

Verbundvorhaben Entwicklung einer ganzheitlichen Kanalsanierungsstrategie für Entwässerungsnetze Deutschlands

KANSAS

Förderkennzeichen : 02WK0147
02WK0148
02WK0149

Leitfaden

Vorhabensträger:



Große Kreisstadt
Neuburg a. d. Donau



Forschung und
Entwicklung:



Dr.-Ing. Pecher und Partner
Ingenieurgesellschaft mbH
für Siedlungswasserwirtschaft
München - Berlin

gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

betreut durch:



Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Projekträger
Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA)
Bereich
Wassertechnologie und Entsorgung (WTE)



KANSAS

Verbundvorhaben

Entwicklung einer ganzheitlichen Kanalsanierungsstrategie für Stadtentwässerungsnetze Deutschlands

Leitfaden

An der Bearbeitung des Verbundvorhabens haben mitgewirkt:

Dipl.-Ing. Nikola Milojevic	Gesamtleitung, Dr.-Ing. Pecher und Partner
Dipl.-Ing. Stefan Braunschmidt	Hydraulische Sanierung und Überflutungsnachweise, Dr.-Ing. Pecher und Partner
Dipl.-Ing. Harald Chmiel	Mehrsparthenstrategie, baul. Sanierung und Anschlusskanäle, Stadtentwässerung Rosenheim
Dipl.-Ing. Dieter Jacobi	Zustandsstrategie, allg. Abläufe und Koordinator, Berliner Wasserbetriebe
Dipl.-Ing. Paul Leikam	Fremdwasserstrategie, allg. Abläufe und Koordinator, Stadtentwässerung Neuburg
Dipl.-Geol. Thomas Rabe	Bauliche Sanierung, Dichtheit und Anschlusskanäle Dr.-Ing. Pecher und Partner
Dipl.-Ing. Fereshte Sedehizade	Bauliche Sanierung, Berliner Wasserbetriebe
Dipl.-Ing. Christian Späth	Überflutungsnachweise, Stadtentwässerung Rosenheim
Dipl.-Ing. Klaus-Jochen Sympher	Generelle Sanierungsplanung, allg. Abläufe und Administration, Dr.-Ing. Pecher und Partner
Dipl.-Ing. Werner Willeitner	Mehrsparthenstrategie, allg. Abläufe und Koordinator Stadtentwässerung Rosenheim
Dipl.-Ing. Martin Wolf	GIS-Management, Substanzwert- und Strategieentwicklung, allg. Abläufe, Dr.-Ing Pecher und Partner

Bearbeitung des Leitfadens:

Dipl.- Ing. M. Wolf
Dipl.-Ing. S. Braunschmidt
Dipl.-Geol. Th. Rabe
Dipl.-Ing. K.-J. Sympher

München, November 2005

DR.-ING. PECHER UND PARTNER
Ingenieurgesellschaft mbH für
Siedlungswasserwirtschaft

Dipl.-Ing. Nikola Milojevic

Stand: 12.12.05



Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung und Zielsetzung	6
2	Anwendung des Leitfadens	8
2.1	Anwendungsbereich	8
2.2	Hinweise zur Anwendung	8
3	Anforderungen und Rahmenbedingungen	9
4	Definitionen	11
4.1	Defizit	11
4.2	Sanierung, Sanierungsarten und -verfahren	11
4.3	Ganzheitliche generelle Sanierungsplanung (GSP)	12
4.4	Sanierungsentwurf	13
4.5	Nutzungsdauer	13
4.6	Substanzwert	14
4.7	Strategie	15
5	Ganzheitliche Generelle Sanierungsplanung	15
5.1	Ermittlung des Handlungsbedarfes	15
5.2	Risikobetrachtung	17
5.3	Benötigte Grundlagen	18
5.3.1	Kanalkataster	18
5.3.2	Anforderungen an die Datenbasis	19
5.3.2.1	Ordnungsbegriffe	19
5.3.2.2	Aktualität	19
5.3.2.3	Qualität	20
5.4	Sanierungsziele	21
5.5	Bauliche Sanierung	22



5.5.1	Sanierungsumfang	22
5.5.2	Undichtheiten	24
5.5.3	Ermittlung der Sanierungsalternativen	28
5.5.4	Sanierungskosten der Alternativen	31
5.5.5	Verfahrensauswahl	34
5.5.5.1	Wirtschaftlichkeitsberechnungen	34
5.5.5.2	Wirtschaftliche Restnutzungsdauer	36
5.5.5.3	Ingenieurbeurteilung	37
5.6	Hydraulische Sanierung	38
5.6.1	Hydraulische Berechnungen	38
5.6.2	Überstau- und Überflutungssicherheit	41
5.6.3	Nachweis der Überflutungssicherheit	42
5.6.3.1	Erfassen der Oberflächensituation	43
5.6.3.2	Nachweis und Maßnahmen	43
5.6.3.3	Sanierungspriorität für Maßnahmen des Überflutungsschutzes	45
5.6.3.4	Dokumentation	46
5.6.3.5	Fachübergreifende Hinweise	46
5.6.4	Hydraulische Sanierungspriorität SP_{hydr}	47
5.7	Ganzheitliche Planung	49
5.7.1	Überlagerung der Maßnahmen	49
5.7.2	Mehrpartenansatz	49
5.7.3	Ganzheitliche Sanierungsprioritäten	50
5.8	Sanierungskosten	52
5.9	Vermeiden von Fehlentscheidungen	54
5.10	Umfang und Dokumentation der GSP	56
6	Sanierungsstrategie	59
6.1	Ziele	59
6.2	Bewertungskriterien	60
6.2.1	Zustandsabhängige Nutzungsdauer	60
6.2.2	Substanzwert	63
6.2.3	Entwicklung der Sanierungszeitachse	65
6.3	Steuerkriterien	67



6.4	Strategiearten	68
6.4.1	Gebietsbezogene Strategie	68
6.4.2	Mehrpartenstrategie	69
6.4.3	Zustandsstrategie	70
6.4.4	Funktionsbedingte Strategie	71
6.4.5	Substanzwertstrategie	72
6.4.6	Unplanmäßiges Handeln (Feuerwehrstrategie)	72
6.4.7	Weitere häufige Strategieelemente	72
6.4.7.1	Fremdwasserreduzierung	72
6.4.7.2	Berücksichtigung der Anschlusskanäle	73
6.5	Beurteilen von Strategien	75
6.5.1	Auswirkungen auf die Nutzungsdauer	75
6.5.2	Substanzwertentwicklung	76
6.5.3	Vorgehensweise zur Auswahl der Sanierungsart	79
6.5.4	Erneuerungsrate	81
6.5.5	Investitionsplanung	82
6.5.6	Abwasserentgelt	84
7	Empfehlungen für die Wahl einer Sanierungsstrategie	86
7.1	Übertragbarkeit auf andere Gebiete und Hochrechnung	86
7.2	Festlegen der Strategieziele	87
7.3	Hinweise zur Auswahl der Sanierungsstrategie	89
8	Ausblick	92
	Literaturverzeichnis	93
	Anhangverzeichnis	101



1

Einleitung und Zielsetzung

In Deutschland sind durchschnittlich etwa 20 % der rd. 486.000 km öffentlicher Kanalisation kurz- bis mittelfristig sanierungsbedürftig. Das entspricht einem mittleren Sanierungsvolumen von etwa 50 bis 55 Mrd. € [24]. Zu den Sanierungskosten für die heute schadhafte Kanäle kommt in Zukunft der notwendige Erhaltungsaufwand für die z.Zt. noch intakten Kanäle hinzu. Bei den Anschlussleitungen werden rd. 40 % der rd. 900.000 km [23] als mittelfristig sanierungsbedürftig geschätzt, also das Vierfache der Länge der öffentlichen Kanäle.

Gegenwärtig werden in Deutschland zur Sanierung der öffentlichen Kanalnetze rd. 1,64 Mrd. € pro Jahr aufgewendet. Unter der Annahme, dass davon rd. 50 % in Erneuerungsmaßnahmen fließen, entspricht dies einer Investitionsquote von lediglich 2,5 ‰ des Wiederbeschaffungswertes. Damit die zur Zeit durchgeführten Maßnahmen langfristig ausreichen, müssten die Kanalnetze in Deutschland eine Lebenserwartung von rd. 400 a besitzen [108]. Aus diesen Zahlen lässt sich im Durchschnitt ein erheblicher Investitionsstau ableiten.

Nach der DIN EN 752-5 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Sanierung“ [44] sind für Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen „ganzheitliche Lösungen“ zu erarbeiten, die alle hydraulischen, baulichen und umweltrelevanten Aspekte berücksichtigen. Dadurch kann eine Minimierung der Gesamtkosten erzielt werden. Die bisherige Sanierungspraxis, nach der nur saniert wird, wenn dringender Handlungsbedarf besteht, zielt überwiegend nur auf den hydraulischen oder auf den baulichen (Feuerwehrstrategie) Zustand der Kanäle und erfüllt nicht die Anforderungen der DIN EN 752.

Die Errichtung und Wiederherstellung größerer Kanalnetze ist weder im Hinblick auf die finanzielle, noch auf die bauliche Realisierung in wenigen Jahrzehnten möglich. Insofern nutzt jede Generation die Leistung der vorangegangenen und hat damit die Verpflichtung, der nächsten Generation ein funktionsfähiges Netz zu übergeben (Generationenvertrag). Die Vermeidung von Vermögensverzehr und damit der Erhalt und ggf. die notwendige Erhöhung des Substanzwertes von Kanalnetzen spielt damit eine wichtige Rolle im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Generationenvertrag. Insgesamt geht es um die Werterhaltung eines im



Untergrund liegenden Anlagevermögens des Kanalnetzes in Deutschland von schätzungsweise 330 Mrd. EUR.

Die Umsetzung der weitgesteckten Forderungen der DIN EN 752 wird vielerorts nur langfristig möglich sein. Der Umfang der notwendigen Sanierungsmaßnahmen und die daraus entstehenden finanziellen Zwänge erfordern deshalb eine Sanierungsstrategie mit konkreten Zieldefinitionen, welcher Zustand im Kanal zu welchem Zeitpunkt zu erreichen ist. Die Sanierungsstrategie soll, über eine bloße Aufrechterhaltung des Kanalbetriebes hinaus, wirtschaftliche und langfristige Aspekte für das vorhandene Anlagevermögen des Kanalnetzes berücksichtigen.

Grundlage für den vorliegenden Leitfaden war das vom BMBF geförderten Verbundprojekt „KANSAS“ - Entwicklung ganzheitlicher **Kanalsanierungsstrategien** für Entwässerungsnetze Deutschlands^[28]. Darin wurden anhand von vier Einzugsgebieten mit insgesamt 450 km Kanalnetzlänge in den Städten Berlin, Neuburg / Donau und Rosenheim generelle, ganzheitliche Kanalsanierungsplanungen erstellt, netzbetreiberspezifische Strategien erarbeitet und die gewonnenen Erkenntnisse auf Entwässerungsnetze Deutschlands übertragen. Im vorliegenden Leitfaden werden die in KANSAS erzielten Ergebnisse zusammengefasst und in Form von Handlungsempfehlungen und Hinweisen für den Anwender (Netzbetreiber) in allgemeiner Form wiedergegeben. Ziel ist es, die wesentlichen Schritte, Kriterien und Randbedingungen zur ganzheitlichen Sanierungsplanung sowie zur Erarbeitung und Bewertung einer ganzheitlichen Sanierungsstrategie darzustellen. Durch das im Leitfaden dargestellte Vorgehen werden mögliche Einsparpotenziale identifiziert und aktiviert, um, insbesondere in Zeiten knapper Kassen, die zur Verfügung stehenden Finanzmittel optimal einzusetzen. Für vertiefende Studien und Hinweise wird der Abschlussbericht zu KANSAS empfohlen, der als *pdf*-Dokument über die Deutsche Zentrale Fachbibliothek für Technik der Technischen Informationsbibliothek (TIB) an der Universität Hannover zu beziehen ist.



2 Anwendung des Leitfadens

2.1 Anwendungsbereich

Der Leitfaden dient als Arbeitshilfe zur Erstellung von ganzheitlichen generellen Sanierungsplanungen (GSP) sowie zur Erarbeitung und Bewertung von Sanierungsstrategien für öffentliche Abwasserkanalnetze (Sammel- bzw. Straßenkanäle) und wendet sich an Netzbetreiber sowie Planer und Überwachungsbehörden. Der Leitfaden wurde aus der Sichtweise des Kanalnetzbetreibers erstellt, berücksichtigt jedoch im Sinne des ganzheitlichen Ansatzes auch die Belange weiterer Beteiligter im öffentlichen Straßen- und Wegeraum (z. B. Versorgungsnetze, Straßenbaulastträger). Ziel ist das Wiederherstellen des geforderten Zustandes gemäß den Anforderungen nach DIN EN 752 sowie das Sicherstellen eines nachhaltigen Kanalbetriebs und Werterhaltes der öffentlichen Kanalisation.

Grundsätzlich ist die gemeinsame Betrachtung von öffentlichem Kanalnetz mit öffentlichen und privaten Anschlusskanälen und -leitungen anzustreben. Im Leitfaden wird deshalb der Einfluss der Anschlusskanäle auf die Sanierung des öffentlichen Kanalnetzes dargestellt. Die Sanierungsplanung der öffentlichen und privaten Anschlusskanäle und -leitungen ist nicht primärer Anwendungsbereich des vorliegenden Leitfadens. Wegen der grundsätzlich ähnlichen Funktions- und Betriebsweise können die dargestellten Handlungsempfehlungen, unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenheiten, jedoch auch auf Anschlusskanäle übertragen werden. Ebenfalls ist eine Verallgemeinerung auf Leitungsnetze möglich.

2.2 Hinweise zur Anwendung

Bei der Verwendung des Leitfadens soll beachtet werden, dass auf Grund der ortsspezifischen Randbedingungen jedes Kanalnetzes zwar Grundsätze der Bearbeitung, jedoch kein pauschales Vorgehen empfohlen werden kann. Nicht in jedem Kanalnetz sind sämtliche dargestellten Aspekte, Anforderungen und Ziele von Bedeutung. Umfang, Inhalte und Ziele einer ganzheitlichen Kanalsanierungsstrategie sind deshalb im Einzelfall auf das Kanalnetz und die ortsspezifischen Randbedingungen anzupassen.



3 Anforderungen und Rahmenbedingungen

In Siedlungsgebieten anfallendes Niederschlagswasser ist gefahr- und schadlos zu entsorgen. Dabei handelt es sich um eine öffentliche Aufgabe (Daseinsvorsorge), deren Anforderungen in einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Regelwerken beschrieben wird (s. Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Allgemeine Quellen für Anforderungen an die Entwässerungsanlage

Quelle	Inhalt	Hinweis
WHG und StGB	Wasserhaushaltsgesetz als übergeordnete Quelle für Anforderungen, insbesondere §1, §7, §18; §22 WHG sowie §324 StGB (Gewässerverunreinigung)	Anhang 1.1
Länderwassergesetze (LWG)	Landesspezifische Regelungen in Landeswassergesetzen	Anhang 1.2
Länderspezifische Verordnungen	Länderspezifische Regelungen in Eigenkontrollverordnungen oder Verwaltungsvorschriften	Anhang 1.3
Technische Regelwerke	z. B. DIN-Normen, DWA-Arbeits- und Merkblätter	Anhang 1.4
Sonstiges	Sonstige Regelungen des gemeindlichen Ortsrechts (z.B. Entwässerungssatzungen und Ordnungen)	-

Gemäß der DIN EN 752 [44] sind an ein saniertes Kanalnetz die gleichen Anforderung zu stellen wie an ein neues (Alt = Neu). Ziel ist, einen ausreichenden Entwässerungskomfort (schadlose Ableitung des Oberflächenwassers) zu erreichen und gleichzeitig die vorhandenen Mittel optimiert einzusetzen. Dabei müssen auch die Belange des Gewässerschutzes (z. B. entlastete Schmutzfrachten) berücksichtigt sowie die Risiken für die öffentliche Gesundheit und das Betriebspersonal minimiert werden. Entsprechend der dreigliedrigen Vorgehensweise nach DIN EN 752 gelten die in Tabelle 3.2 dargestellten Anforderungen.



Tabelle 3.2: *Spezielle Anforderungen für Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden im Hinblick auf die Erarbeitung von Sanierungsstrategien*

Inhalt		Gesetze und Regelwerke
Bau und Betrieb	Kanäle und Bauwerke müssen stand- und betriebssicher sein, um einen gefahrlosen Kanalbetrieb zu gewährleisten	DWA Hinweise, WHG
	Kanäle und Bauwerke müssen dicht sein, um das Eindringen von Fremdwasser (Infiltration) zu vermeiden	DWA Hinweise (z. B. ATV-A 139, ATV-DWWK-M 143-3) AbwAG, BLfW-Merkblatt 4.3/6
	Kanäle und Bauwerke müssen in regelmäßigen Abständen überwacht und kontrolliert werden	Eigenkontrollverordnungen der Länder DWA-Hinweise zum Betrieb (z. B. ATV-A 147, ATV-M 143)
Hydraulik	Überflutungssicherheit, Nachweis für 1-mal in 10 bis 50 Jahren, Abhängig von der Bebauungsart	DIN EN 752-2
	Überstausicherheit für Bestand und Sanierung, Nachweis für 1-mal in 2 bis 10 Jahren, abhängig von Anforderung und Bebauungsart	ATV-A 118
Umwelt	Besondere Anforderungen in wasserwirtschaftlich kritischen Bereichen (z. B. Wasserschutzzonen, Überschwemmungsgebiete)	§19 und §32 WHG
	Durch das Betreiben von Abwasseranlagen darf generell keine Beeinträchtigung bzw. Veränderung eines Gewässers erfolgen	§72 WHG, Umsetzung in ATV-A 142 und A 146
	Kanäle und Bauwerke müssen dicht sein, um Verunreinigung des Grundwassers (§7 WHG) zu vermeiden (Exfiltration) Nachweis der Kanaldichtheit, je nach Bundesland optische Inspektionen oder spezielle Dichtheitsprüfungen	§7 WHG, länderspezifische Regelungen, s. Anhang 1.3
	Gewässerunreinigung durch Einleitungen aus Kanalisation oder Kläranlage sind zu vermeiden, Anforderungen in Abhängigkeit des Schutzbedürfnisses des Vorfluters	§18b WHG, Überwachungsstellen, ATV-A 128, M 153, BWK-M 3



4 Definitionen

4.1 Defizit

Entsprechend der Vorgehensweise in DIN EN 752 (s. Anhang 2) wird die Festlegung der Anforderungen sowie die Feststellung und Bewertung des Ist-Zustandes empfohlen. Als Defizit bzw. Mangel wird die Abweichung des Ist-Zustandes von den Anforderungen verstanden.

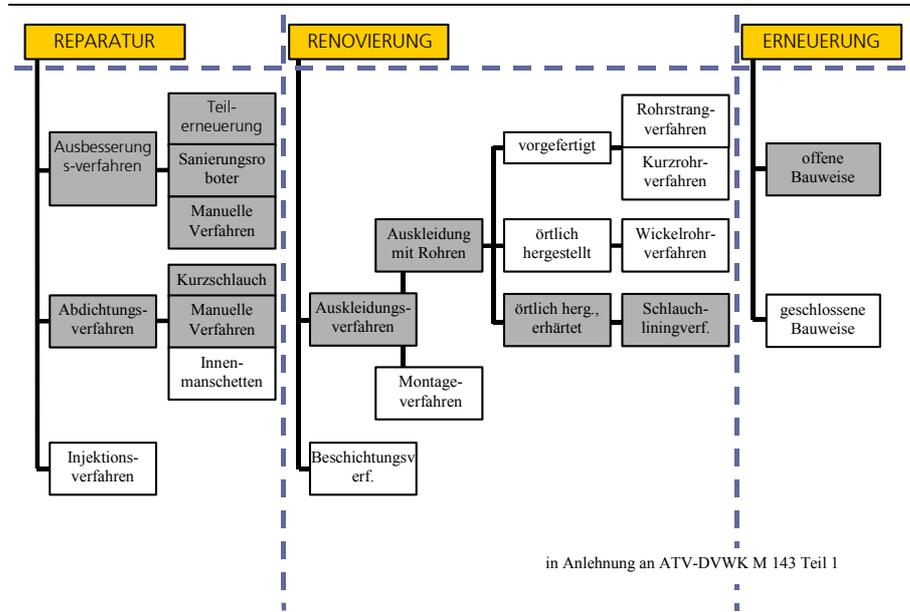
4.2 Sanierung, Sanierungsarten und -verfahren

Unter **Sanierung** sind nach der Definition der DIN EN 752 - 1 [44] „alle Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen“ zu verstehen. Zur Sanierung von Kanälen stehen zahlreiche **Sanierungsverfahren** zur Verfügung. Sie sind u. a. von Stein [99] umfangreich dokumentiert worden und umfassen sowohl Verfahren der Innensanierung als auch der offenen und geschlossenen Bauweise. Nach DIN EN 752-5 [47] werden die Sanierungsverfahren nach **Sanierungsarten** wie folgt differenziert:

- **Reparaturmaßnahmen:** „Alle Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden“ [47]. Es ist zu beachten, dass auch Teilerneuerungen nach [47] als Reparaturen gelten.
- **Renovierung:** „Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen und -kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz“ [47].
- **Erneuerung:** „Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen“ [47]. Dabei werden eine oder mehrere Kanalhaltungen mit zugehörigen Bauwerken hergestellt. Der aus hydraulischen Gründen erforderliche Austausch einer Haltung wird als **Erweiterung** bezeichnet.



Die Einteilung der Sanierungsverfahren nach Sanierungsarten zeigt Abbildung 4.1.



in Anlehnung an ATV-DVWK M 143 Teil 1

Abbildung 4.1: Klassifikation der Sanierungsverfahren nach Sanierungsart sowie im Verbundprojekt KANSAS verwendete Sanierungsverfahren (grau hinterlegt)

4.3 Ganzheitliche generelle Sanierungsplanung (GSP)

Im Rahmen der **generellen Sanierungsplanung** werden, unter Berücksichtigung der Netzzusammenhänge und Ursachen, haltungsweise

- mögliche, technisch sinnvolle, Sanierungsalternativen ermittelt und mit Kosten und Nutzungsdauern zusammengestellt,
- die Entscheidung zwischen den Sanierungsarten Reparatur, Renovierung und Erneuerung getroffen und
- die Rangfolge von Sanierungsmaßnahmen in Form von Sanierungsprioritäten bestimmt.

Die Entscheidungsfindung baut auf den in diesem Planungsstadium verfügbaren Informationen (z. B. örtlichen Randbedingungen) sowie Nachbarhaltungen auf. Die *generelle Sanierungsplanung* gibt den Überblick über Lage, Dringlichkeit, Art und Kosten von erforderlichen Sanierungsmaßnahmen und stellt damit einen zentralen Planungsschritt zur Ermittlung von Kostenbudgets sowie zur planvollen und effizienten Umsetzung der Beseitigung der festgestellten Defizite dar. Darauf



aufbauend werden bei der **ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung (GSP)**, zusätzlich zu den technischen Zielen des Kanalnetzbetreibers, weitere Randbedingungen und Einflussfaktoren berücksichtigt. Darunter fallen z. B.:

- Planungen und Ziele weiterer Beteiligter (Mehrpartenansatz, z.B. Straßenerneuerung, Versorgungsnetze),
- Zustand und Sanierungsmaßnahmen der öffentlichen/privaten Anschlusskanäle und -leitungen (Fiedler [52], Rabe [91]),
- funktionelle Umgestaltung des Kanalnetzes (Willeitner et. al. [106]),
- Berücksichtigung der Überflutungssicherheit (Braunschmidt [30]),
- Berücksichtigung weiterer Ziele des Netzbetreibers (z. B. Fremdwassersanierung, Substanzwertstrategie usw., s. Milojevic et. al. [76], DWA-M 143, Teil 14 [50], Leikam [74], Wolf [110]).

Mit der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung werden im Netzüberblick grundsätzliche Verfahrensentscheidungen getroffen, Kosten zusammengestellt und die flächendeckende Sanierung als Rahmenplanung vorbereitet. Die GSP ist die Grundlage für die Erarbeitung der Sanierungsstrategie.

4.4 Sanierungsentwurf

Aufbauend auf die GSP wird in der Entwurfsplanung eine objektgenaue Grundlagenermittlung sowie Ausarbeitung der darin erarbeiteten Verfahren durchgeführt. Hier findet eine detaillierte Massen- und Kostenermittlung sowie die Festlegung auf das Sanierungsverfahren statt. Die GSP ersetzt damit nicht die Entwurfsbearbeitung.

4.5 Nutzungsdauer

Nach DIN 31051 [41] wird die Nutzungsdauer über den Zeitraum, in dem „eine bestimmungsgemäße und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende Verwendung einer Betrachtungseinheit“ erfolgt, definiert. Sie wird als Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt der Erstellung (t_0) und dem Zeitpunkt der Außerbetriebnahme oder Erneuerung (t_{ern}) angegeben. Je nach Zielsetzung und Aufgabenstellung existieren die in Tabelle 4.1 dargestellten unterschiedlichen Nutzungsdauer-Begriffe.



Tabelle 4.1: Unterschiedliche Nutzungsdauerbegriffe und deren Definitionen

Nutzungsdauer	Beschreibung
Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer $ND_{betr.}$	Zeitraum, „in dem das Wirtschaftsgut mit einiger Sicherheit bei üblicher Nutzung für den Betrieb brauchbar sein dürfte“ [7]. Berücksichtigung von Verschleiß, Einbaubedingungen und -ausführung, Ist-Zustand, Zurückbleiben hinter dem technischen Fortschritt, wirtschaftliche Entwertung sowie andere „individuelle Umstände“ (s. DWA-A 133). Ist diese bekannt, soll sie als kalkulatorische Nutzungsdauer verwendet werden.
Kalkulatorische Nutzungsdauer ND_{kalk}	Nutzungsdauer, die für die Ermittlung des Abschreibungssatzes für die Gebührenkalkulation verwendet wird. Sie soll der tatsächlichen, im konkreten Netz erwarteten Lebensdauer ($ND_{betr.}$) entsprechen.
Technische Nutzungsdauer ND_{techn}	Zeitraum, in dem ein Wirtschaftsgut durch geeignete Instandhaltungsmaßnahmen in Betrieb gehalten werden kann.
Wirtschaftliche Nutzungsdauer $ND_{wirtsch}$	Zeitraum, in dem die für die Instandhaltung anfallenden Kosten den Nutzen einer Erneuerung noch nicht übersteigen.
Verfahrenstechnische Nutzungsdauer ND_{verf}	Zeitraum, in dem die Anlage die an sie gestellten funktionalen Anforderungen erfüllt
Zustandsabhängige Nutzungsdauer ND_{zust}	Die für eine konkrete Haltung unter Berücksichtigung ihres Zustandes, der Anforderungen und der Randbedingungen voraussichtlich zu erwartende Nutzungsdauer. Sie bildet die Grundlage zur Ermittlung der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer $ND_{betr.}$ bzw. zur Bestimmung der mittleren Nutzungsdauer als Netz-Kennzahl.
Nutzungsdauer eines Sanierungsverfahrens $ND_{San.-Verf.}$	Zeitraum zwischen Durchführung der Sanierung eines Schadens durch ein bestimmtes Sanierungsverfahren und entweder notwendiger Wiederholungssanierung oder Ablauf der wirtschaftlichen Nutzungsdauer
Restnutzungsdauer RND	Ab dem Betrachtungszeitpunkt noch verbleibender Zeitraum bis zum Ende der Nutzungsdauer (Nutzungsdauer abzüglich Alter).

4.6

Substanzwert

Der Substanzwert (SW) stellt den materiellen Wert eines gebrauchten Wirtschaftsgutes, eines Kanalnetzes oder einer Haltung unter Berücksichtigung seines Alters sowie ggf. vorhandener Mängel dar. Er wird in jeweils aktuellen Preisen ausgedrückt und ist ein Maß für die zukünftige Entwicklung der Kanalnetzsubstanz sowie zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der gewählten Sanierungsstrategie. Einflussgrößen für den Substanzwert sowie dessen Verlauf sind [50]:

- Schädigung einer Haltung und damit verbundener, ggf. wiederkehrender Sanierungsaufwand,
- Restnutzungsdauer im Verhältnis der mittleren Nutzungsdauer einer gleichartigen Haltung,
- Künftig geplante Sanierungen und deren Einfluss auf den Substanzwert.



Zum Zeitpunkt der ordnungsgemäßen Erstellung ist der Substanzwert einer Haltung gleich dem Wiederbeschaffungswert. Zum Zeitpunkt der Außerbetriebnahme der Haltung ist der Substanzwert verbraucht und beträgt Null. Der **relative Substanzwert** als Verhältnis von Substanzwert zum Wiederbeschaffungswert eignet sich zur Bewertung eines Netzes sowie zum Netzvergleich.

4.7 Strategie

Der in den meisten Kanalnetzen vorgefundene Zustand und die für eine Sanierung i. d. R. nur knapp verfügbaren Investitionsmittel führen dazu, dass die ganzheitliche Kanalsanierung zu einer generationsübergreifenden Aufgabe wird. Deren Umsetzung ist nur über längere Zeiträume durch eine strategische, vorausplanende Handlungsweise möglich. Strategie wird dabei nach [50] als die „*Planung einer Konzeption zur Erreichung eines Ziels*“ verstanden (Froitzheim [55]). Neben den technischen und gesetzlichen Anforderungen sind auch betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte sowie Umfang und zeitliche Abfolge geplanter Maßnahmen von Bedeutung.

5 Ganzheitliche Generelle Sanierungsplanung

5.1 Ermittlung des Handlungsbedarfes

Im Rahmen der Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes sind alle vorhandenen Informationen über das Entwässerungssystem zusammenzutragen sowie ggf. zu aktualisieren. Für die Feststellung des Ist-Zustandes werden meist die in Tabelle 5.1 dargestellten Kenntnisse benötigt, sofern entsprechende Defizite vorhanden sind. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um hydraulische, bauliche, betriebliche und umweltrelevante Daten bzw. Untersuchungen. Der Handlungsbedarf (Sanierungsbedarf) ergibt sich aus dem Vergleich der Anforderungen mit der Feststellung des Ist-Zustandes (s. Anhang 2 bzw. Ablaufdiagramm der DIN EN 752, Teil 5).

Je vollständiger die Grundlagen sind, desto umfassender und aussagekräftiger wird die Sanierungskonzeption. Für die Festlegung und Beurteilung des Ist-Zustandes liegen neben den Hinweisen in DIN EN 752 - 5 auch umfassende Arbeitshilfen der DWA (ATV-DVWK) vor.



Tabelle 5.1: *Benötigte Kenntnisse für eine umfassende Beurteilung des Ist-Zustandes*

Bereich	Beschreibung	Quelle
Grundlagen Kanalnetz	Überblick über das Kanalnetz mit allen Objekten (Schächte, Haltungen, Sonderbauwerke, Einleitungsstellen, Abwasserbehandlungsanlagen)	Bestandsunterlagen, Kanalkataster
Baulicher Zustand	Erfassung der optisch sichtbare Schäden	Optische Zustandserfassung
	Dringlichkeiten der baul. Schadensbehebung, möglichst differenziert nach Dichtheit, Stand- und Funktionssicherheit	Bauliche Zustandsbewertung
Hydraulischer Zustand	Hydraulische Berechnungen zur Bestimmung von hydraulisch gefährdeten Bereichen sowie deren Wiederkehrzeiten	Generalentwässerungsplan, hydraulische Berechnungen und Bewertungen
Umwelt	An den Einleitungsstellen vorhandenen Entlastungsmengen, Wiederkehrzeiten und -frachten	Schmutzfrachtberechnung
	Optisch nicht sichtbare Undichtheiten	Dichtheitsprüfung, Dichtheitsmodelle

Dem festgestellten Handlungsbedarf werden Prioritäten zugewiesen, welche die Dringlichkeit der Beseitigung des Defizits ausdrücken. Dabei gelten folgende Grundsätze:

- Maßnahmen in aus wasserrechtlicher Sicht kritischen Bereichen haben absoluten Vorrang,
- Gewässerschutz ist höher zu bewerten als Entwässerungskomfort, d. h. undichte Kanäle haben eine höhere Sanierungspriorität als hydraulisch überlastete,
- gesetzliche Auflagen stehen vor (Wunsch)Vorstellungen des Netzbetreibers.

Bei der Bewertung des baulichen Zustandes sollen folgende Randbedingungen berücksichtigt werden:

- bewertungskritische Besonderheiten: Wasserschutzzonen, hydraulische Verhältnisse, Statik, Betrieb,
- abwassertechnische Situation: Abwasserart, Funktion und Bedeutung des Kanals, konstruktive Merkmale, Alter des Kanals,
- periphere Situation: Boden-, Grundwasser- und Oberflächenverhältnisse,
- weitere umweltrelevante Aspekte



5.2 Risikobetrachtung

Wird der Handlungsbedarf missachtet und keine Behebung der Defizite durchgeführt, entstehen die in Tabelle 5.2 dargestellten Risiken.

Tabelle 5.2: *Mögliche Risiken eines nicht den Anforderungen entsprechenden Kanalnetzes*

Art	Beschreibung
Generell	Verminderung der Betriebssicherheit, erhöhtes Risiko von Betriebsstörungen und erhöhten Betriebskosten, erschwerter Kanalbetrieb, Gefahr von Sach- und Personenschäden mit dem Risiko von Haftungsansprüchen
Undichtheiten (Exfiltration)	Umweltrelevantes Risikopotenzial durch Exfiltrationen, Gefahr von Ausspülungen und dadurch ausgelösten Versackungen und Einbrüchen, Risiko einer eingeschränkten Funktionssicherheit, Gefahr von Sach- und Personenschäden bzw. entsprechenden Haftungsansprüchen.
Standsicherheit	Gefahr des Kanaleinbruchs und damit Risiken von Sach- und Personenschäden.
Hydraulische Defizite	Gefahr von durch Überlastungen, Rückstau oder Austritten von Abwasser an der Oberfläche ausgelösten Schäden, Beeinträchtigungen des Verkehrs und der Anwohner, in Kombination mit baulichen Schäden (z. B. Querschnittsverengungen) erhöhtes Risiko für Schäden durch Überflutung.
Undichtheiten (Infiltration)	Erhöhung des Fremdwasseranteils, erhöhte Betriebskosten, Risiko einer eingeschränkten Funktionsfähigkeit der Abwasserbehandlungsanlage

Werden die im Kanalnetz vorhandenen Defizite nicht oder unzureichend behoben, ist ein sicherer und planmäßiger Kanalbetrieb nicht gewährleistet. Statt vorbeugend agieren zu können, wird der Kanalnetzbetreiber gezwungen, jeweils auf unvorhergesehene Störungen zu reagieren. Da das Risiko der Störungen mit den Defiziten zunimmt, besteht die Gefahr, dass die erbrachten Aufwendungen im Kanal zunehmend der notdürftigen Aufrechterhaltung des Betriebes dienen und eine zielgerichtete Planung der Arbeiten und Entwicklung der Anlage erschwert oder unmöglich wird. Wird statt allen Defiziten nur ein eingeschränkter Umfang beseitigt, bleiben Risiken im Kanalnetz. Bei entsprechender Auswahl des Sanierungsumfanges können jedoch die oben dargestellten Risiken erheblich gemindert werden.

Ohne Kenntnis der Defizite und Ursachen im Kanalnetz ist eine Entwicklung des Kanalnetzes nicht möglich. Sollen z. B. Gebiete ans Netz angeschlossen werden, können ohne die umfassende Kenntnis der hydraulischen Zustände keine Aussagen zur Art und Weise der Erschließung sowie erforderlichen Randbedingungen gemacht werden. Durch Igno-



rieren der Defizite wird ein gestaltendes Handeln unmöglich. Ohne die umfassende Kenntnis des Gesamtsystems in baulicher, hydraulischer und umweltrelevanter Hinsicht steigt das Risiko für Fehlinvestitionen bei der Sanierung einzelner Abschnitte mit erheblichen finanziellen Auswirkungen (s. Kapitel 5.9).

Grundsätzlich wünschenswert ist die Kenntnis des Zustandes der Anschlusskanäle und –leitungen und deren Berücksichtigung in der GSP. In den meisten Fällen stehen jedoch keine flächendeckenden Daten zur Verfügung. Damit entsteht das Risiko von Fehlentscheidungen bei der Verfahrensauswahl im Straßenkanal. Es können jedoch mit entsprechender Analyse das Risiko minimiert sowie Mängel identifiziert werden, in denen eine Anschlusskanaluntersuchung erforderlich ist (s. Kapitel 6.4.7.2 und KANSAS)

5.3 Benötigte Grundlagen

5.3.1 Kanalkataster

Tabelle 5.3: Benötigte Kanalordnungs- und Stammdaten – Mindestanforderung und zusätzlich wünschenswerte Informationen

Information		Bemerkung
X	Ordnungsbegriff(e)	eindeutige Haltungsbezeichnung, z.B. Anfangs- und Endschnittpunkt und/oder Kanal- und Haltungsnummer
X	geografische Lage des Objektes	Koordinaten Haltungsanfang, -ende
X	Höhenlage der Haltung	Sohl- und Geländehöhen
X	Länge der Haltung	Haltungs- / Rohrlänge
X	Kennzeichnung der Fließrichtung	sofern nicht über Ordnungsbegriffe definiert
X	Profilgeometrie	Form und Abmessungen
X	Rohrmaterial	
X	Baujahr	Jahreszahl, mindestens Jahrzehnt
X	Kanalart	Druckleitung, Freispiegelkanal usw.
X	Entwässerungskennzeichen	MW / RW / SW
o	Straßenbezeichnung	
o	Ortsteil	
o	Innenschutz	
o	Einzugsgebietszuordnung	
o	Eigentumsverhältnisse	
o	Datenherkunft	
o	Randbedingungen	
	...	

