

Auswahl der richtigen Sanierungsstrategie

R. Rohlfing¹

SCHLAGWORTE

Schaden, Substanz, Klassifizierung, Abwasser, Prognosen, Alterung, Optimierung

1 EINFÜHRUNG

Jede Kanalnetzsanierung beruht auf einer Sanierungsstrategie. Verbreitet ist die Feuerwehrstrategie, bei der es sich nicht um eine Strategie im eigentlichem Sinn handelt, sondern um einen gewachsenen Begriff. Dieser beschreibt eine unplanmäßige ereignisorientierte Vorgehensweise, die ein Handeln nur bei Versagen des Systems im baulichen und/oder betrieblichen Sinn auslöst.

In [1] werden fünf weitere Strategien genannt, mit denen ein Konzept zur Erreichung der Kanalnetzsanierung geplant werden kann:

- Substanzwertstrategie
- Gebietsbezogene Strategie
- Mindestzustandsstrategie
- Mehrspartenstrategie
- Funktionsbezogene Strategie

Im Mittelpunkt steht häufig die gebietsbezogene Strategie. Die gebietsorientierte, flächenhafte Kanalsanierung ist eine aus [2] abgeleitete ganzheitliche Sanierungsmaßnahme „zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Teilentwässerungsnetzen und berücksichtigt sowohl hydraulische, bauliche sowie umweltrelevante Aspekte“. Das ausgewählte Teilkanalnetz sollte im Sinn der durchzuführenden Sanierung gemeinsame Merkmale, Anforderungen und Eigenschaften aufweisen, wie z.B. ein Pumpwerkseinzugsgebiet, Wohn- oder Gewerbegebiete oder Straßenzüge. Eine solche Sanierung findet in Abstimmung z.B. mit anderen Leitungsträgern, dem Straßenbaulastträger und der Stadtverwaltung statt, um die volkswirtschaftliche Effizienz zu gewährleisten.

Neben der gebietsbezogenen Strategie wird häufig die Mindestzustandsstrategie eingesetzt, durch die der Kanalnetzzustand dahingehend sichergestellt wird, dass in Abhängigkeit vom baulichen Zustand und von den Randbedingungen nicht akzeptable Risiken vom Netzbetreiber ausgeschlossen werden. Daraus kann sich die Anforderung ergeben, bestimmte Kanalschäden innerhalb einer gebotenen Frist zu sanieren.

¹ Dr.-Ing. Richard Rohlfing, PFI Planungsgemeinschaft GbR, Hannover

Die Substanzstrategie ist darauf ausgerichtet, das Verhältnis von Substanzwert (o. a. Abnutzungsvorrat) zu kontrollieren und durch Budgetierung von Sanierungsinvestitionen zu steuern.

Die Kanalsanierung ist als Teil einer infrastrukturellen Gesamtmaßnahme zu betrachten und die Sanierung der Entwässerungssysteme mit den erforderlichen Sanierungsmaßnahmen an den benachbarten, im Straßenkörper angeordneten Sparten räumlich und zeitlich zusammenzufassen und gemeinsam in einer Baumaßnahme auszuführen. Dies schließt auch die Grundstücksentwässerung ein. Die Mehrspartenstrategie wird durch gebiets- und zustandsorientierte Kanalsanierung ermöglicht, kann aber erst mit Beteiligung der übrigen Sparten einsetzen.

Die funktionsbezogene Strategie bewirkt eine grundsätzliche Änderung des Aufbaus des Entwässerungssystems. Diese Strategie wird eingesetzt, wenn das bisherige Entwässerungsverfahren nicht mehr den Anforderungen an den Gewässerschutz oder die hydraulische Leistungsfähigkeit entspricht, wenn sich gesetzliche Bestimmungen ändern oder aufgrund veränderter Flächennutzungen die Entwässerungstechnik anzupassen ist.

Eine Kanalsanierungsstrategie erreicht dann ein wirtschaftlich optimales Ergebnis, wenn mit Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Fristen zur Sanierung der gravierendsten Schäden die Sanierungsmaßnahmen zum geeignetsten Zeitpunkt und in der günstigsten Kombination aus Erneuerung (Ersatz), Renovation (Innenbeschichtung oder Auskleidung) und Reparatur (Beseitigung einzelner Schäden) vorgesehen werden. Die Zeitpunkte und der Umfang der Sanierungsmaßnahmen müssen zu einer Minimierung des Sanierungsbudgets führen, das ausreicht, über die Jahre verteilt den Netzzustand dauerhaft zu stabilisieren [3].

Aufgrund der Komplexität gehört der Betrieb, der Unterhalt und die Sanierung der unterirdischen Entwässerungssysteme zu den anspruchsvollsten kommunalen Aufgabengebieten. Zum einen besitzen diese Systeme in Abhängigkeit der Stadtgröße eine gewaltige Gesamtlänge und zum anderen spiegeln sie aufgrund ihrer Altersstruktur alle Entwicklungsstadien wider, so dass man heute insgesamt sehr heterogene Netze mit einer Vielfalt von Querschnittsformen und -abmessungen, Rohrwerkstoffen, Rohrverbindungen, Bettungsarten, Konstruktionsprinzipien, Bauwerken, Leitungsarten, Entwässerungsverfahren vorfindet.

