997 existierenden Netzes erneuert und um weitere 243 km erweitert. Aus dem Datenbestand wurden nur die Netzabschnitte für die Prüfung verwendet, die vor 1997 gebaut wurden. Alle Schäden nach dem 31.12.1996 wurden aus der Datenbank entfernt.

Es verblieben 23 520 Netzabschnitte mit einer Länge von 2914,8 km Netz und 3898 bereits bis 1997 registrierten Schäden für die erneute Bewertung. Nach der Rückstellung des rechnerinternen Datums auf 1997 wurde eine Kalibrierung der Einflussparameter vorgenommen und anschließend eine monetäre und zustandstechnische Gesamtbewertung des Netzes einschließlich der Prognose der Schäden und des notwendigen Rehabilitationsbedarfs bis 2016 durchgeführt. Zu beachten ist hierbei, dass die Software mit dem Stand von 2006 auf die Datenbasis von 1997 aufgesetzt wurde. Nur dadurch war gewährleistet, dass Aussagen über die Prognosegenauigkeit für zukünftige Einsätze getroffen werden konnten. Der Vergleich der Prognosewerte mit den tatsächlich eingetretenen Schäden zwischen 1997 und 2006 war das eigentliche Überprüfungsziel.

Mit der Bewertung wurde auch eine Prognose für die individuelle Schadensvoraussage über 10 Jahre für jeden Netzabschnitt durchgeführt.

Material	Ursprungsgruppe	Beschreibung	Kurz	Anzahl	Länge	ab Baujahr
1: Grauguss	1					
2: Stahl	2					
3: AZ/PE	3					
4: Duktiler Guss	4					
5: PE	5					
6: PVC	6					
7: Beton	7					
8: FELD	8					
9: Sonstige	9					
10: Grauguss	10	Sandguss, legernd	GG1	9	1394,0	1950
	11	Sandguss, fließend	GG2	1859	282814,0	1956
	12	Sandgussguss	GG3	7445	133921,0	1926
	13	Sandgussguss	GG4	472	74541,0	1991
14: Stahl	21	Stahl, geringes K5	ST1	12	1629,0	1950
	22	Stahl, verbleibend	ST2	203	81328,0	1991
	23	Stahl, keine Verbindung	ST3	391	47548,0	1946
	24	Stahl	ST4	1447	270444,0	1907
15: AZ/PE	31	Stahl	E1	72	57156,0	1960
	32	PE	A2	1631	231700,0	1961
	33	PVC	K2	1471	109369,0	1991
16: Duktiler Guss	41	GGG 1. Generation	GG01	1	744,0	1950
	42	GGG 2. Generation	GG02			1903
	43	GGG 3. Generation	GG03	7457	296019,0	1991
17: PE	51	PE 1. Generation	PE51	2	78,0	1969
	52	PE 2. Generation	PE52	11	1600,0	1976
	53	PE 3. Generation	PE100	34	7890,0	1991
	54	PE 4. Generation	PEX	1	710,0	2001
18: PVC	61	PVC	PVC	1	710,0	1979
	62	PVC, beschichtete	PVCU	104	13900,0	1961
19: Beton	71	Epoxybeton	Bep			1991
	72	Stahlbeton	Bst	111	53018,0	1950
20: FELD	81	PE-misch	PE-M			1993
21: Sonstige	91	Einbohrer	Pb			1950
	92	Eisen	Pb			1950
	93	Kupfer	Cu			1950

Bild 2. Anzahl und Längen der Netzabschnitte nach Materialgenerationen.

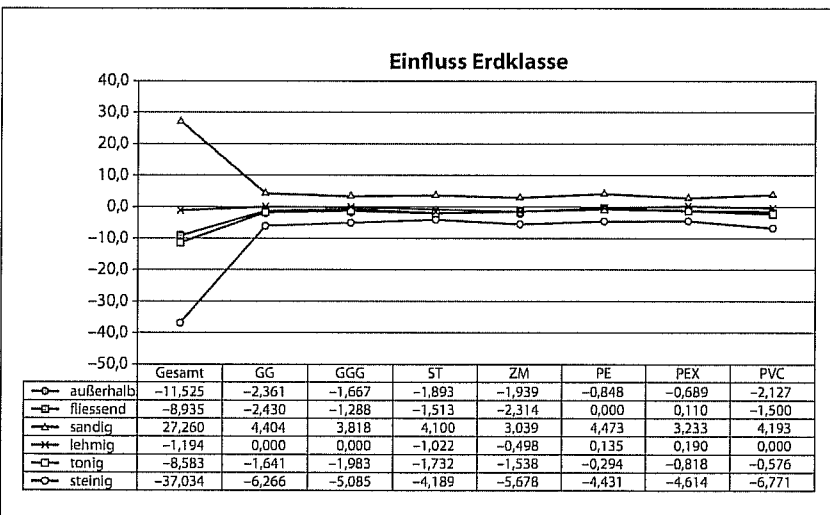


Bild 3. Expertenschätzung: Einflussfaktor Erdklasse.