Dringlichkeit X: Mindestens erforderlich o: zusätzlich wünschenswert



Grundlage für die generelle Sanierungsplanung ist ein Kanalkataster, in dem lückenlos Informationen über die Lage aller Kanalnetzobjekte (Schächte, Haltungen, Sonderbauwerke) sowie Ordnungs- und Stammdaten wie Objektnummer, Höhen, Material, Profilangaben usw. vorhanden sind. Im Hinblick auf die ganzheitliche Sanierungsplanung werden mindestens die in Tabelle 5.3 mit X gekennzeichneten Haltungeninformationen benötigt. Zusätzliche Informationen sind für die Bearbeitung hilfreich.

Je nach Zielsetzung sind auch die Anschlusskanäle und -leitungen entsprechend zu erfassen (s. Kapitel 5.3.2.3). Hinweise für die Aufstellung eines Abwasserkatasters gibt u.a. [51].

5.3.2 Anforderungen an die Datenbasis

5.3.2.1 Ordnungsbegriffe

Für die GSP sind, insbesondere bei EDV-gestützter Bearbeitung, eindeutige Ordnungsbegriffe in den verwendeten Daten zwingend erforderlich. Hierfür bieten sich Schacht-, Kanal- und Haltungennummern an, die entweder vorhanden sind oder bereits im Vorlauf bei der Sichtung der Bestandsunterlagen in Form eines Kanalstrukturplanes vergeben werden. Sie ermöglichen die Zuordnung von Kanaldaten, eine eindeutige Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen und die Kommunikation zwischen allen Beteiligten.

5.3.2.2 Aktualität

Der Bearbeitung der GSP sind möglichst aktuelle Grundlagen zu Grunde zu legen. Zentrale Bedeutung hat ein aktuelles Kanalkataster, das den zum Bearbeitungsstichtag vorhandenen Kanalbestand enthält. Zudem sollen alle weiteren verwendeten Daten (Zustandsbewertung, Vermögensbewertung usw.) auf dem gleichen Stand sein. Da dies jedoch bereits auf Grund des Zeitbedarfs für die Zustandserfassung und der Vielzahl von unterschiedlichen Informationen in der Praxis nur in Ausnahmefällen möglich sein wird, muss i. d. R. mit älteren Daten sowie unterschiedlichen Aktualitäten gearbeitet werden. Anhand der in Tabelle 5.4 dargestellten Checkliste kann eine Überprüfung der Aktualität der verwendeten Datenquellen durchgeführt und im Bedarfsfall notwendige Ergänzungen vorgenommen werden.



Tabelle 5.4: *Checkliste für die Überprüfung der Aktualität der verwendeten Grundlagen*

Prüfung	Beispiele
Datenkonsistenz	Sind die in den ggf. unterschiedlichen Datenquellen verwendeten Ordnungsbegriffe konsistent, d. h. ist eine eindeutige Verknüpfung zwischen unterschiedlichen Datenquellen möglich ?
Veränderungen der Kanalstruktur	Sind Veränderungen in der Kanalstruktur bekannt und eingearbeitet (z. B. Auflösen oder Herstellen von Netzvermaschungen) ?
Veränderungen im Kanalnetz	Sind Veränderungen im Kanalnetz durch Baumaßnahmen bekannt und eingearbeitet (z. B. Neubaumaßnahmen) ?
Durchgeführte Sanierungen	Sind bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen bekannt und eingearbeitet (Renovierungen, Robotereinsätze, Erweiterungen, Auswechslungen, die eine Veränderung des erfassten baulichen oder hydraulischen Zustandes bewirken) ?
Anforderungen	Haben sich die Anforderungen an eine verwendete Datengrundlage geändert (z. B. verwendete Modellregen bei Übernahme eines GEPs, geänderte Wiederkehrzeiten o. ä.) ?
Randbedingungen	Haben sich maßgebliche Randbedingungen, die in bereits vorhandenen Grundlagen angesetzt wurden, verändert (z. B. Vorfluterwasserstände, Bebauung) ?
Aktualität der verwendeten Daten	Wurde nach baulichen Änderungen am Kanalnetz (z. B. Sanierung von Schäden, Ergänzungen am Kanalnetz) das Kanalinformationssystem aktualisiert? Empfohlen: Ständige Aktualisierung des Kanalinformationssystems, Zustandsdaten nicht älter als 5 a, in Ausnahmefällen nicht älter als 10 a

Vorhandene Kanaldaten müssen regelmäßig aktualisiert werden. Oft hinkt die Aktualisierung der Datenbanken dem Baugeschehen hinterher. Werden Zustandsdaten verwendet, die älter als 5 a sind, soll unbedingt eine Einzelfallbewertung durchgeführt werden. Es ist zu beurteilen, in welchem Ausmaß sich inzwischen Veränderungen ergeben haben können und inwieweit sich diese auf die Ergebnisse der ganzheitlichen Sanierungsplanung auswirken.

5.3.2.3 Qualität

Die Qualität der Planungsergebnisse wird maßgeblich von der Güte der Ausgangsdaten beeinflusst. Je nach angestrebtem Sanierungsziel ist sicherzustellen, dass der Mindestumfang der Kanalstammdaten sowie der Zustandsinformationen eine verlässliche Grundlage für die Bearbeitung der ganzheitlichen Sanierungsplanung und -strategie bildet. Die in Tabelle 5.5 dargestellte Checkliste erleichtert die Überprüfung der Datenqualität.



Tabelle 5.5: *Checkliste für die Überprüfung der Qualität der verwendeten Grundlagen*

Prüfung	Beispiele
Anforderungen und Kontrolle der Zustandserfassung	Definition der Anforderungen und Qualifikation des Untersuchers, frühzeitige Kontrolle der Ergebnisse, Stichprobenkontrolle, Alter der Zustandserfassung; Einsparungen in diesem Bereich führen zu unbrauchbaren Daten.
Genauigkeit	Stimmen die vorhanden Genauigkeiten mit den Zielen des Netzbetreibers überein (z. B. Höhenangaben und Lagekoordinaten für eine hydraulische Berechnung)?
Konsistenzprüfung	Konsistenz und Eindeutigkeit der Ordnungsbegriffe einer bzw. mehrerer Datenquellen
Plausibilitätsprüfungen	Prüfung auf offensichtliche Fehler oder „unübliche Datenlage“, z. B. im Hinblick auf negative Sohlsprünge, ausreichende Überdeckung, Gegengänge, Übereinstimmung Abmessung Rohrmaterial, Profilhöhenverlauf in Fließrichtung
Querprüfungen	Plausibilitätsprüfungen durch Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen, ggf. Auswahl der für eine Information verlässlichsten Quelle

5.4

Sanierungsziele

Vor Beginn der Bearbeitung hat der Netzbetreiber die Sanierungsziele festzulegen. Grundsätzlich sollen kurzfristig alle schwerwiegenden Defizite erfasst und saniert werden. Mittel- bis langfristig sollen alle weiteren Defizite in der Sanierungsplanung berücksichtigt und behoben werden, sodass schließlich ein stand- und betriebssicheres sowie den Umwelanforderungen entsprechendes Kanalnetz erreicht wird. Je nach individueller Zielsetzung des Netzbetreibers können weitere Ziele in Form von Prioritäten in der Beseitigung der Defizite definiert werden. Tabelle 5.6 zeigt mögliche weitere Sanierungsziele.



Tabelle 5.6: Mögliche weitere Sanierungsziele des Netzbetreibers

Ziel	Beschreibung	Zieldefinition
Gefahrenabwehr	Besondere Gewichtung definierter Schäden oder Haltungen unter Berücksichtigung der Randbedingungen (z. B. in Wasserschutzgebieten)	Festlegen des zu beseitigenden baulichen Sanierungsumfanges, z. B. Schadensmerkmale, Schadensklassen oder Zustandsklasse der Haltung
Fremdwasserreduktion	Besondere Priorität auf Beseitigung von Infiltrationen	Festlegen der Kriterien zur Bestimmung von vordringlichen Haltungen
Betriebs-, Stand- oder Funktionssicherheit	Besondere Priorität auf Betriebs-, Stand- oder Funktionssicherheit (z. B. Beseitigung aller Hindernisse und Querschnittsverengungen)	Definition der Schadensmerkmale
Hydraulische Sanierung – Überstausicherheit	Gewährleistung von Überstausicherheit	Festlegen der Sicherheitsanforderungen (s. hydraulische Sanierung)
Hydraulische Sanierung - Überflutungsschutz	Gewährleistung von Überflutungssicherheit, insbesondere bei flachen und seichten Netzen	Festlegen der Sicherheitsanforderungen (s. Überflutungsnachweise)
Zustand der Anschlusskanäle	Berücksichtigung des Zustandes der Anschlusskanäle / gleichzeitige Sanierung öffentliches Kanalnetz – Anschlusskanäle	Festlegen von Gebieten, Kriterien und Anforderungen (s. Anschlusskanäle)
Berücksichtigung weiterer Spartenbetreiber	Koordinierung mit weiteren Beteiligten, Nutzung von monetären und nichtmonetären Synergieeffekten	Festlegung der Gebiete, Kriterien und Anforderungen (s. Mehrspartenstrategie)
Berücksichtigung der Dichtheit	Einbeziehen der optisch nicht feststellbaren Undichtheiten in die GSP	Festlegung der Anforderungen zur Bewertung der Dichtheit und deren Auswirkungen auf die GSP

5.5 Bauliche Sanierung

5.5.1 Sanierungsumfang

Organisatorische, technische oder finanzielle Gründe können dazu führen, dass vorerst nur ein eingeschränkter Sanierungsumfang realisierbar ist. In diesem Fall wird die Zustandsstrategie angewandt (s. Kapitel 6.4 und [50]). Mit vorgegebenen Zwischenzielen (s. Tabelle 5.6) wird der gesamte Sanierungsumfang mehreren Zeitabschnitten zugeordnet. Dringender Sanierungsbedarf ist im Sinne der Gefahrenabwehr kurzfristig und nachgeordneter Sanierungsbedarf anschließend zu realisieren. Die vorerst nicht behobenen Schäden müssen nach Abschluss der ersten Sanierungsphase nachgeholt werden. Grundsätzlich sind zwei Vorgehensweisen zur Definition des Sanierungsumfanges möglich:



- **Haltungsorientiertes Sanierungsziel:** Definierte Sanierungsprioritäten, ggf. in Kombination mit Schadensdefinitionen. Innerhalb einer Haltung werden grundsätzlich alle Schäden beseitigt.
- **Schadensorientiertes Sanierungsziel:** Definierte Schäden (in Abhängigkeit von Schadensart, Umfang und Dringlichkeit). Nachgeordnete Schäden werden außer Acht gelassen und in einer zweiten Sanierungsphase behoben.

Bei der Auswahl des baulichen Sanierungsumfanges wird empfohlen, Voruntersuchungen durchzuführen, bei denen unterschiedliche Umfänge bewertet werden. Kriterien für die Bewertung können sein:

- Sanierungskosten (s. Abbildung 5.1),
- Zu sanierende geschädigte bzw. Haltungslänge,
- Kosten-Nutzen-Analyse (s. Abbildung 5.2),
- Substanzwertentwicklung des Kanalnetzes (s. Kapitel 6).

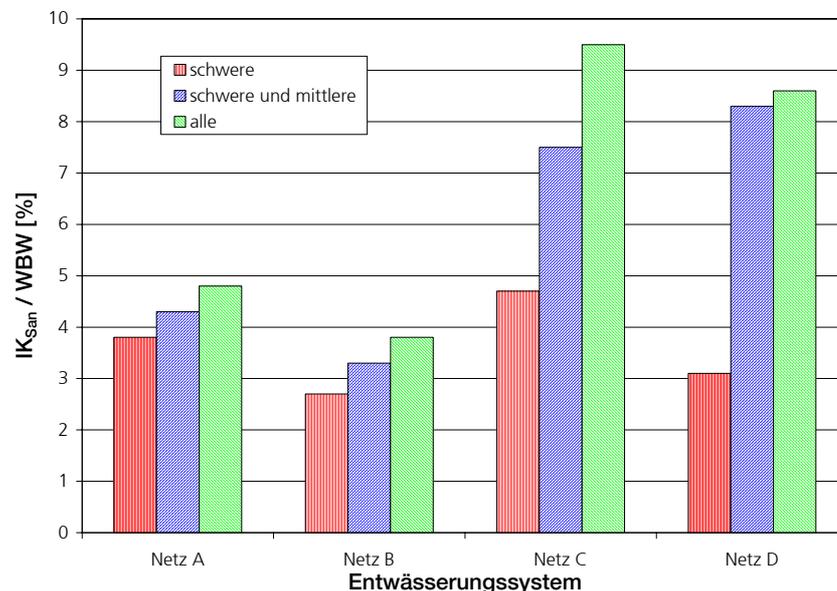


Abbildung 5.1: Vergleich der Sanierungskosten unterschiedlicher Sanierungsumfänge (Definition über Schadensklassen) im Verhältnis zum Wiederbeschaffungswert der Kanalnetze

Abbildung 5.1 zeigt die Ergebnisse einer Voruntersuchung am Beispiel von vier Einzugsgebieten für die Sanierungsvarianten schwere Schäden (SK 1 und SK 2), schwere und mittlere (SK 1 bis SK 3) sowie alle Schäden. Durch die geringen Kostendifferenzen bietet sich in den Netzen A



und B (junge, gering geschädigte Netze) eine Sanierung aller Schäden an, während in den Netzen C und D (alte, schwer geschädigte Netze) dagegen wegen der erheblichen Kostendifferenz eine Beschränkung sinnvoll sein kann.

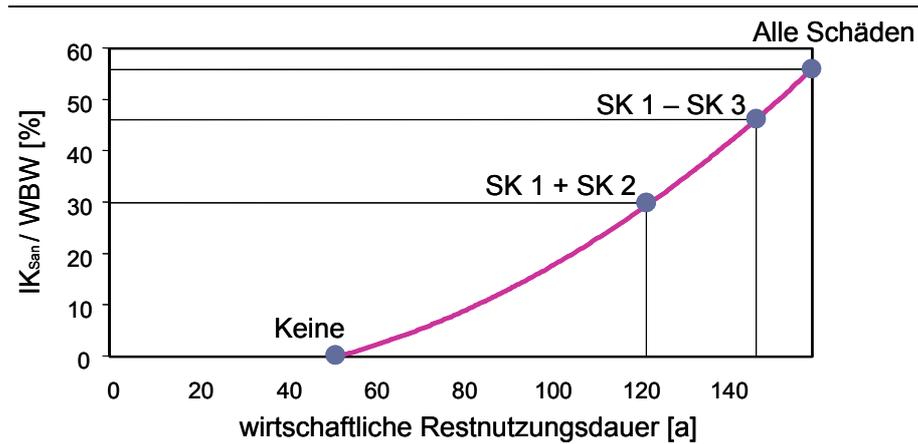


Abbildung 5.2: Kosten-Nutzen-Analyse über die Methode der wirtschaftlichen Restnutzungsdauer zur Bestimmung des Sanierungsumfanges [80]

Eine Kosten-Nutzen-Analyse (s. Abbildung 5.2) zeigt, inwieweit der Zuwachs des Nutzens (wirtschaftliche Restnutzungsdauer) in einem wirtschaftlichem Verhältnis zum Zuwachs der Sanierungskosten steht.

Wird lediglich ein reduzierter Schadensumfang (z.B. SK 1 und 2) vorgesehen, soll bei der Planung von Reparaturmaßnahmen berücksichtigt werden, dass im unmittelbaren Sanierungsbereich vorhandene andere Schäden trotzdem mitbeseitigt werden.

5.5.2 Undichtheiten

DIN EN 752 [47] fordert grundsätzlich die Wasserdichtheit von Entwässerungssystemen. Dichtheitsprüfungen ergänzen den optischen Befund der baulichen Zustandserfassung. Je nach länderspezifischen Verordnungen ist auch die optische Inspektion für den Nachweis der Kanaldichtheit ausreichend. Erfahrungsgemäß liegen nur in Ausnahmefällen Dichtheitsprüfungen vor bzw. werden als Ergänzungsbefund angefertigt. In den meisten Fällen werden flächendeckende Dichtheitsprüfungen für die GSP und Strategieentwicklung sowohl wirtschaftlich als auch zeitlich nicht möglich oder sinnvoll sein.



Für eine GSP und Strategieentwicklung ist die über den optischen Befund hinausgehende Schädigung jedoch im Hinblick auf Sanierungsumfang, -kosten, Wirtschaftlichkeitsberechnung und damit für die Verfahrensauswahl von Bedeutung. Liegen keine Informationen zur tatsächlichen Dichtheit vor, wird empfohlen, die Auswirkungen dieser Informationslücke auf die Wahl von punktuellen bzw. haltungsweisen Sanierungsverfahren zu überprüfen. Entsprechend sollen Haltungen identifiziert werden, bei denen erhebliche, optisch nicht feststellbare Undichtheiten vorhanden sind oder vermutet werden und eine haltungsweise Sanierung sinnvoll ist. Tabelle 5.7 zeigt Möglichkeiten zur Abschätzung der Kanaldichtheit.

Tabelle 5.7: Möglichkeiten zur Beurteilung der Kanaldichtheit

Art	Kriterium	Ansatz
Explizite direkte Ermittlung	Ergebnis der Dichtheitsprüfung	Tatsächliche Dichtheit wird ermittelt
Indirekte Ermittlung durch Ausschlussverfahren	Haltung im Grundwasser	Qualifizierte Vermutung: Keine weiteren Undichtheiten vorhanden
	Haltungen mit Undichtheiten aus optischer Inspektion	Vermutung: Keine weiteren Undichtheiten vorhanden
Prognoseverfahren Muffendichtheit	Dichtheitsmodell <i>DIKANYS</i> , Verifizierung über Stichproben-Dichtheitsprüfungen	Prognose der potenziellen Muffendichtheit in Abhängigkeit von Material, Baujahres, Randbedingungen, Materialentwicklung usw.

Abbildung 5.3 zeigt das Ablaufdiagramm für die Erstellung eines Dichtheitsmodells. Durch Ausschlussverfahren werden Haltungen bestimmt, in denen keine über den optischen Befund hinausgehende Undichtheiten erwartet werden. Anhand von Literaturrecherchen, Kenntnissen der Material- und Muffenverbindungsentwicklung (z. B. aus alten Fassungen der DIN-Normen sowie historischen Arbeitsanweisungen, s. Anhang 3), örtlichen Kenntnissen und Analysen des optischen Schadensbefundes wird ein Dichtheitsmodell aufgestellt. Mit Hilfe von signifikanten Schäden als Indikatoren werden Haltungen identifiziert, in denen auf Grund des optischen Schadensbefundes nicht intakte Rohrverbindungssysteme vermutet werden. In Tabelle 5.8 sind mögliche signifikante Schäden zusammengestellt.



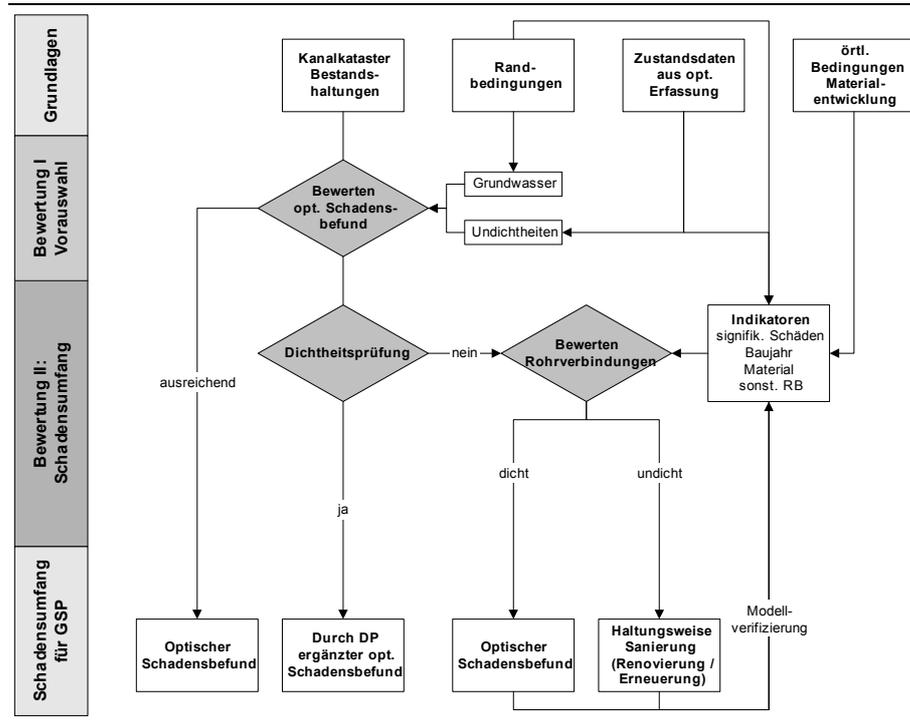


Abbildung 5.3: Ablaufdiagramm zur Erarbeitung eines Dichtheitsmodells (Beispiel DIKANYS [28])

Tabelle 5.8: Beispiele für signifikante Schäden im Muffenbereich, die auf eine potenzielle Undichtigkeit hinweisen (Schadensnotationen nach ATV-M 143, Teil 2 [12])

Schadensbeschreibung	1. Notation	2. Notation
einragende Dichtung	H	G
Inkrustierung (mit Verengung des Abflussquerschnitts)	H	I
Wurzeleinwuchs	H	P
Lageabweichung, horizontal	L	H
Lageabweichung, vertikal	L	V
undichte Rohrverbindung	U	C

In KANSAS wurde festgestellt, dass die Häufigkeit der Schäden in den vor 1975 verlegten Kanälen hinsichtlich ihrer Anzahl bis zu 6 mal und hinsichtlich ihrer Länge bis zu 16 mal höher ist als bei den nach 1975 gebauten Kanälen. Die Abnahme der signifikanten Schäden für vor und nach 1975 verlegte Kanäle zeigt Abbildung 5.4 am Beispiel von Netz B.



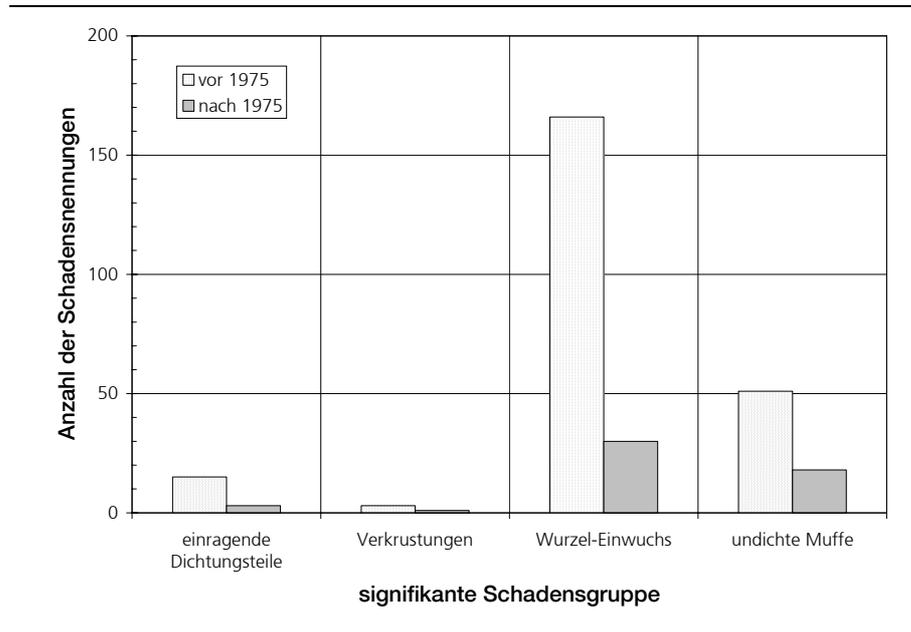


Abbildung 5.4: Anzahl der signifikanten Schäden vor 1975 und nach 1975 – Beispiel Netz B

Bei der Identifizierung und Bewertung von Undichtheiten wird empfohlen, auch die in Tabelle 5.9 dargestellten Randbedingungen zu berücksichtigen.

Tabelle 5.9: Randbedingungen bei der Bewertung von Undichtheiten

Art	Dringlich	Nachgeordnet
Besondere Schutzgüter	Wasserschutzzonen, Überschwemmungsgebiete	Keine Schutzzonen
Abwasserqualität	Schmutz- und Mischwasser	Regenwasser
	Besonders behandlungsbedürftiges Abwasser	weitgehend unbelastetes Niederschlagswasser
Bodenart	Geringer Anteil bindiger Böden, hohe Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers	Hoher Anteil bindiger Böden, geringere Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers
Lage der Haltung zum Grundwasser	Im Grundwasser oder in Grundwassernähe	Deutlicher Abstand zum Grundwasser



5.5.3 Ermittlung der Sanierungsalternativen

Der Entscheidungsprozess zur Wahl der baulichen Sanierungsart einer Haltung nach DIN EN 752-5 ist in Abbildung 5.5 dargestellt. Er hängt von hydraulischen, technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen ab. Die Ermittlung und Bewertung des hydraulischen Zustandes ist in Kapitel 5.6 sowie die Überlagerung mit dem baulichen Zustand detailliert in Kapitel 5.7 dargestellt.

Um die Entscheidungsfindung zu dokumentieren, sollten für jede Haltung alle drei Sanierungsarten ermittelt werden. Dieser gegenüber der DIN EN 752-5 erweiterte Entscheidungsprozess ist in Abbildung 5.6 dargestellt. Mit diesem Vorgehen werden die Voraussetzungen für einen Nachweis der Wirtschaftlichkeit (Kostenvergleichsrechnung) und der Transparenz (begründete Wahl der Sanierungsart) geschaffen.

Für jede der drei Sanierungsarten kann es zahlreiche Alternativen geben. Sie werden von folgenden Randbedingungen bestimmt:

- Attribute der Haltung (z. B. Rohrmaterial und -geometrie, Einbautiefe),
- festgestellte Schäden (z. B. Schadensklasse, -dichte, -typ, -art, -ausmaß, benachbarte Schäden),
- örtliche Randbedingungen (z. B. Grundwasser, Bodenart, Lage der Sparten, Verkehrsdichte),
- Einsatzbedingungen der Sanierungsverfahren (z. B. Rohrgeometrie, max. Einbaulänge, Überlappung der Schäden, max. Schadensausmaß, Grundwasser).



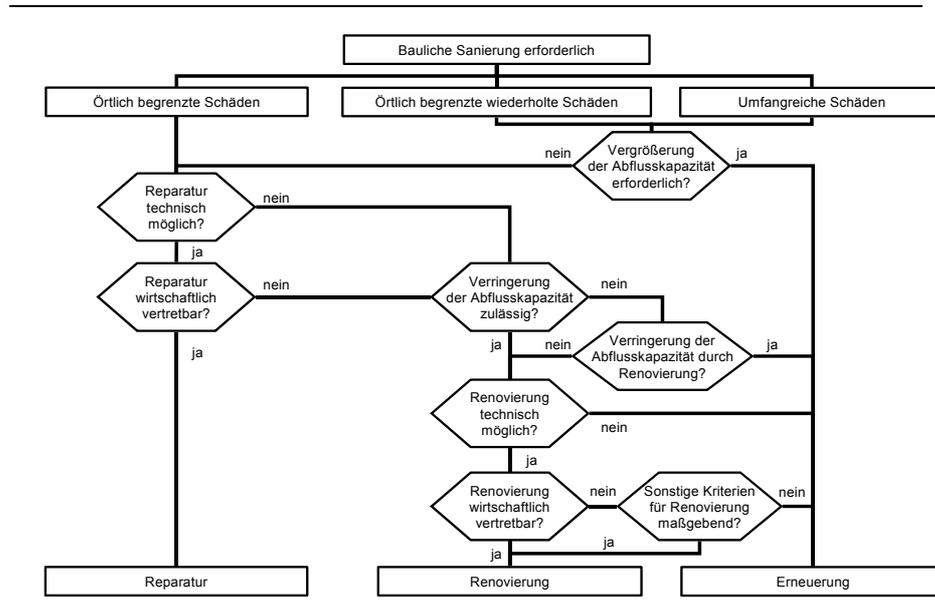


Abbildung 5.5: Entscheidungsprozess zur Wahl der baulichen Lösung [47]

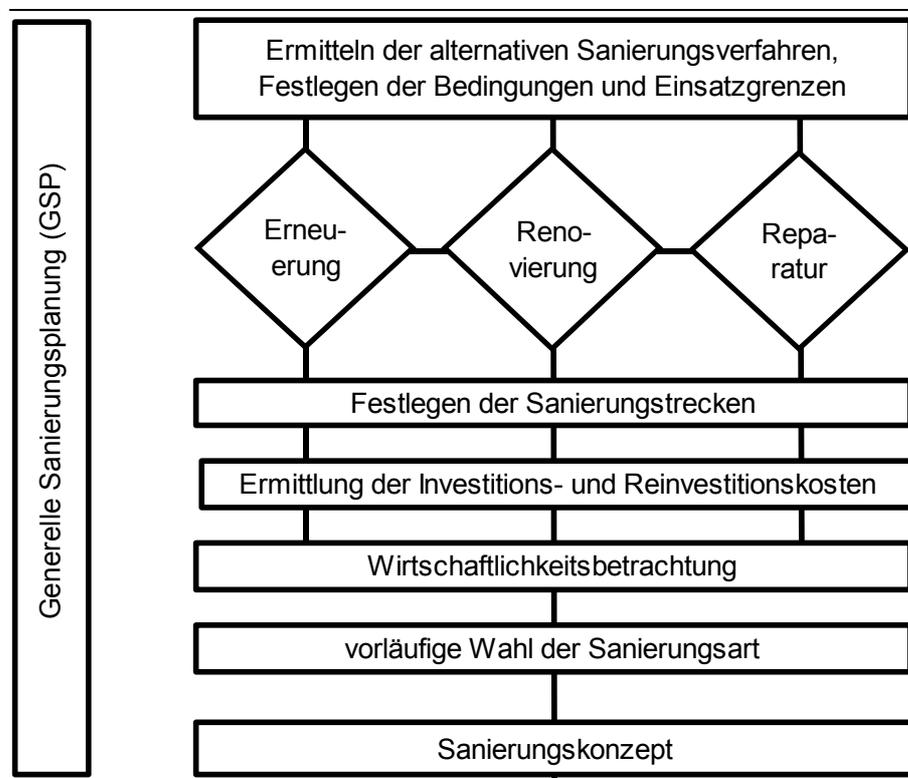


Abbildung 5.6: Erweiterter Entscheidungsprozess zur Wahl der Sanierungsart



Es wird empfohlen, die Alternativenermittlung auf eine überschaubare Anzahl der grundsätzlichen, marktgängigen Verfahren zu beschränken und nach unterschiedlichen Präferenzen zu kategorisieren. Die detaillierte Verfahrensauswahl ist Aufgabe der weiteren Planungsschritte (z. B. Entwurfsplanung) und ist für die Belange der GSP und die Erarbeitung einer Sanierungsstrategie nicht erforderlich. Die wesentlichen Arbeitsschritte bei der Ermittlung der Sanierungsalternativen sind in Tabelle 5.10 dargestellt.

Tabelle 5.10: Arbeitsschritte bei der Ermittlung der Sanierungsalternativen

Schritt	Beschreibung	Hilfsmittel
Definition der Verfahren	Definition der betrachteten Verfahren Beschränkung auf markteingeführte, langjährig erprobte und bewährte Verfahren zur Innensanierung sowie der (Teil-)Erneuerung.	Marktanalyse, Erfahrungen und Möglichkeiten des Netzbetreibers
Definition Einsatzgrenzen	Generalisierende Definition der Einsatzgrenzen der Verfahren und Maßnahmen zur objektiven Verfahrensbeurteilung in Abhängigkeit der gewünschten Genauigkeit	Techn. Daten, Erfahrungen, Netzbetreibervorgaben, örtliche Marktlage; Zusammenstellen in Entscheidungsmatrix
Zusammenstellen der Verfahren und Kosten	Zusammenstellen der technisch machbaren Sanierungsverfahren (Reparatur Rep ₁ bis Rep _x , Renovierung, Erneuerung), ggf. untergliedert nach Maßnahmen, sowie der Kosten	Generalisierte Anwendung der Entscheidungsmatrix sowie der Preistabelle, z. B. EDV-gestützt
	Überprüfung der Alternativen auf praktische Bedingungen der Baudurchführung	Kontrolle durch den Ingenieur bei EDV-gestützter Bearbeitung

Ein Beispiel für die Abstimmung und Formulierung einheitlicher Vorgehen bei der Alternativenermittlung (Entscheidungsmatrix) ist in Anhang 7.1 dargestellt. Die technische Entwicklung und die Berücksichtigung subjektiver Belange des Netzbetreibers sind im konkreten Fall zu berücksichtigen. Abbildung 5.7 zeigt schematisch das generalisierte Vorgehen bei der Bestimmung von Sanierungsalternativen.



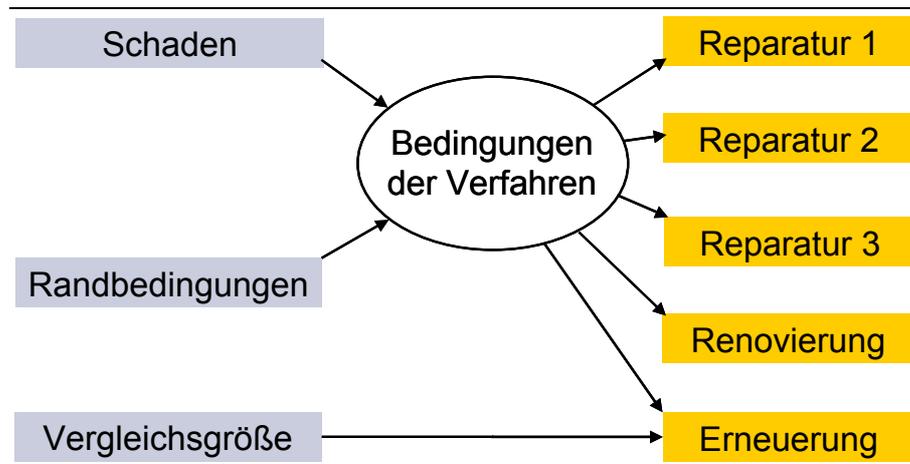


Abbildung 5.7: Vorgehensweise bei der generalisierten Ermittlung der Sanierungsalternativen

Ein nach den o.g. Grundsätzen klar strukturiertes Vorgehen ermöglicht eine transparente und nachvollziehbare Bearbeitung. Ziel der generellen Sanierungsplanung ist es, Entscheidungen „aus dem Bauch heraus“ zu vermeiden und durch objektive, den Bedürfnissen des Netzbetreibers sowie den Anforderungen anpassbare Abläufe zu ersetzen. Eine derartige Vorgehensweise eröffnet zudem die Möglichkeit, mittels EDV-Einsatz Arbeitsabläufe zu erleichtern. Neben dem Haupteinsatzgebiet der Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird dadurch die automatisierte Ermittlung von Sanierungsalternativen nach den o.g. Grundsätzen ermöglicht. Derartige Funktionalitäten sind insbesondere für die Voruntersuchung von Varianten bzw. für Strategieüberlegungen unerlässlich. Trotz EDV-Einsatz sind eine Überprüfung der technischen Durchführbarkeit und entsprechende Ergänzungen durch den bearbeitenden Ingenieur unerlässlich. Eine rein schematische Bearbeitung führt ggf. zu in der Praxis nicht tauglichen Lösungen und nicht sachgerechten Verfahren und Kosten.

5.5.4 Sanierungskosten der Alternativen

Die Kosten der Alternativen werden sowohl für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen als auch für Strategieüberlegungen sowie Budgets benötigt. Zu diesem Zweck werden Kostenuntersuchungen der berücksichtigten Sanierungsmaßnahmen incl. Erneuerungspreisen durchgeführt und aktuelle Sanierungseinheitspreise (pro m bzw. Stück) bestimmt. Ziel der Kostenuntersuchungen ist es, ein aktuelles, auskömmliches und realistisches, auf einheitlichen Grundlagen basierendes, jedoch um die konjunkturelle Lage bereinigtes Preisgefüge zusammenzustellen. Da die



generelle Sanierungsplanung auf einen kurz- bis mittelfristigen Planungshorizont angelegt wird, sollen mittelfristig auskömmliche Mittelpreise angesetzt werden, die im gesunden Wettbewerb erzielt werden können. Die Preisermittlung ist im Hinblick auf die Ziele der GSP und in Übereinstimmung mit der Detaillierung der Alternativenermittlung durchzuführen.

Tabelle 5.11: Arbeitsschritte bei der Ermittlung der Kostengrundlagen

Schritt	Beschreibung	Hilfsmittel
Grundlagen	Festlegen der Kostengrundlage für konjunkturbereinigte, mittelfristig auskömmliche Preise	Langfristige Kostendaten, Muster-LVs, Abrechnungen von Maßnahmen
Grundpreisermittlung	Grundpreisgerüst in Abhängigkeit der verfügbaren Angaben (Rohrgeometrien, Material, Tiefe usw.)	Stammdaten aus Kanalkataster
Bestimmen kostenrelevanter Randbedingungen (Verhältnisklassen)	Innensanierungsmaßnahmen: Art der Schädigung und Ausmaß berücksichtigen, ggf. Beeinflussung durch Grundwasser / Undichtheiten	Kanalkataster, Schadensdaten, GW-Gleichenplan, GW-Modell, globale Datenerhebung
	Erneuerungsmaßnahmen (offene Bauweise): lokale örtliche Verhältnisse im Hinblick auf maßgebliche Erschwernisse oder Erleichterungen	Vorhandene Daten, ggf. globale Datenerhebung, Generalisierte Bewertung über Indikatoren
Bewerten der Randbedingungen	Bewerten der Indikatoren im Hinblick auf Verhältnisklassen	Bewertungsschema (z. B. Wichtung der Randbedingungen über Bewertungspunkte)
Aufstellen des Kostenmodells	Kostenberechnung unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen sowie ggf. von Mindermengen	Verknüpfung Maßnahmen, Verhältnisklassen, Einheitspreise, Zu- und Abschläge

Abbildung 5.8 zeigt ein Beispiel für ein Einheitspreismodell für Erneuerungen, bei dem die nach Profil, Material und Tiefe definierten Grundpreise zusätzlich nach Verhältnisklassen differenziert sind. Insbesondere bei der Erneuerung in offener Bauweise sind die örtlichen, lokalen Randbedingungen für die Einheitspreisbestimmung von maßgeblicher Bedeutung. Es wird deshalb empfohlen, auf Grundlage von bereits vorhandenen oder leicht verfügbaren Informationen maßgebliche Erschwernisse oder Erleichterungen zu identifizieren. Hinweise auf Erschwernis-Indikatoren gibt Tabelle 5.12. Eine generalisierte Bewertung der Randbedingungen im Hinblick auf Erneuerungskosten, z. B. über Bewertungspunkte und Zuordnung zu Verhältnisklassen, erleichtert die Arbeit.