Die sich daraus ergebenden Wechselwirkungen und Zusammenhänge für die einzelne Haltung und das gesamte Netz zu erfassen, um darauf aufbauend optimierte Kosten- und Investitionsstrategien für Reinigungs-, Inspektions- und Sanierungsmaßnahmen abzuleiten, gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben der Netzbetreiber. Zur qualifizierten Lösung dieser Aufgaben ist die umfassende „richtige“ Sanierungsstrategien zu entwickeln, die die Zustands- und Substanzentwicklung des betrachteten Netzes einbezieht. Erst die Prognose der Netzentwicklung ermöglicht einen nachhaltigen und ganzheitlichen Ansatz, der neben dem aktuellen Zustand der einzelnen Netzelemente auch den verbleibenden Abnutzungsvorrat und dessen Entwicklung über die Zeit berücksichtigt.

Nachfolgend wird am Beispiel eines Projektes ein Ansatz vorgestellt, mit dem die Instandhaltungsplanung durch entsprechende Prognosen unterstützt wird.

2 STAND DER TECHNIK

Die Sanierungsplanung als Teil der Instandhaltungsplanung stützt sich gegenwärtig neben den Netzstammdaten vorwiegend auf die Daten der Zustandserfassung zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Haltungen. Neben der Tatsache, dass die Auswertung der Zustandsdaten mit herkömmlichen Schadensbewertungsmodellen (z. B. [4]) die wahre Leistungsfähigkeit der untersuchten Haltungen nur unvollkommen abbildet, ist es zu einem wesentlichen Teil auch dem Umstand der fehlenden Prognose der Netzbestandsentwicklung geschuldet, dass in der Sanierungsplanung die knappen Budgets suboptimal verwendet werden.

Durch die fehlende oder undifferenzierte langfristige Prognose der Zustands- und Substanzentwicklung ist die Beurteilung der Bestandsentwicklung nicht oder nur eingeschränkt möglich. Eine unzureichende Beurteilung des gegenwärtigen Zustandes führt zu Fehlentscheidungen im operativen Planungsprozess.

Fehlende Prognosen über die Bestandsentwicklung verhindern eine strategische Planung. Erst eine langfristige und vorausschauende Planung ermöglicht es aber, Investitionen über längere Zeiträume effektiv zu verteilen und eine nachhaltige Bestandsentwicklung und -umgestaltung zu erreichen.

Die Effektivität der Planung bzw. Sanierungsstrategien hängt dabei von der Präzision der Voraussage zukünftiger Entwicklungen ab, die Sicherheit der Planung von der Robustheit der entwickelten Strategien. Je robuster eine Strategie ist, desto weniger ist sie anfällig gegenüber Abweichungen der prognostizierten von der tatsächlich eingetretenen Entwicklung. Gleichzeitig nimmt aber ihre Effektivität ab, so dass es in der Regel zu einem Abwägungsprozess zwischen der Effizienz und der Robustheit der Strategien kommt.

Die Inspektionsplanung erfolgt zum überwiegenden Teil zyklisch, das weitgehend unter Vernachlässigung des wirklichen Inspektionsbedarfs. Damit werden Haltungen für eine Inspektion in den Plan aufgenommen, deren Alterungsverhalten und Schadensentwicklung eine Inspektion eigentlich nicht erfordern während andere Haltungen mit einem entsprechenden kritischen Zustand unbeachtet bleiben.

3 MODELLIERUNG DES DERZEITIGEN UND ZUKÜNFTIGEN NETZZUSTANDES

Zur Beurteilung der gegenwärtigen und Prognose der zukünftigen Leistungsfähigkeit eines Abwassernetzes ist ein ganzheitliches Modell einzusetzen (z. B. „Status Kanal“ [5]). Dabei werden innerhalb der einzelnen Teilmodelle die unterschiedlichen Problemfelder, die sich aus den gegenwärtigen Bewertungsansätzen ergeben, adressiert. Ein umfassendes Modell der Plausibilitätskontrolle vorliegender Daten ermöglicht ein Qualitätsmanagement der Netzdaten. Neue Modelle der Schadensbeurteilung berücksichtigen aktuelle, schadensartspezifische Erkenntnisse, neue Modelle zur Haltungsbeurteilung ermöglichen eine umfangreiche Einbeziehung von Randbedingungen und dadurch sowie durch den Einsatz einer stetigen Klassifizierung differenziertere Aussagen. Alterungs- und Prognosemodelle gestatten die Fortschreibung veralteter Zustandsdaten auf den aktuellen Zeitpunkt zur Harmonisierung der Zustandsdaten auf einen einheitlichen Zeithorizont und die Fortschreibung der Bestandsentwicklung in die Zukunft. Umfangreiche Simulationsmodelle ermöglichen eine objektive Wertermittlung für das betrachtete Netz.