4. Bewertung der den Zustand beeinflussenden Faktoren

Entscheidend für die Qualität der Prognose ist die richtige Quantifizierung der den Zustand beeinflussenden Faktoren. Die Kalibrierung dieser Einflussfaktoren ist deshalb ein zen-

traler Arbeitsschritt bei der Durchführung der Bewertung von Netzen.

Die Kalibrierung der Einflussfaktoren erfolgt innerhalb von Materialgenerationen [3], die Jahrgänge können vom Nutzer angepasst werden. In Ostberlin sind die Materialgenerationen GGG1 und GGG2 nicht sowie PE und PVC bis Baujahr 1996 nur in unbedeutendem Maße vertreten (Bild 2).

Die Materialgenerationen werden in Klassen bis 80 mm, >80 bis 200 mm und >200 mm aufgespalten. So entstehen max. 78 Klassen. Jede Klasse ist durch ähnliche Herstellungstechnologien und Materialqualitäten charakterisiert.

Innerhalb dieser Klassen findet die Kalibrierung der Einflussfaktoren statt. Dazu werden zunächst im Bewertungsprogramm die historischen Schäden untersucht und eine Prognose der erwarteten Schäden/Klasse für das Analysejahr gestellt.

Für jeden Netzabschnitt wird eine Zustandsbewertung durchgeführt und der Anstieg der Ausfallfunktion bestimmt. Die Steilheit dieser Funktion wird durch die Vielzahl von Einflussfaktoren modifiziert.

$$S(f) = (a_0 + (a_1 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot \dots \cdot f_n \cdot T^2)) \cdot l$$

- a_1 = Anstieg der Ausfallfunktion
- f_1-f_n = Einflussfaktoren
- T = Alter
- l = Länge

Das Programmsystem OptNet® kann bis zu 40 Einflussfaktoren berücksichtigen. Die Quantifizierung dieser Faktoren ist auf verschiedenen Wegen versucht worden. OptNet® stützt sich vornehmlich auf Expertenbefragungen. Bereits 1976 wurden über 70 Meister und Rohrnetzingenieure in die Untersuchung einbezogen und 2006 erfolgte eine erneute Befragung. Über 30000 Einzelbewertungen von ca. 50 Experten aus 30 Versorgungsunternehmen [4] wurden inzwischen zum großen Teil ausgewertet. Das Ergebnis der 1976 durchgeführten Wichtungen wurde im Wesentlichen bestätigt und eine grund-

sätzliche Überarbeitung der vielfach bewährten Bewertungsalgorithmen war nicht notwendig. Das Beispiel in Bild 3 steht für eine Vielzahl von Auswertungen.

Die Befragung liefert nur den Trend der Einflussfaktoren; die absoluten Werte werden nach einer Umrechnung ermittelt und während der Kalibrierung iterativ verbessert. Die

Kalibrierung erfolgt in 2 Schritten. Zunächst wird eine Prognose der erwarteten Schäden im Analysejahr unter Berücksichtigung der Materialgenerationen und der zeitlichen Verteilung der historischen Schäden möglichst vieler Beobachtungsjahre erstellt. Danach werden die Einflussfaktoren (abgeleitet aus den Expertenbewertungen) jedes Leitungsabschnittes so lange der individuellen Netzsituation angepasst, bis eine möglichst genaue Übereinstimmung der Schadenssummen der im 1. Schritt bestimmten Schäden pro Klasse im Prognosejahr mit den berechneten Schäden erreicht wird.

Die wichtigsten Einflussfaktoren sind erwartungsgemäß die Materialart, das Alter, die Anzahl, Art und die zeitliche Verteilung der Schäden, die Wanddicke, Bodenaggressivität und Erdart, Verkehrslast, der angetroffene Zustand der Rohrwand, Umhüllung und Auskleidung sowie die Stärke der Inkrustationen. Solche Informationen können in der Regel von dem GIS nicht bereitgestellt werden. Durch spezielle Techniken werden vom OptNet-Team im Rahmen der Erstanwendung die verschiedensten Informationsquellen (Karten, Belege usw.) für die Bewertung aufbereitet.

Nach Abschluss von 20 Durchrechnungsschleifen wurde der Kalibrierungsprozess für das Ostberliner Netz mit dem in Bild 4 dargestellten Ergebnis beendet.