Tabelle 5.12: Beispiele für Erschwernis-Indikatoren

Indikator	Beeinflusste Kostenart	Quelle
Lage im Verkehrsraum	Verkehrssicherung, Verbauart wegen Beengung, Wiederherstellen der Oberfläche	Zustandserfassung
Bebauungsart	Verbauart (Beengung), Störung der Umgebung und Gegenmaßnahmen, erschwerte Zufahrt, ggf. besondere Schutzmaßnahmen (Altstadt)	globale Festlegung
Bodenart	Aushub, Verbau, Verfüllung	Bodenkataster, global
Besondere Zonen	Besondere Sicherungsmaßnahmen	globale Festlegung
Grundwasserstand	Wasserhaltung, Rohrsicherungsmaßnahmen (in Verbindung mit Kanalstammdaten)	GW-Gleichenplan
Spartenleitungen	Umlegung von, Beengungen durch oder Sicherungsmaßnahmen von Spartenleitungen, Beschränkung auf Haupt-Versorgungsleitungen	Verschneidung im GIS, Einzelfallbetrachtung
Sonstiges	Besondere, im Einzelfall vorliegende Kenntnisse	Netzbetreiber, Ortskenntnis

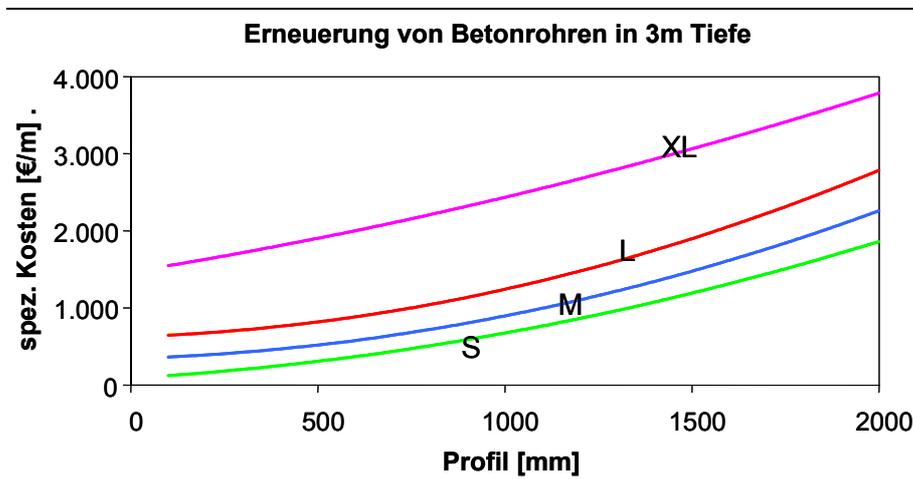


Abbildung 5.8: Beispiel für ein Einheitspreismodell für Erneuerung in offener Bauweise in Abhängigkeit von Material, Profilgröße, Tiefe und Verhältnisklasse



5.5.5 Verfahrensauswahl

5.5.5.1 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierungsmaßnahme ist mit einer Kostenvergleichsrechnung, z. B. nach Maßgabe der von der *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)* aufgestellten Leitlinien [71], zu prüfen. Die Kostenvergleichsrechnung ermöglicht den wertmäßigen Vergleich der zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten.

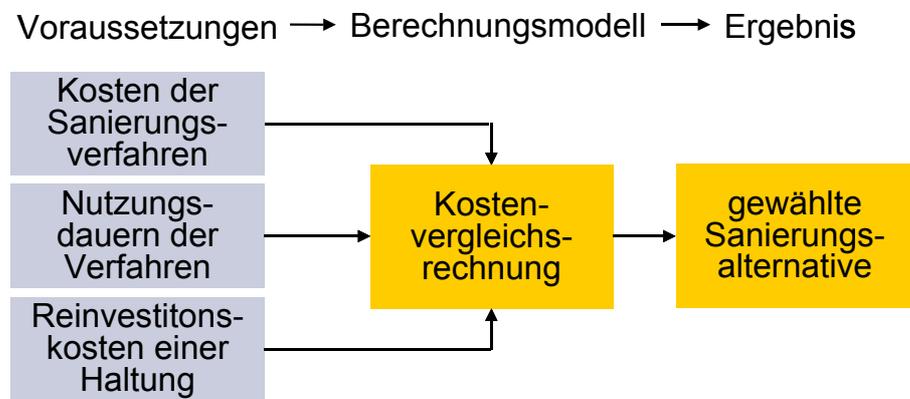


Abbildung 5.9: Eingangsgroßen bei der Kostenvergleichsrechnung zur Bestimmung der wirtschaftlichsten Sanierungsalternative

Zur Durchführung einer Kostenvergleichsrechnung müssen für sämtliche technisch möglichen Sanierungsarten die anfallenden Kosten sowie die jeweiligen Nutzungsdauern bekannt sein (s. Abbildung 5.9). In die Vergleichsrechnung sind auch die Reinvestitionskosten einzubeziehen, die während der Restnutzungsdauer der zu sanierenden Haltung anfallen (s. Abbildung 5.10). Es empfiehlt sich, Sanierungsverfahren zu Sanierungsgruppen zusammenzufassen, bei denen die Einsatzbedingungen, Nutzungsdauer und Kosten der Verfahren in etwa übereinstimmen.

Um den Einfluss von Kostensteigerungen und Zinsen zu berücksichtigen, sind sämtliche Investitions- und Reinvestitionskosten durch Multiplikation mit Diskontierungsfaktoren auf einen Betrachtungszeitpunkt zu beziehen. Die Summe der über einen Betrachtungszeitraum angefallenen Barwerte entspricht dem Projektkostenbarwert (PK). Der anzusetzende Realzinssatz berücksichtigt den nominalen Marktzens und die Inflationsrate. Ein niedriger Zinssatz begünstigt investitionsintensive



Alternativen (z. B. Erneuerungen); ein hoher Zinssatz dagegen Alternativen mit häufigen Reinvestitionen (z. B. Reparaturen). Die LAWA Leitlinien empfehlen, für langlebige wasserwirtschaftliche Maßnahmen einen realen Zinssatz von 3 % p.a. anzusetzen.

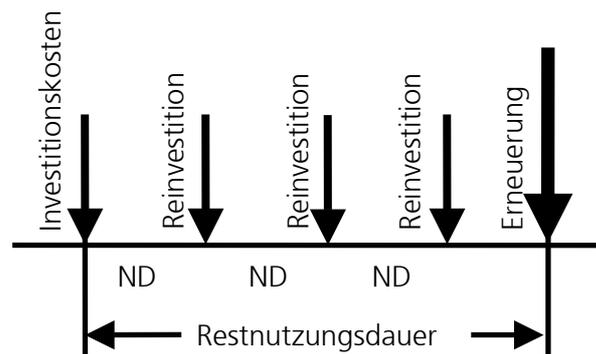


Abbildung 5.10: Schematische Darstellung des Investitionsverlaufes

Maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung hat die Nutzungsdauer der Sanierungsverfahren $ND_{San.-Verf.}$. Die Festlegung bereitet erfahrungsgemäß jedoch meist Schwierigkeiten, da nur wenige abgesicherte Langzeiterfahrungen vorhanden sind und die Angaben der Literatur eine große Schwankungsbreite aufweisen. Um zu vermeiden, dass auf Grund der Verwendung unsicherer Nutzungsdauern Fehlentscheidungen getroffen werden, wird empfohlen, Sensitivitätsuntersuchungen durchzuführen. Durch Variation der als kritisch eingestufteten Nutzungsdauer in sinnvollen Bandbreiten wird im Rahmen einer Voruntersuchung global ihr Einfluss auf die Entscheidungsfindung beurteilt und ermittelt, bei welchen Ansätzen sich die Verfahrensauswahl signifikant verändert. Zudem können lokal Bereiche oder Haltungen identifiziert werden, bei denen eine Änderung der Nutzungsdauer eines Verfahrens signifikante Einflüsse hat. Anhang 7.2 zeigt die in KANSAS ermittelten Spannbreiten möglicher Nutzungsdauern sowie die verwendeten Nutzungsdauern. Sie sollen den Einheitspreisen zu Grunde gelegten Ausführungsqualitäten entsprechen.



5.5.5.2 Wirtschaftliche Restnutzungsdauer

Entscheidend für die Höhe des Projektkostenbarwertes und damit für die Entscheidung zugunsten einer Sanierungsalternative ist die wirtschaftliche Restnutzungsdauer einer Haltung [80]. Sie ist allein abhängig von Art und Umfang der Schäden und dem entsprechenden Sanierungsaufwand. Sie ist nicht mit der Restabschreibungszeit zur Ermittlung der kalkulatorischen Kosten zu verwechseln. Der Ansatz der wirtschaftlichen Restnutzungsdauer kommt dem Grundsatz nach, dass schwer geschädigten Haltungen nur kurze oder gar keine Restnutzungsdauern zugebilligt werden und eine entsprechend frühe Erneuerung geplant wird. Bei Haltungen mit geringfügigem Schadenspotenzial hingegen werden Reparaturen angesetzt und es wird von einer langen Restnutzungsdauer ausgegangen. Mit zunehmender Restnutzungsdauer nimmt der Erneuerungsanteil des Projektkostenbarwertes stetig ab; der Sanierungsanteil hingegen nimmt stetig zu.

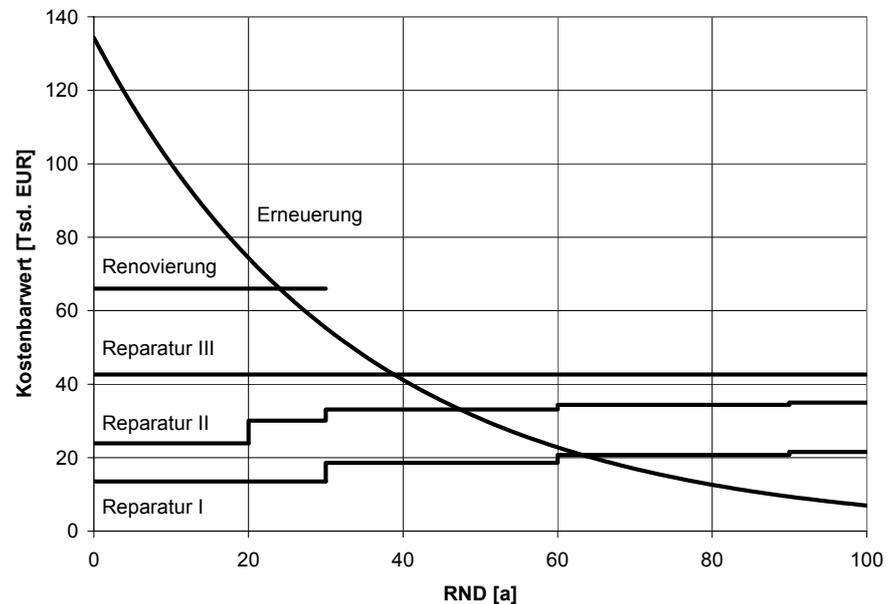


Abbildung 5.11: Schematische Darstellung der Berechnung der wirtschaftlichsten Sanierungsalternative [80]

Das Ende der wirtschaftlichen Restnutzungsdauer wird mit dem Zeitpunkt gekennzeichnet, zu dem sich der Sanierungs- und der Erneuerungsanteil des Projektkostenbarwertes entsprechen. Es handelt sich somit um eine haltungsweise prognostizierte Restnutzungsdauer (RND),



die von Art und Umfang der Schäden und dem entsprechenden Sanierungsaufwand abgeleitet wird. Dieser Ansatz ist in Abbildung 5.11 beispielhaft anhand einer Haltung wiedergegeben. Die Sanierungsalternative mit dem geringsten Projektkostenbarwert ist die Reparatur I. Die Restnutzungsdauer dieser Haltung beträgt 63 a, sofern ein wiederholter Robotereinsatz zur Aufrechterhaltung des Sollzustands bei der Ingenieurbeurteilung (s. Kapitel 5.5.5.3) als ausreichend eingeschätzt wird.

Der wirtschaftlichen Restnutzungsdauer kommt bei der ganzheitlichen Kanalsanierungsplanung und Strategieentwicklung besondere Bedeutung zu (s. Kapitel 6.2.1).

5.5.5.3 Ingenieurbeurteilung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung liefert ein wichtiges Beurteilungskriterium bei der Wahl der Sanierungsalternative. Soweit bekannt, werden dabei auch monetär bewertbare Randbedingungen berücksichtigt. Für die Erarbeitung einer praxisgerechten Sanierungsplanung sind jedoch noch weitere Kriterien bei der Festlegung der Sanierungsalternative zu berücksichtigen.

Tabelle 5.13: Kriterien zur Beurteilung und Auswahl der Sanierungsalternative

Kriterium	Beschreibung	Vorgehensweise
Differenz der Projektkostenbarwerte	Wechsel der gewählten Sanierungsart bei geringer Projektkostendifferenz wird zugelassen	Festlegen der zulässigen PK-Differenz
Nachbarhaltungen	Berücksichtigung der Sanierungsverfahren der Nachbarhaltungen zur Bildung von haltungsübergreifenden Maßnahmen (insbesondere bei Renovierung und Erneuerung)	Berücksichtigung der Anforderungen für die praktische Umsetzung
Örtliche Randbedingungen	Beurteilen der Durchführbarkeit unter Berücksichtigung besonderer örtlicher Bedingungen (technische, monetäre sowie „weiche“ Faktoren)	Besondere Anforderungen des Netzbetreibers, Berücksichtigung der Umgebung
Weitere Spartenbetreiber	Berücksichtigung der Sanierungsplanungen weiterer Spartenbetreiber (Mehrspartenstrategie), ggf. Wechsel zur Erneuerung	Koordination mit Spartenbetreibern

Die Bearbeitung des Verbundprojektes zeigt, dass eine Änderung der Sanierungsart zumeist bei der technischen Beurteilung durch den Ingenieur vorgenommen wird. Tabelle 5.13 zeigt über die Wirtschaftlich-



keitsberechnung hinausgehende, bei der Sanierungsplanung zu berücksichtigende Kriterien.

Es wird empfohlen, zur Festlegung der zulässigen Projektkostenbarwertdifferenz Sensitivitätsuntersuchungen durchzuführen und zu ermitteln, ab welchen Grenzwerten signifikante Veränderungen zu erwarten sind.

5.6 Hydraulische Sanierung

5.6.1 Hydraulische Berechnungen

Für die hydraulischen Berechnungen im Rahmen der ganzheitlichen Sanierungsplanung sind ausschließlich hydrodynamische Abflussmodelle geeignet, die neben den max. Abflüssen auch Form und Volumen der jeweiligen Abfluss- sowie Speichervorgänge im Kanalnetz abbilden können. Hinweise zu hydraulischen Modellen, Modellaufbau und Berechnungen sind in u. a [2], [3], [19], [21] und [92] enthalten sowie in *KANSAS* dargestellt. Für die ganzheitliche Sanierungsplanung, die Bewertung und den Nachweis von Überstau- und Überflutungssicherheiten muss das hydraulische Modell folgende Anforderungen erfüllen:

- Haltungsweise Berechnung des Abflussvorganges
- Berechnung von max. Abfluss und Wasserstand sowie der Ganglinien
- Berücksichtigung von Fließrichtungsumkehr
- Berücksichtigung von durch Rückstau / Drosselung usw. hervorgerufenen Speichervorgängen im Kanalsystem
- Berechnen der an Schächten austretenden Wassermenge in Form eines virtuellen Speichers
- Berücksichtigung der Rückführung der ausgetretenen Wassermenge ins Kanalsystem
- Berücksichtigung von Abflussbildung und –konzentration sowohl auf befestigten als auch unbefestigten Flächen

Empfohlen werden mindestens Modelle mit fiktiver Speicherung und Rückführung am jeweiligen Schacht (Stand der Technik). Modelle zur Berücksichtigung einer „Weiterreichung“ des ausgetretenen Wassers oder komplexe Fließberechnungen („dual drainage“) an der Oberfläche sind derzeit in der Entwicklung [92]. Für die Belange des Überflutungsnachweises ist jedoch die Möglichkeit einer einfachen Fließwegberücksichtigung an der Oberfläche („Weiterreichung“) durch den modell-



technischen Einbau von Rinnen usw. hilfreich und mit heute erhältlichen Systemen durchführbar.

Tabelle 5.14: Vorgehensweise bei der Durchführung von hydraulischen Berechnungen

Arbeitsschritt	Beschreibung	Belastungszustand
Aufstellen des Modells	Aufstellen des hydraulischen Modells (Netzverknüpfung, Bauwerke, Vorfluterwasserstände, Berechnungsgrundlagen, aktuelle Belastungsdaten bzw. zum Zeitpunkt ggf. vorhandener Messungen)	Ist-Zustand
Modellverifizierung	Qualifizierte Überprüfung des hydraulischen Modells (Grundlagen, Modellparameter, Ergebnisse), ergänzt durch N-A-Messungen, Vergleich mit Beobachtungen	Ist-Zustand
	Bei bereits vorhandenen hydraulischen Berechnungen: Kontrolle der Ausgangsdaten, Randbedingungen, Ziele und Anforderungen auf Aktualität	-
Festlegen Nutzungskategorien	Festlegen von Nutzungskategorien für die Netzelemente im Hinblick auf die Anforderungen in Zusammenarbeit mit Netzbetreiber, Aufsichtsbehörde und Planer, Berücksichtigung der Veränderungen in Prognose	Prognose
Feststellen Ist-Zustand	Berechnungen mit Wiederkehrzeiten zwischen 1 a und 50 a (ggf. 100 a bei Hochwassergefahr durch Gewässer), Einschätzung der vorhandenen Überstausicherheit	Ist-Zustand
Festlegen der Anforderungen und Ziele	Festlegen der Ziele und Anforderungen, sofern nicht durch verbindliche Regelungen (z. B. Überstau- und Überflutungssicherheit) vorgegeben	-
Beurteilung des Systems	Berechnungen unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Entwicklung des Netzes und des Einzugsgebietes, Planungshorizont mindestens 20 a	Prognose
Sanierungsmaßnahmen und Prioritäten	Erarbeiten von Lösungen zur Behebung der Defizite sowie von Prioritäten	
Nachweise	Berechnungen zum Nachweis der Überstau- / Überflutungssicherheit	Sanierung
Dokumentation	Dokumentation der Grundlagen, Ergebnisse, maßgeblichen Zwischenstände und Nachweise	-

Tabelle 5.14 zeigt die wesentlichen Schritte bei der Modellerstellung bzw. bei der hydraulischen Beurteilung des Systems und der Erarbeitung von Lösungen. Die in Tabelle 5.15 dargestellten Ergebnisse für unterschiedliche Wiederkehrzeiten erleichtern die Beurteilung des hydraulischen Zustandes sowie die Ermittlung der Defizitursachen. Bei der hydraulischen Konzeption sollen die Grundsätze nach Anhang 5 beachtet werden.



Tabelle 5.15: *Empfohlene Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen zur Beurteilung der Abflussverhältnisse*

Information	Nutzen
Belastungsgrad	In Kombination mit weiteren Randbedingungen (z.B. Gefälle, Überdeckung): Hinweise auf Ursachen für Überstauungen bzw. Überflutungen
Wasserspiegellage	Vorhandene Sicherheit (Bezug Geländehöhe), Bewertung Abflussverhältnisse (Bezug Scheitelhöhe)
Abflussganglinien	Rückschlüsse auf Abflussverhalten
Überstauvolumen	Rückschlüsse auf Abflussverhalten, Identifizierung gefährdeter Bereiche
Überstauhäufigkeit	Hinweise auf Häufigkeit von Defiziten, Bewertung von Einzelpunkten, Gebieten, Kanalnetzen

Während bei der Modellverifizierung mit im Rahmen der N-A-Messungen gewonnenen einzelnen Starkregenereignissen gerechnet wird, werden für die Nachweise sowie Prognoseberechnungen gemäß [3] entsprechende Niederschlagsdaten benötigt. Grundsätzlich stehen Einzelmodellregen, Modellregengruppen und Starkregenserien zur Verfügung. Hinweise dazu geben [3], [21] und [26]. Es wird empfohlen, vorrangig auf ortsspezifische Regendaten zurückzugreifen. Sofern keine geeigneten lokalen Regendaten vorliegen, können Modellregen bzw. Modellregengruppen, aufbauend auf dem *KOSTRA*-Atlas des Deutschen Wetterdienstes, erstellt werden. Es soll beachtet werden, dass durch die Wahl der Modellregen das Ergebnis der hydraulischen Bewertung eines Kanalnetzes und damit dessen Sanierungsmaßnahmen und -kosten erheblich beeinflusst werden.

Die Untersuchungen in *KANSAS* haben gezeigt, dass auch bei bereits vorhandenen hydraulischen Berechnungen die Notwendigkeit besteht, Grundlagen, Randbedingungen und Zielgrößen zu überprüfen und bei Bedarf anzupassen. Derartige Änderungen können erheblichen Einfluss auf die Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit besitzen. Außerdem soll beachtet werden, dass pauschale Annahmen einer vorhandenen Überstausicherheit bei Bemessung der Kanalisation auf eine definierte Wiederkehrzeit nicht grundsätzlich zutreffen müssen. Es wird empfohlen, derartige Annahmen im Einzelfall kritisch zu prüfen, im Zweifel entsprechende hydraulische Berechnungen durchzuführen und die tatsächlich vorhandene, aktuelle Überstau- und Überflutungssicherheit zu bestimmen.



5.6.2 Überstau- und Überflutungssicherheit

Für die erarbeitete hydraulische Sanierungskonzeption ist sowohl die

- Überflutungssicherheit gemäß DIN EN 752, Teil 2 [45] (s. Anforderungen aus Tabelle 5.16) als auch die
- Überstausicherheit gemäß ATV-M 118 (s. Anforderungen aus Tabelle 5.17)

in Abhängigkeit von der Nutzungskategorie nachzuweisen und zu dokumentieren. Es soll beachtet werden, dass kein Zusammenhang zwischen Überstausicherheit und erreichter Überflutungssicherheit hergestellt werden kann. Eine vollständige Vermeidung von Schachtüberstauungen ist nicht zwingend erforderlich, sofern eine schadlose Ableitung oder Zwischenspeicherung an der Oberfläche sichergestellt wird.

Tabelle 5.16: Überflutungssicherheit - Empfohlene Häufigkeiten für den Entwurf (DIN EN 752 [45])

Häufigkeit der Bemessungsregen [1-mal in „n“ Jahren]	Nutzungskategorie [-]	Überflutungshäufigkeit [1-mal in „n“ Jahren]
1 in 1	ländliche Gebiete	1 in 10
1 in 2	Wohngebiete	1 in 20
1 in 2 1 in 5	Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete a) mit Überflutungsprüfung b) ohne Überflutungsprüfung	1 in 30 -
1 in 10	unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50

Der Nachweis der Überstausicherheit kann über hydraulische Berechnungen mit entsprechender Wiederkehrzeit durchgeführt werden. Die Gestaltung und der Umfang der Sanierungsmaßnahmen werden jedoch auch von der geforderten Überflutungssicherheit beeinflusst. Zum Nachweis der Überflutungssicherheit ist eine Überprüfung bzw. Bewertung der Oberflächensituation erforderlich (s. Kapitel 5.6.3). Ggf. kann auf hydraulische Sanierungsmaßnahmen verzichtet werden, wenn eine schadlose Ableitung an der Oberfläche sichergestellt ist.



Tabelle 5.17: Überstauhäufigkeiten des sanierten Kanalnetzes (ATV-M 118 [3])

Nutzungskategorie [-]	Überstauhäufigkeit ü [1-mal in „n“ Jahren]
Ländliche Gebiete	1 in 2
Wohngebiete	1 in 3
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	seltener als 1 in 5
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	seltener als 1 in 10

5.6.3 Nachweis der Überflutungssicherheit

Es wird empfohlen, in gefährdeten Gebieten Überflutungsnachweise gemäß dem Ablaufdiagramm in Anhang 6.1 zu erstellen. Dabei sind die in Tabelle 5.18 dargestellten Arbeitsschritte erforderlich.

Tabelle 5.18: Wesentliche Arbeitsschritte bei der Bearbeitung von Überflutungsnachweisen

Arbeitsschritt	Beschreibung
Hydraulische Berechnung	Niederschlagsdaten für Wiederkehrzeiten gemäß Überflutungssicherheit auf Grundlage der Soll-Sanierungskonzeption (inkl. baulicher und für die Einhaltung der Überstausicherheit erforderlicher Maßnahmen)
Vorbewertung	Bewertung des Überstauvolumens, Identifikation gefährdeter Gebiete, ggf. Vorauswahl der Gebiete für Überstau nachweis
Festlegen der Untersuchungsgebiete	Festlegen von kleinräumigen Gebieten als Untersuchungsgebiete für den Überflutungsnachweis
Erfassen der Oberflächensituation	Ortsbegehungen, ggf. Unterstützt durch Vermessungen und digitale Geländemodelle
Erfassen des Gefährdungspotenzials	Erfassen der durch Überflutung möglichen Gefährdungen und Schadenspotenziale
Bewerten / Nachweis der Überflutungssicherheit	Bewerten der Überstauvolumina im Zusammenhang mit Oberflächensituation und Speichermöglichkeiten, Überprüfen der Speicher- und Abflussmöglichkeiten
Sanierungsmaßnahmen	Bestimmen der erforderlichen Maßnahmen, ggf. Änderung der Sanierungskonzeption oder Wegfall von Maßnahmen
Bestimmen der Sanierungspriorität	Bewerten des Gefährdungs- und Schadenspotenzials in Abhängigkeit der örtlichen Randbedingungen
Dokumentation	Erstellen der erforderlichen Pläne, Listen, Protokolle usw. zum Nachweis der Überflutungssicherheit

Es wird empfohlen, bei der Umsetzung einer GSP die notwendigen Maßnahmen im Kanal zur Gewährleistung des Überflutungsschutzes ins



Bauprogramm zu integrieren. Grundsätzlich ist mit einer Kostenersparnis bei frühzeitiger Berücksichtigung der Maßnahmen für den Überflutungsschutz zu rechnen. Es empfiehlt sich daher, den Nachweis der Überflutungssicherheit, insbesondere in bereits bekannten Problemgebieten, in die Sanierungsplanung aufzunehmen. Der dafür erforderliche Zeit- und Kostenaufwand wird mit Sicherheit durch Einsparungen bei den Sanierungskosten wettgemacht.

5.6.3.1 Erfassen der Oberflächensituation

Die Oberflächensituation wird durch Ortsbegehung erfasst und in Lageplänen dokumentiert. Insbesondere sollen dabei die in Tabelle 5.19 dargestellten Informationen ermittelt werden. Ziel ist, Fließwege und Speichermöglichkeiten an der Oberfläche zu erfassen und Gefährdungspotenziale abzuschätzen. Sofern Fließwege bzw. Höhen nicht durch Augenschein und Aufmaß feststellbar sind, soll die Ortsbegehung durch Vermessungen ergänzt werden.

Tabelle 5.19: *Checkliste für die Ortsbegehung bei der Durchführung von Überflutungsnachweisen*

Kategorie	Information
Straße	Straßenbreite, -profilart, Bordsteinhöhen, Lage der Sinkkästen
Höhenverlauf	Straßenquerprofil, Längsgefälle, Hoch- und Tiefpunkte, Fließrichtungen
Zufahrten	Lage von Grundstückszufahrten, Hauseingängen, Abfahrten usw. und zugehörige Höhenlage in Bezug zu Gehweg- oder Straßenniveau (Klassifikation empfohlen, z. B. ungefährdete, normal oder stark gefährdete Zufahrt)
Objekt	Aufnahme der Art der Objekte im Hinblick auf Schadenspotenzial (Klassifikation empfohlen, z. B. sehr gering, gering, mittel, hoch)

5.6.3.2 Nachweis und Maßnahmen

Mit dem Nachweis wird ermittelt, ob zur Gewährleistung der Überflutungssicherheit

- das aus Schächten austretende Wasser schadlos auf der Oberfläche gespeichert oder abgeleitet werden kann,
- Maßnahmen der Oberflächengestaltung oder
- weitergehende Sanierungsmaßnahmen im Kanalnetz erforderlich sind.



Für die einzelnen Straßenabschnitte / Untersuchungsgebiete ergibt sich das maßgebende Überstauvolumen aus dem Regen, der in der Summe aus Schächten im Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung von Zu- und Abflüssen das maximale Überstauvolumen verursacht. Anschließend wird das maßgebende Überstauvolumen dem im Straßenkörper zur Verfügung stehenden Speichervolumen gegenübergestellt. Dabei sind folgende zwei Varianten sowie deren Kombination möglich:

- **Speicherung:** Das austretende Wasser kann im Straßenkörper zwischengespeichert werden und fließt nach Abklingen der Hochwasserwelle im Kanal wieder in diesen ab. Dies setzt voraus, dass ein lokaler Tiefpunkt vorhanden ist.
- **Ableitung:** Das austretende Wasser fließt an der Oberfläche im Straßenkörper weiter und gelangt an einer anderen Stelle wieder in einen Kanal. Kennzeichnend ist, dass kein Tiefpunkt innerhalb des Straßenabschnittes vorhanden ist.

Beim Nachweis der **Speicherung** wird für jeden lokalen Tiefpunkt aus den Daten der Ortsbegehung bzw. Vermessung das mögliche Speichervolumen abgeschätzt. Das nutzbare Volumen wird von Bordsteinhöhen sowie von den oberhalb und unterhalb liegenden Hochpunkten und durch gefährdete Zufahrten (z. B. durch abgesenkte Bordsteine) begrenzt. Unter Berücksichtigung des Längsgefälles wird die maßgebliche Aufstauhöhe pro Seite im Straßenabschnitt ermittelt und analysiert, wohin sich das Wasser beim Überschreiten des maximal möglichen Volumens an der Oberfläche ausbreiten wird. Für große oder komplexe Gebiete kann das aufnehmbare Speichervolumen ggf. mit einem Geländemodell ermittelt werden.

Der Nachweis der **Ableitung** kann mit Hilfe der Fließformel von Manning-Strickler für offene Gerinne geführt und für die maßgeblichen Abflussmengen die Fließtiefe für jeden Straßenabschnitt eigens bestimmt werden. Die Eingangswerte für die Berechnung wie Längsgefälle, Fließquerschnitt und benetzter Umfang werden den vor Ort ermittelten Informationen entnommen.

In Gebieten, in denen die Überflutungssicherheit nicht gewährleistet ist, ist zu überprüfen, ob diese durch geeignete Maßnahmen an der Oberfläche erreicht werden kann. Dies ist z. B. durch den Einbau von Ab-



flussrinnen (offene oder geschlossene Rinnen oder auch Sonderlösungen) oder Höhengestaltung des Straßenkörpers möglich. Zudem kann auch die Nutzung von vorhandenen Grünflächen als Zwischenspeicher oder die Ableitung an der Oberfläche in nahe liegende Vorfluter, unter Berücksichtigung der Anforderungen an Gewässer- und Grundwasserschutz, eine sinnvolle Lösung darstellen. Wenn derartige Maßnahmen nicht oder nur mit erheblichem Aufwand möglich sind, müssen weitere Maßnahmen im Kanalnetz, wie z. B. Kanalerweiterung, Vermaschung, Notüberläufe zum Vorfluter, Einbau von Pumpwerken oder Regenrückhaltebecken, vorgesehen werden.

Die sowohl für den Kanal als auch für die Oberfläche konzipierten Sanierungsmaßnahmen sind anschließend in das hydraulische Gesamtmodell einzuarbeiten. Mit einer erneuten Berechnung wird nachgewiesen, dass der Überstau vermieden wird bzw. das austretende Wasser schadlos abgeleitet werden kann.

Bei der Erarbeitung der Sanierungsmaßnahmen sollen praxismgerechte Lösungen vorgesehen werden. So kann es schwierig sein, einen abgesenkten Bordstein zu erhöhen, da z. B. das Gefälle zu einer dahinter liegenden Tiefgarage nicht vergrößert werden kann. Auch Entwässerungsrinnen, die das Wasser an der Oberfläche ableiten sollen, können den vorhandenen Straßenquerschnitt einengen und so verkehrstechnische Probleme hervorrufen. Für die im Rahmen der Überflutungsnachweise erarbeiteten Maßnahmen sind deshalb die lokalen Randbedingungen vor Ort zu prüfen.

Kann die Überflutungssicherheit nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand gewährleistet werden, soll mit den privaten Grundeigentümern die Möglichkeit einer gemeinsamen kostengünstigen Lösung durch bauliche Veränderung auf den Grundstücken geprüft werden.

5.6.3.3 Sanierungspriorität für Maßnahmen des Überflutungsschutzes

Für eine effektive und praxismgerechte Sanierungsplanung ist zusätzlich eine Aussage über die zeitliche Abfolge erforderlich. Die Reihenfolge richtet sich dabei nach der Dringlichkeit zur Behebung von Defiziten und wird mit der Sanierungspriorität ausgedrückt. Die Sanierungspriorität kann abgeleitet werden aus:



- dem zu erwartenden Schadenspotenzial,
- der Anzahl der gefährdeten Objekte je Straßenabschnitt,
- der Überstaumenge je Straßenabschnitt und
- dem Entwässerungssystem.

Zusätzlich sollen übergeordnete Einflüsse berücksichtigt werden. Mögliche Einflüsse und deren Auswirkungen auf die Sanierungspriorität sind in Tabelle 5.20 dargestellt.

Tabelle 5.20: Vorschlag für übergeordnete Kriterien und deren Auswirkungen auf die Ermittlung der Sanierungspriorität von durch Überflutung gefährdeten Gebieten

Kriterium	Beschreibung	Auswirkung
Öffentliches Interesse	Im Gebiet ist ein gefährdetes Objekt vorhanden, dass dem öffentlichen Interesse dient (z. B. Fußgängerzone, öffentlicher Platz)	Erhöhung der Sanierungspriorität
Personengefährdung, öffentliche Sicherheit	Sind Personengefährdungen oder erhebliche Beeinträchtigungen der Sicherheit zu vermuten (z. B. Verkehrssicherheit, Unterführung), wird die dringendste Priorität festgelegt	Festlegung SP 1
Abgleich mit Beobachtung	Der berechnete Überstau ist nicht bekannt	Verminderung der Sanierungspriorität

5.6.3.4 Dokumentation

Die Überflutungsnachweise sollen mindestens in Form von Lageplänen und tabellarischen Kurzberichten dokumentiert werden, damit die wesentlichen Grundlagen, Fließwege, Zu- und Abflüsse, Sanierungsmaßnahmen, derzeitige und nach der Sanierung weiterhin bestehende Gefährdungen usw. sowie die Berechnungsergebnisse nachvollzogen werden können. Beispiele sind in Anhang 6.2 (Lageplan) und Anhang 6.3 (Berechnungsliste) dargestellt.

5.6.3.5 Fachübergreifende Hinweise

Bei der Erarbeitung der hydraulischen Sanierungskonzepte und der Überflutungsnachweise wird deutlich, dass die Überflutungsproblematik nicht ausschließlich vom Netzbetreiber gelöst werden kann. Entsprechend ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, insbesondere zwischen Netzbetreiber, Tiefbau-, Verkehrs- und Stadtplaner sowie Architekten erforderlich, um die Voraussetzungen für eine erfolgreiche und sichere



Niederschlagswasserableitung zu schaffen. Folgende Empfehlungen erleichtern die Gewährleistung des Überflutungsschutzes:

- Frühzeitige Integration der Belange des Abwasserentsorgers in die Stadtplanung
- Bekanntmachung der gefährdeten Bereiche mit Schachtüberstauungen
- Freihalten der Geländetiefpunkte von Bebauung
- Vermeidung von Regenabflüssen im Kanal, sofern ohne Gefährdung des Grundwassers möglich (Vermeiden von Flächenversiegelung, Vorsehen von Maßnahmen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung)
- Einhaltung einer minimalen Zufahrtshöhe auf Niveau des Bordsteins
- Reduzierung der Anzahl der Zufahrten auf das notwendige Maß. Ggf. sind Zufahrten mit benachbarten Grundstücken nebeneinander anzulegen

5.6.4 Hydraulische Sanierungspriorität SP_{hydr}

Analog zur baulichen Sanierungspriorität wird eine Einteilung in Prioritätsstufen vorgenommen. Die Sanierungspriorität SP_{hydr} wird über die Grundmatrix nach Tabelle 5.21 (Bestimmung $SP_{hydr,0}$) unter Berücksichtigung der in Tabelle 5.22 dargestellten übergeordneten Kriterien bestimmt.