Im Ergebnis wird durch diese Art der ganzheitlichen Netzbetrachtung ein wesentlich differenzierteres Bild des Netzzustandes gezeichnet, welches dem realen Netzzustand erhe-

lich genauer entspricht. Instandhaltungsmaßnahmen können dadurch wesentlich gezielter ausgelöst werden und die Auswirkungen geplanter Instandhaltungsmaßnahmen auf des Netz vorab bestimmt werden.

3.1 Kurz- und langfristige Prognose

Aktuell erfolgen Alterungsprognosen nur auf Basis des Haltunugszustandes und damit in der Regel basierend auf dem schlimmsten Einzelschaden. Diese Prognosen können jedoch aufgrund ihrer begrenzten Aussagekraft für die gesamte Haltung lediglich zur Festlegung des nächsten Inspektionszeitpunktes genutzt werden.

Demgegenüber wird bei „Status Kanal“ eine kurzfristige und eine langfristige Prognosestrategie zur Zustands- und Substanzfortschreibung der Haltungen verwendet. Ziel der Prognosen ist es, mit den bekannten Zustands- und Substanzdaten die wahrscheinliche Zustands- und Substanzentwicklung zu bestimmen und damit einen Weg zu finden, die Erreichung und Wahrung eines definierten Maßes an Funktionserfüllung über einen bestimmten Zeitraum sicherzustellen.

Grundlage sowohl der kurz- als auch der langfristigen Prognose bilden zeitkontinuierliche Markov-Ketten. Mit Markov-Ketten ist es möglich, das Verhalten von Systemen durch Auflisten aller möglichen Zustände, in denen sich das System befinden kann, zu beschreiben. Zu jedem festen Zeitpunkt befinde sich das System in genau einem dieser Zustände. Nebenbei seien Übergangswahrscheinlichkeiten bzw. Übergangsraten zwischen diesen Zuständen gegeben. Ein solches System heißt Markov-Prozess, wenn die weitere Entwicklung des Systems nur von dem Zustand abhängt, in dem sich das System augenblicklich befindet, nicht aber von früheren Zuständen. In Abbildung 1 wird dieser Sachverhalt entsprechend dargestellt. Übertragen auf den Abwasserbereich stellen die verschiedenen Systemzustände die unterschiedlichen Schadens-, Zustands- bzw. Substanzklassen dar, denen ein Einzelschaden bzw. eine Haltung zugeordnet ist.

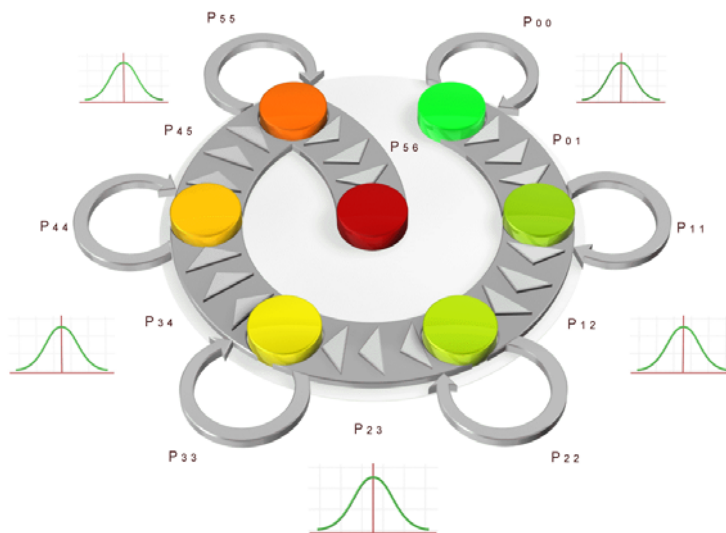


Abbildung 1: Markov-Prozess mit Übergangswahrscheinlichkeiten

Für die kurzfristige Prognose des Zustands mittels zeitdiskreten Markov-Ketten werden von „Status Kanal“ die Zeiten, welche die Haltung in einem gegebenen Zustand verbringt,

nicht explizit betrachtet, da nicht die Verweildauer innerhalb einer Zustands- oder Substanzklasse interessant ist, sondern die Wahrscheinlichkeit des Übergangs in die nächste Klasse und somit die Zustandsentwicklung.

Auf dieser Grundlage ist es möglich, Inspektionspläne aufzustellen, bei denen genau die Haltungen berücksichtigt werden, bei denen ein Übergang in eine entsprechend höhere Klasse unmittelbar bevorsteht oder zeitnah stattgefunden hat. Auf diese Weise werden Haltungen bei der Inspektionsplanung ausgeschlossen, bei denen im Ergebnis keine neuen Aussagen zu erwarten sind, was letztendlich zu einer wesentlichen Effizienzsteigerung im Mitteleinsatz bei den Inspektionen führt.

Bei der langfristigen Prognose von Zustand und Substanz mittels zeitdiskreten Markov-Ketten und einem Kohortenüberlebensmodell wird von „Status Kanal“ die Alterung der Netzelemente mit der damit verbundenen Zustandsverschlechterung und aufgrund der Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Klassen die Wahrscheinlichkeiten des Aufenthaltes in einer bestimmten Klasse zu einem definierten Zeitpunkt in der Zukunft ermittelt (vergl. [6] und [7]).