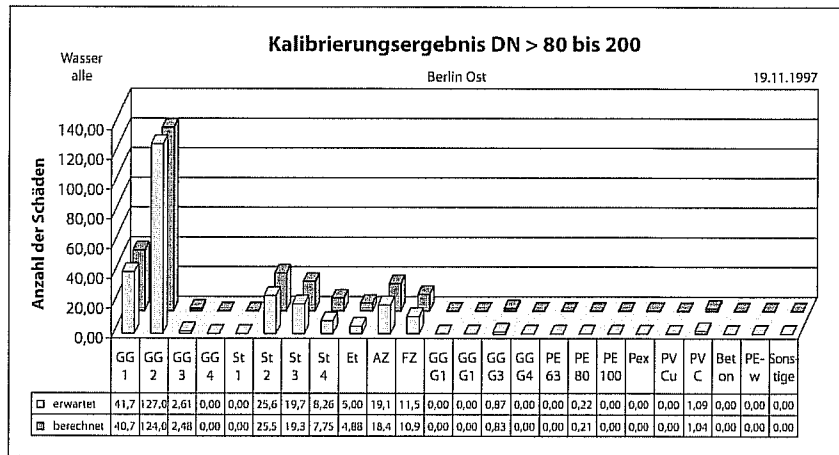


Bild 4. Kalibrierungsergebnis (Anzahl der berechneten und der tatsächlichen Schäden über alle Materialgenerationen in den Nennweiten > 80 bis 200) für 1997.

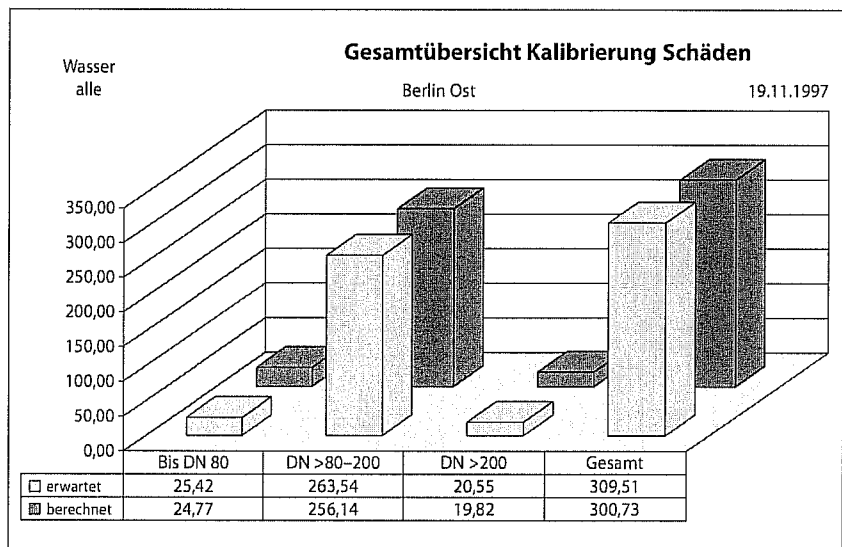


Bild 5. Kalibrierungsergebnis (Anzahl der berechneten und der tatsächlichen Schäden über alle Materialgenerationen) für 1997.

5. Prognose der Schäden

Analog sind auch die Ergebnisse für die anderen beiden Nennweitenklassen. Das Gesamtergebnis liefert 301 Schäden für das Jahr 1997. Dieser Wert korrespondiert gut mit den tatsächlich eingetretenen 310 Schäden an den heute noch in Betrieb befindlichen Netzabschnitten. Entscheidend für die Prognose der Schäden und des Rehabilitationsbedarfs ist die Tatsache, dass mit der abgeschlossenen Bewertung der Einflussfaktoren nur noch das Alter als Variable auftritt. Die Abweichung der prognostizierten zu den dann tatsächlich eingetretenen Schäden beträgt nur 3,7% (Bild 5).

Im Bild 6 sind neben den tatsächlich registrierten Schäden von 1988 bis

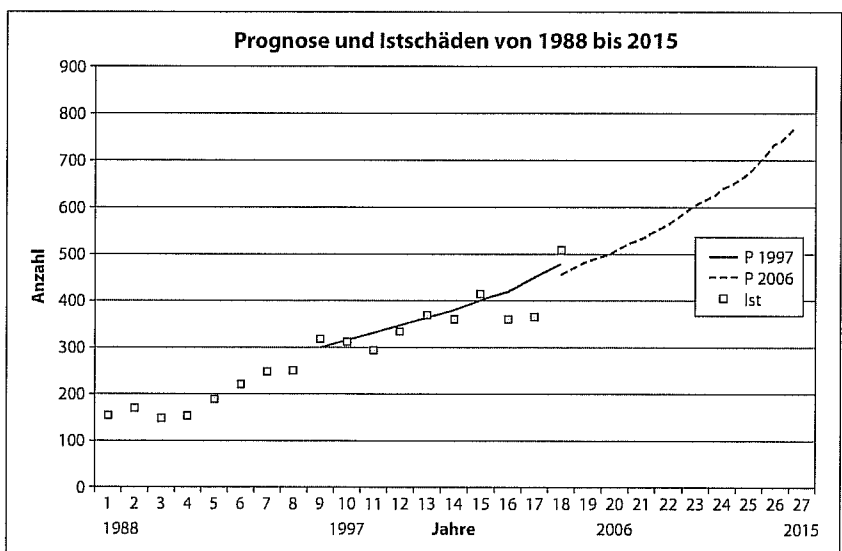


Bild 6. Ist-Schäden in Ostberlin von 1988 bis 2006, Prognosen von 1997 bis 2006 und eine aktuelle Prognose von 2006 bis 2015.