Tabelle 5.21: Grundmatrix zur Bestimmung der hydraulische Sanierungspriorität $SP_{hydr,0}$ [30]

Parameter	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5
Entwässerungssystem					
- Mischwasser / Schmutzwasser	X	X	X	X	X
- Regenwasser			X	X	X
Art des Sammlers					
- Hauptsammler / Hauptnebensammler	X	X	X	X	X
- Nebensammler / untergeordnete Nebensammler		X	X	X	X
Überstaumenge Bestand (rechnerisch)					
> 100 m ³	X	X	X	X	X
> 50 m ³ und <= 100 m ³		X	X	X	X
> 20 m ³ und <= 50 m ³			X	X	X
> 0 m ³ und <= 20 m ³			X	X	X



Tabelle 5.22: *Übergeordnete Kriterien zur Bestimmung der hydraulischen Sanierungspriorität SP_{hydr} einer Sanierungsmaßnahme*

Kriterium	Beschreibung	Auswirkung
Defizit vor Ort nicht bekannt	Der berechnete Überstau ist vor Ort NICHT aus Beobachtungen, Aufzeichnungen o.ä. bekannt	$SP_{hydr} = SP_{hydr,0} - 1$
Schmutzfracht	Maßnahme ist zur Einhaltung der zulässigen entlasteten Schmutzfracht erforderlich	Festlegung $SP_{hydr} = 1$
Wasserschutzgebiet	Berechneter und vor Ort bekannter Überstau in Wasserschutzgebiet	Festlegung $SP_{hydr} = 1$
	Berechneter, aber nicht tatsächlich beobachteter Überstau in Wasserschutzgebiet	Erhöhung $SP_{hydr} + 1$
Vergleich Bestand - Prognose	Die Überstaumenge erhöht sich bei Berücksichtigung von Gebietserweiterungen (prognostizierte Entwicklung) um mindestens eine Klasse,	Erhöhung $SP_{hydr} + 1$
Straßenneubau / weitere Sparten	Im Bereich der Sanierungsmaßnahme stehen Straßen- oder Spartenenerneuerungen an. (s. Mehrspartenansatz)	Prüfung $SP_{str} < SP_{hydr} ?$
Überflutungssicherheit	Berücksichtigung der Überschneidungen zwischen Maßnahmen zur Herstellung der Überstausicherheit sowie zur Gewährleistung der Überflutungssicherheit	Prüfung, Festlegen der bestimmenden Priorität

Sind keine übergeordneten Kriterien zutreffend, entspricht die hydraulische Sanierungspriorität SP_{hydr} der Priorität aus der Grundmatrix $SP_{hydr,0}$. Eine Haltung soll nur dann mit Sanierungspriorität 1 klassifiziert werden, wenn ein Überstau tatsächlich vor Ort beobachtet wurde oder besondere übergeordnete Gesichtspunkte dies erfordern.

Bei der Bewertung soll beachtet werden, dass die Haltung, an der die Überstaumenge bestimmt wird bzw. an der ein Überstau bekannt ist, nicht zwangsläufig mit der zu sanierenden Haltung identisch ist. Deshalb ist es erforderlich, die Bewertung auf die zu sanierende Haltung zu übertragen (grundsätzlich nur in Fließrichtung). Nach der Einzelhaltungsbewertung entsprechend der o. g. Kriterien erfolgt eine haltungsübergreifende Bewertung im Hinblick auf zusammenhängende Baulose bzw. Straßenzüge. In der Regel bestimmt die in einem Abschnitt vorhandene höchste Haltungs-Prioritätsstufe die Priorität der Sanierungsmaßnahme.



5.7 Ganzheitliche Planung

5.7.1 Überlagerung der Maßnahmen

Ziel der generellen Sanierungsplanung ist die gleichzeitige Betrachtung des baulichen und hydraulischen Zustandes sowie der Umweltaspekte. Aus diesem Grund ist es erforderlich, alle bisher auf Einzelthemen beschränkten Sanierungskonzeptionen zusammenzuführen. Hydraulische Erweiterungen ersetzen dabei grundsätzlich ggf. aus baulicher Sicht geplante Reparaturen und Renovierungen. Haltungen, die aus baulicher Sicht zu erneuern sind und gleichzeitig aus hydraulischer Sicht saniert werden müssen, werden als Erweiterungsmaßnahme mit entsprechenden Profilabmessungen eingearbeitet. Tabelle 5.23 zeigt eine Checkliste für die Überlagerung der baulichen mit den hydraulischen Maßnahmen.

Tabelle 5.23: *Checkliste für die Überlagerung von baulichen mit hydraulischen Sanierungsmaßnahmen*

Bearbeitungsschritt	Beschreibung
Hydraulische Erweiterungen	Hydraulische Erweiterungen mit dem erforderlichen Querschnitt ersetzen die ggf. baulich geplanten Sanierungsmaßnahmen.
Dimensionierung von Erneuerungen	Überprüfung der hydraulisch erforderlichen Querschnitte bei aus baulicher Sicht geplanten Erneuerungen und ggf. Planung mit hydraulisch benötigtem Querschnitt
Hydraulische Varianten	Überprüfung von Möglichen zur Änderung der Fließwege zur Verlagerung von Erweiterungen in baulich geschädigte Haltungen; Unterstützt durch Variantenvergleiche und Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Identifikation von ggf. nicht mehr benötigte Haltungen
Hydraulischer Nachweis der Renovierungen	Überprüfen der Auswirkungen einer Querschnittsreduktion durch Renovierungsmaßnahmen durch hydraulische Berechnungen, insbesondere in hydraulisch bereits überlasteten Bereich sowie oberstrom davon

Durch die Überlagerung der baulichen und hydraulischen Maßnahmen können erhebliche Investitionen gespart werden, die bei unabhängiger Vorgehensweise zu Doppelaufwendungen und Fehlentscheidungen führen würden (s. Kapitel 5.9).

5.7.2 Mehrspartenansatz

Im Sinne einer ganzheitlichen Sanierung soll angestrebt werden, auch die Belange weiterer im Straßenraum Beteiligter zu berücksichtigen. Mögliche Beteiligte sind:



- Straßenbaulastträger,
- Versorgungsunternehmen (Gas, Wasser, Strom, Fernwärme),
- Telekommunikationsunternehmen,
- Weitere Netzbetreiber (z.B. bei getrennter Verantwortung zwischen Regenwasser- und Schmutzwassernetz),
- Private Netzbetreiber.

Zu diesem Zweck werden unter Koordination des Abwassernetzbetreibers von den weiteren Beteiligten Angaben zu geplanten Erneuerungsmaßnahmen sowie deren Dringlichkeit eingeholt. Für die geplanten Erneuerungsstrecken der Beteiligten wird ein Abgleich mit den Maßnahmen im Kanalnetz durchgeführt und Haltungen identifiziert, bei denen, statt der bisher gewählten Reparatur oder Renovierung, ein Wechsel zur Erneuerung in Frage kommt. Kriterien für die Auswahl sind:

- technische Machbarkeit der Erneuerung,
- ein geringer Abstand der Projektkostenwertwerte zwischen Erneuerung und der bisher gewählten Reparatur bzw. Renovierung, das Kriterium (Schwellenwert) ist vom Netzbetreiber festzulegen),
- absehbare, zeitnahe und sichere Umsetzung der Maßnahmen im Wasserleitungs- bzw. Straßennetz.

Der Schwellenwert wird durch Analyse der monetär zu erwartenden Ersparnisse bei der Mehrspartensanierung sowie durch Bewertung der nicht-monetären Vorteile festgelegt. Es wird empfohlen, als Entscheidungsgrundlage eine haltungsweise Klassifikation des Projektkostenwertabstandes durchzuführen und mit den Maßnahmen der weiteren Beteiligten zu überlagern. Anschließend werden gemeinsam die Kanalabschnitte festgelegt, in denen eine gleichzeitige Sanierung des Kanals mit z. B. Spartenleitungen durchgeführt und der Abwassernetzbetreiber im Sinne von gesamtwirtschaftlichen Einsparungen sowie sinnvoller Koordinierung vom streng wirtschaftlichsten Verfahren abweicht und zur Erneuerung wechselt.

5.7.3

Ganzheitliche Sanierungsprioritäten

Da die vorgeschlagenen Maßnahmen sowohl organisatorisch als auch finanziell nicht alle zeitgleich umgesetzt werden können, ist für eine effektive und praxisgerechte Sanierungsplanung zusätzlich eine Aussage über die zeitliche Umsetzung bzw. Abfolge erforderlich. Die Reihen-



folge bei der Umsetzung von Maßnahmen richtet sich dabei nach der Dringlichkeit der Behebung von Defiziten, die in der Sanierungspriorität ausgedrückt wird. Die Sanierungspriorität liefert weder eine Aussage über die Wahl des Sanierungsverfahrens, noch über die Lebenserwartung der Haltung.

Als ganzheitliche Sanierungspriorität der GSP (SP_{GSP}) wird die Dringlichkeit einer Sanierungsmaßnahme unter Berücksichtigung aller bekannten Randbedingungen definiert. Mögliche Randbedingungen sind:

- Bauliche Sanierungspriorität,
- Hydraulische Sanierungspriorität,
- Priorität aus Umweltbeeinträchtigung, soweit nicht bereits enthalten,
- Prioritäten von weiteren Maßnahmen im Bereich des Kanalnetzes Beteiligter (z. B. Versorgungsunternehmen, Straßenbauamt usw.),
- Sonstige Randbedingungen des Netzbetreibers (z. B. sofortige und nachgeordnete Umsetzung eines definierten Schadensumfangs bei gebietsorientierter Strategie ,
- Notwendige Untergliederung von Maßnahmen bei Häufung in einer Priorität,
- Prioritäten von Anschlussleitungen,
- Gebietsorientierte Prioritäten (z. B. Wasserschutzgebiete).

Neben dem baulichen und hydraulischen Zustand mit entsprechenden Sanierungsprioritäten sollen insbesondere auch geplante Erneuerungen weiterer Beteiligter berücksichtigt werden. Dabei ist zu beachten, welche Maßnahmen als kurzfristig und weitgehend sicher bzw. als langfristig und eher unsicher eingestuft werden. Konkret geplante Maßnahmen sollen in die Sanierungskonzeption aufgenommen werden. Bei langfristig angestrebten Maßnahmen soll überprüft werden, ob eine Einarbeitung in die GSP zu diesem Zeitpunkt sinnvoll ist, da in diesen Fällen oft erst ein unsicherer Planungsstand erreicht ist und noch Änderungen eintreten können. Diese Fälle sollen jedoch nachrichtlich in die Konzeption aufgenommen werden.

Zur Bestimmung der ganzheitlichen Sanierungspriorität SP_{GSP} werden aus den Einzel-Sanierungsprioritäten der betrachteten Randbedingungen die bestimmende Priorität sowie die bestimmende Randbedingung ermittelt. Die Prioritäten weiterer Beteiligter werden nur berücksichtigt,



sofern zur Sanierung des öffentlichen Straßenkanals eine Erneuerung bzw. Erweiterung vorgesehen ist. Es wird vorausgesetzt, dass in diesem Schritt die Maßnahmen mit weiteren Beteiligten bereits abgestimmt sind.

5.8 Sanierungskosten

Im Verbundvorhaben wurden für vier Kanalnetze in drei Städten generelle, ganzheitliche Kanalsanierungsplanungen mit einer Gesamtlänge von rd. 450 km entsprechend der dargestellten Vorgehensweise erarbeitet. Die Netze A bis D stehen dabei stellvertretend für Netze unterschiedlicher Charakteristiken, die in Anhang 8 zusammengefasst sind. Großen Einfluss auf die Sanierungskosten haben baulicher Sanierungsumfang, Bewertung der optisch nicht feststellbaren Undichtheiten und hydraulisch erforderliche Erweiterungen. Kosten erhöhend wirken sich Schädigungsrate, hydraulische Defizite, Herstellung der Überflutungssicherheit, umfassender Undichtheitsansatz, besondere Anforderungen (z. B. Wasserschutzzonen) sowie die Sanierung des gesamten Schadensumfangs aus. Die dargestellten Beispielnetze zeigen die Bandbreite der zu erwartenden Sanierungskosten bei unterschiedlichen Randbedingungen und Zielsetzungen. Die angegebenen Sanierungskosten stellen Brutto-Baukosten incl. 16 % Mehrwertsteuer sowie 10 % Nebenkosten und 15 % Unvorhergesehenes dar.

Abbildung 5.12 zeigt die Bandbreite der mittleren spezifischen Netz-Sanierungskosten (Sanierungskosten, bezogen auf die Bestandskanalnetzlänge). Es wurden, je nach Netzcharakteristika, Gesamtkosten zwischen rd. 200 €/m bis über 600 €/m ermittelt. Auf kurz- und mittelfristige Maßnahmen (Sanierungsprioritäten SP 1 und SP 2) entfallen spezifische Sanierungskosten zwischen 140 €/m und 450 €/m.

Abbildung 5.13 zeigt die Verteilung der Sanierungskosten auf die Sanierungsverfahren. Obwohl Erneuerungen und Erweiterungen im Hinblick auf die Haltungslänge oft nur von geringer Bedeutung sind,, wird durch sie der größte Anteil der Sanierungskosten verursacht.



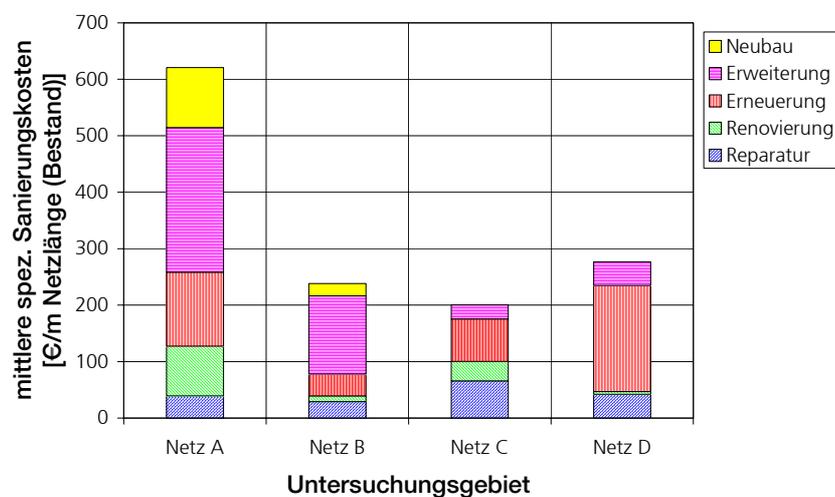


Abbildung 5.12: Mittlere spezifische Netz-Sanierungskosten nach Sanierungsverfahren, bezogen auf die Bestands-Netzlänge des Untersuchungsgebietes

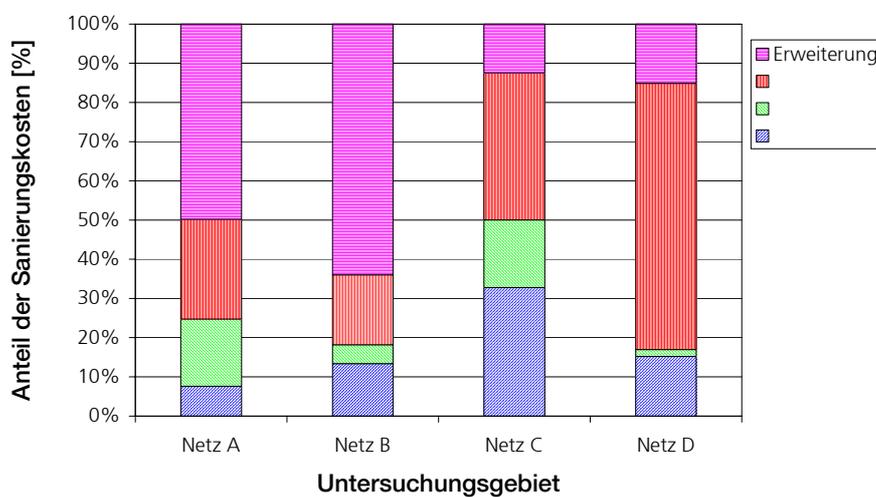


Abbildung 5.13: Verteilung der Sanierungskosten auf die gewählten Sanierungsverfahren



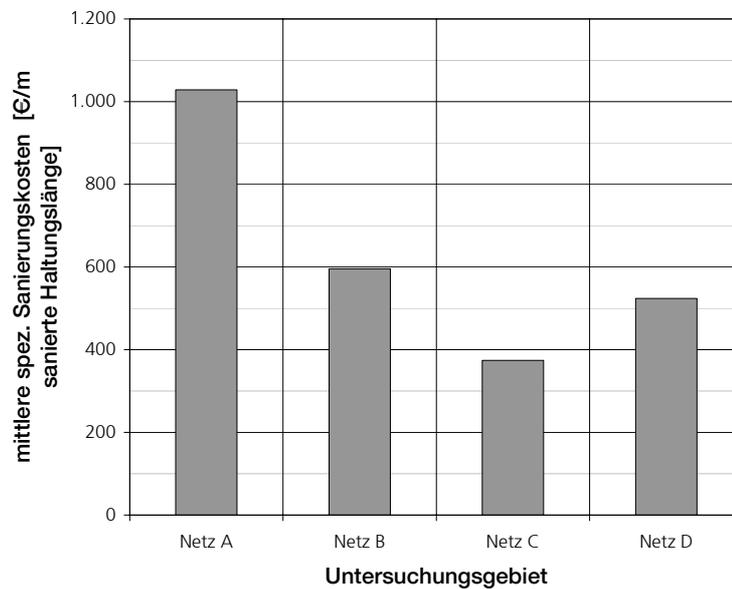


Abbildung 5.14: Mittlere spezifische Haltungs-Sanierungskosten der Untersuchungsgebiete, bezogen auf die sanierte Haltungslänge

Wird als Bezugsgröße die sanierte Haltungslänge angesetzt, ergeben sich spezifische Kosten zwischen 380 €/m und 1100 €/m (s. Abbildung 5.14).

5.9 Vermeiden von Fehlentscheidungen

Insbesondere durch die Kenntnis der hydraulischen Situation und Maßnahmen lassen sich erhebliche Fehlinvestitionen vermeiden. Werden dafür notwendige Maßnahmen bei der GSP außer Acht gelassen und erst bei akutem Handlungsbedarf realisiert, sind deutliche Mehrkosten zu verzeichnen. Tabelle 5.24 zeigt eine Checkliste zur Identifikation möglicher Fehlinvestitionen. Durch den Ansatz der ganzheitlichen Betrachtung werden diese so weit als möglich vermieden.



Tabelle 5.24: Checkliste zur Vermeidung von Fehlinvestitionen

Einseitig orientierte Maßnahme	Abhilfe
bauliche Sanierungsmaßnahmen in Haltungen, die bei ganzheitlicher Betrachtung nicht mehr benötigt werden	Berücksichtigung der Netzzusammenhänge, insbesondere der Hydraulik
Reparaturen in aus hydraulischen Gründen zu erweiternden Haltungen	Kenntnis der hydraulischen Situation
Renovierungsmaßnahmen in hydraulisch bereits überlasteten Haltungen	Kenntnis der hydraulischen Situation, hydraulischer Nachweis
Erneuerung der Haltung mit zu geringem Querschnitt	Kenntnis der hydraulischen Situation, Verbesserung der hydraulischen Situation mit geringem Mehraufwand
Wahl einer Sanierungsalternative, die bei Mehrspartenbetrachtung korrigiert werden muss	Kenntnis der Planungen weiterer Beteiligter
Hydraulische Konzeption ohne Berücksichtigung der Überflutungssicherheit	Kenntnis der Überflutungssicherheit, Verbesserung der Sicherheit durch geringe Modifikation der hydraulischen Konzeption, ggf. Wegfall von Maßnahmen möglich

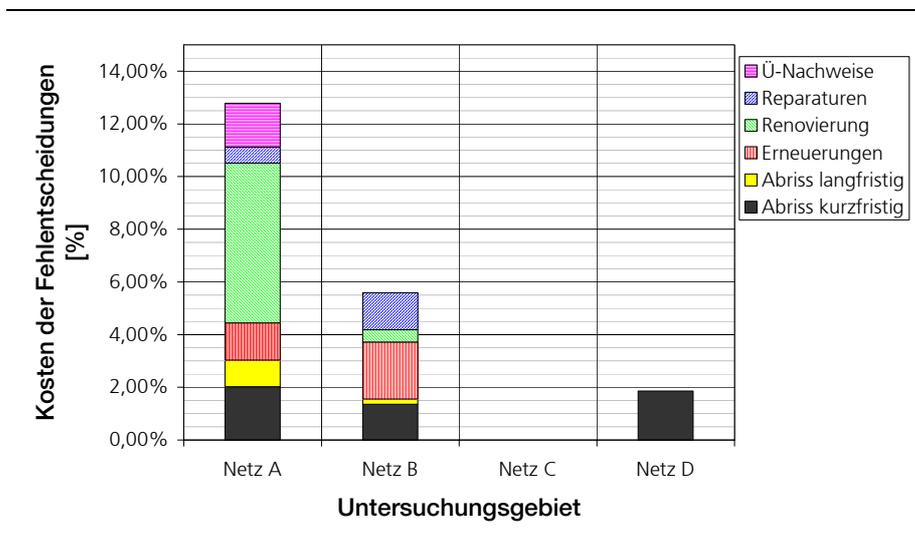


Abbildung 5.15: Kosten für Fehlentscheidungen im Verhältnis der Gesamtkosten bei Durchführung einer rein baulich orientierten Sanierungsplanung – Vergleich der Untersuchungsgebiete

Abbildung 5.15 zeigt die Verteilung der durch rein am baulichen Zustand orientierten Sanierung entstehenden Kosten für Fehlentscheidungen. Die Kosten sind im Verhältnis zu den Gesamtsanierungskosten bei unkoordinierter Durchführung aller im Netz erforderlichen Maßnahmen dargestellt. Sie geben das durch die ganzheitliche Betrachtung erzielbare Einsparpotenzial wieder. Je nach Randbedingungen und Netzdefizi-



ten können über 10 % der Gesamtkosten eingespart werden. Besonders bei dringenden Sanierungen erscheinen die o. g. Fehlentscheidungen auf Grund mangelnder Kenntnis der Gesamtumstände als wahrscheinlich, da in diesen Fällen ein schnelles Handeln erforderlich ist. Allein bei dringenden Sanierungen fallen im Netz A unsachgemäß eingesetzte Ausgaben von 3,5 Mio. € oder rd. die Hälfte der gesamten Fehlentscheidungen an. Bei Netz B beträgt dieser Anteil 1,6 Mio. € bzw. 70 % des Einsparpotenzials.

Zusätzlich zu den o. g. Einsparpotenzialen soll beachtet werden, dass eine Aktualisierung der hydraulischen Berechnung mit aktuell gültigen Belastungsansätzen erhebliche Veränderungen der hydraulischen Sanierungskonzeption zur Folge haben kann. Im Projekt KANSAS wurde an einem Netz ein allein auf der Aktualisierung der Modellregen beruhendes Einsparpotenzial von rd. 10 % der hydraulischen Kanalsanierungskosten lokalisiert.

Es wird deutlich, dass Fehlentscheidungen im Bereich von mehreren hunderttausend Euro bis zum mehrstelligen Millionenbereich bei der ganzheitlichen Bearbeitung vermieden werden können. Wird darüber hinaus der Nutzen einer ganzheitlichen Sanierungsplanung berücksichtigt, sind die für das Erstellen einer ganzheitlichen Generellen Sanierungsplanung notwendigen Kosten verschwindend gering und lohnend eingesetzt.

5.10 **Umfang und Dokumentation der GSP**

Bei der Bearbeitung einer ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung soll, aufbauend auf die DIN EN 752, mindestens der in Tabelle 5.25 dargestellte Bearbeitungsumfang durchgeführt werden. Empfohlen werden darüber hinaus bereits im Vorfeld der Sanierungsplanung eine Kosten-Nutzen-Analyse des geplanten Sanierungsumfangs sowie die Betrachtung unterschiedlicher Sanierungsstrategien und Auswirkungen verschiedener Kriterien bei der Auswahl von Sanierungsverfahren im Sinne einer Sensitivitätsuntersuchung. Ebenfalls wird empfohlen, die weiteren Beteiligten (Spartenbetreiber) frühzeitig einzubeziehen und die erarbeiteten Maßnahmen abzustimmen. Ausdrücklich wird die Berücksichtigung der Anschlussleitungen empfohlen, um Wechselwirkungen mit dem öffentlichen Straßenkanal bereits im Planungsstadium zu erkennen und einbeziehen zu können.



Tabelle 5.25: *Checkliste für den grundlegenden Bearbeitungsumfang einer GSP*

Bearbeitungs- schritt	Beschreibung
Definition Anforderun- gen	Recherche der geltenden Anforderungen
Ganzheitliche Zustands- erfassung	Erfassen und Beurteilen des baulichen, hydraulischen und umweltrele- vanten Zustandes des Kanalnetzes
Definition Zielsetzung	Festlegen der Sanierungsziele sowie Ermitteln des Sanierungsumfanges
Undichtheiten	Beurteilen und Ermitteln der optisch nicht feststellbaren Undichtheiten
Sanierungsgrundlagen	Erarbeiten der möglichen Sanierungsalternativen incl. Kosten
Konzeption	Auswahl des Sanierungsverfahrens sowie Festlegen der Dringlichkeit
Zeitplan Umsetzung	Definieren der Zwischenziele sowie Aufstellen eines Zeitplanes für die Umsetzung
Dokumentation	Dokumentation der durchgeführten Arbeitsschritte

Tabelle 5.26 zeigt die im Rahmen der GSP empfohlenen Nachweise.

Tabelle 5.26: *Für die GSP empfohlene Nachweise*

Nachweis	Beschreibung
Bauliche Sanierung	Wirtschaftlichkeitsvergleich sowie Festlegen der weiteren Parameter und Kriterien zur Wahl des Sanierungsverfahrens
Hydraulische Sanierung	hydrodynamische Berechnungen für Überstaunachweis sowie, bei gefährdeten Gebieten, zusätzlich Überflutungsnachweis
Umweltrelevante Aspekte	bei Bedarf Schmutzfrachtberechnung
Durchführung	Maßnahmen- und Zeitplan in Abstimmung mit den Anforderungen
Nachhaltigkeit	Nachweis des langfristigen Werterhalts zur Vermeidung von schlei- chendem „Verbrauch“ des Kanals, Berücksichtigung der mittel- bis langfristigen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen (und der geplanten Strategie, s. Substanzwertstrategie)

Im Rahmen der ganzheitlichen Generellen Sanierungsplanung werden eine Vielzahl von Auswertungen und Berechnungen durchgeführt sowie Informationen gesammelt und bewertet. Die GSP stellt eine



wichtige Planungsgrundlage dar, die über mehrere Jahre Anwendung finden soll. Zu diesem Zweck wird eine ausführliche Dokumentation der Ergebnisse sowie der entscheidungsrelevanten Kriterien empfohlen, damit auch im Nachhinein die Verfahrensauswahl nachvollziehbar sowie die erarbeiteten Grundlagen nutzbar bleiben. Zur Dokumentation werden mindestens die in Tabelle 5.27 dargestellten Unterlagen empfohlen. Eine weitergehende Dokumentation erleichtert die Verwendung der GSP und soll die transparente und objektive Entscheidungsfindung darstellen.

Tabelle 5.27: Für eine GSP empfohlene Dokumentation (Grundumfang und wünschenswerter Umfang)

	Nachweis	Beschreibung
Grundumfang	Lagepläne	Lagepläne mit Eintragung der gewählten Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung, Erweiterung (s. Beispiel Anhang 4.1)
		Lagepläne mit Eintragung der ganzheitlichen Sanierungspriorität (s. Beispiel Anhang 4.2)
	Erläuterungsbericht	Dokumentation der verwendeten Grundlagen, Randbedingungen, Ziele und Entscheidungsprozesse
Weitergehender, wünschenswerter Umfang	Haltungsprotokolle	Eintragung der wesentlichen Ordnungs-, Stamm- und Zustandsdaten sowie Randbedingungen, Kosten der betrachteten Alternativen, Ergebnissen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs sowie allen weiteren entscheidungsrelevanten Angaben sowie Sanierungspriorität (s. Beispiel Anhang 4.3)
	Grundlagenerfassung	Weitere Planunterlagen oder sonstige Zusammenstellungen zur Dokumentation der Grundlagenerfassung, Randbedingungen, berücksichtige Spartenleitungen, usw
	Zwischenschritte	Dokumentation der wesentlichen Zwischenschritte, sowohl zur Abstimmung mit den Beteiligten als auch zur Dokumentation der Entscheidungsfindung (z. B. wirtschaftlichste Sanierungsalternative, hydraulische Sanierungen, usw.)
	Ergebnisse Sensitivitätsanalysen, weitergehende Auswertungen	Übersichtspläne mit Ergebnissen von Sensitivitätsuntersuchungen oder Ausgangsdaten für die Sanierungskonzeption (z. B. Abstand der Projektkosten zur Erneuerung oder hydraulische Auslastung, Überstaupläne, Sicherheit des gewählten Verfahrens usw.)
	Haltungslisten	Tabellarische, haltungsweise Zusammenstellung der wesentlichen Grunddaten und Ergebnisse



6 Sanierungsstrategie

6.1 Ziele

In der GSP werden Aussagen zu Lage, Art, Dringlichkeit und Kosten von Maßnahmen erarbeitet. Für deren Umsetzung entsprechend einer Sanierungsstrategie sind jedoch kurz-, mittel- und langfristiger Sanierungsbedarf, Substanzwertentwicklung, verfügbares Personal und finanzielle Mittel sowie weitere Maßnahmen im Entwässerungssystem zu berücksichtigen.

Tabelle 6.1: Für die Erarbeitung von Sanierungsstrategien relevante Ziele

Art	Ziel	Beschreibung
Muss-Ziele	Rechtliche und technische Ziele	Abwasserbeseitigungspflicht der Gemeinde, gesetzliche Vorgaben für ordnungsgemäßen Bau und Betrieb der Abwasseranlage, Einhalten der Auflagen
	Umweltrelevante Ziele	Einhalten der Anforderungen an den Umweltschutz (Schutz der Gewässer und Umwelt)
	Funktions- und Betriebssicherheit	Sicherstellen einer funktionierenden Anlage und störungsfreier Betrieb
Kann-Ziele	Zusätzliche Ziele des Netzbetreibers	z. B. vordringliche Fremdwassersanierung, Erreichen eines bestimmten Zustandes, Steigerung des Substanzwertes, Netzausbau usw.
	Substanzwerterhalt	Das Entwässerungsnetz soll in mindestens so gutem Zustand an die kommende Generation übergeben werden, wie es übernommen wurde (Erhalt der materiellen Substanz)
	Nachhaltigkeit	Pflege und Entwicklung des Netzes, so dass die vorgesehene Nutzungsdauer erreicht wird
	Verstetigung	Allgemeine Verstetigung der Investitionen zur vorausschauenden Planung, insbesondere in den Teilzielen Abwassergebührenentwicklung, Kapitalbedarf (Liquiditätsmanagement), Bauinvestitionen (Arbeitspolitik), Personalbedarf

Tabelle 6.1 zeigt für die Erarbeitung von Sanierungsstrategien relevante Ziele. Die Sanierungsstrategien orientieren sich grundsätzlich an den Zielen des Netzbetreibers, die von den Anforderungen an eine Entwässerungsanlage abhängen. Bei Entwässerungsnetzen handelt es sich um langlebige Wirtschaftsgüter, die über mehrere Generationen betriebssicher und funktionsfähig gehalten werden müssen. Daraus ergibt sich die Verpflichtung einer Generation, nachhaltige Strategien zu wählen, die auch der nachfolgenden Generation die Nutzung und Finanzierung einer funktionierenden Entwässerungsanlage ermöglicht (Generatio-



nenvertrag). Es gilt Strategien zu entwickeln, die bei einer zumutbaren Bürgerbelastung (Herstellungs- und Ergänzungsbeiträge, Abwassergebühren) die o. a. Ziele erreichen sowie die gesetzlichen Vorgaben erfüllen. Die rechtlichen und technischen Ziele müssen erfüllt sein (gesetzliche Regelungen). Die betriebswirtschaftlichen Ziele dagegen sollen erfüllt werden.

Zwischen der ganzheitlichen Sanierungsplanung und der Strategieentwicklung besteht eine gegenseitige Beeinflussung. Die Strategiebetrachtungen liefern Erkenntnisse über Auswirkungen von definierten Handlungsweisen. Sie geben jedoch auch umgekehrt Vorgaben, welche Ziele unter welchen Randbedingungen realistisch erreichbar sind, so dass ggf. Korrekturen bei der Sanierungsplanung erforderlich werden.

6.2 Bewertungskriterien

6.2.1 Zustandsabhängige Nutzungsdauer

Die in der Praxis verwendeten Nutzungsdauern werden meist festgelegt, ohne die örtlichen Besonderheiten und Einflüsse sowie den Zustand des Netzes zu berücksichtigen. Einer netzbezogenen wirklichkeitsnahen Abschätzung der haltungsweisen bzw. netzspezifischen Nutzungsdauer kommt eine besondere Bedeutung zu, da die zustandsabhängige Nutzungsdauer (s. Kapitel 4.5) für zahlreiche Bewertungen erforderlich ist (s. Tabelle 6.2).

Tabelle 6.2: Anwendungsbereiche für die zustandsabhängige Nutzungsdauer

Anwendung	Beschreibung
Bewertung des Kanalnetzes	Im Mittel zu erwartende Nutzungsdauer bzw. Restnutzungsdauer eines Kanalnetzes als Netzkennzahl zur Beurteilung des Netzzustandes
Ermitteln des Substanzwertes	Haltungsweise zustandsabhängige Nutzungsdauer als Grundlage zur Bestimmung des Substanzwertes einer Haltung bzw. eines Netzes
Überprüfen der für die Abwassergebühren verwendeten ND_{kalk}	Als Grundlage zur Ermittlung bzw. Überprüfung der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer bzw. der kalkulatorischen Kosten
Beurteilen von Sanierungsstrategie	Beurteilung, ob die ursprünglich geplante Nutzungsdauer mit einer konkreten Strategie unter- oder überschritten wird.
Beurteilen des Sanierungsumfanges	Bewerten des Zuwachses der Restnutzungsdauer bei unterschiedlichen Sanierungsumfängen und dadurch erforderlichen Investitionskosten (Kosten-Nutzen-Rechnung)



Ziel einer Sanierungsstrategie soll sein, Maßnahmen und Zeitplan zur Behebung der Defizite zu erarbeiten, um die ursprünglich angestrebten Nutzungsdauern im Mittel zu erreichen. Die Nutzungsdauer als alleiniger Parameter reicht jedoch nicht aus, um die nachhaltigen Auswirkungen einer Strategie und die Entwicklung eines Kanalnetzes zu beurteilen. Dafür ist die gemeinsame Betrachtung von Alter und Schädigung, zustandsabhängiger Nutzungsdauer und gewähltem Verfahren im Sinne einer Substanzbewertung erforderlich.

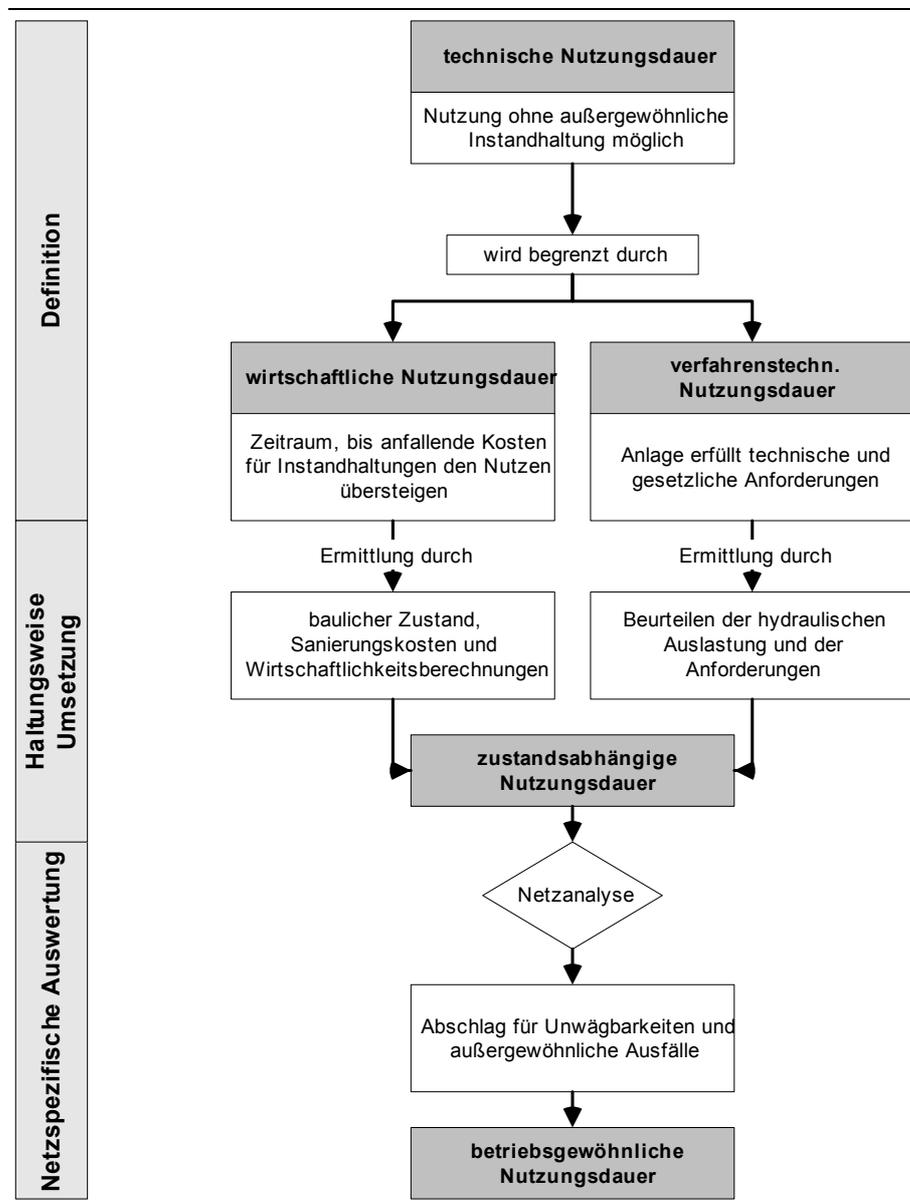


Abbildung 6.1: Vorgehen zur Bestimmung der zustandsabhängigen sowie betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer eines Kanalnetzes



Abbildung 6.1 zeigt die Vorgehensweise bei der Bestimmung der zustandsabhängigen sowie betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer eines Kanalnetzes. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer kann auf der Grundlage des im Rahmen der GSP unter Anwendung aktueller Sanierungstechnik und –kosten ermittelten Sanierungsaufwandes transparent, auf technischen und kaufmännischen Kriterien aufbauend, haltungsgenau berechnet werden (s. Kapitel 5.5.5.2 und [80]). Die verfahrenstechnische Nutzungsdauer ergibt sich aus der hydraulischen Auslastung und den Anforderungen. Sie kann für konkrete Maßnahmen aus der hydraulischen Sanierungspriorität sowie über die Beurteilung der hydraulischen Reserven eines Kanalnetzes bestimmt werden (s. Kapitel 5.6.4 und z. B. [30] sowie KANSAS). Durch Auswertung der haltungsbezogenen Nutzungsdauer kann die netzbezogene, zustandsabhängige Nutzungsdauer abgeleitet werden [77].