Die daraus gewonnenen Aussagen finden bei der langfristigen Sanierungsplanung Verwendung. Aus den Wahrscheinlichkeiten des Aufenthaltes in den jeweiligen Substanz- und Zustandsklassen lassen sich Interventionsklassen bilden, die für die jeweiligen Haltungen das Risiko eines Versagens bzw. das Ende der akzeptierten Nutzungsdauer beschreiben. Bei der Einbeziehung von substanz- und zustandsabhängigen Kostendaten ist es möglich, den kostenoptimalen Interventionszeitpunkt zu ermitteln.

3.2 Ermittlung von Wiederbeschaffungskosten mittels Monte-Carlo-Simulation

Zuverlässige und aktuelle Wiederbeschaffungskosten sind die Ausgangsbasis für die Ermittlung kalkulatorischer Kosten. Damit ist die Kenntnis von Wiederbeschaffungskosten eine wichtige Voraussetzung bei der Entwicklung optimaler Sanierungsstrategien und einer darauf abgestimmten Investitionsplanung. Neben den Wiederbeschaffungskosten wird als Maßstab für die technische Wertminderung zusätzlich der Verkehrswert bzw. der Sachwert des Entwässerungsnetzes bestimmt. Der Sachwert der Haltungen wird haltingsbezogen aus der baulichen Substanz bzw. den erzielbaren Restnutzungsdauern abgeleitet. Hierzu wird die Zeitdauer ermittelt, die bis zum Erreichen einer bestimmten Substanz, welche als Grenze für eine notwendige Renovierung oder Ersatzerneuerung vorab definiert wird, noch verbleibt.

Bei der Berechnung der Wiederbeschaffungskosten eines Entwässerungsnetzes aus der Addition der Erwartungswerte der Teilkosten einzelner Haltungen und Schächte ist zu beachten, dass jeweils nur ein möglicher Kostenpfad abgebildet wird. Die Teilkosten von Baumaßnahmen unterliegen verschiedenen Wechselwirkungen. So kann z.B. davon ausgegangen werden, dass bei steigenden Aushubkosten etwa aufgrund eines fließenden Bodens auch die Verbaukosten und die Wasserhaltungskosten steigen und somit jeweils vom Erwartungswert abweichen. Des Weiteren können je nach Baugröße die anteiligen Kosten für die Ingenieurleistungen und die Baustelleneinrichtung variieren. Zusätzlich besteht eine Abhängigkeit der Baukosten von ausgeschriebenen Massen und im Einzelfall sogar von der Jahreszeit und der herrschenden Witterung.

Diese Korrelationen der einzelnen Parameter und ihr Einfluss auf die Gesamtkosten lassen sich analytisch nicht darstellen. Aus diesem Grund wird mit Hilfe der Monte Carlo Simulation eine stochastische Risikoanalyse durchgeführt. Hierzu werden unter Annahme

einer Wahrscheinlichkeitsverteilung und einer vorgegebenen Schwankungsbreite für sämtliche Teilkosten Zufallszahlen erzeugt. In mehreren Tausend Durchläufen werden jeweils Szenarien für die Gesamtkosten simuliert, die insgesamt eine Wahrscheinlichkeitsverteilung ergeben. Aus dieser kann ein Erwartungswert, ein Mindestwert und ein Höchstwert für die Gesamtkosten ermittelt werden, die jeweils mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht unterschritten werden.

In Abbildung 2 wird dieses Vorgehen entsprechend dargestellt.

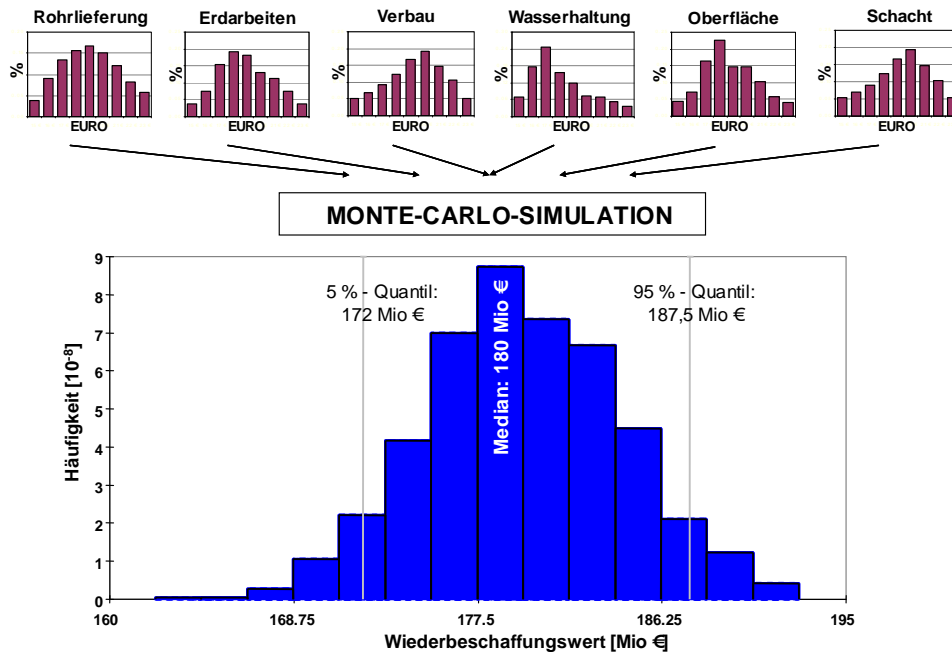


Abbildung 2: Ermittlung der Wiederbeschaffungskosten mittels Monte-Carlo-Simulation