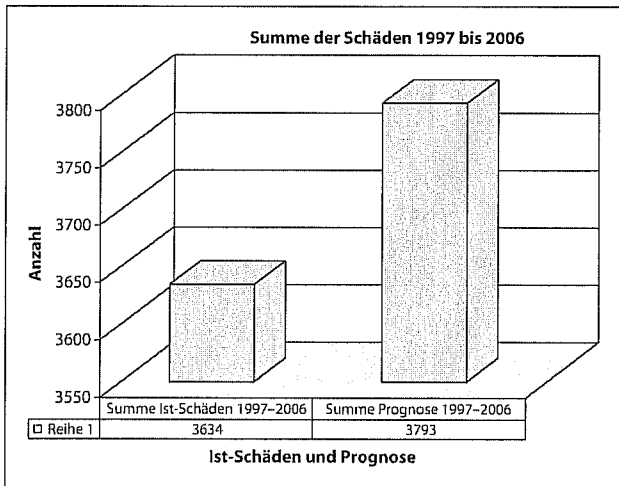


Bild 7. Prognose- und Ist-Schäden in Ostberlin von 1997 bis 2006 an den noch vorhandenen Netzabschnitten.

2006, die Prognose von 1997 (geschlossene Linie) und die Prognose für 10 Jahre aus der Sicht von 2006 zu sehen. Die Prognose bis 2015 zeigt die Entwicklung bei fehlender Rehabilitation. Alle Ist-Angaben und Prognosen beziehen sich auf Leitungen, die 2006 noch in Betrieb waren.

Die Gesamtzahl der prognostizierten Schäden aus der Prognose von 1997-2006 ist nur 4,3% (Bild 7) zu hoch, d.h. pro Jahr wurden auf 2.915 km Netz ca.18 Schäden mehr prognostiziert als tatsächlich eingetreten sind. Wie zu erkennen ist, berücksichtigt die neue Prognose von 2006-2015 (Bild 6, gestrichelt) die Schadenszahlen der letzten 10 Jahre. Dies führt zu einer etwas vorsichtigeren Prognose für den Zeitraum 2006 bis 2015. Die Untersuchungen werden jedoch bei den BWB jährlich durchgeführt, die Fehler der langfristigen Prognose werden durch das selbst lernende System dadurch laufend berücksichtigt und sind für Prognosezeiträume von nur 3 oder 5 Jahren unbedeutend.

Auch die Kontrolle der Prognosezahlen über die einzelnen Jahre mit den tatsächlich registrierten Schäden an diesen Leitungen (Bild 8) unterstreicht die Genauigkeit der Prognosen.

6. Prognose der Schäden an den einzelnen Netzabschnitten

Für die Instandhaltungsstrategie ist es wichtig, die Ausfallrisiken und die zu erwartenden Schäden an den individuellen Netzabschnitten zu kennen.

Betrachtet man nur die als hoch gefährdet eingeschätzten 1371 noch existierenden Netzabschnitte (Zustandsnote 4 und 5), so ist die Anzahl der prognostizierten Schäden um ca. 38% zu hoch:

Prognostiziert: 1522 Schäden
Eingetreten: 925 Schäden

Leider war es nicht mehr möglich, die bereits ausgewechselten Netzabschnitte in die Bewertung mit einzubeziehen. An diesen 221 km mit erhöhtem Ausfallrisiko waren 8116 Schäden bereits vor 1997 registriert worden. Bis zu ihrer Auswechslung wurden insgesamt weitere 4296 Schäden erfasst. Die hohe Schadenszahl mit rd. 3,9 Schäden pro km und Jahr signalisiert, dass der überwiegende Anteil dieser Netzabschnitte offensichtlich zu Recht kritisch eingeschätzt und rehabilitiert wurde.