Da die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer mit großer Sicherheit erreicht werden soll, wird zu deren Berechnung vorgeschlagen, die Nutzungsdauer anzusetzen, die von zwei Drittel aller Haltungen des Kanalnetzes erreicht oder überschritten wird und darauf einen Abschlag für außerplanmäßige Ausfälle zu berücksichtigen. Aufgrund der Erfahrungen in KANSAS wird empfohlen, für die technischen und kaufmännischen Betrachtungen netzspezifische, zustandsabhängige Nutzungsdauern abzuleiten, um die zu erwartete Nutzungsdauer optimal zu berücksichtigen. Entsprechende Methoden zur Beurteilung der im konkreten Kanalnetz vorhandenen haltungsweisen oder mittleren zustandsabhängigen sowie der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer auf der Grundlage einer GSP sind in KANSAS sowie in [77] und [107] dargestellt. Alternative Methoden zur Bestimmung der baulichen Nutzungsdauer über Stichproben, differenzierte Zustandsbewertung und/oder stochastische Methoden sind z. B. in Stein [100][73], Hertz [60], Hochstrate [61][62][73] oder Jansen [63] beschrieben.



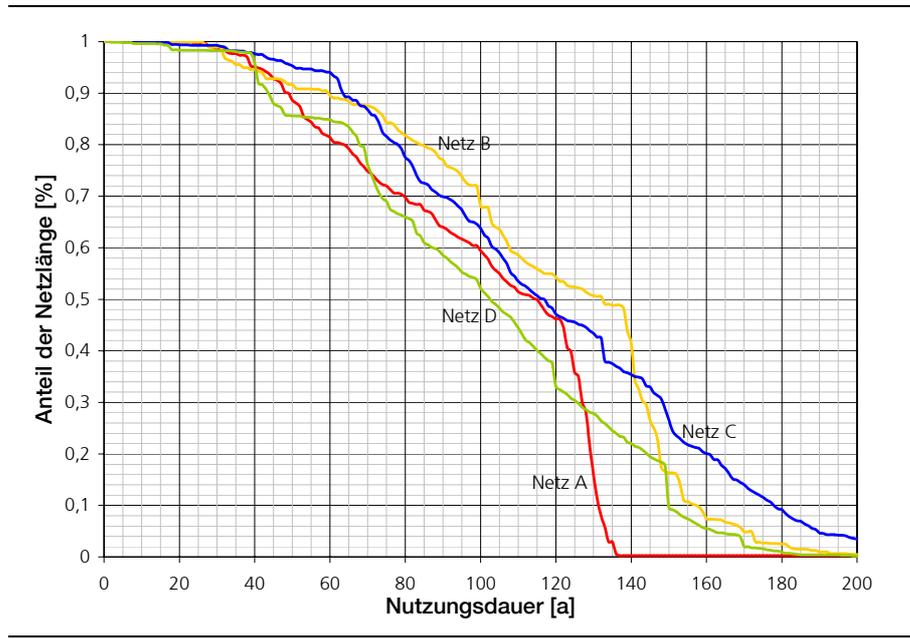


Abbildung 6.2: Verteilung der zustandsabhängigen Nutzungsdauer für unterschiedliche Kanalnetze zur Bewertung eines Kanalnetzes

Tabelle 6.3: Beispiele für ermittelte zustandsabhängige (50 %-Werte) und betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern (66 %-Werte) unterschiedlicher Kanalnetze

Art		Netz A	Netz B	Netz C	Netz D
zust. ND [a]	Beton 50%	80	118	-	85
	Beton 66%	67	90	-	74
	Steinzeug 50%	115	132	117	102
	Steinzeug 66%	85	102	92	78
mittl. Alter [a]	Beton	40	39	-	49
	Steinzeug	25	36	70	58

6.2.2 Substanzwert

Nach der Wertermittlungsrichtlinie Wert R2002 [32] können zur Wertermittlung sowohl Vergleichs-, Sach- als auch Ertragswertverfahren angewandt werden. Das Ertragswertverfahren wird von gewinnorientierten Unternehmen angewandt und bewertet die Rentierlichkeit eines Anlagegutes. Da bei Kanalnetzbetreibern jedoch die Funktions- und Betriebssicherheit des Netzes im Vordergrund steht, wird in Übereinstimmung mit den Anforderungen in DWA-M 143, Teil 14 [50] das Sachwertverfahren empfohlen.



Der Substanzwert orientiert sich am Wiederbeschaffungswert (WBW) des Wirtschaftsgutes, d. h. an den Kosten, die für ein neues Wirtschaftsgut an gleicher Stelle mit den gleichen Eigenschaften zu bezahlen wären [108]. Wegen des gebrauchten Zustandes wird ein entsprechender Abschlag auf den Wiederbeschaffungswert notwendig, um den Substanzwert zum Zeitpunkt T zu erhalten. Das materielle Substanzdefizit ergibt sich als Differenz des aktuellen Substanzwertes und des Soll-Substanzwertes. Der Substanzwert kann für einen beliebigen Zeitpunkt t mit Gleichung 4.1 ermittelt werden [108]. Als Zeitpunkt der Außerbetriebnahme t_{Ern} wird dabei das Ende der (haltungsweisen) zustandsabhängigen Nutzungsdauer ND_{zust} angesetzt. Instandsetzungsmaßnahmen werden dabei im Allgemeinen als reine Betriebskosten ohne werterhöhende Wirkung angesehen, mit denen die Haltung über den angestrebten Zeitraum ordnungsgemäß in Betrieb gehalten werden kann. Mit dem Term ΔSW kann, sofern begründet, eine durch die Nutzungsdauer des eingesetzten Verfahrens ND_{san} zeitlich begrenzte Werterhöhung durch Instandsetzung in Ansatz gebracht werden.

$$SW(t) = WBW(t) \cdot \left(1 - \frac{t - t_0}{t_{Ern, zust.} - t_0} \right) (+\Delta SW) \quad \text{Gl. 6.1}$$

mit $\Delta SW = f(t, ND_{san})$

In der Regel wird eine Verstetigung des Substanzwertes auf einem Niveau von mindestens 50 % des Wiederbeschaffungswertes angestrebt [50]. Um einem schleichenden Werteverzehr, insbesondere bei jungen Netzen, vorzubeugen, ist zu prüfen, ob aufgrund der vorliegenden Schädigung des Netzes bereits bei einem Substanzwert größer 50 % des Wiederbeschaffungswertes ein dem Alter des Kanalnetzes unangemessen geringer Substanzwert (Substanzdefizit) vorhanden ist. Der dem Alter angemessene relative Soll-Substanzwert SW_{Soll} (idealer Substanzwert) kann dabei mit Gleichung 4.2 über das Verhältnis des mittleren Netzalters zur Nutzungsdauer eines weitgehend ungeschädigten Netzes ermittelt werden. Er beträgt jedoch mindestens 50 %.

$$\frac{SW_{Soll}}{WBW} = 1 - \frac{\text{mittl. Netzalter}}{ND \text{ eines ungeschädigten Netzes}} \quad \text{Gl. 6.2}$$

Ein relativer Substanzwert kleiner SW_{Soll} (oder signifikant unter 50 %) würde ein Substanzwertdefizit bedeuten. Ein erheblicher Teil des Ka-



nalnetzes befindet sich in diesem Fall nicht mehr im akzeptierten Zustandsbereich. Dadurch wird kurzfristig eine wesentliche Erhöhung der Sanierungsleistung bzw. des –budgets erforderlich (Intervention). Eine längerfristige Abweichung vom Sollwert bedeutet, dass die zwecks Funktionserhaltung dringend erforderlichen Investitionen aufgeschoben und damit in Form eines Investitionsstaus in die Zukunft verlagert werden.

Bei einem relativen Substanzwert signifikant kleiner 50 % wird empfohlen, kurzfristig Maßnahmen zu ergreifen, die einen weiteren Werteverzehr verhindern (Intervention). Mittelfristig soll ein relativer Substanzwert von mindestens 50 % angestrebt werden. Wird bei jüngeren Netzen der relative Soll-Substanzwert um mehr als 25 % unterschritten, wird empfohlen, kurzfristig Maßnahmen zur Substanzwerterhöhung zu ergreifen.

Bei alten Kanalnetzen wird der relative Substanzwert stets unter 50 % liegen. Obwohl eine Steigerung langfristig auf 50 % erforderlich ist, ist eine kurzfristige Steigerung meist nicht durchführbar. Auch hier wird eine Bewertung analog zum Soll-Substanzwert empfohlen. Bei den alten betrachteten Kanalnetzen ergibt sich dabei eine untere Grenze bei 75 % des Soll-Substanzwertes, die den Netzbetreiber noch nicht vor unlösbare Aufgaben stellt. Spätestens bei einer Unterschreitung des 100%-Soll-Wertes um mehr als 25 % liegt jedoch ein erhebliches Defizit und ein dringender Interventionsbedarf vor.

6.2.3 Entwicklung der Sanierungszeitachse

Mit der erarbeiteten Sanierungskonzeption liegen alle notwendigen Informationen zur Beschreibung der künftigen Entwicklung einer Haltung und den voraussichtlichen Kosten vor:

- Durchzuführende Maßnahmen und Sanierungskosten
- Zeitpunkte von ggf. notwendigen Wiederholungen von Maßnahmen
- Zeitpunkt der Außerbetriebnahme einer Haltung (Erneuerung oder Erweiterung)

In organisatorischer und finanzieller Hinsicht wird es nicht möglich sein, sämtliche in der GSP geplanten Maßnahmen sofort umzusetzen. Aus diesem Grund ist es erforderlich, für die Umsetzung Zeiträume in Ab-



hängigkeit der Dringlichkeit von Maßnahmen unter Berücksichtigung folgender Kriterien anzusetzen:

- Die technischen, gesetzlichen und umweltrelevanten Anforderungen an die zeitliche Umsetzung bei der Beseitigung der festgestellten Mängel sind einzuhalten.
- Die gewählten Zeiträume sind kritisch mit den zu Grunde liegenden Sanierungsprioritäten oder Schadensklassen zu vergleichen.
- Die gewählten Zeiträume sollen auch für andere Beteiligte (z. B. beim Mehrspartenansatz) akzeptabel sein.
- Eine möglichst gleichmäßige Sanierungskostenverteilung sowie Gebührenentwicklung ist anzustreben.
- Die Umsetzbarkeit im Hinblick auf Bauvolumen und Personalbedarf muss gewährleistet werden.

Werden die Sanierungsziele über Sanierungsprioritäten definiert, entsteht ein Zeitplan für die Abarbeitung der erforderlichen Maßnahmen. Die Erarbeitung des Zeitplanes stellt einen iterativer Prozess dar, wobei, ausgehend von der technisch optimalen oder netzbetreiberspezifischen Vorstellung, die Auswirkungen auf die o. g. Bewertungsmerkmale (Gebühr, Investitionsplanung, Anforderungen) ermittelt, bewertet und angepasst werden.

Tabelle 6.4: Varianten zur Ermittlung des Zeitplanes für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen

Priorität		zügige Umsetzung	Verzögerte Umsetzung	Konstante Gebühr
kurzfristig	SP 1	0 – 5a	0 – 10a	Zeitplan ergibt sich aus Gebührenanalyse
kurz- bis mittelfristig	SP 2	5 – 10a	10 – 20a	
mittelfristig	SP 3	10 – 15a	20 – 30a	
langfristig	SP 4	15 – 20a	30 – 40a	

Für die Entwicklung der zeitlichen Umsetzung wird empfohlen, die in Tabelle 6.4 dargestellten Varianten zu betrachten. Sie stellen Extreme der Zeitplanung dar, die für die Strategieentwicklung nützlich sind.



Innerhalb dieser Eckwerte soll anschließend die für das konkrete Kanalnetz optimale Zeitplanung ermittelt werden.

Die Variante *zügige Umsetzung* stellt aus technischer Sicht wünschenswerte Zeiträume dar. Bei Sanierung des Kanalnetzes innerhalb dieser Zeiträume kann von einer zügigen Umsetzung sowie der Erfüllung der gesetzlichen Pflichten ausgegangen werden. Die Variante *verzögerte Umsetzung* kann im Extremfall notwendig werden, wenn außergewöhnliche betriebliche oder finanzielle Zwänge eine schnellere Umsetzung nicht erlauben. Hier ist jedoch eine kritische Beurteilung der Zeiträume im Hinblick auf die zu beseitigenden Mängel und Anforderungen erforderlich. Der bei der Variante *konstante Gebühr* ermittelte Zeitplan muss im Hinblick auf die gesetzlichen Vorgaben zur Beseitigung der Defizite überprüft werden.

6.3 Steuerkriterien

Bei der Strategieentwicklung werden Steuerkriterien zur Bearbeitung und Umsetzung der GSP definiert, ihre Auswirkungen ermittelt und im Hinblick auf die dargelegten Ziele bewertet. Mögliche Steuerkriterien sind in Tabelle 6.5 dargestellt.

Tabelle 6.5: Steuerkriterien zur Bearbeitung und Umsetzung der GSP

Parameter	Beschreibung
Sanierungsumfang	Festlegen des Sanierungsumfanges (s. Zustandsstrategie)
Auswahl der Sanierungsart	Festlegen der Vorgehensweisen und der Kriterien zur Auswahl der Sanierungsart
Zeitplan	Festlegen des Zeitplanes zur Umsetzung der Maßnahmen in Abhängigkeit der Dringlichkeit
Sanierungsgebiet	Festlegen der für die Sanierung vorgesehenen Einzugsgebiete und deren Reihenfolge
Mehrpartenansatz	Festlegen von Art und Umfang der Koordinierung der Sanierung mit den Belangen weiterer Beteiligten

Ziel der Ermittlung der Sanierungsstrategie ist, für ein Kanalnetz einen bestmöglichen Kompromiss zwischen technischen und gesetzlichen Anforderungen (Muss-Ziel), den Anforderungen zum nachhaltigen Substanzwerterhalt (Soll-Ziel) sowie weiteren Zielen des Netzbetreibers, z. B. Gebührenstabilität (Wunsch-Ziele), zu finden.



Je nach gewählten Steuerkriterien ergeben sich Auswirkungen im Hinblick auf

- Investitions- und Betriebskostenentwicklung,
- Personalbedarfsentwicklung,
- Nutzungsdauer des Kanalnetzes,
- Gebührenbedarfsentwicklung,
- Nachhaltige Kanalnetzwertentwicklung (Substanzwert).

Es ist deshalb erforderlich zu überprüfen, ob die angestrebten kurz-, mittel- und langfristigen Ziele mit der gewählten Strategie erreicht werden können. Insbesondere der Nachweis der nachhaltigen Substanzwertentwicklung ist dabei von Bedeutung.

6.4 Strategiearten

6.4.1 Gebietsbezogene Strategie

Die gebietsorientierte Strategie wird angewandt, wenn z. B. die Größe des Kanalnetzes oder der zu erwartende Sanierungsaufwand eine sofortige Berücksichtigung des Gesamtwässerungssystems nicht zulässt oder wenn nur in Teilgebieten flächendeckende Informationen zur Bearbeitung einer GSP vorhanden oder in vertretbaren Zeiträumen ermittelbar sind. In Abhängigkeit von

- baulichem Zustand und Dringlichkeit der Maßnahmen,
- hydraulischem Zustand und Dringlichkeit der Maßnahmen,
- geschätzten Sanierungskosten und Personalbedarf,
- sonstigen Aktivitäten in den Gebieten (geplante Baumaßnahmen, Stadtentwicklung) und
- besonderen Anforderungen (z. B. aus Wasserschutzgebieten)

werden Gebiete festgelegt und Gebiets-Sanierungsprioritäten vergeben, die, analog zu den Sanierungsprioritäten der Haltungen, die Dringlichkeit der Sanierung angeben (s. Jacobi et. al. [67] [69]). Gebiete mit hohem Schadenspotenzial oder der besonderen Häufung von Schädigungen, Häufungen von weiteren, kurzfristigen infrastrukturellen Aktivitäten sowie besonderen umweltrelevanten Anforderungen besitzen einen vordringlichen Sanierungsbedarf. Zur wirtschaftlichen Umsetzung einer gebietsorientierten Strategie soll insbesondere die Mehrspartenstrategie berücksichtigt werden.



Die Gebiete ergeben sich aus ähnlichen Merkmalen, Anforderungen, räumlicher Zusammengehörigkeit (z. B. Straßenzüge) oder Zusammenhängen im Kanalnetz (z. B. Pumpwerkseinzugsgebiet). Liegen keine Zustandsinformationen vor, kann ggf. über Stichprobenuntersuchungen entweder der Zustand jedes Gebietes abgeschätzt oder insgesamt eine Prognose in Abhängigkeit von Gebietscharakteristiken erstellt werden.

6.4.2 Mehrspartenstrategie

Bei der Mehrspartenstrategie werden die Sanierungsmaßnahmen im Entwässerungssystem als Teil einer infrastrukturellen Gesamtmaßnahme verstanden. Ziel ist, auch die Belange aller weiteren Beteiligten mit in die Maßnahmen- und Strategieentwicklung einzubeziehen. Es wird angestrebt, definierte Bereiche im Hinblick auf die Beeinträchtigungen der Anwohner in einem Anlauf interdisziplinär komplett zu sanieren und monetäre Synergieeffekte bei der gleichzeitigen Erneuerung mehrerer Sparten zu nutzen. Neben der finanziellen Berücksichtigung sind auch „weiche“ Faktoren wie einfache Durchführbarkeit, Rücksichtnahme auf die Anwohner usw. bei der Entscheidungsfindung von Bedeutung (Grunwald [56]).

Überlagerungspunkte gibt es grundsätzlich in Sanierungsabschnitten, in denen offene Erneuerungsverfahren durchgeführt werden. Es soll jedoch geprüft werden, inwieweit die im Kanalnetz geplanten Reparaturen oder Renovierungen unter Berücksichtigung einer gleichzeitigen Erneuerung anderer Sparten in Erneuerungsmaßnahmen umzuwandeln sind. Kriterium hierfür kann der Abstand der Projektkostenbarwerte des gewählten Verfahrens zur Erneuerung sein (s. Kapitel 5.5.5.3).

Die Mehrspartenstrategie ist Teil der ganzheitlichen Sanierungsplanung (s. Kapitel 5.7.2) und grundsätzlich wünschenswert. Lokal werden damit zwar nominal Mehrkosten erzeugt, gesamtwirtschaftlich betrachtet jedoch Einsparungen erzielt. Zusätzlich hat die Mehrspartenstrategie grundsätzlich positive Auswirkungen auf die Substanzwertentwicklung. Sie erfordert jedoch eine intensive Abstimmung aller Beteiligten und die Bereitschaft der Spartenbetreiber, die „eigene“ Sanierungskonzeption bei Bedarf anzupassen und sowohl zeitliche Verschiebungen als auch Mehrkosten in Kauf zu nehmen. Entsprechende Hinweise zur Bearbeitung sind in Kapitel 5.7.2 enthalten.



Bei der Mehrspartenstrategie soll ein ausgewogenes Verhältnis zwischen durch die Belange der weiteren Beteiligten fremdgesteuerten und durch den Netzbetreiber selbst gesteuerten Maßnahmen angestrebt werden, damit Defizite an anderen Stellen im Netz nicht vernachlässigt werden.

6.4.3 Zustandsstrategie

Bei der Zustandsstrategie wird in einem definierten Zeitraum das Kanalnetz vom Ist-Zustand über Zwischenzustände in einen definierten Soll-Zustand überführt. Die Zustandsstrategie wird angewandt, wenn wegen der verfügbaren Finanzmittel oder durch den Sanierungsumfang die Behebung aller Mängel nicht möglich ist. Dies ist üblich bei flächendeckend schwer geschädigten alten und/oder großen Netzen erforderlich. Im Einklang mit den gesetzlichen und umweltrelevanten Anforderungen wird daher der Sanierungsumfang auf schwere Schädigungen eingeschränkt, um mit dem verfügbaren Sanierungsbudget möglichst große Netzbereiche im Sinne einer Gefahrenabwehr zu erfassen. Durch die Zustandsstrategie wird eine geordnete und gleichmäßige Zustandsentwicklung möglich, die sich am Gefährdungspotenzial orientiert. Den Mehrausgaben (durch die zweite Phase der Sanierung zur Behebung der weiteren Schäden) steht der Nutzen der flächendeckenden Reduktion der Risiken gegenüber.

Voraussetzung für die Zustandsstrategie ist die Definition des Schadensumfangs. Dies kann anhand von Schadensbildern, Schadensklassen oder Sanierungsprioritäten erfolgen (s. Kapitel 5.5.1). Trotz eingeschränktem Sanierungsumfang sollten jedoch die Systemzusammenhänge sowie jeweils zusammenhängende Kanalstrecken bearbeitet und Überschneidungen mit Belangen weiterer Beteiligter (Mehrspartenstrategie) berücksichtigt werden.

Bei gering geschädigten sowie jungen Netzen ist diese Strategie nicht sinnvoll. Derartige Netze erfordern vergleichsweise geringe Sanierungsausgaben, die durch im Bedarfsfall leicht erhöhte und noch verträgliche Gebührensätze finanziert werden können. Ist darüber hinaus bei reduziertem Umfang nur ein geringer (heutiger) Kostensenkungseffekt vorhanden, macht ein eingeschränkter Sanierungsumfang keinen Sinn. In diesen Fällen soll die Zustandsstrategie nicht angewandt werden.



Bei der Anwendung der Zustandsstrategie muss beachtet werden, dass, je nach gewähltem Schadensumfang, keine oder nur geringe Substanz erhaltende oder erhöhende Wirkung erzielt wird. Darüber hinaus soll berücksichtigt werden, dass bei Sanierung aller Schäden teilweise Erneuerungen notwendig wären. Diese werden jedoch wegen des reduzierten Schadensumfangs der Zustandsstrategie und daraus resultierender Bevorzugung von Reparaturmaßnahmen in die Zukunft verschoben.

Durch die Anwendung einer am Schadensbild orientierten Zustandsstrategie kann einer Überalterung des Netzes meist nicht vorgebeugt werden. Insbesondere in Kombination mit einer gebietsorientierten Strategie muss damit gerechnet werden, dass nach Erreichen des Zwischenziels (z. B. Behebung aller dringendsten Schäden) mit konzentriert auftretenden Erneuerungen zu rechnen ist. Die nur am Schadensbild orientierte Zustandsstrategie kann damit nicht zur Entzerrung der in der Zukunft zwangsläufig erforderlichen Reinvestitionen beitragen, sondern verschärft sie. Es wird deshalb empfohlen, bei Anwendung der Zustandsstrategie neben dem Schadensbild auch weitere Kriterien wie Substanzwertentwicklung und gewählte Sanierungsart bei Betrachtung aller Schäden mit einzubeziehen. Zumindest sollte ein Zeitplan entwickelt werden, der die Finanzierung der Substanzwertstrategie berücksichtigt.

6.4.4 Funktionsbedingte Strategie

Die funktionsbedingte Strategie bewirkt eine grundsätzliche Änderung des Aufbaus von Teilen oder der Gesamtheit des Entwässerungssystems bzw. dessen Konzeption durch wesentliche Änderung der Randbedingungen. Sie wird in folgenden Fällen angewandt:

- Änderung der Emissions- oder/und Immissionsanforderungen
- Änderung der Anforderungen im Hinblick auf Sicherheiten
- Änderung oder Wegfall der bisherigen Ableitungswege

Eine Änderung der an das Entwässerungssystem gestellten Anforderungen wirkt sich unmittelbar auf die verfahrenstechnische Nutzungsdauer aus. Dadurch wird gleichzeitig eine Verringerung des Substanzwertes bewirkt. Ebenfalls wird ein hydraulischer oder umweltrelevanter Sanierungsbedarf ausgelöst, der Dringlichkeiten zugeordnet werden kann. Damit kann die funktionsbezogene Strategie auf die allgemeinen Bearbeitungsschritte der GSP zurückgeführt werden.



6.4.5 Substanzwertstrategie

Bei der Substanzwertstrategie wird besonderes Augenmerk auf die nachhaltige Substanzwertentwicklung des Kanalnetzes gelegt. Aufbauend auf die GSP sind die grundlegenden Schritte:

- Ermitteln und Bewerten des Substanzwertes zum Bewertungsstichtag
- Ermitteln und Bewerten des künftigen Substanzwertverlaufs, ggf. unter Berücksichtigung mehrerer Strategien und Randbedingungen
- Ermitteln des Handlungsbedarfs sowie von Maßnahmen zur Sicherstellung des Substanzwerterhaltes

Die Substanzwertbetrachtungen dienen dabei sowohl zur zustandsabhängigen Netzwertermittlung, zum Nachhaltigkeits-Nachweis von Strategien, zum quantitativen Strategievergleich als auch zur Ermittlung von wichtigen Eingangsgrößen für technische und kaufmännische Aspekte der Sanierungsstrategien.

6.4.6 Unplanmäßiges Handeln (Feuerwehrstrategie)

Die Feuerwehrstrategie stellt eine unplanmäßige, ereignisorientierte Handlungsweise dar, die lediglich beim (teilweisen) Versagen des Systems durchgeführt wird. Die Feuerwehrstrategie wird deshalb NICHT als strategisches Handeln im Sinne der Strategiedefinition (s. Kapitel 4.7) angesehen. Vielmehr handelt es sich hierbei um die Vernachlässigung der Pflichten zum ordnungsgemäßen Kanalnetzbetrieb und zur Netzerhaltung.

6.4.7 Weitere häufige Strategieelemente

6.4.7.1 Fremdwasserreduzierung

Ist ein erheblicher Fremdwasseranfall im Kanalnetz zu beobachten, empfiehlt sich die Berücksichtigung von Fremdwassersanierungsprioritäten bei der Durchführung der ganzheitlichen Sanierungsplanung. Die Prioritäten werden aus



- Schadensbild,
- Dichtheit sowie
- verfügbaren Randbedingungen (z. B. Grundwasserständen und Kanaltiefenlage)

ermittelt und aus dem abgeschätzten Fremdwasserreduktionspotenzial einer Haltung abgeleitet, das bei einer Sanierung der Undichtheiten erzielt würde. Ziel ist mindestens die Identifikation von „ergiebig“ Haltungen sowie die entsprechende Abstufung in Dringlichkeitsklassen. Wird vorausgesetzt, dass der gesamte, für die GSP vorgesehene Schadensumfang behoben wird, fremdwasserrelevante Schäden jedoch mit besonderer Dringlichkeit saniert werden sollen, können qualitative Verfahren zur Abschätzung des Fremdwasserreduktionspotenziales eingesetzt werden (z. B. *KANSAS-FRED* [28]).

Soll die Fremdwasserreduzierung in Form einer Zustandsstrategie durchgeführt werden, muss über die Prioritätenentwicklung hinaus der anzustrebende, effektivste Schadensumfang sowie die erforderliche Strategie ermittelt werden. Dabei sind auch quantitative Abschätzungen des Fremdwassereintritts von Bedeutung, die über gezielte Fremdwassermessungen im Kanalnetz durchgeführt werden können. Ziel ist dabei die Identifizierung der im Sinne der Fremdwasserreduktion wirtschaftlichsten Haltungen. Zu diesem Zweck wird das Reduktionspotenzial jeder Haltung bestimmt, in dem die erzielbare Zufluss-Reduktion dem Sanierungsaufwand gegenübergestellt wird. Eine mögliche Vorgehensweise ist in [76] dargestellt.

6.4.7.2 Berücksichtigung der Anschlusskanäle

Grundsätzlich ist die Berücksichtigung der Anschlussleitungen bei der ganzheitlichen Sanierungsplanung im Sinne einer Mehrspartenstrategie wünschenswert und nach [47] in der GSP enthalten. Sind gebietsweise oder flächendeckend Zustandsdaten der Anschlusskanäle vorhanden, sollen diese in GSP und Strategie aufgenommen werden und das öffentliche und private Entwässerungssystem außerhalb von Gebäuden als eine Einheit betrachtet werden [52]. In diesem Fall empfiehlt es sich, im Bereich der Anschlussleitungen nach den Grundsätzen der GSP eine Verfahrensauswahl durchzuführen und die Wahl des Sanierungsverfahrens im Straßenkanal auf das Sanierungsverfahren im Anschlusskanal abzustimmen und umgekehrt. Da sich nicht in jedem Fall eine Beein-



flussung (z. B. bei Innensanierungsverfahren) ergibt, sollen Bereiche identifiziert werden, bei denen eine gleichzeitige Sanierung erforderlich ist.

Erfahrungsgemäß sind oft keine flächendeckenden Anschlussdaten vorhanden oder ist eine vollständige Anschlusskanalerfassung nicht beabsichtigt bzw. durchführbar. In diesem Fall soll abgeschätzt werden, in welchen Bereichen eine Beeinflussung des Sanierungsverfahrens im Straßenkanal durch den Anschlusskanalzustand vorhanden bzw. wo eine Sanierung ohne Kenntnis des exakten Anschlusszustandes möglich ist. Denkbare Beurteilungskriterien sind in Tabelle 6.6 dargestellt. Ein Verfahren zur Abschätzung der Sicherheit des gewählten Verfahrens im Straßenkanal ist in KANSAS [28] dokumentiert und als Matrix zur Bewertung der Sicherheit des gewählten Verfahrens in Anhang 9 dargestellt.

Tabelle 6.6: Kriterien zur Bewertung der Beeinflussung der Straßenkanalsanierung durch Anschlusskanalsanierung

Kriterium	Beschreibung	Quelle
Zustand	Abschätzung des Anschlusskanalzustandes sowie der Wahrscheinlichkeit einer Schädigung in Abhängigkeit von Gebietscharakteristiken	Stichproben-Anschlusskanaluntersuchung
Anzahl der Anschlüsse	Anzahl der Anschlusskanäle pro Haltung im Straßenkanal	TV-Inspektion
Sanierungsverfahren	Abschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Sanierungsverfahrens im Anschlusskanal in Abhängigkeit von Gebietscharakteristiken	Sanierungskonzeption in Mustergebieten

Ziel ist, die Anschlusskanaluntersuchung (vorerst) kurzfristig auf die erforderlichen Bereiche zu beschränken, so dass Fehlinvestitionen vorgebeugt wird. Es wird jedoch empfohlen, sich kurzfristig mindestens einen Überblick über den Zustand der Anschlusskanäle durch Stichprobenuntersuchungen in Testgebieten zu verschaffen. Mittelfristig sollen die Anschlusskanäle, analog zu den Anforderungen der Überwachungsverordnungen, vollständig untersucht werden.

Werden umfangreiche Erneuerungen des öffentlichen Kanals geplant, ist zu empfehlen, den zugehörigen Anschlussbereich zu überprüfen und dort erforderliche Sanierungen mit einzubeziehen. Sind in einer Haltung zahlreiche Anschlüsse vorhanden, ist zu prüfen, ob bei geplanten Innensanierungen auf Erneuerung gewechselt wird.



Eine wichtige Rolle bei der Fremdwasserreduktion nehmen die Anschlusskanäle ein. Obwohl bereits die Sanierung der Undichtigkeiten im öffentlichen Kanal eine Reduktion des Fremdwasseranteils zur Folge haben und damit ein wichtiger Anfang gemacht wird, ist ohne die gleichzeitige oder anschließende Beseitigung gezielter Fremdwasser-einleitungen sowie die Behebung wenigstens der gravierendsten Undichtigkeiten in Anschlusskanälen der langfristige Erfolg fraglich. Erfahrungsgemäß liegt das größte Fremdwasserreduktionspotenzial in der Beseitigung von gezielten Einleitungen durch Anschlusskanäle aus Grundstücksentwässerungsanlagen (z. B. aus Hausdrainagen).

Die Notwendigkeit und Dringlichkeit der Anschlusskanaluntersuchung hängt von den Zielen des Netzbetreibers sowie den Eigentumsverhältnissen ab. Ist ein geringer Sanierungsumfang (z. B. durch geringe Schädigung oder Durchführung der Zustandsstrategie) vorhanden, ist die Betrachtung der Anschlusskanäle zwar ebenfalls wünschenswert, die Beeinflussung wird jedoch insgesamt geringer eingeschätzt.

Bei geplanten Erneuerungen ist durch den Zustand der Anschlusskanäle zwar keine Beeinflussung auf das gewählte Sanierungsverfahren im Straßenkanal mehr gegeben. Im Sinne eines Mehrspartenansatzes sollte jedoch auch hier der Zustand der Anschlusskanäle überprüft werden, um notwendige Anschlusskanalerneuerungen, mindestens im öffentlichen Straßenraum, gemeinsam durchzuführen.

6.5 Beurteilen von Strategien

6.5.1 Auswirkungen auf die Nutzungsdauer

Je nach Schädigung und Alter des betrachteten Kanalnetzes werden sich unterschiedliche mittlere zustandsabhängige Nutzungsdauern und Restnutzungsdauern (bezogen auf den Betrachtungszeitpunkt) ergeben. Je nach Wahl der Sanierungsstrategie kann die haltungsweise ermittelte optimale wirtschaftliche Nutzungsdauer jedoch tatsächlich über- oder unterschritten werden. Die Nutzungsdauer kann auf zwei Arten zur Bewertung von Sanierungsstrategien herangezogen werden:

- Durch die Bewertung des Zuwachses der Restnutzungsdauer kann eine Kosten-Nutzen-Rechnung unterschiedlicher Sanierungsumfänge durchgeführt werden (s. Kapitel 5.5.1). Insbesondere bei der Zustandsstrategie für schwer geschädigte Netze ist damit die Auswahl eines technisch optimalen Umfangs möglich. Die Vorgehensweise



ist in [80] beschrieben. Die Auswirkungen im Hinblick auf den Substanzwert sind jedoch separat zu beurteilen und zu beachten.

- Wird die mittlere Nutzungsdauer für das Gesamtnetz ermittelt, kann beurteilt werden, ob die ursprünglich angesetzten (z. B. kalkulatorischen) Nutzungsdauern durch die beabsichtigte Strategie eingehalten bzw. über- oder unterschritten werden.

Werden im Extremfall alle Haltungen mittels Reparaturverfahren saniert, wird zwar die tatsächlich erzielte Nutzungsdauer verlängert, notwendige Erneuerungen aber in die Zukunft verschoben. Umgekehrt wird bei einer übermäßigen Auswahl von Erneuerungen die tatsächliche Nutzungsdauer evtl. über das notwendige Maß hinaus verkürzt, was u. U. den vorgesehenen kalkulatorischen Abschreibungen widerspricht. Eine hohe netzspezifische zustandsabhängige Restnutzungsdauer deutet sowohl auf eine vergleichsweise geringe Schädigung als auch auf die Möglichkeit einer größeren Zahl von Reparaturen hin. Eine geringe netzspezifische zustandsabhängige Restnutzungsdauer bedingt deutliche Erneuerungen. Eine optimale Strategie ergibt sich, wenn die Erneuerungsrate der angesetzten Nutzungsdauer entspricht und diese mit der kalkulatorischen Nutzungsdauer übereinstimmt. Werden die durch das Netzalter und Schädigung bedingten Randbedingungen bei der Auswahl der Strategie missachtet, kann zwar u. U. der Kanalbetrieb unter Einhaltung der Anforderungen aufrecht erhalten werden. Es sind jedoch erhebliche Probleme beim nachhaltigen Substanzwerterhalt, bei der Vergleichmäßigung der Ausgaben sowie eine Verschärfung des zukünftigen Investitionsbedarfes zu erwarten.

6.5.2 Substanzwertentwicklung

Die Errichtung und Wiederherstellung größerer Kanalnetze ist weder im Hinblick auf die finanzielle noch auf die bauliche Realisierung in wenigen Jahrzehnten möglich. Insofern nutzt jede Generation die Leistung der vorangegangenen und hat damit die Verpflichtung, der nächsten Generation ein funktionsfähiges Netz zu übergeben (Generationenvertrag). Die Vermeidung von Vermögensverzehr und damit der Erhalt und die ggf. notwendige Erhöhung des Substanzwertes von Kanalnetzen spielt daher eine wichtige Rolle im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Generationenvertrag. Der historisch durch Ausbauschübe geprägte Netzaufbau mit Perioden unterschiedlicher Verlege- und Materialqualität lässt zudem in Zukunft starke Schwankungen des erforderlichen



Reinvestitionsbedarfs erwarten, wenn diese nicht durch vorausschauende Planung verstetigt werden [50].

Um die o.g. Ziele zu erreichen, müssen die Auswirkungen von Sanierungsstrategien im Hinblick auf Substanzwert und Gebührenbelastung ermittelt werden. Die Substanzwertstrategie stellt entsprechend [50] eine übergeordnete Betrachtung und eine Verbindung zwischen technischen und kaufmännischen Aspekten dar. Mit ihrer Hilfe ist sowohl eine Strategiebewertung als auch die Ermittlung wichtiger Kenngrößen für die technische Umsetzung möglich. Die Substanzwertermittlung auf Grundlage der GSP ermöglicht, neben Aussagen zum materiellen Wert des Kanalnetzes, die Prognose der zukünftigen Entwicklung und damit die kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen unterschiedlicher Steuerungs-Parameter zu untersuchen und Vorgaben zur strategischen Umsetzung der Maßnahmen zu erarbeiten. Es wird empfohlen, die geplante oder vorhandene Strategie (Sanierungsumfang, Zeitplan, Verfahren zur Wahl der Sanierungsart) mittels entsprechender Berechnungen auf nachhaltige Substanzwertentwicklung zu überprüfen, um frühzeitig Defizite identifizieren und ggf. die Kriterien zur Strategiesteuerung anpassen zu können.