4 PROGNOSEN ZUR BESTANDSENTWICKLUNG IN EINER WESTDEUTSCHEN MITTELSTADT

4.1 Definition verschiedener Sanierungsstrategien

Strategieprognosen dienen dazu, die Netzzustandsentwicklung für eine vorgegebene Sanierungsstrategie vorherzusagen. Die Ergebnisse dienen der Erhöhung der Planungssicherheit durch die Möglichkeit einer nachhaltigen Steuerung der Zustandsentwicklung und ermöglichen eine bessere Kontrolle der Kostenentwicklung. Durch den langfristigen Planungshorizont können verfügbare Gelder optimal eingesetzt und finanzielle Risiken besser abgeschätzt werden. Zudem wird durch die vorausschauende Planung die Findung eines Kompromisses zwischen Substanzerhaltung, Kostenbelastung und Gebührenstabilität wesentlich erleichtert und ein Substanzverzehr des Netzes zu Lasten folgender Generationen (Generationsvertrag) vermieden.

„STATUS Kanal“ ermöglicht zuverlässige Strategieprognosen auf der Basis einer differenzierten Zustandsbewertung von Schäden und Haltungen, eines differenzierten Alterungsmodells und der Bestimmung einer realitätsnahen Nutzungsdauer einzelner Haltungen.

Für den Netzbetreiber in einer westdeutschen Mittelstadt wurden die Folgen unterschiedlicher Sanierungsstrategien untersucht. Das untersuchte Netz umfasst knapp 5000 Haltungen, mit einer kumulierten Länge von 200 km und einem ermittelten Netzwert von etwa 180 Mio. € (Wiederbeschaffungswert). Die mittlere Substanzklasse des Netzes betrug 3,3 auf einer Skala von 0-5, was bei dem vergleichsweise jungen Netz mit einem Durchschnittsalter von 35 Jahren auf einen überdurchschnittlichen Schädigungsgrad hinweist. Der Wiederbeschaffungswert des Netzes wurde mit ca. 180 Mio. €, der Verkehrs- bzw. Sachwert infolge der geschädigten Netzsubstanz jedoch lediglich mit ca. 78 Mio. € beziffert.