Für 21 878 nicht für die Rehabilitation vorgeschlagene Netzabschnitte wurden 2214 Schäden (Bild 9) vorausgesagt. Tatsächlich wurden 2286 Schäden an diesen Netzabschnitten regist-

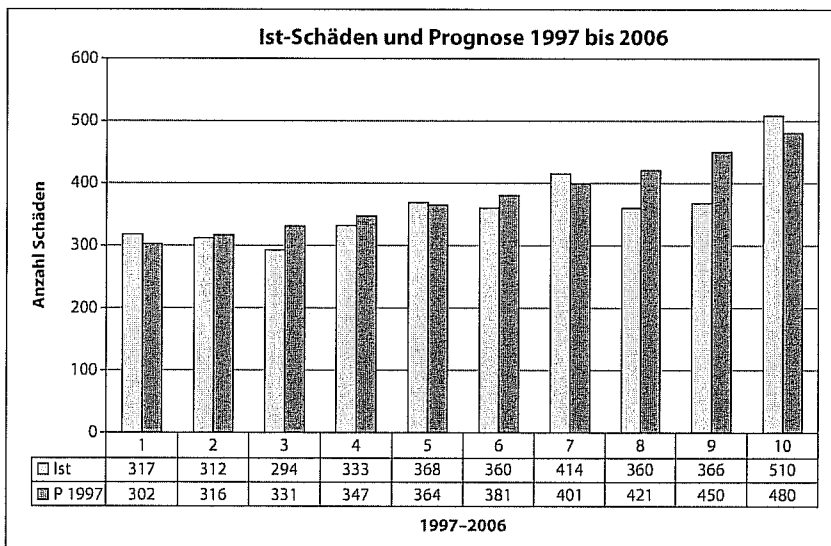


Bild 8. Prognose- und Ist-Vergleich der Jahre 1997 (1) bis 2006.

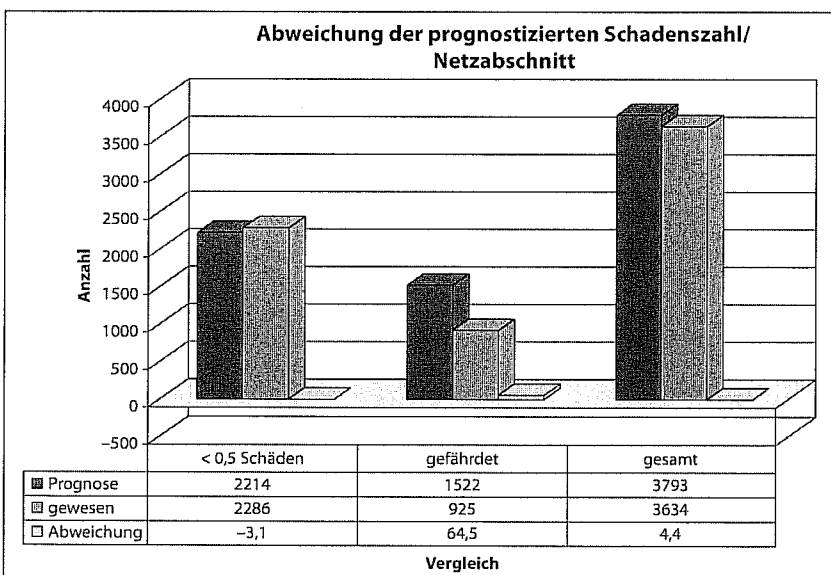


Bild 9. Abweichungen der Prognose für die individuellen Netzabschnitte.

riert. Die Abweichung beträgt zwar nur 3 %, jedoch an 114 Netzabschnitten sind mehr als 2 Schäden aufgetreten, die nicht vorausgesagt werden konnten. Hier ist offensichtlich bei der Quantifizierung der den Alterungsprozess beeinflussenden Faktoren eine Genauigkeitsgrenze erreicht worden. Diese Netzabschnitte waren durchweg ohne Vorschäden und es standen nur wenige Einflussfaktoren für die Bewertung zur Verfügung. Trotzdem kann festgestellt werden, dass selbst bei einer 10-jährigen Voraussage eine außergewöhnlich hohe Trefferquote erreicht wurde.

Wird die Bewertung halbjährlich oder jährlich wiederholt, so verbessern die registrierten Schäden mit den zugeführten Zustands- und Verlegeinformationen die Prognosen weiter. Es kann festgestellt werden, dass eine Prognosegenauigkeit von über 90 bis 95 % erreicht werden kann.