Tabelle 6.7: *Checkliste zur Bewertung des Substanzwertverlaufes entsprechend der Anforderungen aus Kapitel 6.2.2*

Feststellung	erforderliche Maßnahmen	Zeit- raum
Der Substanzwert sinkt unter 20 % des WBW	Das Netz befindet sich in einem nicht akzeptablen Zustand, es sind dringend Maßnahmen zur Substanzwerterhöhung erforderlich	umge- hend
Der Substanzwert sinkt unter den Interventionspunkt (75 % des Soll-Substanzwertes)	Erhebliches Substanzwertdefizit vorhanden, es sind Maßnahmen zur Substanzwerterhöhung vorzusehen	kurz- fristig
Substanzwert zeigt keine mittelfristige Stabilisierung bei mind. 50 % des WBW	Maßnahmen zur Vermeidung von weiterem Substanzwertverlust sowie zum stetigen Substanzwertaufbau erforderlich	mittel- fristig

Abbildung 6.3 und Abbildung 6.4 verdeutlichen die Bewertung des Substanzwertverlaufes am Beispiel eines jungen sowie eines alten Netzes. Sie zeigen die Entwicklungen des relativen Substanzwertes sowie des idealen Substanzwertes (100 %-Soll-Substanzwert) für die im jeweiligen Netz gewählten Sanierungsstrategien. Zusätzlich sind die 90 %-, 85 %-, 80 %- und 75 %-Linien des Soll-Substanzwertes eingetragen.



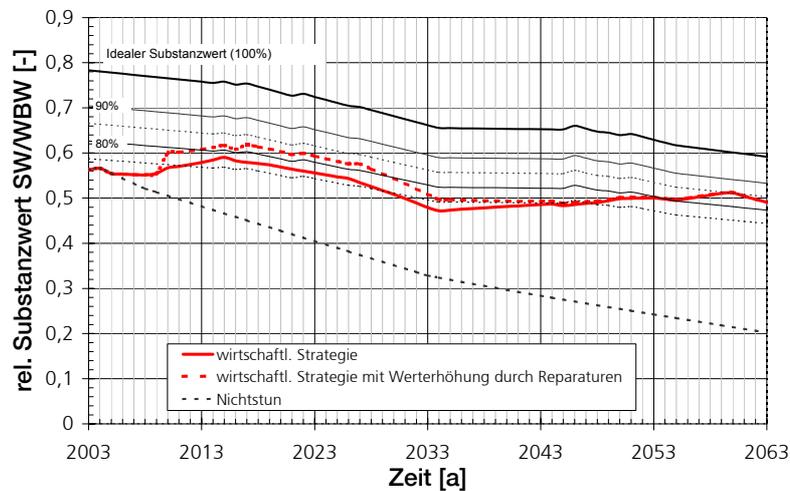


Abbildung 6.3: Relativer Substanzwert und Soll-Substanzwert - Netz 1: junges Netz, hoher Erneuerungsanteil

In Netz 1 ergibt sich zum Bewertungszeitpunkt ein relativer Substanzwert von rd. 57 % des WBW. Trotzdem ist mit einer Unterschreitung des idealen Substanzwertes um über 25 % ein kurzfristiger Interventionsbedarf gegeben. Durch die geplante Sanierungsstrategie gelingt es, den Substanzwert kurzfristig auf rd. 80 % des Soll-Substanzwertes anzuheben sowie mittelfristig einen Substanzwert von 50 % des WBW sicherzustellen.

In Netz 2 ist zum Bewertungsstichtag erwartungsgemäß ein relativer Substanzwert kleiner 50 % und damit ein langfristiges Defizit vorhanden. Im Hinblick auf den idealen Substanzwert ist ein Defizit von rd. 13 % vorhanden, was noch keinen akuten Interventionsbedarf auslöst. Die Bewertung zeigt, dass mit der Zustandsstrategie erst nach rd. 30 a der untere Interventionszeitpunkt erreicht wird und das Defizit in dieser Zeit zunimmt. Dabei wird der Substanzwert stetig verschlechtert und der Investitionsstau vergrößert, statt mittelfristig eine Erhöhung des relativen Substanzwertes in Richtung 50 % zu verfolgen.



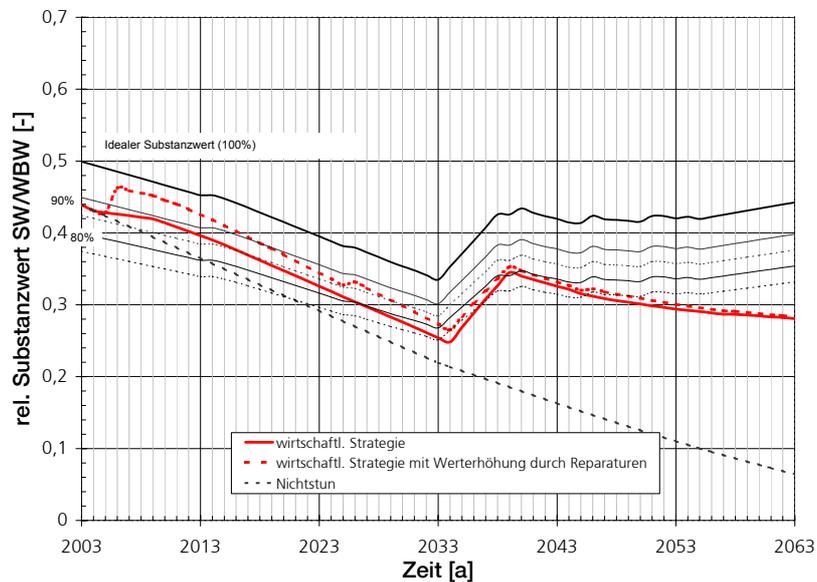


Abbildung 6.4: Relativer Substanzwert und Soll-Substanzwert – Netz 2: altes Netz mit geringem Erneuerungsanteil (Zustandsstrategie)

6.5.3 Vorgehensweise zur Auswahl der Sanierungsart

Tabelle 6.8 zeigt theoretisch mögliche Strategien der Verfahrensauswahl. Sie stellen die Spannweite möglicher Vorgehensweisen dar und sind hilfreich bei der Beurteilung und Definition der Kriterien zur Wahl der Sanierungsart.

Tabelle 6.8: Beispiele für die Spannweite von Strategien zur Wahl der Sanierungsart bei der Substanzwertanalyse

Extrem-Strategie	Beschreibung
Wirtschaftliche Strategie	Behebung aller Schäden mit dem langfristig geringsten Mitteleinsatz durch Auswahl der wirtschaftlichsten Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung). Sanierung aller Schäden
Erneuerungsstrategie	Verzicht auf Wirtschaftlichkeitsberechnung, Sanierung nur durch Erneuerungsmaßnahmen, Sanierung aller Schäden
Reparaturstrategie	Verzicht auf Wirtschaftlichkeitsberechnung, Sanierung nur durch Reparaturen (Roboter, Kurzschlauch, manuelle Abdichtung, Teilerneuerung u. ä.). Nur wenn keine Reparaturverfahren möglich sind, werden Renovierungen oder Erneuerungen durchgeführt. Sanierung nur der dringendsten Schäden (SK 1 und 2), weitere Schäden, hydraulische Defizite, optische nicht feststellbare Undichtheiten sowie Reinvestitionen bleiben unberücksichtigt.
Nichtstun	Es werden weder Reparatur- oder Renovierungs- noch Erneuerungsmaßnahmen durchgeführt (Feuerwehrstrategie).



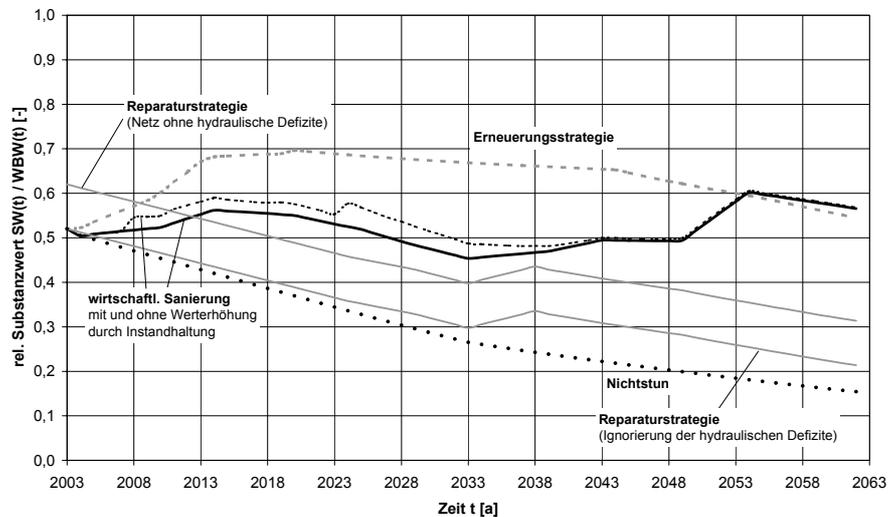


Abbildung 6.5: Beispiel für die Analyse des Substanzwertverlaufes für unterschiedliche Strategien zur Verfahrensauswahl

Abbildung 6.5 zeigt beispielhaft die Auswirkungen von unterschiedlichen Strategien der Verfahrensauswahl auf die Substanzwertentwicklung am Beispiel eines jungen, baulich gering geschädigten Netzes mit hydraulischen Defiziten sowie erheblichen, optisch nicht feststellbaren Undichtheiten. Es wird eine komplette Sanierung aller baulichen und hydraulischen Defizite durchgeführt.

Werden keinerlei Sanierungsmaßnahmen vorgenommen, sinkt der Substanzwert kontinuierlich entsprechend dem Einfluss des Kanalalters. Durch den Ansatz der wirtschaftlichsten Strategie mit dem geringsten Mitteleinsatz wird eine langfristige und vorbeugende Betriebsicherheit erzielt. Dabei gelingt es, den Substanzwert innerhalb von rd. 12 a auf ein Niveau von rd. 55 % des WBW leicht anzuheben und zu stabilisieren. Einem Werteverfall wird dadurch deutlich entgegengewirkt. Erheblichen Einfluss auf den Substanzwertverlauf besitzen die geplanten hydraulischen Erweiterungsmaßnahmen sowie die auf Grund von Undichtheiten in erheblichem Umfang notwendigen haltungsweisen Sanierungsmaßnahmen (Erneuerungen bzw. Renovierungen). Mit der Erneuerungsstrategie kann der Substanzwert gegenüber der wirtschaftlichsten Sanierung nochmals deutlich gesteigert werden.

Wird für Reparatur- und Renovierungsmaßnahmen ein werterhöhender Einfluss angenommen, ergibt sich auch bei dieser optimistischen Be-



trachtung keine nachhaltige zusätzliche Wertsteigerung, sondern der Substanzwertverlauf wird lediglich gering verschoben.

Bei der Reparaturstrategie ergibt sich ein Substanzwertverlauf entlang des Szenarios „Nichtstun“, bis umfangreiche Reinvestitionen nach Ablauf der Nutzungsdauer der Renovierungen erforderlich werden. Nach 30 a ergibt sich damit ein relativer Substanzwert von 30 %.

6.5.4 Erneuerungsrate

Auch bei Sanierung aller Defizite im Kanalnetz kann es vorkommen, dass der geplante Erneuerungsanteil für das konkrete Kanalnetz zu gering ist und ein Substanzwertrückgang festgestellt wird oder der gewünschte Substanzwertzuwachs nicht erzielt werden kann. Ziel ist, einen für das Kanalnetz optimalen Kompromiss zwischen wirtschaftlicher Verfahrensauswahl und Erneuerungsstrategie zu finden. Gründe für einen zu geringen Substanzwert bzw. –verfall können sein:

- Es liegt ein überaltertes Kanalnetz vor,
- das Kanalnetz ist stark geschädigt,
- der beabsichtigte Sanierungsumfang ist zu gering,
- der Reparaturanteil der Sanierungsmaßnahmen ist zu hoch,
- der Zeitplan für die Umsetzung der Sanierungen ist zu lang.

Da eine Substanzwerterhöhung im Wesentlichen nur durch Erneuerungen oder Erweiterungen bzw. Reinvestitionen geschaffen werden kann, soll überprüft werden, ob bei der Sanierungskonzeption zu einseitig auf Reparaturverfahren gesetzt wurde (z.B. „Reparaturstrategie“). In diesen Fällen stehen zwei Gegenmaßnahmen zur Verfügung:

- Erhöhen der Erneuerungsrate durch die Formulierung entsprechender Kriterien,
- Berücksichtigung des Substanzwertverfalls durch Vorsehen der Finanzmittel für die in der Zukunft erforderlichen Reinvestitionsmaßnahmen.

Ein auftretender Substanzwertverlust ist ohne Relevanz, sofern entsprechende Finanzmittel für die aus wirtschaftlichen Gründen verschobenen Erneuerungen eingeplant bzw. zurückgestellt werden. Möglichkeiten zur Erhöhung des Erneuerungsanteiles sind:



- Erhöhung der zulässigen Projektkostenbarwertdifferenz zur Wahl der Erneuerung,
- Identifikation von stark sanierungsbedürftigen Haltungen, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht bereits weitgehend beschrieben sind, z. B. durch Hinzunahme von Bewertungskriterien wie Restbuchwert, Sanierungskosten, Sanierungspriorität, örtliche Randbedingungen.

Es wird empfohlen, entsprechende, über die Wirtschaftlichkeitsberechnung hinausgehende Kriterien bei der Verfahrensauswahl netzbetreiberspezifisch zu definieren, um bei Bedarf gezielt den Substanzwert zu erhöhen und künftige Investitionsschübe zu entzerren. Außerdem kann über Substanzwertbetrachtungen der erforderliche Erneuerungsanteil ermittelt und dem Netzbetreiber vorgegeben werden, damit einem Netzverfall vorgebeugt wird.

6.5.5 Investitionsplanung

Bei der Bewertung einer Sanierungsstrategie ist, entsprechend [50] und den Anforderungen in Kapitel 6.1, die Sanierungskostenentwicklung zu beurteilen. Mit der GSP liegt eine Planungsgrundlage vor, die neben den technischen Maßnahmen auch die dafür erforderlichen Sanierungskosten enthält. Werden den Prioritäten dabei Zeiträume zugeordnet, können aus den Informationen der GSP die kurzfristig sowie längerfristig erforderlichen Investitionssummen ermittelt werden. Dabei sind Kosten für Wiederholungssanierungen nach Ablauf der Nutzungsdauer des eingesetzten Sanierungsverfahrens zu berücksichtigen. Aus der Betrachtung der Nutzungsdauern liegt zudem haltungsweise der Zeitpunkt der prognostizierten Erneuerung vor, so dass auch die Entwicklung der für Reinvestitionen erforderlichen Budgets bestimmt werden kann.

Im Hinblick auf Bautätigkeit, Personaleinsatz, Jahresbudgets und Gebührenbedarf sollte eine möglichst gleichmäßige Investitionsmittelverteilung angestrebt werden. Schwankungen sind zu vermeiden. Wird mit einer ganzheitlichen Sanierungsplanung nur ein Teilgebiet erfasst, sind zudem die zukünftigen Kosten des Restsystems abzuschätzen. Die Analyse der Investitionsplanung aus der GSP erlaubt es, besondere Kostenschwerpunkte zu erkennen und durch entsprechende Zeitplanung auszugleichen (s. Kapitel 6.2.3).



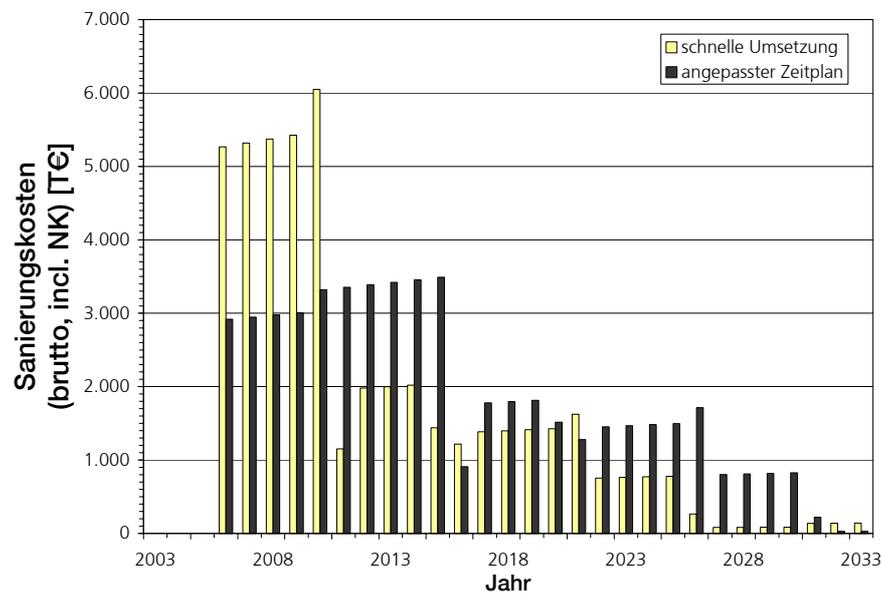


Abbildung 6.6: Zeitliche Verteilung der Sanierungskosten bei schneller und auf den Netzbetreiber angepassten Umsetzung

Abbildung 6.6 zeigt den kurz- bis mittelfristigen Kostenverlauf eines Kanalnetzes für eine zügige Umsetzung und für einen auf den Netzbetreiber abgestimmten Zeitplan. Die an das Netz angepasste Strategie ermöglicht gleichmäßige Sanierungsbudgets sowie planmäßig nach rd. 10 a Reserven für die Sanierung der restlichen Netzbereiche.

Durch Soll-Ist-Vergleich wird ermittelt, ob das bisher geplante Sanierungsbudget ausreicht oder angepasst werden muss und mit dem vorhandenen Personal zu bewerkstelligen ist. Damit können frühzeitig Maßnahmen zur Erhöhung der Personalstärke oder zur Auslagerung von Aufgaben an Dienstleister eingeleitet werden. Ein Beispiel für einen Soll-Ist-Vergleich zeigt Abbildung 6.7.



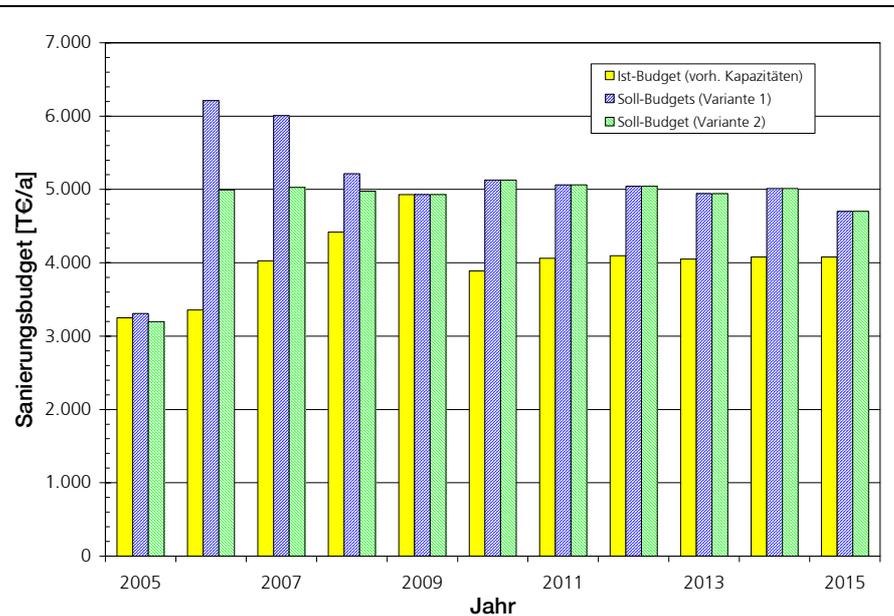


Abbildung 6.7: Beispiel eines Soll-Ist-Vergleiches der Sanierungsbudgets für die Entwässerungsanlage

6.5.6 Abwasserentgelt

Aufbauend auf die Sanierungskosten sowie die Investitionsplanung werden aus der Gebührenanalyse die für die angestrebte Sanierungsplanung benötigte Gebührenhöhe, dafür notwendige Zeiträume und langfristige Entwicklungen abgeschätzt. Dazu werden zusätzlich Angaben wie kalkulatorische Kosten und Betriebskosten, bisheriger Sanierungsaufwand im Kanalnetz, Restwerte und kalkulatorische Kosten aus Zuwendungen und Beiträgen usw. aus der Gebührenkalkulation benötigt. Für die Gesamtvorschau sind auch die übrigen, über das Kanalnetz hinausgehenden künftigen Investitionen für die Abwasserentsorgung (z.B. Abwasserreinigung) wünschenswert.

Werden die aus der GSP ermittelten Investitionsplanungen in die vorhandene Gebührenkalkulation übertragen und entsprechende Vorkalkulationen für die kommenden Jahre unter Berücksichtigung von Inflationsrate und Preissteigerung durchgeführt, ergibt sich der künftig zu erwartende Gebührenverlauf. Hilfreich ist dabei die haltungsgenaue Kenntnis kaufmännischer Angaben wie Anschaffungskosten, Wiederbeschaffungswert, Restbuchwert und Abschreibungssätze und deren zeitliche Prognose mit Hilfe der Angaben aus der GSP (Art der Maßnahme, Zeitpunkt der Sanierungen incl. der Erneuerungen, angestrebte Zeiträume bei der Umsetzung). Ziel ist die Vergleichmäßigung sowie die



Vermeidung von extremen Anstiegen oder Abfällen in bestimmten Perioden. Zur Bewertung der Gebührenentwicklung empfiehlt sich, die Berechnungen für unterschiedliche Preissteigerungs- und Inflationsraten durchzuführen sowie als nominale und reale Gebührenentwicklung darzustellen.

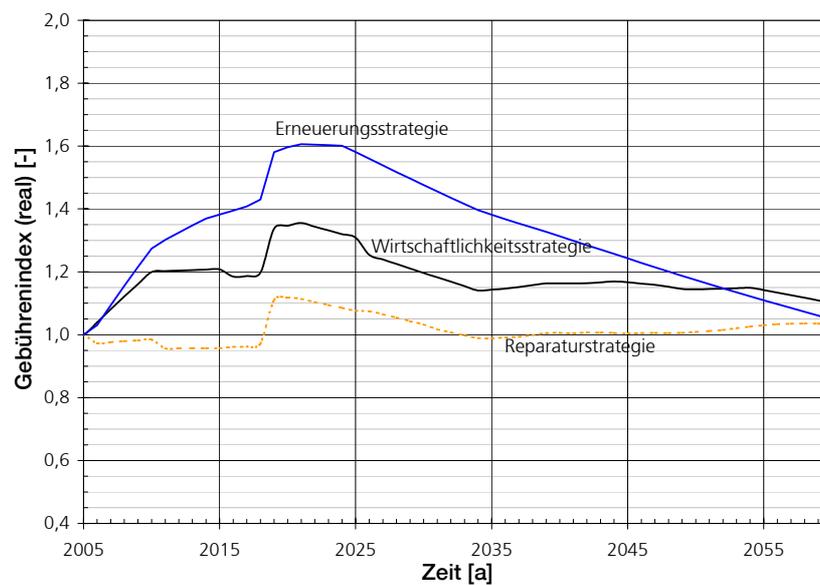


Abbildung 6.8: Beispiel der realen Gebührenentwicklung eines Kanalnetzes in Abhängigkeit von der Strategie zur Verfahrensauswahl



7 Empfehlungen für die Wahl einer Sanierungsstrategie

7.1 Übertragbarkeit auf andere Gebiete und Hochrechnung

Die Konzeption und Entwicklung eines Kanalnetzes zur Entwässerung von Siedlungsgebieten werden maßgeblich von den morphologischen, geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen örtlichen Randbedingungen bestimmt. Entsprechend der Geländeform ergeben sich flache oder hügelige, steile oder seichte bzw. tiefe oder gering überdeckte Kanalsysteme. Durch die Untergrundeigenschaften wie z. B. Bodenart, Versickerungsfähigkeit sowie Grundwasserstand werden weitere Randbedingungen zur Entwässerungssystemkonzeption vorgegeben. All diese Gebietseigenschaften führen zur Entwicklung verschiedenartiger Entwässerungskonzeptionen nach Misch- oder Trennverfahren sowie deren modifizierten Verfahren mit unterschiedlichen Anteilen an dezentraler Niederschlagswasserentsorgung. Zusätzlich unterscheiden sich die Kanalnetze durch vorhandene Grundlagen, Defizite, Dringlichkeiten und Entwicklungsmöglichkeiten.

Im Projekt *KANSAS* wurde die Entwicklung von Sanierungsstrategien anhand von vier unterschiedlichen Einzugsgebieten aus einer Bandbreite möglicher und häufiger Randbedingungen untersucht. Wegen der Vielfalt der in Deutschland vorhandenen Kanalnetze ist es jedoch nicht möglich, Patent-Rezepte bei der Entwicklung ganzheitlicher Sanierungsstrategien zu geben. Maßgebliche ortsspezifische Einflussfaktoren zur Erarbeitung einer Sanierungsstrategie können sein:

- Gebietseigenschaften (Morphologie und Untergrund sowie Hydrologie),
- Größe des Kanalnetzes,
- Durchschnittliches Alter des Kanalnetzes,
- Entwässerungsverfahren,
- Art und Umfang der baulichen und/oder hydraulischen sowie umweltrelevanten Defizite,
- Besondere Zonen (z.B. Wasserschutzgebiete, Überflutungsgebiete usw.).



7.2 Festlegen der Strategieziele

Die Strategieziele werden durch die Anforderungen an das Kanalnetz bestimmt (s. Kapitel 3). Alle Anforderungen sind grundsätzlich einzuhalten, wobei nicht alle in jedem Netz eine Rolle spielen.

Im Hinblick auf die Netzfunktion steht übergeordnet das nachhaltige Ziel der Schließung des Wasserkreislaufs. In diesem Sinne ist das Entwässerungsnetz incl. Hausanschlussleitungen und Grundstücksentwässerungsanlage als eine Einheit zu betrachten. Ebenfalls sind dabei die Auswirkungen auf Gewässer (incl. Grundwasser) zu berücksichtigen. Aus diesem übergeordneten Ziel leiten sich die wesentlichen betrieblichen und funktionellen Anforderungen an ein Kanalnetz als Teil des Wasserkreislaufs ab.

Bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen im Kanalnetz sind dabei insbesondere Zuständigkeiten sowie Eigentumsverhältnisse von Bedeutung. Zuständigkeiten regeln die Aufteilung der Verantwortung für die Einhaltung der definierten Anforderungen. An den Schnittstellen der Zuständigkeiten (z. B. Kanal – Gewässer) werden zweckmäßig weitere Anforderungen bzw. Vorgaben definiert, welche eine getrennte Bearbeitung in jedem Zuständigkeitsbereich ermöglichen und den Gesamterfolg sicherstellen. Hilfreich für die Umsetzung der übergeordneten, d. h. ganzheitlichen Ziele ist eine entsprechende Zusammenarbeit und Sichtweise aller Beteiligten oder die Zusammenfassung von Zuständigkeiten in einer sinnvollen Einheit. Bedingen sich Maßnahmen unterschiedlicher Zuständigkeitsbereiche gegenseitig, ist eine Abstimmung dringend geboten. Sind Maßnahmen gegenseitig nützlich, bietet sich ebenfalls eine Koordination (z. B. aller Infrastrukturmaßnahmen) an, um einen gesamtwirtschaftlichen Nutzen zu erzielen und dadurch Einsparpotenziale zu aktivieren (s. Kapitel 5.7.2 und 6.4.2).

Unter Berücksichtigung der Zuständigkeiten und Eigentumsverhältnisse ist der angestrebte Zustand sowie der Umfang des betrachteten Netzes festzulegen. Unter Beachtung der Anforderungen sowie der baulichen Defizite ist der angestrebte bauliche Sanierungszustand zu definieren (s. Kapitel 5.5.1 und 6.4.3). Die Definition kann anhand von nicht hinnehmbaren Schadensbildern, Schadens- oder Zustandsklassen oder weitergehenden Randbedingungen erfolgen. Je nach hydraulischem Ist-Zustand sind die angestrebten Sicherheiten (Wiederkehrzeiten), abhängig von der Bebauungsart, festzulegen. Ziele können Überstau-



und/oder Überflutungssicherheit sein (s. Kapitel 5.6.2). Darüber hinaus ist, gemäß dem Ziel des Wasserkreislaufes, die Berücksichtigung der Grundstücksentwässerungsleitungen sinnvoll. Da dies sich jedoch nicht in jedem Fall auf Grund von Zuständigkeiten und Eigentumsverhältnissen realisieren lässt, sind vom Kanalnetzbetreiber der zu betrachtende Umfang des Entwässerungsnetzes sowie die Anforderungen an den Schnittstellen (privat / öffentlich) festzulegen. Ziel soll dabei sein, dass der Netzbetreiber in seinem Zuständigkeitsbereich seinen Pflichten nachkommen und, soweit wie möglich, ein erhöhtes Risiko von Fehlentscheidungen (s. Kapitel 5.9) ausschließen bzw. den Nutzen aus einer möglicherweise erforderlichen Koordination von Maßnahmen erzielen kann.

Neben den Strategiezielen sollen Prioritäten festgelegt werden. Meist sind mehrere Ziele (z. B. bauliche und hydraulische Sanierung) gleichzeitig anzustreben. Bei der Ermittlung der ganzheitlichen Priorität (s. Kapitel 5.7.3) kann es notwendig werden, Gewichtungen der unterschiedlichen Ziele einzuführen. Im Hinblick auf eine Zustandsstrategie kann der Sanierungsumfang anhand der Prioritäten eingegrenzt werden. Entsprechende Kriterien sind vom Netzbetreiber unter Berücksichtigung der Anforderungen zu definieren.

Neben den technischen, betrieblichen und funktionellen Zielen sind generationenübergreifende sowie betriebswirtschaftliche und organisatorische Ziele maßgeblich. Entsprechend ist es erforderlich, der nachfolgenden Generation ein funktionstüchtiges Kanalnetz zu übergeben und einen Vermögens- bzw. Substanzwertverzehr während der eigenen Nutzung zu minimieren bzw. zu vermeiden. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, entsprechende Strategieziele (Mindest-Reinvestitionsrate, Interventionspunkte usw.) sowie Bewertungsmethoden festzulegen, damit ein Substanzwertverlust frühzeitig identifiziert und Gegenmaßnahmen vorgesehen werden können (s. Kapitel 6.4.5 und 6.5.2). Darüber hinaus ist zu definieren, welche Sanierungsbudgets und Höhe des Abwasserentgelts sowie deren Entwicklungen angestrebt werden. Ebenfalls ist zu klären, welche organisatorischen Voraussetzungen (Personalstamm, eigene Kapazitäten, Aufgabenverteilung usw.) für die Umsetzung vorhanden sind oder geschaffen werden sollen.



7.3 Hinweise zur Auswahl der Sanierungsstrategie

Die dargestellten Ziele müssen in einem für alle Beteiligten vertretbaren Zeitplan sowie Umfang realisiert werden. Dabei wird der Netzbetreiber häufig feststellen, dass manche Ziele nur schwer miteinander vereinbar sind. Die umfassende Sanierung eines in schlechtem baulichen und hydraulischen Zustand befindlichen Kanalnetzes wird nicht mit dem möglichen Ziel der Gebührenkonstanz vereinbar sein, ohne unverantwortlich lange Zeiträume für die Umsetzung vorzusehen. In einem sehr alten Kanalnetz werden häufig zwangsläufig in naher Zukunft erhebliche Reinvestitionen zur Beseitigung der Überalterung und Schädigung nachzuholen sein, die zwar kurzfristig mit Hilfe eines eingeschränkten Sanierungsumfangs zur Sicherstellung der Betriebs- und Funktionsfähigkeit verzögert werden können, jedoch anschließend um so konzentrierter anfallen. Durch den Einsatz von hauptsächlich Reparaturverfahren kann zwar mit geringem Mitteleinsatz eine große Netzlänge kurzfristig saniert und in Betrieb gehalten werden, mittel- bis langfristig wird hier jedoch der Substanzwert des Kanalnetzes aufgebraucht, es ist mit deutlichen Schwankungen der Ausgaben sowie langfristig sinkendem Abwasserentgelt und einer Verschärfung des zukünftigen Investitionsbedarfes zu rechnen. Die bearbeiteten Beispiele verdeutlichen, dass zwischen den einzelnen Strategiezielen ein ausgewogenes Verhältnis gefunden werden muss, mit dem die gesetzlichen Anforderungen erfüllt und weitere Ziele so weit wie möglich erreicht werden.

Je nach Strategiezielen bestehen unterschiedliche Steuerungsmöglichkeiten und damit Strategiedefinitionen. Im Wesentlichen wird angestrebt, durch einen auf die Bedürfnisse des Netzbetreibers abgestimmten Zeitplan sowie Zwischen- und End-Zieldefinitionen im Sanierungsumfang einen Ausgleich zwischen den unterschiedlichen Zielen zu finden. Dabei bietet sich die Unterscheidung von dringenden (kurz- bis mittelfristigen) und nachgeordneten Maßnahmen an. Dringende Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich des Netzbetreibers müssen grundsätzlich und zügig beseitigt werden. Langfristige Defizite sollen anschließend vorgesehen und behoben werden. Bei der Strategieentwicklung werden entsprechend der Sanierungspriorität konkrete Zeiträume oder Zeitpunkte zugewiesen.

Durch die Zeitsteuerung werden sowohl Gebührenbelastung als auch benötigte finanzielle und organisatorische Ressourcen bestimmt. Grundsätzlich soll angestrebt werden, dringende Maßnahmen (SP 1



und 2) innerhalb von 10 a bis 15 a durchzuführen. In einem jungen Kanalnetz mit vergleichsweise geringer Schädigung mit oder ohne hydraulischem Sanierungsbedarf sollte dies als haltungsorientierte Umsetzung in der Regel durchführbar sein. Bei schwerer Schädigung sowie alten Netzen kann eine Beschränkung des Sanierungsumfangs bereits auf Schadensebene erforderlich sein. Auch hier ist aber ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Reparatur und substanzwerterhaltenden Maßnahmen (Erneuerung, Renovierung) anzustreben, um einen schleichenden Substanzwertverfall zu vermeiden.

Durch die eingesetzten Sanierungsverfahren werden nicht nur die finanzielle Belastung, sondern auch direkt die Substanzwertentwicklung beeinflusst. Grundsätzlich bietet sich hier die transparente Entscheidungsfindung über Wirtschaftlichkeitsvergleiche der möglichen Alternativen an. Insbesondere bei der Zustandsstrategie mit reduziertem Sanierungsumfang hat sich bei den untersuchten Gebieten das Risiko einer einseitigen, zu Reparaturen neigenden Maßnahmenwahl gezeigt. Da die Zustandsstrategie sinnvoll jedoch bei schwer geschädigten und älteren sowie großen Netzen gewählt wird, besteht die Gefahr, dass trotz Sanierungstätigkeit des Netzbetreibers der nachhaltige Substanzwertverlauf außer Acht gelassen wird. Hier ist alleine die den Anforderungen genügende Aufrechterhaltung des Betriebs nicht ausreichend. In diesen Fällen kann mit den Instrumenten der Substanzwertstrategie Substanzwertverfall entdeckt und vorgebeugt werden (s. Kapitel 6.5.2).

Neben Höhe und Entwicklung der heute erkennbaren Sanierungskosten sind auch die künftigen Ausgaben für Reinvestitionen zu berücksichtigen. Da sowohl die geschädigten als auch heute schadensfreien Halungen keine unendliche Nutzungsdauer besitzen, sind, aus heutiger Sicht, Reinvestitionsmittel für die Erneuerung von Halungen durchschnittlich nach Ablauf der Nutzungsdauer erforderlich. Die Berechnungen haben gezeigt, dass, insbesondere bei alten und schwer geschädigten Netzen, bereits kurzfristig innerhalb von 20 Jahren erhebliche Reinvestitionsmittel erforderlich sind. In diesen Fällen sind die benötigten Mittel einzuplanen und entsprechende Maßnahmen vorzusehen. Durch die kontinuierliche Durchführung der Maßnahmen soll dabei ein Sanierungsstau vermieden werden. Da die meisten Kanalnetze darüber hinaus konzentriert in mehreren Schüben erstellt wurden, sind ebenso konzentrierte Reinvestitionsschübe zu erwarten, wenn nicht frühzeitig im Sinne einer Entzerrung gegengesteuert wird. Bei den betrachteten jungen Netzen ist hierfür sowohl ausreichend Zeit als auch finanzielle



Kapazität vorhanden. Bei den betrachteten alten Netzen sind bereits heute sowohl ein erhebliches Substanzwertdefizit durch Überalterung und hohe Schädigungsrate vorhanden als auch Reinvestitionsschübe bereits absehbar. Damit befindet sich der Netzbetreiber in einer Zwangslage, aus der er sich nur durch entsprechende Erhöhung der Sanierungstätigkeit mit Anpassungen des Abwasserentgeltes befreien kann. Sowohl bei jungen als auch bei alten Netzen empfiehlt sich daher die Anwendung der Substanzwertstrategie, mit der dem Nachhaltigkeitsgrundsatz widersprechende, defizitäre Strategien und Entwicklungen erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Bei großen Netzen bietet sich eine gebietsorientierte Strategie bereits bei der Entwicklung der ganzheitlichen Sanierungsplanung an. Pro Gebiet wird dabei eine möglichst schnelle Umsetzung angestrebt. Hier beschränkt sich die Zeitplanung auf die Ermittlung des Zeitrahmens, der pro Gebiet zur Verfügung steht, um in der Gesamtheit aller Gebiete die erforderlichen Zeiträume zur Umsetzung der dringenden Maßnahmen einzuhalten. Voraussetzung ist jedoch ein Überblick über den Zustand des Gesamtnetzes (z. B. über Testgebiete), damit entsprechende Hochrechnungen für das Gesamtnetz durchgeführt werden können. Mit zunehmender Anzahl von Gebieten mit GSP und Strategieüberlegungen kann jeweils der Gesamterfolg überprüft und ggf. angepasst werden. Wird in einem Kanalnetz mit der gebietsorientierten Strategie begonnen, empfiehlt sich besonders die Durchführung eines Pilotprojektes, in dem Vorgehen, Randbedingungen und Kriterien sowie Ziele der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung mit Strategieentwicklung eingeführt und mit allen Beteiligten (Netzbetreiber, andere Baulastträger) abgestimmt werden. Dabei werden Ziele und Strategien bestimmt, auf das Gesamtgebiet angewandt sowie mit fortschreitender Gebietsanzahl verfeinert bzw. aktualisiert. Die Gebietsstrategie ermöglicht somit die übersichtliche Gliederung des gesamten Einzugsgebietes entsprechend den verfügbaren Informationen sowie die Möglichkeit der schnellen Umsetzung von Maßnahmen in Gebieten mit hoher Priorität.