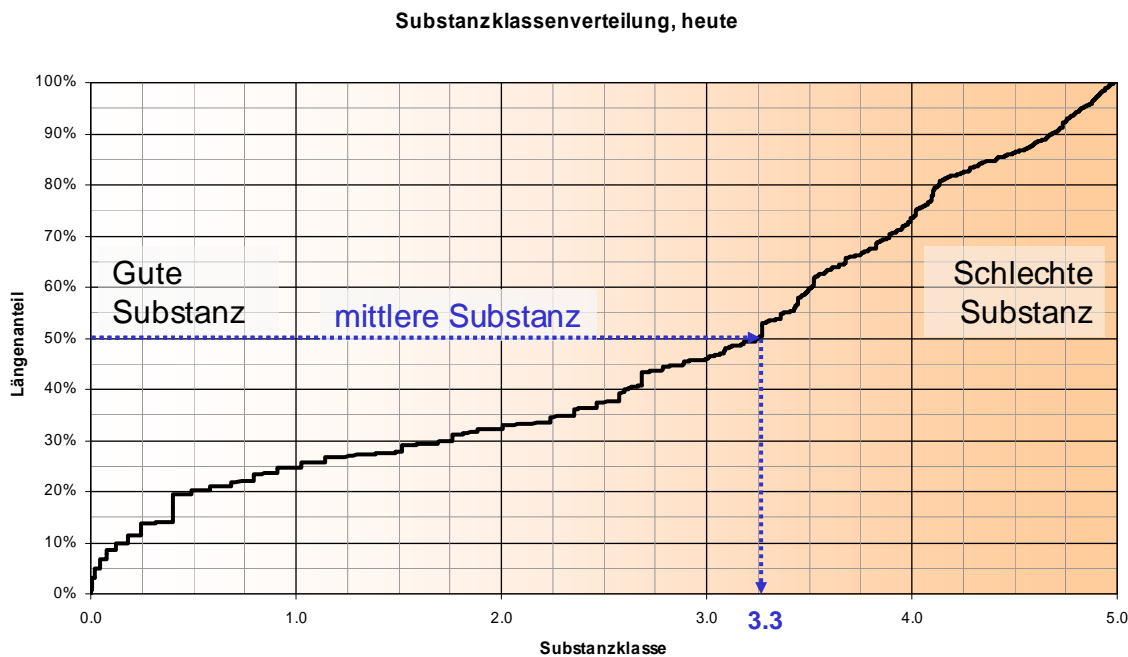


Abbildung 3: Substanzklassenverteilung im Netz zu Strategiebeginn

Ziel der Strategieanalysen war zum einen die Folgen auf Netzzustand und -substanz zu ermitteln und zum anderen die ökonomischen Konsequenzen der vorgegebenen Strategien aufzuzeigen. Dazu wurden gemeinsam mit dem Netzbetreiber drei grundsätzliche Strategien definiert, welche die unterschiedlichen Erfahrungen und Herangehensweisen im Bereich der Kanalsanierung repräsentieren sollten.

Bei der **Reparaturstrategie** werden Schäden in sanierungsbedürftige Haltungen generell durch Reparaturverfahren behoben, ungeachtet der anderen Randbedingungen wie Alter, Schadenshäufigkeit und -schwere in dieser Haltung, verbleibender Abnutzungsvorrat der Haltung.

Mit der **Mindesterhaltungsstrategie** wird auf den Erhalt eines Netzmindestzustand abgezielt. Sanierungen erfolgen weitgehend mittels Reparaturverfahren. Beim Erreichendes Endes der technischen Nutzungsdauer erfolgt eine Erneuerung der zu sanierenden Haltungen. Die zeitliche Staffelung der Maßnahmen wird dabei durch die Zustandsklasse der Haltungen bestimmt.

Bei der **wirtschaftlichen Substanzerhaltungsstrategie** wird durch den Ansatz einer wirtschaftlichen Nutzungsdauer von Haltungen und Strängen, die Überlagerung baulicher und hydraulischer Defizite und entsprechen koordinierte Sanierung sowie die zeitliche Anpassung von Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf die Gebührenentwicklung eine Optimierung von Sanierungszeitpunkt und -art angestrebt.

4.2 Prognose zur Bestandsentwicklung aus baulicher und ökonomischer Sicht

Für jede Haltung des Netzes wurde über die gesamte Prognosedauer von 30 Jahren jeweils die Substanz ermittelt. Da die zeitabhängige Entwicklung der Substanz der Haltungen von den verschiedenen Strategievorgaben abhängt, ergaben sich entsprechend unterschiedliche Entwicklungen des Netzes für die drei verschiedenen Strategien. Die Substanz der Haltungen bildete die Eingangsparameter für die Ermittlung der Kostendaten für die Strategien.

Für jedes Jahr wurden Sanierungskosten und Verkehrswert ermittelt und jeweils ins Verhältnis zum Wiederbeschaffungswert gesetzt. In Abbildung 4 und Abbildung 5 werden die entsprechenden Kostenentwicklungen dargestellt.

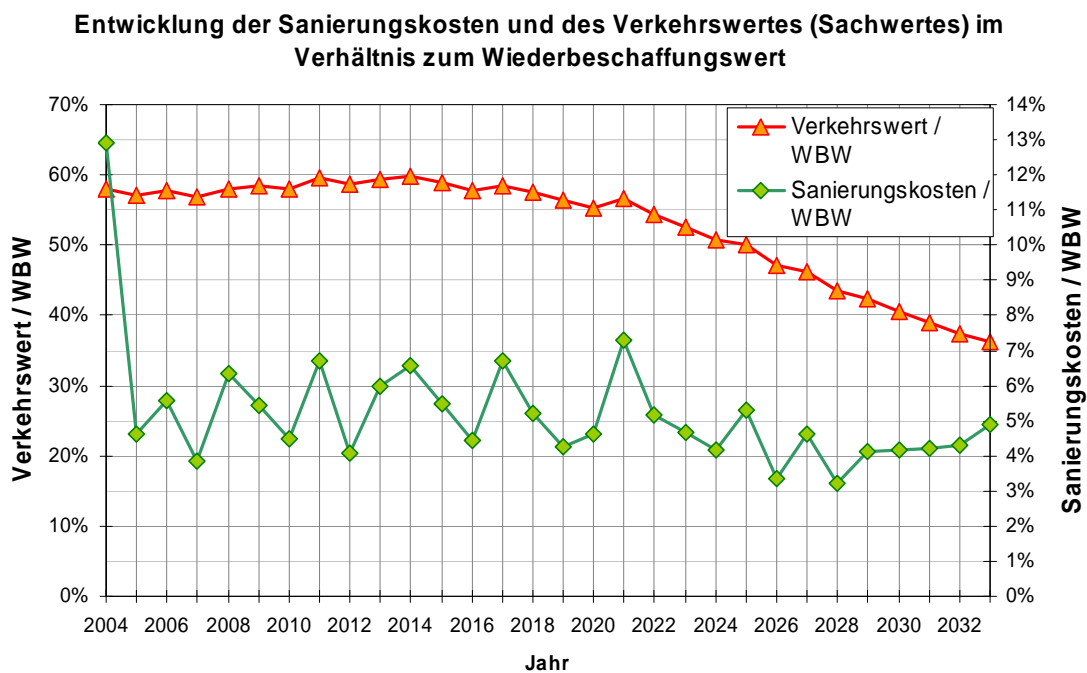


Abbildung 4: Kostenentwicklungen bei der Mindesterhaltungsstrategie

Deutlich wird dabei, dass die anfänglich geringen Sanierungskosten bei der Reparaturstrategie zum Ende des Prognosezeitraumes sehr stark ansteigen, bei gleichzeitigem kontinuierlichen Verfall des Netzwertes – ein sicheres Kennzeichen dafür, dass das Netz „auf Verschleiß“ gefahren wird.