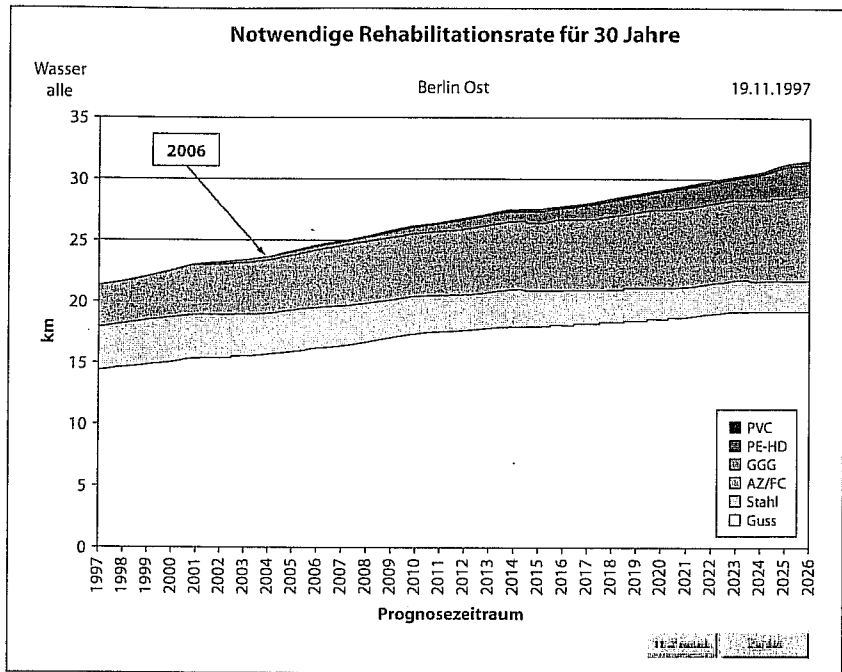


Bild 10. Prognostizierte Rehabilitationsrate, aus der Sicht 1997 (nur Netzabschnitte, die 2006 noch genutzt werden).

7. Prognose des Rehabilitationsbedarfs

Durch die laufende Erneuerung und den erheblichen Ausbau des Netzes hat sich das Durchschnittsalter des Ostberliner Netzes von 48,8 auf 45,7 Jahre verringert. Die neue Rehabilitationsrate für den ehemaligen Ostteil Berlins (Bild 10) ist mit 26,1 km für 2006 bestimmt worden und bestätigt damit die 1997 gestellte Prognose von 25–30 km/a.

Inzwischen wurden 464 km erneuert bzw. neu gebaut, sodass die Bewertung der Rehabilitationsrate des Ostberliner Gesamtnetzes aus der Sicht 2006 (Bild 11) etwas niedriger ausfällt und auch einen etwas anderen Verlauf nimmt. Aber auch hier wird die Prognose von 1997 grundsätzlich bestätigt.

Durch die großen Investitionen der letzten 10 Jahre ergibt sich eine Verlängerung der durchschnittlichen Nutzungsdauer um 3 Jahre gegenüber der Aussage von 1997. Verbunden mit der Verringerung des durchschnittlichen Nutzungsalters ergibt sich für 2006 ein Abnutzungsvorrat von 65%. Das Bild 11 zeigt, dass der Investitionsrückstau im Wesentlichen abgebaut werden konnte, jedoch eine langfristige Erneuerungsrate um 30 km/a angemessen ist, um eine nachhaltige Sicherung des Versorgungsauftrages zuverlässig zu erfüllen. Darüber hinaus ist auch weiterhin der Einsatz der Zementmörtelauskleidung zur prophylaktischen Sanierung geplant.

8. Erfolg der Rehabilitation

Interessant ist auch noch die Frage, welchen Einfluss die durchgeführte Rehabilitation auf die Schadensentwicklungen hat.

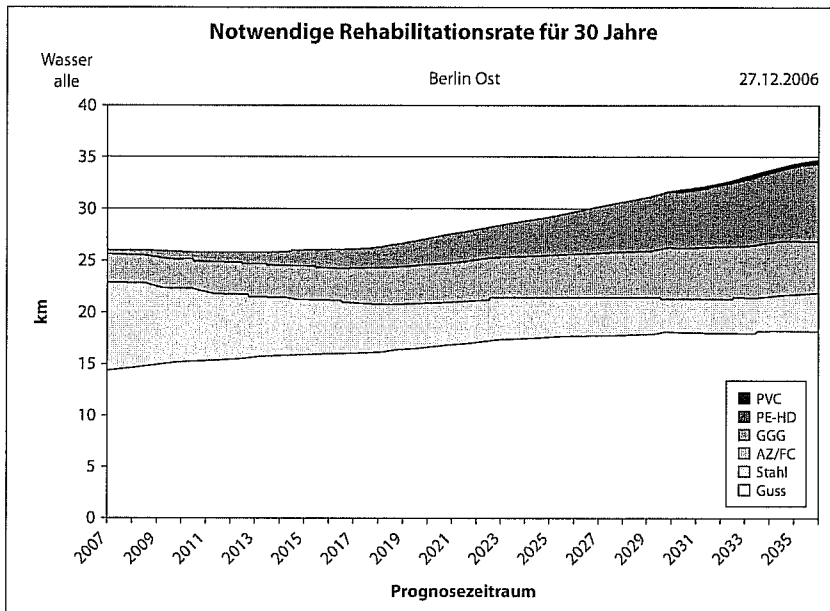


Bild 11. Prognostizierte Rehabilitationsrate des Ostberliner Netzes bis 2036 (aus der Sicht 2006).