Bei der Umsetzung von Maßnahmen der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung bietet sich ebenfalls eine Strukturierung in Sanierungsgebiete an, die zeitlich und räumlich koordiniert durchgeführt werden. Die Bildung von Sanierungsgebieten wird, aufbauend auf die Ergebnisse der GSP, objektorientiert in der Entwurfsplanung durchgeführt.



Anzustreben ist eine Mehrspartenstrategie, die jedoch vielerorts aus verschiedenen Gründen nicht durchführbar sein wird (z. B. wegen Eigentumsverhältnissen, notwendigem Koordinationsaufwand, verfügbaren Finanzmitteln). Daher sollte zuerst, je nach Möglichkeiten vor Ort, mindestens eine abgemagerte Mehrspartenstrategie umgesetzt werden (z. B. beschränkt auf die Abwasserentsorgung außerhalb von Gebäuden oder Maßnahmen im Straßenbereich oder zusammen mit der Wasserversorgung etc.).

8**Ausblick**

Im vorliegenden Leitfaden wurden, aufbauend auf den Erfahrungen im Projekt KANSAS, wichtige Aspekte und Verfahren der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung sowie der Strategieentwicklung dargestellt. Der Leitfaden soll dabei einen umfassenden Überblick geben, um mögliche Beeinflussungen, Erfordernisse, Einsparmöglichkeiten sowie kurz- und langfristige Auswirkungen unterschiedlicher Strategien beurteilen zu können. Dabei soll beachtet werden, dass im Einzelfall nicht sämtliche dargestellten Aspekte in jedem Kanalnetz von Bedeutung sind und in der dargestellten Art und Weise bearbeitet werden müssen. Je nach netzspezifischen Randbedingungen ist es möglich, dass einzelne Aspekte über die dargestellten Hinweise hinaus besonders vertieft werden müssen oder ohne Bedeutung sind. Es liegt deshalb in der Verantwortung des Netzbetreibers bzw. des Planers, aus den in diesem Leitfaden dargestellten Zielen und Anforderungen die für das konkrete Kanalnetz relevanten Ziele objektiv zu ermitteln und dazustellen und ggf. nicht erforderliche Schritte zu begründen.



Literaturverzeichnis

- | | | |
|------|------------------------------|--|
| [1] | ATV-M 101 (1996) | Planung von Entwässerungsanlagen. Neubau-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen, Merkblatt ATV-M 101 |
| [2] | ATV-DVWK-A 110 (2001) | Hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen, Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 110 |
| [3] | ATV-A 118 (1999) | Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, Arbeitsblatt ATV-A 118 |
| [4] | ATV-A 127 (1988) | Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und Entwässerungsleitungen
Arbeitsblatt ATV-A 127 |
| [5] | ATV-DVWK-M 127 Teil 2 (2000) | Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren, Merkblatt ATV-M 127 Teil 2 |
| [6] | ATV-A 128 (1992) | Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, Arbeitsblatt ATV-A 128 |
| [7] | ATV-A 133 (1996) | Erfassung, Bewertung und Fortschreibung des Vermögens kommunaler Entwässerungseinrichtungen, Arbeitsblatt ATV-A 133 |
| [8] | ATV-DVWK-A 139 (2001) | Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139 |
| [9] | ATV-DVWK-A 142 (2002) | Abwasserkanäle und -leitungen in Wassergewinnungsgebieten, Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 142 |
| [10] | ATV-M 143-Teil 1 (1999) | Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen, Merkblatt ATV-M 143, Teil 1: Grundlagen (nicht mehr gültig) |
| [11] | ATV-DVWK-M 143-Teil 1 (2004) | Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 1: Grundlagen, Merkblatt ATV-DVWK-M 143-1 |
| [12] | ATV-M 143-Teil 2 (1999) | Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Optische Inspektion, Merkblatt ATV-M 143-2 |
| [13] | ATV-DVWK-M 143-Teil 6 (1998) | Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 6: Dichtheitsprüfungen bestehender erdüberschütteter Abwasserleitungen und -kanäle und Schächte mit Wasser, Luftüber- und Unterdruck, Merkblatt ATV-DVWK-M143-6 |



- [14] ATV-DVWK-M 146 (2004) Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten - Hinweise und Beispiele
Merkblatt ATV-DVWK-M 146
- [15] ATV-DVWK-A 157 (2000) Bauwerke der Kanalisation, ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 157
- [16] ATV-M 149 (1999) Zustandserfassung, -klassifizierung und -bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden,
Merkblatt ATV-M 149
- [17] ATV-DVWK-M 152 (2003) Umsteigekatalog von ATV-M 143-2 zu DIN EN 13508-2,
Merkblatt ATV-DVWK-M 152
- [18] ATV-DVWK-M 153 (2000) Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser,
Merkblatt ATV-DVWK-M 153
- [19] ATV-DVWK-M 165 (2004) Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung, Merkblatt ATV-DVWK-M 165
- [20] ATV-DVWK
Arbeitsgruppe ES-2.1 (2004) Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme; Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES-2.1 Berechnungsverfahren,
Korrespondenz Abwasser (51) Nr. 1, S. 69 - 76
- [21] ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6
(1992) Stellungnahme zum Entwurf der Euronorm; Arbeitsbericht ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6 Hydrologie der Stadtentwässerung, Korrespondenz Abwasser (39) Nr. 9, S. 1396 ff
- [22] ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6
(1999) Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten zur Angleichung an natürliche Abflussverhältnisse; Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6 Hydrologie der Stadtentwässerung, Korrespondenz Abwasser (46) Nr. 4, S. 575 ff
- [23] Berger, Christian; Lohaus, Johannes; Wittner, Andreas; Schäfer, Ruth (2002) Zustand der Kanalisation in Deutschland – Ergebnisse der ATV-DVWK-Umfrage 2001, Korrespondenz Abwasser (49) Nr. 3, S. 302-311
- [24] Berger, Christian; Lohaus, Johannes (2005) Zustand der Kanalisation in Deutschland – Ergebnisse der DWA-Umfrage 2004, Korrespondenz Abwasser (52) Nr. 5, S. 528-539
- [25] BLfW (2000) Loseblattsammlung „hydrologische Planungsgrundlagen“, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München
- [26] BLfW Merkblatt 4.3/3 (2001) Bemessung von Misch- und Regenwasserkanälen, Modellregengruppen für die hydraulische Berechnung von Entwässerungsanlagen, Merkblatt Nr. 4.3/3, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München
- [27] BLfW Merkblatt 4.3/6 (1992) Prüfung alter und neuer Abwasserkanäle, Merkblatt Nr. 4.3/6, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München
- [28] BMBF; Dr.-Ing. Pecher und Partner (2005) Verbundprojekt KANSAS – Entwicklung ganzheitlicher Kanalsanierungsstrategien für Entwässerungsnetze Deutschlands, Abschlussbericht, Bundesministerium für Bildung und Forschung



- [29] BMBF; RWTH (2002) Entwicklung eines allgemein anwendbaren Verfahrens zur selektiven Erstinspektion von Abwasserkanälen und Anschlussleitungen – Teil C: Handlungsanleitung, Abschlussbericht
- [30] Braunschmidt, Stefan (2004) Generelle Sanierungsplanung – hydraulische Sanierung, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
- [31] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2004) Arbeitshilfen Abwasser 2004
<http://www.arbeitshilfen-abwasser.de>
- [32] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002) Wertermittlungsrichtlinie WertR 2002 - Richtlinien für die Ermittlung der Verkehrswerte (Marktwerte) von Grundstücken
- [33] BWK-M 3 Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, Merkblatt M3
- [34] CEN/TC 165/WG22 N 478 E Co-Normative Research Reference SMT4-CT98-2272, Development of Guidelines for the Structural, Hydraulic and Environmental Rehabilitation of Sewers
- [35] Cobbaert, Johan, Sympher, Klaus-Jochen (2004) Sewer Rehabilitation Master Plan for the R1 Highway around Antwerp, NODIG, Hamburg, Tagungsband
- [36] Darkow, Petra (2004) Die neue Berliner Eigenkontrollverordnung, wwt awt Nr. 10, S. 49-51
- [37] DIN EN 1295-1 (1997) Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [38] DIN EN 1610 (1997) Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen
- [39] DIN 1986 Teil 100 Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056
- [40] DIN 1998 (1978) Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen; Richtlinien für die Planung
- [41] DIN 31051 (2003) Grundlagen der Instandhaltung
- [42] DIN 4060 (1998) Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Elastomerdichtungen - Anforderungen und Prüfungen an Rohrverbindungen, die Elastomerdichtungen enthalten
- [43] DIN EN 13508-2 (2003) Zustandserfassung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil2: Kodiersystem für die optische Inspektion
- [44] DIN EN 752-1 (1996) Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 1: Allgemeines und Definitionen
- [45] DIN EN 752-2 (1996) Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Anforderungen
- [46] DIN EN 752-4 (1997) Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte



[47]	DIN EN 752-5 (1997)	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Sanierung
[48]	DVWK 202 (1991)	Entwurf, Bemessung, Bau, Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken , DVWK Merkblatt Heft 202, Verlag Paul Parey
[49]	DVWK 209 (1989a)	Wahl des Bemessungshochwassers, DVWK-Regeln Heft 209, Verlag Paul Parey
[50]	DWA-M 143, Teil 14 (2005)	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 14: Sanierungsstrategien
[51]	DWA Landesverband Bayern (2005)	Betrieb von Abwasseranlagen; Aufbau eines Abwasserkastasters, Leitfaden Nr. 3.1, DWA-Landesverband Bayern
[52]	Fiedler, Manfred (2005)	Die umfassende Kanalsanierung – Vom Klodeckel bis zur Einleitung ins Gewässer, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg (28), S. 554-555
[53]	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001)	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 01)
[54]	Freie und Hansestadt Hamburg, Finanzbehörde (1996)	Leitfaden für Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsprüfung, 2. Auflage
[55]	Froitzheim, Hans-Wilhelm (2004)	Tätigkeit der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES-8.9 „Entwässerungssysteme“: Sanierungsstrategien, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
[56]	Grunwald, Georg (1996)	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Kanalsanierungen, Hrsg.: Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik, Gelsenkirchen
[57]	GSTT Nr. 1 (1998)	GSTT Informationen Nr. 1, Grabenlose Verfahren der Schadensbehebung in nicht begehbaren Abwasserleitungen, 3. Auflage
[58]	GSTT Nr. 14 (2000)	GSTT Informationen Nr. 14: Kriterienkatalog zur Auswahl der Bauweise für die Sanierung von Entwässerungsleitungen
[59]	Hartwig, Edgar; Krug, Roland (1999)	Selektive Inspektionsstrategie und statistisch/prognostische Sanierungsmodelle, Korrespondenz Abwasser (46), Nr. 11, S. 1703-1708
[60]	Hertz, Raimund (2002)	Computergesteuerte Rehabilitation von Wassernetzen, 1. CARE-W Konferenz den der TU Dresden, Lehrstuhl Stadtbauwesen, Tagungsband
[61]	Hochstrate, Klaus (2003)	Prognosegestützte Planung im baden-württembergischen Leitfaden für die kostenminimierende Instandhaltung von Kanalnetzen, Korrespondenz Abwasser (50) Nr. 3
[62]	Hochstrate, Klaus (1999)	Substanzorientierte Zustandsklassifizierung von Kanälen - Das Bietigheimer Modell, Korrespondenz Abwasser (46), Nr. 2, S. 213-217



- [63] Hochstrate, Klaus; Jansen, Karl (1996) Werterhaltung und Finanzierung von Abwasserkanalnetzen durch vorbeugende Instandhaltung, KA - Abwasser Abfall (43) Nr. 2, S. 284 ff
- [64] IKT (2004) IKT-Warentest Reparaturverfahren für Anschlussstutzen, Institut für unterirdische Infrastruktur
- [65] IKT (2003) Qualitätseinflüsse Schlauchliner Stichproben-Untersuchung an sanierten Abwasserkanälen, Institut für unterirdische Infrastruktur
- [66] IKT (2001) Untersuchung der Qualität ausgeführter Kanalsanierungen – am Beispiel Schlauchverfahren
- [67] Jacobi, Dieter; Edeling, Ulrich; Sedehizade, Fereshte (2004) Umsetzung einer gebietsorientierten Strategie in Berlin, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
- [68] Jacobi, Dieter, Sympher, Klaus-Jochen (2003) Sewer Rehabilitation Strategies in Berlin, Water Science & Technology (46) Nr. 6, S. 379 - 387
- [69] Jacobi, Dieter (1999) Kanalsanierungsstrategien – Praxis einer Stadt, ATV-Bundestagung in Mainz, ATV-Schriftenreihe Band 17
- [70] Kammerer, Roland (2002) Sanierung von Kanalschäden mit Kurzschläuchen, Korrespondenz Abwasser (49) Nr. 1, S. 27-38
- [71] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (2005) Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 7. Auflage, Kulturbuchverlag Berlin
- [72] Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA) (2001) Praxis-Leitfaden für die Sanierung von Kanalisationen für Kanalnetzbetreiber in Bayern, LGA, Nürnberg
- [73] Landeshauptstadt Stuttgart (2004) Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Zustandsprognose und Ermittlung der Zustandsentwicklung für Abwasserkanäle und -leitungen, Abschlussbericht für die Landeshauptstadt Stuttgart, BMBF-Forschungsvorhaben
- [74] Leikam, Paul (2004) Anforderungen an die Sanierungsplanung aus der Sicht der Kanalnetzbetreiber - Neuburg, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
- [75] Milojevic, Nikola (2004) Entwicklung einer ganzheitlichen Kanalsanierungsstrategie, Seminar Kanalsanierungsverfahren – Auswahl, Technik, Ausführung und Beispiele aus der Praxis, Tagungsband, Technische Akademie Hannover e.V.
- [76] Milojevic, Nikola, Wolf, Martin (2004) Sanierungsstrategie zur Fremdwasserreduzierung in der öffentlichen Kanalisation, Korrespondenz Abwasser (51) Nr. 10, S. 1105 - 1114
- [77] Milojevic, Nikola; Wolf, Martin; Sympher, Klaus-Jochen (2003) Zustandsabhängige Nutzungsdauer bestehender Abwasserkanäle, ATV-Landesverbandstagung Fürth, Tagungsband
- [78] Milojevic, Nikola; Wolf, Martin (2002) Möglichkeiten und Grenzen der dezentralen Niederschlagswasserentsorgung – Auswirkungen auf die Bemessung von Kanälen, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg (25), S.317-336



- [79] Milojevic, Nikola; Sympher, Klaus-Jochen (2001) Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bei der Kanalsanierungsplanung, gwf Wasser Abwasser (142) Nr. 14, S. 29-33
- [80] Milojevic, Nikola; Jacobi, Dieter; Sympher, Klaus-Jochen (1999) Generelle Sanierungsplanung - Umsetzung der EN 752-5 in Berlin, Korrespondenz Abwasser (46) Nr. 2, S. 192-202
- [81] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (2005) Untersuchungen der Nutzungsdauer von Abwasserleitungen im öffentlichen Bereich, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, RWTH Aachen
- [82] Möhring, Knut, Pawlowski, Ludwig (1990) Zustandserfassung von Kanalisationen und ihre Einbindung in ein „Graphisch-Technisches-Informationssystem“ - GTIS-Kanal, Korrespondenz Abwasser (37) Heft 11, S. 1324
- [83] Möllers, K.; Kripp, B. (1991) Zustandsbewertung von Abwasserkanälen und -leitungen (KAPRI), Korrespondenz Abwasser(38), Heft 5, S. 596-612
- [84] Müller, Karsten (2004) Selektive Inspektion von Kanalisationen, KA-Abwasser, Abfall (51) Nr. 8, S. 831 ff
- [85] Müller-Winterstein, R.; Hotz, R. (1996) Was sollen, was können Modelle zur Zustandserfassung und -bewertung von Kanalnetzen leisten? Eine Alternative: „Das Pforzheimer Modell“, Korrespondenz Abwasser (43), Heft 1, S.24
- [86] Pecher, Klaus-Hans; Dudey, Achim (2003) Ermittlung des Verkehrswertes von kommunalen Abwassernetzen, Kommunale Steuer-Zeitschrift (52) Nr. 6
- [87] Pecher, Klaus Hans (2002) Nutzungsdauer und Wirtschaftlichkeit von Abwasserkanälen, Korrespondenz Abwasser (49) Nr. 5, S. 618 ff
- [88] Pecher, Rolf (1998) Kostengünstige Sanierung von bestehenden Kanalnetzen – Zusammenwirken von Hydraulik und Bauzustand, Korrespondenz Abwasser 45, Heft 9, S. 1621
- [89] Pecher, Rolf (1993) Leistungsfähigkeit der Abwasserkanalnetze in Relation zu den Kosten, 9. EWPCA-ISWA Symposium, ATV-Workshop zur Bemessung von Kanälen und Regenwasserbehandlungsanlagen, München
- [90] Prestinari, R. (2003) Deutsche und Europäische Qualifizierung von BU, Tiefbau-Forum Abwasser und Oberfläche, Neu-Ulm, 23.01.2003
- [91] Rabe, Thomas (2004) Einfluss der Anschlusskanäle auf die bauliche Sanierung der Straßenkanäle, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
- [92] Schmitt, T.G.; Thomas, M. (2004) Modellparameter und methodische Ansätze zur Überstauberechnung und ungleichen Überregnung zum Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender städtischer Entwässerungssysteme, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität Kaiserslautern
- [93] Schröter, Rolf-Dieter; Ahrens, J (2002) : Strategien der Netzerneuerung, wwt awt, Heft 5, S. 10



- [94] Sedehizade, Fereshte (2002) Sanierung von Entwässerungsanlagen aus der Sicht der Praxis, Reihe: Abwassertechnik und Gewässerschutz, C.F. Müller Verlag
- [95] Siebert, Sven (2001) Ingenieurbüro für Kunststofftechnik GmbH, Labortechnische, baubegleitende Dokumentation – mündliche Mitteilung
- [96] Sieker, Friedhelm (1997) Bildung und Anwendung von Starkregenserien für den Überstaunachweis bei Misch- und Regenwasserkanälen; gwf Wasser/Abwasser (138) Nr. 5, S. 260 ff
- [97] Spengler, B. (1995) Ermittlung von abflusswirksamen Flächen und deren Einfluss auf das Abflussregime, Ökologischer Wasserhaushalt – naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Kommunen – Planung und Umsetzung, Kommunale Umwelt-Aktion, Lippeverband, Dortmund
- [98] Statistisches Bundesamt (2005) Baupreisindizes, Fachserie 17 / Reihe 4, Wiesbaden
- [99] Stein, Dietrich (1999) Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin
- [100] Stein, Robert; Trujillo Alvarez, Raul (2005) Vorausschauende Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen auf der Basis konsistenter und stabiler Prognosemodelle, Korrespondenz Abwasser (52) Nr. 6, S. 709-718
- [101] Sympher, Klaus-Jochen, Cobbaert, Johan (2005) Entwicklung und Durchführung von Kanalsanierungsstrategien 13. Europäisches Wasser-, Abwasser und Abfall-Symposium, München, Tagungsband
- [102] Sympher, Klaus-Jochen (2004) Generelle Sanierungsplanung – bauliche Sanierung, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
- [103] Verworn, Hans-Reinhard (2005) Langzeitsimulation – Regendaten und Vorgehensweise; Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Nr. 09.2005, S. 81 - 93
- [104] Wagner, W. (2000) Stellenwert der Nutzungsdauer von Abwasseranlagen unter Kostengesichtspunkten, Korrespondenz Abwasser (47) Nr. 7
- [105] Wendehorst (1994) Bautechnische Tafeln, Hrsg.: Wetzell, Beuth-Verlag, Berlin
- [106] Willeitner, Werner; Chmiel, Harald (2004) Anforderungen an die Sanierungsplanung aus der Sicht der Kanalnetzbetreiber - Rosenheim, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband
- [107] Wolf, Martin; Sympher, Klaus-Jochen; Milojevic, Nikola (2005) Nachhaltige Kanalsanierung - Auswirkungen unterschiedlicher Strategien auf Substanzwert und Abwassergebühr, Sanierungsstrategie, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg (29), S. 514-529
- [108] Wolf, Martin; Sympher, Klaus-Jochen; Milojevic, Nikola (2004) Werterhalt des Kanalnetzes durch ganzheitliche Sanierungsstrategie, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg (28), S. 577-592



- | | | |
|-------|--|--|
| [109] | Wolf, Martin (2004) | Wechselbeziehung zwischen Substanzwert und den Investitionen bzw. dem Abwasserentgelt, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband |
| [110] | Wolf, Martin (2004) | Umsetzung einer Strategie zur Erhaltung des Substanzwertes sowie zur Fremdwasserreduzierung, ATV-DVWK Bundestagung, Würzburg, Tagungsband |
| [111] | Wolf, Martin (2003) | Interdisziplinäre Flächendatennutzung - Einführung und Umsetzung der getrennten Abwassergebühren, Universität der Bundeswehr, Tagungsunterlagen |
| [112] | Wolf, Martin; Milojevic, Nikola (2000) | Ermittlung der Abkoppelungspotenziale in der öffentlichen Kanalisation durch dezentrale Niederschlagswasserbeseitigung, Korrespondenz Abwasser (47) Nr. 10, S. 1454-1464 |
| [113] | Wolf, Martin; Milojevic, Nikola (2003) | Dezentrale Niederschlagswasserentsorgung - Auswirkungen auf Baukosten und Bemessung, KA Abwasser-Abfall (50) Nr. 5, S. 575 ff |



ANHANG:

- Anhang 1.1: Im Hinblick auf die Anforderungen an ein Kanalnetz wichtige gesetzliche Regelungen
- Anhang 1.2: Landesspezifische Regelungen in Landeswassergesetzen (nach DWA-M 143-14)
- Anhang 1.3: Länderspezifische Regelungen in Eigenkontrollverordnungen oder Verwaltungsvorschriften für Kanalisationsanlagen (nach DWA-M 143-14)
- Anhang 2: Ablaufdiagramm für die Sanierung von Entwässerungssystem (DIN EN 752-5)
- Anhang 3: Materialentwicklung der Dichtungssysteme für Beton und Steinzeugrohre
- Anhang 4.1: Dokumentation GSP - Lageplan Sanierungsmaßnahmen
- Anhang 4.2: Dokumentation GSP - Lageplan Sanierungsprioritäten
- Anhang 4.3: Dokumentation GSP - Haltungsprotokoll
- Anhang 5: Grundsätze der hydraulischen Sanierung
- Anhang 6.1: Ablaufdiagramm zur Durchführung des Überflutungsnachweises
- Anhang 6.2: Dokumentation Überflutungsnachweis – Lageplan
- Anhang 6.3: Dokumentation Überflutungsnachweis – Berechnungsliste
- Anhang 7.1: Beispiel für die Definition von Einsatzgrenzen
- Anhang 7.2: Zusammenstellung der Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren $ND_{San.-Verf.}$
- Anhang 8: Zusammenstellung der Netzcharakteristiken der in KANSAS betrachteten Untersuchungsgebiete
- Anhang 9: Schema zur Bewertung der Sicherheit des gewählten Sanierungsverfahrens im Straßenkanal [28]



Im Hinblick auf die Anforderungen an ein Kanalnetz wichtige Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Strafgesetzbuch (StGB)

Paragraph	Inhalt
WHG § 1, Abs. 1	<i>Die Gewässer sind Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern. Sie sind so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen Einzelner dienen und vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben ... Dabei sind insbesondere mögliche Verlagerungen von nachteiligen Auswirkungen von einem Schutzgut auf ein anderes zu berücksichtigen; ein hohes Schutzgut für die Umwelt insgesamt, ..., ist zu gewährleisten.</i>
WHG § 1, Abs. 2	<i>Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen, um die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.</i>
WHG § 7a	Es darf nur dann eine Erlaubnis für die Abwassereinleitung erteilt werden, wenn <i>„die Schadstofffracht des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei der Einhaltung des jeweils in Betracht kommenden Verfahrens nach dem Stand der Technik möglich ist. ...“</i>
WHG § 18a	<i>Abwasser ist „so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Dem Wohl der Allgemeinheit kann auch die Beseitigung von häuslichem Abwasser durch dezentrale Anlagen entsprechen. ...“</i>
StGB § 324	Nach Strafgesetzbuch wird <i>„wer unbefugt ein Gewässer verunreinigt oder sonst dessen Eigenschaft nachteilig verändert, ... mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft“</i> , wobei bereits der Versuch strafbar ist.
WHG § 22	Haftungsansprüche lassen sich ableiten, wenn Stoffe in ein Gewässer eingebracht, eingeleitet werden oder gelangen, die <i>„die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers“</i> verändern.
Allgemein	Werden die gesetzlichen Vorgaben in der dafür vorgesehenen Zeit kontrolliert eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass die Abwasseranlage funktionsfähig, dicht, stand- und betriebssicher ist.



Landesspezifische Regelungen in Landeswassergesetzen ohne spezielle Verordnungen oder Verwaltungsvorschriften zur Eigenüberwachung von Kanalisationsanlagen (nach DWA-M 143, Teil 14)

Land	Grundlage	Anforderungen
Saarland	Saarländisches Wassergesetz vom 03.03.1998	Betrieb nach Regeln der Technik § 53 Verordnungsermächtigung § 54
Sachsen-Anhalt	Wassergesetz LSA vom 21.04.1998	Betrieb nach Regeln der Technik § 154 Verordnungsermächtigung § 156
Schleswig-Holstein	Landeswassergesetz vom 06.01.2004	Betrieb nach Regeln der Technik § 34
Hamburg	Hamburgisches Abwassergesetz (HmbAbwG) vom 24.07.2001	§ 4, öffentliche Abwasseranlagen in ordnungsgemäßen Zustand halten, insbesondere wasserdicht und dicht gegen Eindringen von Baumwurzeln
Berlin	Berliner Wassergesetz (BWG) vom 16.07.2001	§ 29d, Betrieb nach a.a.R.d.T
Bremen	Bremisches Wassergesetz (BrWG) vom 27.06.2000	§ 137, Betrieb nach allgemein anerkannten Regeln der Technik a.a.R.d.T.)
Niedersachsen	Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 21.01.1999	§ 153, Betrieb nach a.a.R.d.T. Verordnungsermächtigung § 156



Länderspezifische Regelungen in Eigenkontrollverordnungen oder Verwaltungsvorschriften für Kanalisationsanlagen (nach DWA-M 143, Teil 14)

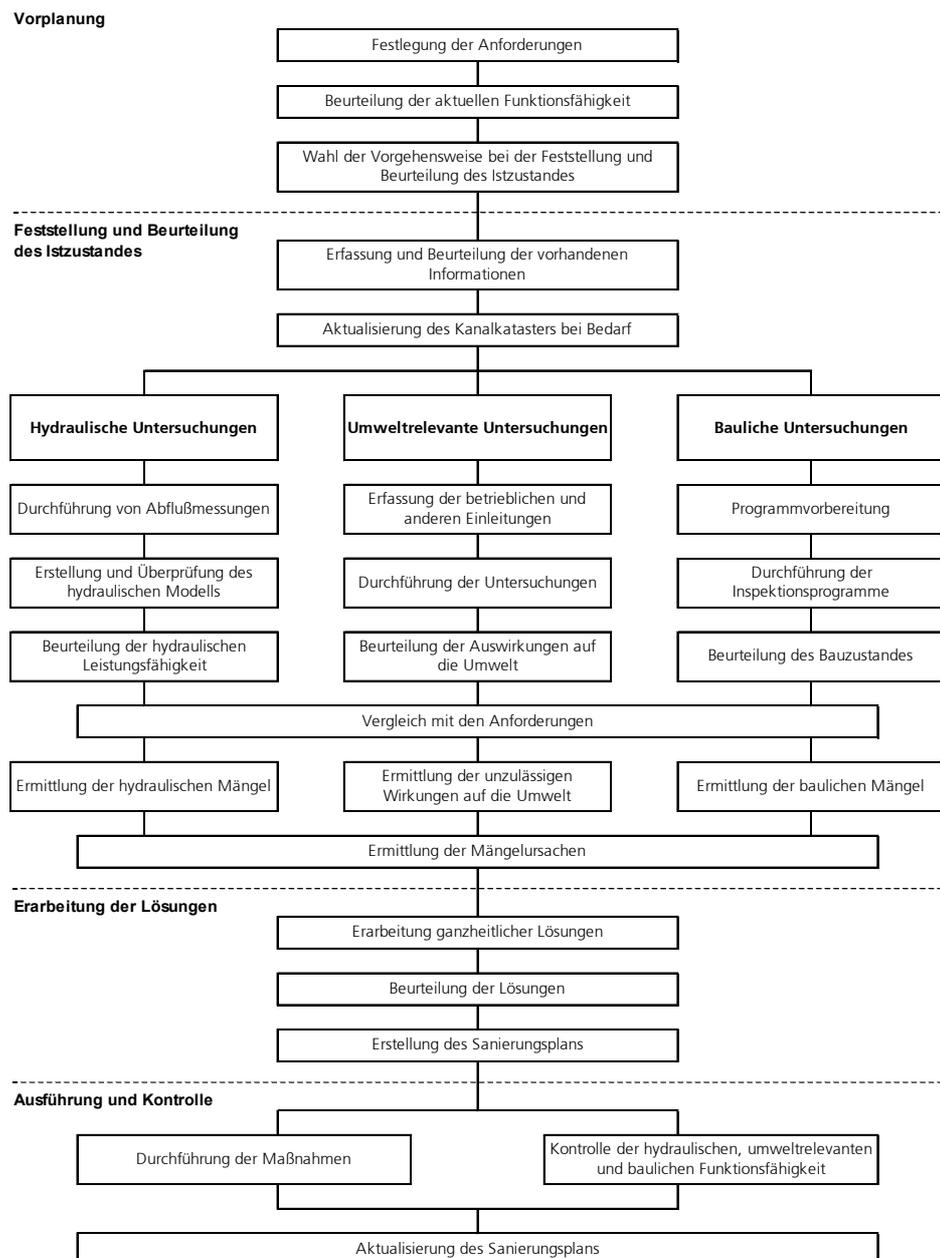
Bundesland	Verordnung	Erstprüfung	Wiederholungsprüfung	Prüfverfahren
Baden-Württemberg	Eigenkontrollverordnung EKVO (20.02.2001)	Bis 31.12.2000	In Abhängigkeit von Abwasserart, Lage, Zustand alle 10 - 20 Jahre	nicht spezifiziert
Bayern	Eigenüberwachungsverordnung - EÜV (20.09.1995)	Abhängig von Nennweite und Prüfverfahren alle 1 bis 20 Jahre		Nennweitenabhängig - Einfache Sichtprüfung - TV-Inspektion - Begehung - Leckagedetektion - Dichtheitsprüfung mit Wasser
	Merkblatt 4.3/6 Teil 1 (17.06.2003)	Prüfanlass - Neubauabnahme - Gewährleistungsabnahme - Sanierungsabnahme - EÜV		Abhängig vom Anlass - Sichtprüfung - TV-Inspektion - Leckagedetektion
Brandenburg	Verwaltungsvorschrift über die Durchführung von Genehmigungen für Kanalisationsnetze (20.10.1995)	Bis 20.10.2003? Erstmalig Innerhalb von 5 Jahren!	Alle 15 Jahre Zustandserfassung und Dichtheitsprüfung	- Zustandserfassung: optisch - Dichtheitsprüfung: nicht spezifiziert
Hessen	Abwassereigenkontrollverordnung – EKVO (21.01.2000)	Bis 31.12.2005	i.d.R. alle 10 Jahre; RW-Kanäle alle 20 Jahre	Nach a.a.R.d.T.: - Freispiegelkanal: optisch - Druckleitung: Druckprüfung
Mecklenburg-Vorpommern	Selbstüberwachungsverordnung – SÜVO (09.07.1993)	Bis 31.12.1998	Alle 10 Jahre	Dichtheitsprüfung nach a.a.R.d.T.
Nordrhein-Westfalen	Selbstüberwachungsverordnung Kanal -SüwVKan (16.01.1995)	Bis 31.12.2005	Alle 15 Jahre, mindestens 5 % pro Jahr	- TV-Inspektion - Begehung
Rheinland-Pfalz	Landesverordnung über die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen - EÜVOA (27.08.1999)		Alle 10 Jahre	optisch



Bundesland	Verordnung	Erstprüfung	Wiederholungsprüfung	Prüfverfahren
Sachsen	Eigenkontrollverordnung Eigenkontroll-VO (07.10.1994)	Bei Kanalisationsanlagen, die gewerblich-industrielles Abwasser führen, ist die Erstprüfung vorhandener Grundleitungen vor einer Abwasserbehandlungsanlage bis zum Jahr 2004 durchzuführen. Sonst nach DIN 1986, Teil 30	Nach DIN 1986, Teil 30 sowie Sichtkontrolle des Gewässers an Einleitungsstelle: - schmutzwasserführende Kanäle: vierteljährlich - Regenwasserkanäle ohne Schmutzwasser: halbjährlich	optisch
Thüringen	Abwassereigenkontrollverordnung ThürAbwEK-VO (15.09.1998)		Alle 15 Jahre	i.d.R. optisch

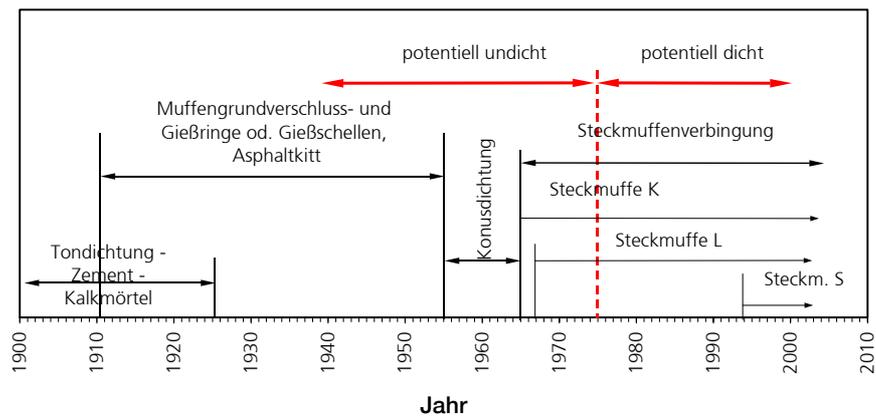


Ablaufdiagramm für die Sanierung von Entwässerungssystemen nach DIN EN 752, Teil 5