Gegenüber der Mindesterhaltungsstrategie, bei welcher aufgrund hoher Investitionen zu Strategiebeginn die Summe der Sanierungsinvestitionen wesentlich höher liegt, was auch

durch den geringeren Werteverzehr des Netzes nicht innerhalb des Strategiezeitraumes kompensiert werden kann, schneidet die Reparaturstrategie aus ökonomischer Sicht auf den ersten Blick wesentlich günstiger ab.

Dabei bleibt aber unberücksichtigt, dass die (Erneuerungs-)Investitionen in das Netz bei der Reparaturstrategie wesentlich umfangreicher ausfallen müssten um den Netzzustand zu erreichen, welcher vor Strategiebeginn vorlag, denn diese Investitionen liegen jenseits des Prognosezeitraumes von 30 Jahren, sind aber unvermeidlich, da die Möglichkeit der Schadensbehebung durch Reparatur mit der Abnahme des Netzwertes ebenfalls sinkt. Weiterhin bleiben hier Schadensfolgekosten unberücksichtigt, die sich aus der gesteigerten Reparaturanfälligkeit ergeben. Die Kosteneinsparungen in der Gegenwart, welche in diesem Beispiel mittels der Reparaturstrategie erzielt werden gehen also eindeutig zu Lasten der zukünftigen Leistungsfähigkeit des Abwassernetzes und verletzen zugunsten kurzfristiger Effekte den Generationsvertrag.

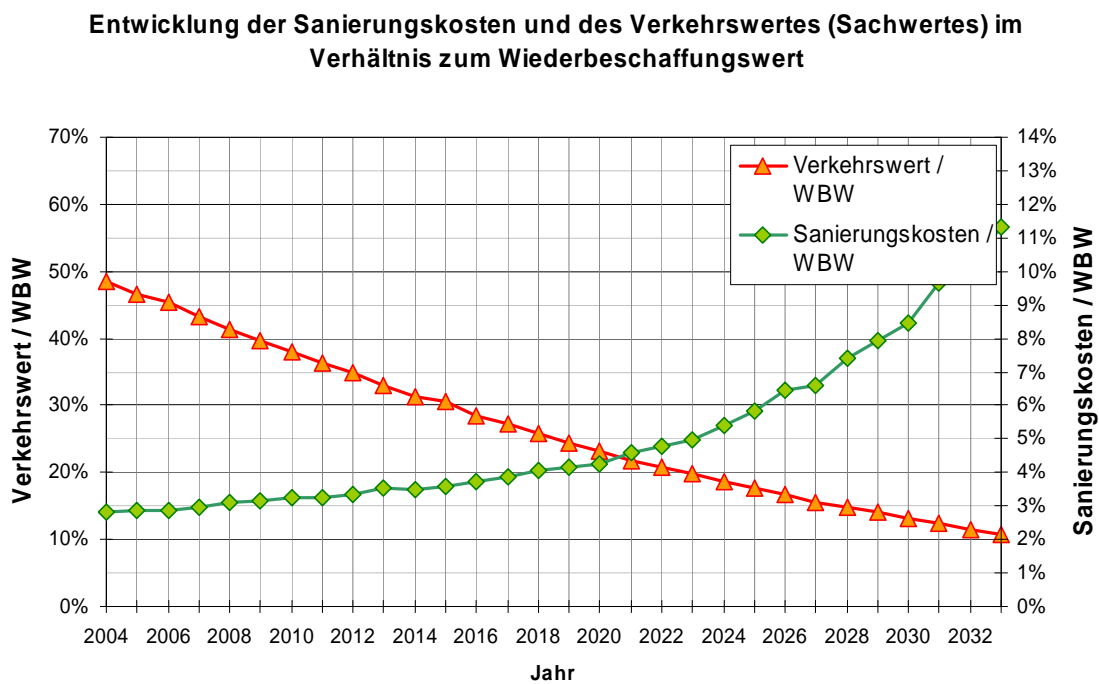


Abbildung 5: Kostenentwicklungen bei der Reparaturstrategie

Die unterschiedliche Netzsubstanz als Indikator für die Bestandsentwicklung aus baulicher Sicht wird in Abbildung 6 dargestellt und verdeutlicht, dass dem unterschiedlichen Verkehrswert des Netzes, der sich als Folge der verschiedenen Sanierungsstrategien ergibt, eine entsprechend unterschiedliche bauliche Substanz zugrunde liegt.