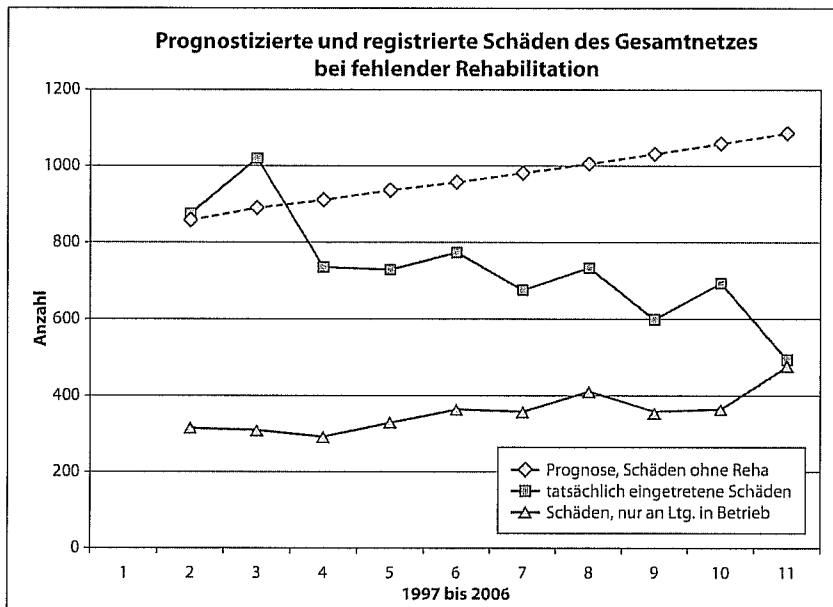


Bild 12. Reduzierungen der Schäden durch Rehabilitation (1997 bis 2006).

Im Bild 12 ist zu erkennen, dass durch die Erneuerung der Trend der Schadensentwicklungen gebrochen wurde. Zur Orientierung ist auch die Schadensentwicklung der noch im Betrieb befindlichen Leitungen (untere Datenreihe) mit dargestellt.

Die Differenz der tatsächlich eingetretenen alterungsbedingten Schäden (mittlere Datenreihe) zu den erwarteten Schäden (obere Datenreihe) bei fehlender Rehabilitation betrug bis 2006 ca. 2200 Schäden. Dies ist ein Ergebnis der laufenden Rehabilitation und bedeutet einen erheblichen finanziellen Vorteil, einen erheblichen Imagegewinn und die Verhinderung sozialer Kosten.

9. Aktuelle Anwendung von OptNet® in Berlin

Der Zustand des Rohrnetzes ist maßgeblich verantwortlich für die Versorgung im Hinblick auf die erforderliche Menge, den ausreichenden Druck und eine einwandfreie Qualität. Durch eine vorbeugende und zustandsorientierte Erneuerung und Sanierung des Netzes, die Einfluss auf Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Kundenzufriedenheit hat, sind folgende Ziele zu erreichen:

1. Substanzwerterhaltung
2. Verhinderung eines Anstieges der Rohrbruchschadensquote für Gesamt-Berlin über den heutigen Stand (ca. 0,13 Schäden/(km · a) im Gesamtnetz) hinaus.
3. Reduzierung von Kundenreklamationen aufgrund von Wassertrübungen, die nicht nur ein ästhetisches Problem darstellen, sondern oft mit Überschreitungen der Grenzwerte nach TrinkwV für Eisen- und Mangankonzentrationen verbunden sind.
4. Reduzierung der Grenzwertüberschreitungen nach TrinkwV.
5. Erfüllung der Trinkwasserverordnung bezüglich des Bleigehaltes im Trinkwasser.

Um den Substanzwert zu erhalten und die Rohrschadensquote stabil zu halten, wird bei den BWB seit 1998 OptNet® konsequent im Rahmen der Erstellung der Rehabilitationsstrategie und bei der Auswahl der jährlich zu erneuernden Leitungen eingesetzt. Einmal jährlich erfolgt eine Auswertung des gesamten Netzes. Aufbauend auf den Ergebnissen werden die Leitungsabschnitte ausgewählt und priorisiert, die in den kommenden Jahren zu erneuern sind. Auf diese Weise werden

ca. 30 % des dem Rohrnetz zur Verfügung stehenden Budgets für die Auswechslung zustandsauffälliger Leitungen verwendet. Diese Verfahrensweise zeigt, u. a. in sinkenden Rohrschadenszahlen, ihre Erfolge.

Ein weiteres Einsatzgebiet der Software ist die Überprüfung des Netzzustandes vor Baumaßnahmen Dritter, wie z.B. Straßenbauvorhaben, wie sie in Berlin häufig vorkommen. Wurden früher die Leitungen in diesem Fall grundsätzlich erneuert, so erfolgt heute im Vorfeld eine Analyse des Zustandes der betroffenen Leitungen. Sind diese erneuerungsbedürftig, können sie kostengünstig im Rahmen des Straßenbaus ausgewechselt werden. Sind diese Leitungen aber noch in einem guten Zustand, entfallen Erneuerungen. Auch hier wird ein erhebliches Einsparpotential genutzt.