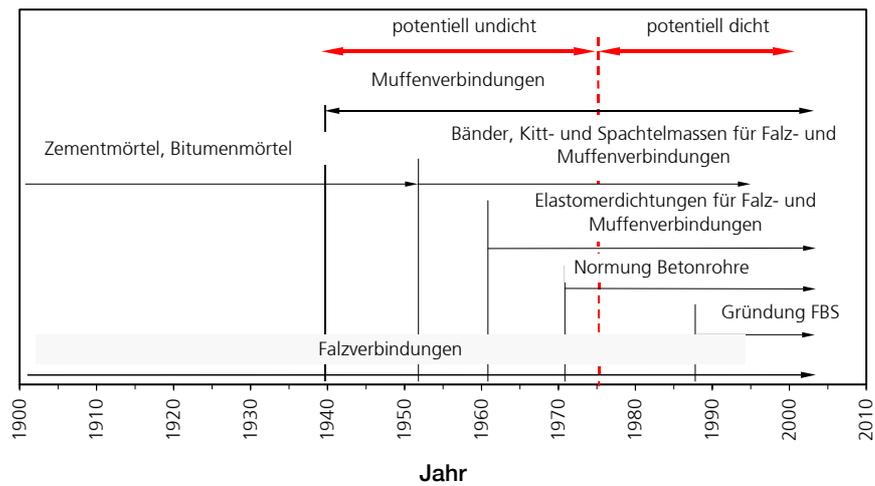


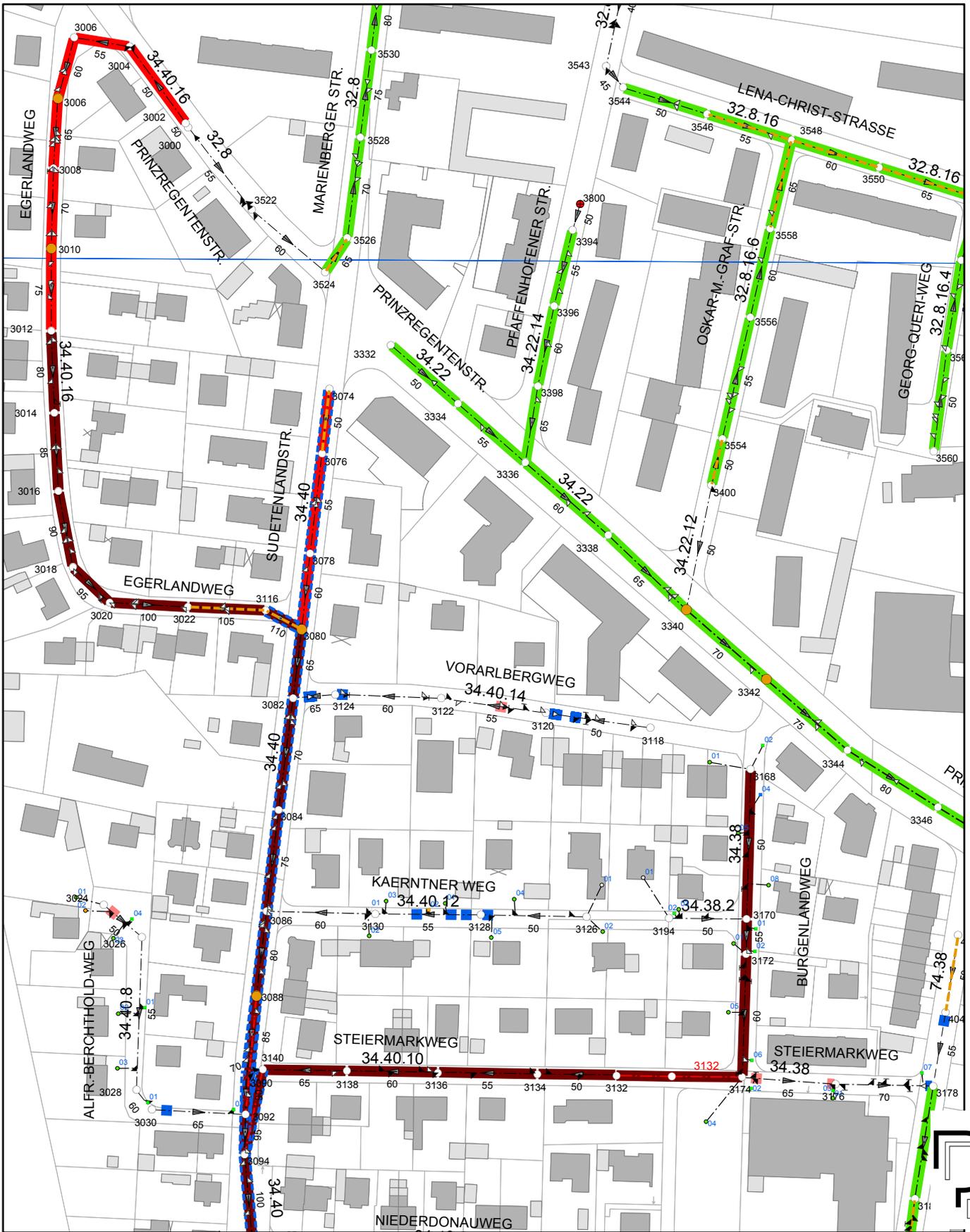
Entwicklung der Rohrverbindungssysteme

Steinzeugkanäle



Betonkanäle





Stammdaten					
Kanal	20.12.08.00	Haltung	60	Anschluss	0
Anfangsschacht	9033152	Endschacht	9033126	Straße	HOETTINGERSTRASSE
Werkstoff	Steinzeug	Wasserschutzgebiet	KW	Haltungslänge	46,50 m
DO-AS	442,68 m NN	KS-AS	441,51 m NN	Grundwasser	441,00 m NN
DO-ES	442,45 m NN	KS-ES	441,28 m NN	Baujahr	1974
Profilart	Kreisprofil	Profilhöhe	250 mm	Entwässerung	Mischwasser
Kanaluntersuchung					
Inspektionsdatum	06.07.1999	U.-Firma	RUB	TV-Videoband	3071
TV-Befahrungslänge	46,50 m	Zustandsklasse	4	TV-Untersucher	
TV-Untersuchungsrichtung	gegen	Lage	Nebenstraße	TV-Inspektionsnr.	4
Sanierung					
Maßstab 1 : 465					
Schadensbild		Reparatur 1		Reparatur 2	
9033126	SK	Maßnahmen- kürzel	Statio- nierung	Maßnahmen- kürzel	Statio- nierung
		0,00 0,00 - 46,50		0,00 0,00 - 46,50	
			13,30 13,80		
			38,50	37,75 - 39,25 37,75 - 39,25	
			4		
9033152					
Kosten					
Gewählte San.: Erweiterung		Reparatur 1		Reparatur 2	
PH400 TK2 IK 146.080 €		PK Rang # 2 Restnutzungsdauer 84 a		PK Rang # 1 Restnutzungsdauer 91 a	
Kommentar zur Alternativenwahl: 2->10: SFB;		IK PK		IK PK	
Kommentar zu den Schäden: -		Roboter	1.300 4.900	Kurzschlauch	1.800 3.900
Bearbeiter: MNW		PK-Gesamt	1.300 4.900 9.700	PK-Gesamt	1.800 3.900 7.800
Abschreibung		Renovierung		Erneuerung	
IK Investitionskosten		PK Rang # 4 Restnutzungsdauer 30 a		PK Rang # 5PK Rang # 6 Restnutzungsdauer 0 a	
PK Projektkostenbarwert		IK PK		IK PK	
Betrachtungszeitpunkt	05 17:20:22	Schlauch	12.800 12.800	Erneuerung	57.400 57.400
Realzins	3,00 %	PK-Gesamt	12.800 12.800 36.500	PK-Gesamt	57.400 57.400 57.400
Abschreibungsdauer	50 a				
Restabschreibungsdauer	19 a				
Wiederbeschaffungswert	57.438 €				
Restbuchwert	21.826 €				

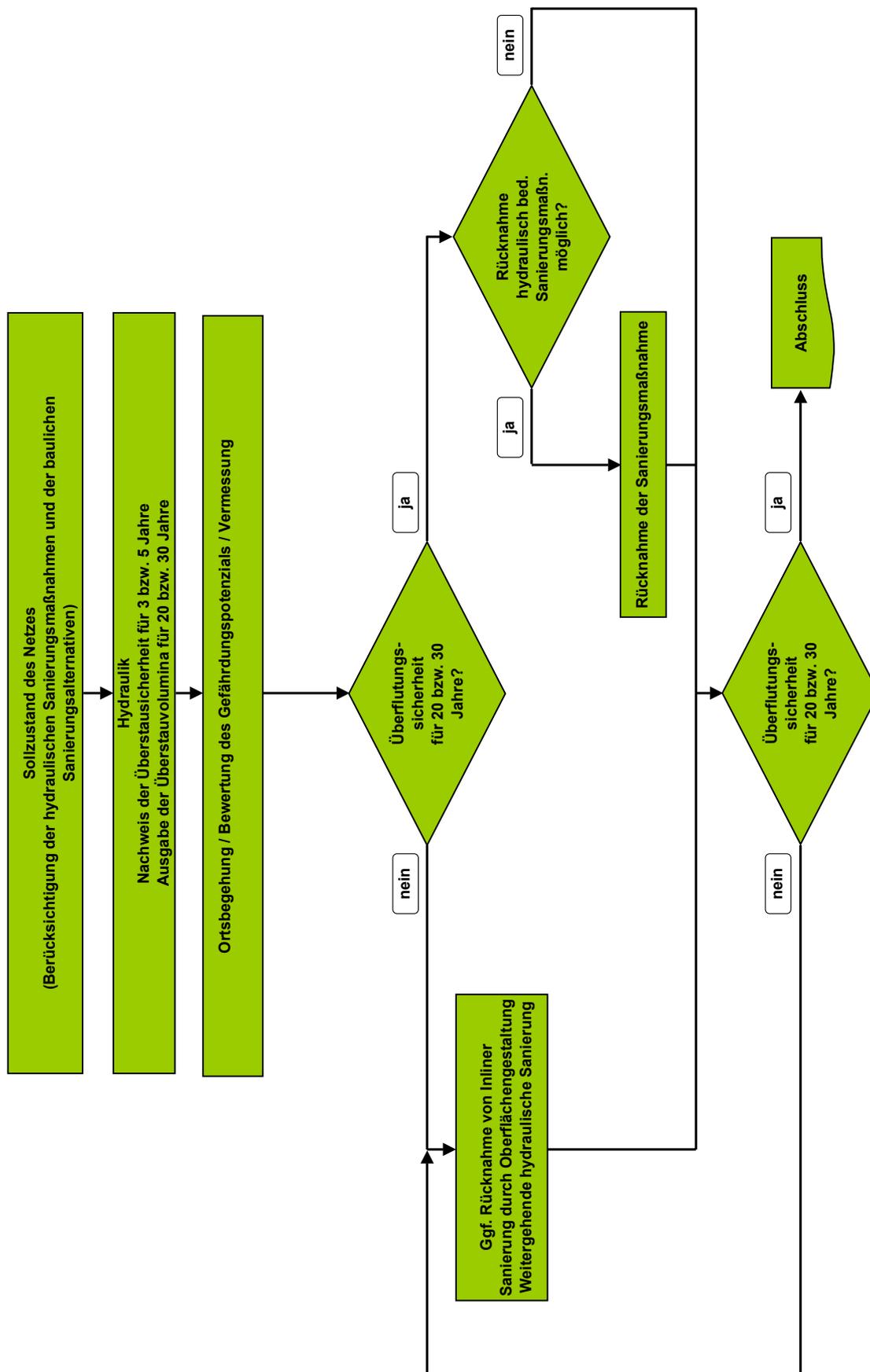


Grundsätze bei der hydraulischen Sanierung

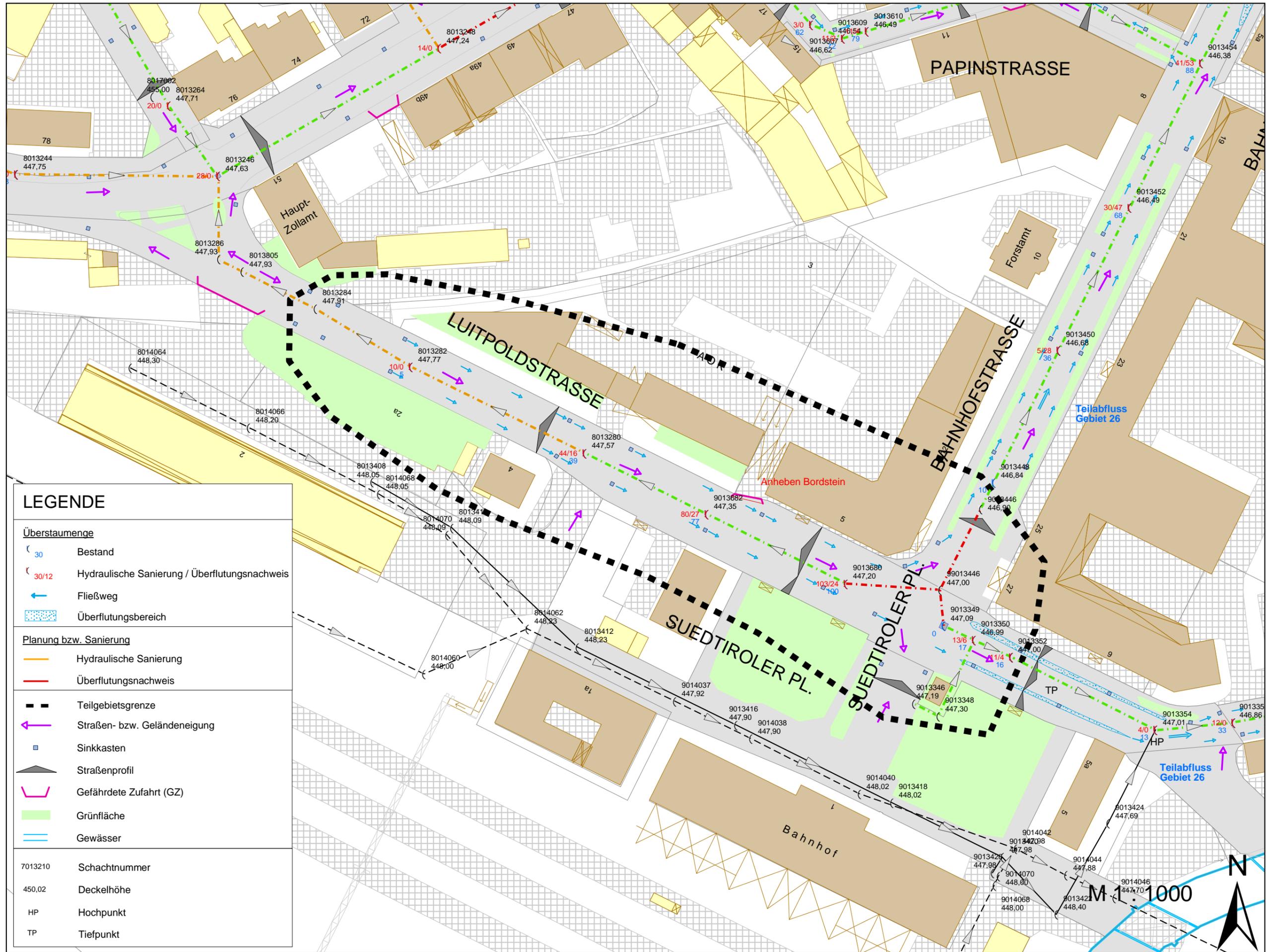
- Die erforderlichen Querschnitte ergeben sich aus den maximalen Abflüssen der hydraulischen Berechnungen. Je nach Lage der Sanierungsstrecke (Nutzungskategorie) wird eine entsprechende Bemessungshäufigkeit angesetzt (s. ATV-A 118, DIN EN 752-2).
- Für die Entlastungskanäle an den Mischwasserentlastungsanlagen sind im Sanierungsfall seltenere Wiederkehrzeiten erforderlich. Ggf. können auch maximal zulässige Wasserspiegellagen am Entlastungsbauwerk maßgeblich für die Querschnittsfestlegung sein (s. ATV-A 128).
- Sinnvolle Umleitungen sind einer Kanalerneuerung vorzuziehen, um eine Sanierung in empfindlichen Bereichen bzw. relativ neuer, in gutem Zustand befindlicher Kanäle zu vermeiden. Hierzu soll ein Abgleich mit den aus baulicher Sicht erforderlichen Maßnahmen erfolgen.
- Die Auslastung der geplanten Kanalquerschnitte soll bei der Bemessungshäufigkeit in der Regel höchstens 90 % betragen. Mindestquerschnitte nach ATV-A 118 sind zu beachten.
- Es wird empfohlen, eine Mindestüberdeckung von rd. 1,0 m anzustreben. Aufgrund vorhandener Anschlusshöhen kann dies je nach örtlichen Verhältnissen nicht immer erreicht werden. Wo es sinnvoll erscheint, kann auf ein flacheres Sonderprofil ausgewichen werden, um die Überdeckungshöhe zu verbessern.
- Ist der zu klein dimensionierte Kanal aus baulicher Sicht erhaltens- und die Einsparung gegenüber dem neu zu errichtenden nennenswert, kann auch ein Parallelkanal in Erwägung gezogen werden. Ein Parallelkanal kann eventuell auch aus betrieblichen Gründen sinnvoll sein.
- An den vorgesehenen Sanierungsstrecken ist die Lage der Versorgungsleitungen zu berücksichtigen, um ggf. den Kanalverlauf anzupassen.
- Bei der Anordnung geplanter Kanäle sind die Standorte der Regenwasserbehandlungsanlagen zu berücksichtigen.
- Grundsätzlich darf im gesamten Einzugsgebiet bei den je nach Bebauungsart anzusetzenden Regenhäufigkeiten kein Ansteigen des Wasserstandes über die Schachtdeckelhöhe vorkommen.
- Nur an ausgeprägten Tiefpunkten oder bei sehr geringen berechneten Überstauhöhen (kleiner 5-10 cm) kann eine geringfügige Überschreitung des festgelegten kritischen Wasserstandes noch akzeptiert werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn an den maßgeblichen Schächten bisher keine Überstauungen bekannt sind.
- In der GSP wird in der Regel davon ausgegangen, dass die zu sanierenden Kanalhaltungen in gleicher Trasse wie die bestehenden Haltungen verlegt werden. Örtlich sind auch Ausnahmen zu berücksichtigen.
- Die angestrebte Lösung soll eine technisch einwandfreie und wirtschaftliche Lösung darstellen.



Ablaufdiagramm Überflutungsnachweis



Überflutungsnachweis - Lageplan



LEGENDE	
Überstaumenge	
	Bestand
	Hydraulische Sanierung / Überflutungsnachweis
	Fließweg
	Überflutungsbereich
Planung bzw. Sanierung	
	Hydraulische Sanierung
	Überflutungsnachweis
	Teilgebietsgrenze
	Straßen- bzw. Geländeneigung
	Sinkkasten
	Straßenprofil
	Gefährdete Zufahrt (GZ)
	Grünfläche
	Gewässer
7013210	Schachnummer
450,02	Deckelhöhe
HP	Hochpunkt
TP	Tiefpunkt



Überflutungsnachweis

Luitpoldstraße / Südtiroler Platz / Bahnhofstraße

A Untersuchungsgebiet

Lage: Innenstadt
 Entwässerungssystem: Mischsystem
 Beschreibung: Überstau in der Luitpoldstraße und am Südtiroler Platz.
 Die Luitpoldstraße fällt von der Münchener Straße zum Südtiroler Platz ab. Am Südtiroler Platz ist das Gelände relativ eben, fällt aber dann in Richtung Bahnhofstraße und Anton-Kathrein-Straße ab.

Zufluss aus anderen Gebieten: Nein

B Ausgangssituation(Sanierungsplanung)

Überstau:

Straße	Schacht	Menge [m³]	Beginn [min]	Dauer [min]	Intensität [l/s]	T [a]	RD [min]	Menge < Bestand
Luitpoldstraße	9013680	103,4	26	39	44,6	30	30	(nein)
Luitpoldstraße	9013682	80,4	27	34	39,5	30	30	(nein)
Luitpoldstraße	8013280	43,9	27	26	28,1	30	30	(nein)
Luitpoldstraße	8013282	9,9	32	13	12,6	30	30	(nein)
Summe / Maximum		237,6		39	124,8			

Abflussverhalten: Das überstauende Wasser fließt die Luitpoldstraße entlang zum Südtiroler Platz. Auf der linken Straßenseite fließt das Wasser in die Bahnhofstraße. Das Wasser auf der rechten Seite fließt weiter in Richtung Anton-Kathrein-Straße. Mit Zunahme des Wasserstandes werden der Gehweg bzw. die Zufahrten überflutet und die unmittelbare Bebauung gefährdet.

Schadenspotenzial / Gefährdung:

Gefährdungsbereich	Gefährdungsobjekt	Schadenspotenzial / Gefährdung
Luitpoldstr. 3-5	Geschäftsgebäude	hoch
Luitpoldstr. 3-5	Tiefgarage	mittel
Südtiroler Platz 2	Betriebsgebäude	- / keine Gefährdung

Max. Aufstauhöhe Bestand: -

Max. Speichervolumen Bestand: 0,0 m³ (Wasser fließt ab)

Speichervolumen nicht vorhanden

Überstau bei T=5a: Geringfügiger Überstau Schacht 9013682, Überstau Schacht 9013680

Überstau:

Straße	Schacht	Menge [m³]	Beginn [min]	Dauer [min]	Intensität [l/s]	T [a]	RD [min]	Menge < Bestand
Luitpoldstraße	9013350	12,8	28	33	6,5	30	30	ja
Luitpoldstraße	9013352	11,1	28	31	6,0	30	30	ja
Summe / Maximum		23,9		33	12,5			

Abflussverhalten: Das überstauende Wasser wird im lokalen Tiefpunkt innerhalb der Straße gespeichert und fließt dann in die Anton-Kathrein-Straße.

Schadenspotenzial / Gefährdung:

Gefährdungsbereich	Gefährdungsobjekt	Schadenspotenzial / Gefährdung
Südtiroler Platz 1	Bahnhof	- / keine Gefährdung
Südtiroler Platz 5,5a	Wohnhaus	- / keine Gefährdung
Luitpoldstr. 9	Geschäftsgebäude	- / keine Gefährdung

Max. Aufstauhöhe Bestand: 446,87 mNN

Max. Speichervolumen Bestand: 0,2 m³

Speichervolumen nicht ausreichend

Überstau bei T=5a: Kein Überstau



Überflutungsnachweis

Luitpoldstraße / Südtiroler Platz / Bahnhofstraße

C Sanierungsvorschlag (weitergehende Sanierungsplanung)

Maßnahmen: Die beiden Kanäle in der Luitpoldstraße werden mittels Haltungen DN 400 mit dem Kanal in der Bahnhofstraße (9013680 > 99013446, 9013349 > 99013446, 99013446 > 9013446) verbunden. Dadurch wird der Wasserspiegel soweit reduziert, dass das restliche überstauende Wasser am Straßenrand schadlos abfließen kann.

Die Zufahrt zur Tiefgarage Luitpoldstr. 3, 5 ist auf das angrenzende Bordsteinniveau, bzw. mindestens auf die unter Punkt D berechneten Fließtiefen, zu sichern.

Überstau:

Straße	Schacht	Menge [m³]	Beginn [min]	Dauer [min]	Intensität [l/s]	T [a]	RD [min]	Menge < Bestand
Luitpoldstraße	8013280	15,9	29	11	24,8	30	30	ja
Luitpoldstraße	9013680	23,6	28	19	21,0	30	30	ja
Luitpoldstraße	9013682	26,6	28	18	24,2	30	30	ja
Summe / Maximum		66,1		19	70,0			

Schadenspotenzial/ Gefährdung: Keine Gefährdung mehr nach erweiterter Sanierung.

Überstau:

Straße	Schacht	Menge [m³]	Beginn [min]	Dauer [min]	Intensität [l/s]	T [a]	RD [min]	Menge < Bestand
Luitpoldstraße	9013350	5,5	29	15	6,0	30	30	ja
Luitpoldstraße	9013352	3,7	29	9	6,6	30	30	ja
Summe / Maximum		9,2		15	12,6			

Schadenspotenzial/ Gefährdung: Keine Gefährdung mehr nach erweiterter Sanierung.

D Überflutungsnachweis (weitergehende Sanierungsplanung)

Abflussnachweis Luitpoldstraße (8013280 > 9013350, rechte Hälfte)

Straßenprofil =	Trapez	
Höhe Straßenmitte AS =	447,44	mNN
Höhe Straßenmitte ES =	446,86	mNN
Länge =	119,0	m
Längsneigung =	4,87	‰
Maximale Fließtiefe links =	0,0	cm (Straße)
Breite Straßenhälfte links =	5,0	m
Querneigung links =	2,5	%
Maximale Fließtiefe rechts =	15,0	cm (Bordstein)
Breite Straßenhälfte rechts =	2,0	m
Querneigung rechts =	2,5	%
Angesetzte Fließtiefe Straßenmitte =	5,3	cm
Fließquerschnitt =	0,11	m²
Benetzter Umfang =	4,12	m
Hydraulischer Radius =	0,03	m
Mannig-Strickler-Beiwert _{ST} =	50	m ^{1/3} /s
Fließgeschwindigkeit =	0,32	m/s
Abflussleistung =	35	l/s
Abflussspitze nach Sanierung =	35	l/s
		(1/2 von 8013280 + 1/2 von 9013680 + + 1/2 von 9013682)
(Maximaler Gesamtabfluss Straßenabschnitt =	311	l/s)
(Maßgebliche Höhe =	Bordstein links)	



Überflutungsnachweis

Luitpoldstraße / Südtiroler Platz / Bahnhofstraße

Abflussnachweis Luitpoldstraße (8013280 > 9013446, linke Hälfte)

Straßenprofil =	Schräge		
Höhe Straßenmitte AS =	447,57	mNN	
Höhe Straßenmitte ES =	446,90	mNN	
Länge =	121,0	m	
Längsneigung =	5,54	‰	
Maximale Fließtiefe links =	10,0	cm	(Zufahrt Luitpoldstr. 3, 5)
Maximale Fließtiefe rechts =	0,0	cm	(Straße)
Straßenbreite =	6,0	m	
Querneigung =	2,5	%	
tiefe Straßenseite =	links		
Angesetzte Fließtiefe Straßenrand links =	6,8	cm	
Fließquerschnitt =	0,09	m ²	
Benetzter Umfang =	2,78	m	
Hydraulischer Radius =	0,03	m	
Mannig-Strickler-Beiwertk _{ST} =	50	m ^{1/3} /s	
Fließgeschwindigkeit =	0,38	m/s	
Abflussleistung =	35	l/s	
Abflussspitze nach Sanierung =	35	l/s	(1/2 von 8013280 + 1/2 von 9013680 + + 1/2 von 9013682)
(Maximaler Gesamtabfluss Straßenabschnitt =	99	l/s)	
(Maßgebliche Höhe =	Bordstein links)		

Volumennachweis Luitpoldstraße (lokaler Tiefpunkt, linke Hälfte)

Straßenprofil =	Trapez		
Höhe Straßenmitte Tiefpunkt =	446,86	mNN	(berechnet)
Höhe Straßenmitte oberhalb =	446,96	mNN	(berechnet)
Länge oberhalb =	9,50	m	
Längsneigung oberhalb =	1,05	%	
Höhe Straßenmitte unterhalb =	446,87	mNN	(berechnet)
Länge unterhalb =	58,00	m	
Längsneigung unterhalb =	0,02	%	
Maximale Aufstauhöhe links =	15,0	cm	(Bordstein)
Breite Straßenhälfte links =	2,0	m	
Querneigung links =	2,5	%	
Maximale Aufstauhöhe rechts =	0,0	cm	(Straße)
Breite Straßenhälfte rechts =	5,0	m	
Querneigung rechts =	2,5	%	
Angesetzte Aufstauhöhe =	446,87	mNN	
Aufstau Tiefpunkt Straßenmitte =	1,0	cm	
Ausbreitung oberhalb =	0,95	m	
Ausbreitung unterhalb =	58,00	m	
Gesamtvolumen Straßenabschnitt =	0,1	m ³	
Überstauvolumen nach Sanierung =	4,6	m ³	(1/2 von 9013350 + 1/2 von 9013352)
(Maximale Aufstauhöhe Straßenabschnitt =	446,87	mNN)	
(Maximales Gesamtvolumen Straßenabschnitt =	0,1	m ³)	
(Maßgebliche Höhe =	Grenze unterhalb)		



Überflutungsnachweis

Luitpoldstraße / Südtiroler Platz / Bahnhofstraße

Volumennachweis Luitpoldstraße (lokaler Tiefpunkt, rechte Hälfte)

Straßenprofil =	Trapez		
Höhe Straßenmitte Tiefpunkt =	446,86	mNN	(berechnet)
Höhe Straßenmitte oberhalb =	446,96	mNN	(berechnet)
Länge oberhalb =	9,50	m	
Längsneigung oberhalb =	1,05	%	
Höhe Straßenmitte unterhalb =	446,87	mNN	(berechnet)
Länge unterhalb =	58,00	m	
Längsneigung unterhalb =	0,02	%	
Maximale Aufstauhöhe links =	0,0	cm	(Straße)
Breite Straßenhälfte links =	5,0	m	
Querneigung links =	2,5	%	
Maximale Aufstauhöhe rechts =	15,0	cm	(Bordstein)
Breite Straßenhälfte rechts =	2,0	m	
Querneigung rechts =	2,5	%	
Angesetzte Aufstauhöhe =	446,87	mNN	
Aufstau Tiefpunkt Straßenmitte =	1,0	cm	
Ausbreitung oberhalb =	0,95	m	
Ausbreitung unterhalb =	58,00	m	
Gesamtvolumen Straßenabschnitt =	0,1	m ³	
Überstauvolumen nach Sanierung =	37,7	m ³	(1/2 von [8013280 > 9013450] + 1/2 von 9013350 + 1/2 von 9013352)
(Maximale Aufstauhöhe Straßenabschnitt =	446,87	mNN)	
(Maximales Gesamtvolumen Straßenabschnitt =	0,1	m ³)	
(Maßgebliche Höhe =	Grenze unterhalb)		

Abflussnachweis Luitpoldstraße (9013354 > 9013356)

Straßenprofil =	Dach		
Höhe Straßenmitte AS =	447,01	mNN	
Höhe Straßenmitte ES =	446,86	mNN	
Länge =	22,0	m	
Längsneigung =	6,82	‰	
Maximale Fließtiefe links =	16,0	cm	(Bordstein)
Breite Straßenhälfte links =	4,0	m	
Querneigung links =	2,5	%	
Maximale Fließtiefe rechts =	16,0	cm	(Bordstein)
Breite Straßenhälfte rechts =	4,0	m	
Querneigung rechts =	2,5	%	
Angesetzte Fließtiefe Straßenrand links =	5,6	cm	
Angesetzte Fließtiefe Straßenrand rechts =	5,6	cm	
Fließquerschnitt =	0,13	m ²	
Benetzter Umfang =	4,63	m	
Hydraulischer Radius =	0,03	m	
Mannig-Strickler-Beiwertk _{ST} =	50	m ^{1/3} /s	
Fließgeschwindigkeit =	0,38	m/s	
Abflussleistung =	48	l/s	
Abflussspitze nach Sanierung =	48	l/s	(1/2 von [8013280 > 9013450] + 9013350 + 9013352)
(Maximaler Gesamtabfluss Straßenabschnitt =	772	l/s)	
(Maßgebliche Höhe =	Bordstein links)		



Überflutungsnachweis

Luitpoldstraße / Südtiroler Platz / Bahnhofstraße

E Schätzung der Bruttokosten für den Sanierungsvorschlag

Oberflächengestaltung:	Anhebung Bordstein	1.000	€
Kanalerneuerungen:		-	
Kanalneubau:	9013680 > 99013446	57.783	€
	9013349 > 99013446	23.579	€
	99013446 > 9013446	45.622	€
Sonderbauwerke:		-	
Summe:		127.984	€

F Schlussbemerkungen

Die Maßnahmen in diesem Gebiet haben einen positiven Einfluss auf die Überstausituation, insbesondere für die Gebiete 26 und 33. In Gebiet 25 entsteht jedoch ein größerer Überstau. Da sich in Gebiet 25 auch ohne den zusätzlichen Abfluss durch die Maßnahmen in Gebiet 26 ein Überstau nicht komplett vermeiden lässt, in den Gebieten 26 und 33 jedoch der Überflutungsnachweis nach der weitergehenden Sanierungsplanung z.T. geführt werden kann, wird dies toleriert.

Eine Erhöhung der gefährdeten Zufahrten wurde aufgrund der Ortsbegehungen als realisierbar eingestuft.

Die Fließtiefe ist zum Teil geringfügig größer als die unteren Bordsteinhöhen der Zufahrten. Dadurch gelangt das austretende Wasser auf den Gehweg. Da die nicht gefährdeten Zufahrten jedoch nach hinten ansteigen (NZ oder UZ), gelangt kein Wasser auf private Anwesen.

Für die Bestimmung der Sanierungspriorität ist der Einfluss auf die Verkehrssicherheit in diesem Gebiet zu berücksichtigen.

Der Abfluss in die Anton-Kathrein-Str. muss bei der Betrachtung von Gebiet 33 berücksichtigt werden.

Der Abfluss in die Bahnhofstr. muss bei der Betrachtung von Gebiet 25 berücksichtigt werden.



Zusammenstellung von Nutzungsdauern unterschiedlicher Sanierungsverfahren *ND*_{San.-Verf.} (Quelle: *KANSAS*)

Sanierungsverfahren	Quelle	Markteinführung	Erfahrungswert	Nutzungsdauer
Roboter- verfahren	Stein, GSTT	zwischen 1980 - 1990	-	-
	ATV-Umfrage 2001	-	5 a	-
	Netzbetreiber	-	10 a (Ingolstadt, Schweinfurt, Berlin)	-
	LAWA	-		2 a bis 15 a
Manuelles Abdichten	LGA	-	Fremdüberwachung Baumaßnahme 2001	10 a
	Netzbetreiber		10 a (Ingolstadt, Neu- burg/Donau, Schwein- furt)	-
Abdich- tungsver- fahren (Kurz- schlauch, partieller Inliner)	GSTT	ab 1990	-	-
	ATV-Umfrage 2001	-	> 10 a	-
	Kammerer	-	-	Vorgabe 20 a (Frank- furt/Main)
	Netzbetreiber	-	-	Vorgabe 20 a (Würzburg)
	Siebert	-	Fremdüberwachung aktueller Baumaßnah- men 2000 - 2004	20 a
	LAWA	-		2 a bis 15 a
Schlauch- relining	Stein, GSTT	zwischen 1972 und 1997	-	-
	ATV-Umfrage 2001	-	> 10 a	-
	LAWA, LGA	-	-	25 bis 40 a (50 a)
	Netzbetreiber	-		30 a (Ingolstadt, Mün- chen, Schweinfurt)
	IKT	-	-	bis 50 a, abhängig von Bauausführung



In KANSAS verwendete Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren $ND_{San.-Verf.}$

Sanierungsart	Sanierungsmaßnahme	Nutzungsdauer
Reparatur	Sanierungsroboter	10 Jahre
	Manuelles Abdichten	10 Jahre
	Kurzschlauch, partieller Inliner	20 Jahre
	Teilerneuerung	Restnutzungsdauer der zu sanierenden Haltung
Renovierung	Schlauchrelining	30 Jahre
Erneuerung	Offene oder geschlossene Bauweise	Gesamter Betrachtungszeitraum



Vergleich der Untersuchungsgebiete

Netzcharakteristiken

Netzcharakteristik	Beispielnetz			
	A	B	C	D
Größe des Kanalnetzes Großstadt (> 1Mio. EW) - Teilnetz mittelgroße Stadt (30 - 100.000 EW)	X	X	X	X
Neue / alte Bundesländer (n/a)	a	a	n	n
Entwässerungssystem Mischsystem Trennsystem kombiniert	X	X (X)	X	X
Rohrmaterial (Hauptvorkommen) Beton Steinzeug Faserzement- und Kunststoff	X X	X X X	X	X X
mittl. Kanalalter jung (1960) gemischt alt (1910)	X	X	X	X
Besonderheiten des Kanalnetzes seichtes und flaches Netz hoher Grundwasserstand	X	X		
baulicher Zustand geringe Schädigungsrate hohe Schädigungsrate	X	X	X	X
Undichtheiten (über TV hinaus) geringe zahlreiche	X	X	X	X
Besondere Anforderungen keine Wasserschutzzone	X	(X)	X	X
Hydraulische Defizite keine vorhanden Überstausicherheit Überflutungssicherheit	X	X	X	(X)
Sanierungsumfang nur dringende (SK 1 + SK 2) alle Defizite	X	X	X	X



Verteilung der Bestandshaltungslänge auf die gewählten Sanierungsverfahren – Vergleich der Untersuchungsgebiete

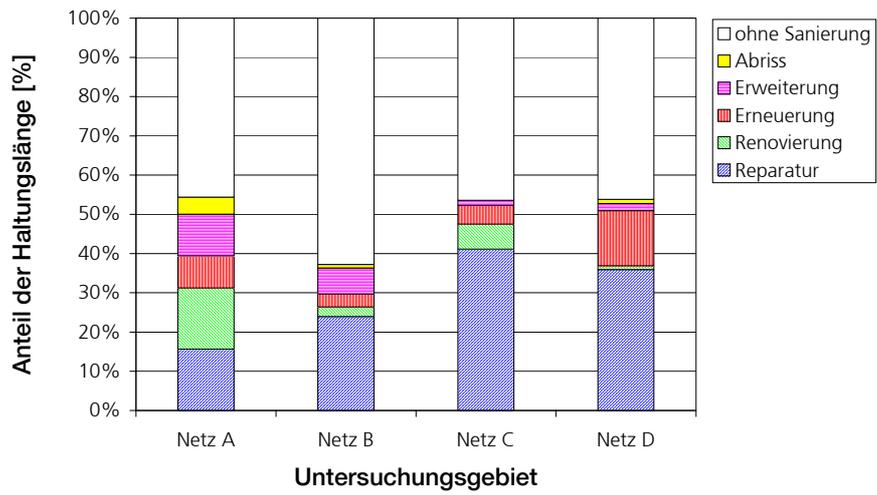


Abbildung xxx-1: Verteilung der Bestandshaltungslänge auf die gewählten Sanierungsverfahren – Vergleich der Untersuchungsgebiete



Schema zur Bewertung der Sicherheit des gewählten Sanierungsverfahrens im öffentl. Kanal

Szenarien		wurde der kritische Aufgrabungsfaktor a_{krit} überschritten?					Zunahme der Prognosesicherheit ←--- Zunahme der Prognosesicherheit
Zunahme der zu erneuernden Anschlüsse --->	Szenario I: alle Anschlüsse müssen erneuert werden	nein	ja				
	Szenario II: alle geschädigten Anschlüsse müssen erneuert werden			ja			
	Szenario III: alle im Mittel zu erneuernden Anschlüsse müssen erneuert werden				ja		
	Szenario IV: alle im Mittel zu erneuernden Anschlüsse müssen zu 50% erneuert werden					ja	
Ergebnis / Bewertung der Haltung		es ist kein Wechsel des Sanierungsverfahrens zu erwarten, keine Zustandserfassung der Anschlüsse erforderlich	ein Wechsel des San-Verfahrens ist unwahrscheinlich bzw. nur unter ungünstigen Bedingungen zu erwarten, Zustandserfassung der Anschlusskanäle empfohlen	ein Wechsel des San-Verfahrens kann notwendig werden, Zustandserfassung der Anschlusskanäle empfohlen	es wird davon ausgegangen, dass ein Wechsel des San.-Verfahrens notwendig ist, Zustandserfassung der Anschlusskanäle empfohlen	es wird mit großer Sicherheit davon ausgegangen, dass ein Wechsel des San.-Verfahrens notwendig ist, Zustandserfassung der Anschlusskanäle empfohlen	
		Fall I	Fall II	Fall III	Fall IV	Fall V	
		kein Wechsel	Zunahme der Sicherheit für Wechsel des Verfahrens --->				

Abnahme der Wahrscheinlichkeit f. Verfahrenswechsel

$$a_{vorh} = 1/L * (Z_{Aufgr,0} +$$

$$Z_{Anschl}$$

$$* a_{gesch}^c$$

$$* a_{Em}^c$$

$$* 1/2 * a_{Em}^c$$

- L Haltungslänge
- Z_{Anschl} Anzahl der Anschlüsse in der Haltung (in Betrieb)
- a_{Em}^c mittl. Anteil der zu erneuernden Anschlüsse in der Charakteristik C
- a_{gesch}^c mittl. Anteil der geschädigten Anschlüsse in der Charakteristik C
- $Z_{Aufgr,0}$ Anzahl der bereits vorhandenen Aufgrabungen in der Haltung
- a_{krit} kritischer Aufgrabungsfaktor, bei dem eine Erneuerung sinnvoll wird
- a_{vorh} vorhandener Aufgrabungsfaktor
- C Charakteristik der betrachteten Haltung =f(Baujahr, Bebauungsart)