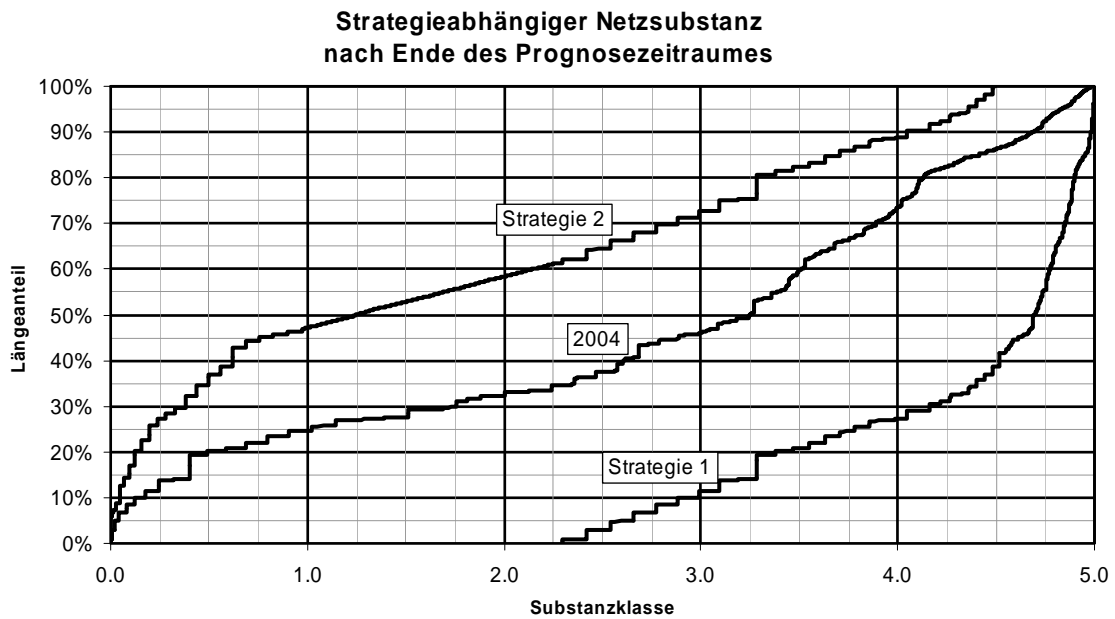


Abbildung 6: Strategieabhängiger Netzsubstanz nach Ende des Prognosezeitraumes

5 FAZIT

Mit Hilfe von „Status Kanal“ als lernendem und kalibrierbarem System wird es möglich, die Folgen, welche sich für das Abwassernetz aus baulicher und für den Netzbetreiber bzw. Netzeigentümer aus ökonomischer Sicht aus definierten Sanierungsstrategien ergeben, detailliert zu prognostizieren. Dabei werden die vorliegenden Daten vor Beginn der Analysen umfassend auf Plausibilität und Konsistenz geprüft und Zustandsdaten auf einen einheitlichen Zeithorizont harmonisiert. Die Aussagekraft der Analysen wird allein durch diese vorbereitenden Maßnahmen wesentlich verbessert.

Die Analysen gestatten die Auswahl von, den Zielstellungen entsprechenden optimalen Sanierungsstrategien und in der Folge die Bestimmung idealer Inspektions-, Reinigungs- und Sanierungszeitpunkte. Dadurch wird eine optimale Mittelplanung und -verwendung und ein nachhaltigen Kanalnetzbetrieb und -unterhalt ermöglicht.

Letztendlich führt die kombinierte Betrachtung physikalischer und statistischer Alterungsprozesse, investitionstheoretischer Grundlagen und der Gebührenkalkulation unter Kenntnis sowohl der technischen als auch der wirtschaftlichen Nutzungsdauer aller Haltungen zu bedarfsoptimierten und nachhaltigen Investitionsentscheidungen.

6 LITERATUR

- [1] DWA-M 143 Teil 14: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Sanierungsstrategien, (10/05).
- [2] DIN EN 752 Teil 2: Entwässerung außerhalb von Gebäuden, Anforderungen, (09/96).
- [3] H. Gehring, R. Rohlfing; Konzept zur Kanalsanierungsstrategie am Beispiel der Stadt Rheine, GWF Wasser Abwasser Special, 142. Jahrgang, Oldenbourg Industrieverlag München, September 2001, ISSN 0016-3651.
- [4] DWA-M 149-3: Zustandserfassung und –beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Zustandsklassifizierung und -bewertung, (11/07).
- [5] R. Stein, R. Trujillo Alvarez; Strategieentwicklung zum Betrieb und Unterhalt von Entwässerungssystemen - lassen sich die Aufgaben kostengünstig managen?, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau Oldenburg, Band 28, 2004, ISBN 3-8027-5391-7.
- [6] Kleiner, Y.; Optimal scheduling of rehabilitation and inspection/condition assessment in large buried pipes, National Research Council of Canada, 2001.
- [7] Baur, R. und Hörold, S.; Verbesserte Inspektionsplanung durch Alterungsprognose für Kanaltypen. KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 48, 7, S. 937ff.