10. Voraussetzung für Zuverlässigkeitsuntersuchungen

Versorgungsnetze haben nur eine Aufgabe zu leisten: Sie müssen den Kunden mit Wasser/Gas/Strom/Fernwärme mit dem notwendigen Druck, einwandfreier Qualität und ausreichender Menge versorgen. Die Versorgungssicherheit, mit der dies erfolgen kann, ist das Ergebnis eines Kompromisses aus der technisch erreichbaren Zuverlässigkeit und der betriebswirtschaftlichen Akzeptanz der Erneuerungs- und Reparaturkosten. Ziel einer Zuverlässigkeitsarbeit [5] ist zunächst die Untersuchung der Häufigkeit und der Dauer von Unterbrechungen. Die Simulation des Systemverhaltens im Falle der Störung und die Abfolge von Maßnahmen zu untersuchen und zu dokumentieren, ist mit Voraussetzung, um unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Zuverlässigkeit angemessen zu verbessern oder zu erhalten.

Die Ermittlung der Zuverlässigkeit von technischen Systemen setzt die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit jedes Einzelelementes und die Berücksichtigung der Einbindung in die seriellen und parallelen Netzstrukturen voraus. Solche Untersuchungen lassen sich nur mit einer entsprechenden Software durchführen. OptNet® bietet eine belastbare Möglichkeit zur Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit für die Einzelelemente des Versorgungsnetzes, jedoch wurde OptNet® in Berlin für diese Aufgabe bisher nicht eingesetzt. Die Zuverlässigkeit des Netzes und die Nennweitenoptimierung (Greenfield-Planung) wurde im Zusammenspiel mit der Netzberechnungssoftware STANET bereits erfolgreich erprobt. Durch den Vergleich der Benchmarks des Ist-Zustandes mit denen des optimierten Netzes wird der gegenwärtige Optimierungsgrad bestimmt und unter Berücksichtigung der Zuverlässigkeit die Rang- und Reihenfolge der Erneuerungsmaßnahmen ausgewiesen. Durch eine Kostenoptimierung wird die Nutzungsdauer unter den konkreten Netz- und Kostenstrukturen ermittelt und die notwendige Rehabilitationsleistung bei verschiedenen Investitionsszenarien bis zu 30 Jahre im Voraus ausgewiesen. Das durch verschiedene Zwänge durch Dritte diese Rangfolge nicht immer eingehalten werden kann, ist zu beachten. Jedoch werden die Bewertungsergebnisse in Berlin regelmäßig bei der Entscheidungsvorbereitung eingesetzt.

11. Zusammenfassung

In Berlin wurde festgestellt, dass das von OptNet® verwendete Prognoseverfahren einen hohen Grad an Sicherheit für die Erstellung einer Rehabilitationsstrategie bietet. Die empfohlene Rehabilitationsstrategie und auch die Bestimmung des optimalen Auswechslungszeitpunktes sind belastbar. Damit wird durch den Einsatz von OptNet® die Planung der Mittel für die Rehabilitation und deren effektive Verwendung gut unterstützt. Die Anzahl der Schäden konnte in 10 Jahren um über 40% in Ostberlin gesenkt und eine gemeinsame Informationsbasis sowohl für den Kaufmann als auch für den Techniker bereitgestellt werden.

Literatur

- [1] OptNet, Handbuch, www.optnet.de.
- [2] Ahrens, J.: Expertise „Entwicklung einer Rehabilitationsstrategie des Berliner Wasserversorgungsnetzes Teil Ost“. BWB, Berlin 1998.
- [3] Sorge, H.-C.: Materialtechnische Zustandsbewertung metallischer Wasserversorgungsleitungen als Beitrag zur Rehabilitationsplanung“. Dissertation Weimar 2007.
- [4] Ahrens, J.: Expertenbefragung Zustandsfaktoren, 2005–2006, nicht veröffentlicht.
- [5] Koepfel, F. u.a.: Zuverlässigkeit von Elektroenergiesystemen. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1990.

(Manuskripteingang: 23.1.2007.
Überarbeitete Fassung: 22.3.2007)

– die Software zur Bestimmung einer optimalen Rehabilitationsstrategie von Druckrohrnetzen

4 Schritte:

1. **Ist-Zustand**
2. **Wert des Netzes**
3. **Durchmesseroptimierung**
4. **Rehabilitationsstrategie:**
Rehabilitations-Rate und Kapitalbedarf,
Optimierte Rang- und Reihenfolge der Maßnahmen

Büro für Rohrnetzanalysen

Telefon: 033 42/30 97 00

E-Mail: info@optnet.de