



lebensministerium.at

Zustandsdatenanalyse zur Bewertung von Instandhaltungsstrategien von Kanalisationen

Studie über den Vergleich von kurativen und proaktiven
Instandhaltungsstrategien anhand ausgewählter Kanalnetze





Nachhaltig für Natur und Mensch / Sustainable for nature and mankind

Lebensqualität / Quality of life

Wir schaffen und sichern die Voraussetzungen für eine hohe Qualität des Lebens in Österreich /
We create and we assure the requirements for a high quality of life in Austria

Lebensgrundlagen / Bases of life

Wir stehen für versorgende Verwaltung und verantwortungsvolle Nutzung der Lebensgrundlagen Boden, Wasser, Luft, Energie und biologische Vielfalt. / *We stand for a preventive conservation as well as responsible use soil, water, air, energy and bioversity*

Lebensraum / Living environment

Wir setzen uns für eine umweltgerechte Entwicklung und den Schutz der Lebensräume in Stadt und Land ein. / *We support an environmentally friendly development and the protection of living environments in urban and rural areas.*

Lebensmittel / Food

Wir sorgen für die nachhaltige Produktion insbesondere sicherer und hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe. / *We ensure sustainable production in particular of safe and high-quality food as well as renewable resources*

Impressum

Medieninhaber, Herausgeber, Copyright:

Bundesministerium für Land- und
Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft,
Sektion III Landwirtschaft und Ernährung,
Stubenring 12, 1010 Wien

Alle Rechte vorbehalten

Gesamtkoordination:

PD Dipl.-Ing. Dr. Thomas Ertl, (BOKU Wien),
DI Hanns Plihal (BOKU Wien)

AutorInnen:

PD Dipl.-Ing. Dr. Thomas Ertl, (BOKU Wien),
DI Hanns Plihal (BOKU Wien)
DI Gert Kratzer (Student, BOKU Wien)

Layout:

ZS communication + art GmbH

Bildnachweis, Produktion und Druck:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

**Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier
mit Pflanzenfarben.**

Wien, Dezember 2012



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Zielsetzung und Aufgabenstellung	6
3	Rechtliche und technische Grundlagen	7
3.1	Instandhaltung – Definition und Recht.....	7
3.1.1	DIN 31051.....	7
3.1.2	Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG, 2005	7
3.1.3	EN 752.....	8
3.2	Wartung	14
3.2.1	ÖWAV Regelblatt 22 (1989)	14
3.2.2	ÖWAV Regelblatt 34.....	15
3.2.3	ÖNORM EN 14654	16
3.3	Inspektion.....	16
3.3.1	EN 752.....	16
3.3.2	ÖNORM EN 13508	21
3.3.3	DWA-M 149	21
3.4	Instandsetzung/Sanierung.....	22
3.4.1	ÖNORM EN 752	22
3.4.2	ÖWAV Regelblatt 28.....	24
3.4.3	DWA-M 143	26
3.5	Instandhaltungsstrategien.....	26
3.5.1	Kurativer Ansatz	27
3.5.2	Proaktiver Ansatz.....	28
3.6	Alterung bzw. Nutzungsdauer	29
4	Methodische Grundlagen	30
4.1	Das prinzipielle „Ursache – Wirkungs – Prinzip“	30
4.2	Entstehen und Auftreten von Schäden.....	31
4.2.1	Materialmängel - Produktion.....	31
4.2.2	Planungsphase	31
4.2.3	Bauphase – mangelhafte Ausführung	31
4.2.4	Nachträgliche Anpassungen.....	32
4.2.5	Betriebsphase.....	32
4.2.5.1	Feststofftransport und Ablagerungen	32
4.2.5.2	Indirekteinleiter / Abwasserqualität.....	38
4.2.5.3	Schäden durch Kanalreinigung	38
4.3	Zustände und deren Verursacher.....	39
4.3.1	Statische oder dynamische Überlastung (Oberflächenbelastung bzw. andere Leitungsträger) .	39
4.3.2	Falsche bzw. schlechte Lagerung	39
4.3.3	Ausbiegung oder Abwinklung	40
4.3.4	Punktbelastung.....	40

4.3.5	Verlegefehler	40
4.3.6	Nicht fachgerecht eingebaute Sattelstücke oder Stützen.....	41
4.3.7	Verschleiß und Korrosion	41
4.3.8	Materialmängel	41
4.4	Methodik zur Analyse der Ursachen für Alterung und Abnutzung im Kanalsystem	42
4.5	Zusammenfassender Überblick der Methodik	45
5	Untersuchungsdaten	47
6	Ergebnisse.....	50
6.1	Ursache-Wirkungs-Analyse der in Kanälen auftretenden Schäden	50
6.2	Schadensverteilung nach Material	56
6.3	Zuordnung der vorgefundenen Schäden nach der Entstehungsphase.....	58
6.4	Zuordnung der Schäden nach Schutzziel.....	60
7	Interpretation und Diskussion der Ergebnisse	61
7.1	Schlussfolgerungen zum angestrebten Vergleich der Instandhaltungsstrategien	61
7.2	Schlussfolgerungen basierend auf der Verteilung der Schäden nach ihren Ursachen.....	62
7.3	Schlussfolgerungen aufgrund der Verteilung der Schäden nach ihrer Entstehungsphase (Bauphase, Anpassungen, Betriebsphase)	63
7.4	Schlussfolgerungen zur Verteilung der Schäden anhand der Auswirkung auf die Schutzziele der Entwässerungssysteme	63
7.5	Vermeidung von auftretenden Schäden und deren Auswirkungen	66
8	Zusammenfassung	69
9	Ausblick	72
10	Literaturverzeichnis.....	73

1 Einleitung

„Neben richtiger Planung und fachgerechter Ausführung ist die regelmäßige Überprüfung der Kanalisationsanlagen (Kanäle, Pumpwerke, Regenüberläufe, Regenbecken usw.) eine wichtige Voraussetzung für einen störungsfreien Kanalbetrieb. Sie trägt dazu bei, Reparaturkosten auf ein Minimum zu senken, weil frühzeitig erkannte Mängel mit einem geringeren Aufwand behoben und spätere, hohe Kosten verursachende Schäden vielfach vermieden werden können.“ Diese Feststellung findet sich unter Kapitel 1 – Kanalüberprüfung – im ÖWWV Regelblatt 22 – „Kanalwartung und Kanalerhaltung“ (ÖWAV, 1989).

Jedoch wird auf die Frage, ob ein frühzeitiges Erkennen von Schadstellen und in weiterer Folge deren Sanierung, über die gesamte Nutzungsdauer der Anlage tatsächlich günstiger ist, im Regelblatt 22 nicht näher eingegangen.

Schätzungen der KPC – Kommunalkredit Public Consulting (LABER, 2012) ergaben, dass im Zuge von geförderten Projekten in Österreich bis 2011 rund 90.000 km öffentlicher Kanal mit indexierten Investitionen von ca. 30 Mrd. Euro errichtet wurden.

Dieses volkswirtschaftliche Vermögen gilt es möglichst zu erhalten und die Nutzungsdauer der Anlagen zu maximieren bzw. die für die Instandhaltung der Anlagenteile aufzubringenden finanziellen Mittel zu minimieren.

In der EN 752 (2008) steht im Kapitel – „Ziele“ unter dem Punkt – „Nachhaltige Entwicklung“:

„Ziel ist es, das System unter den optimalen Umwelt-, sozialen und wirtschaftlichen Aufwendungen zu planen, zu bauen, zu betreiben, zu warten und zu sanieren, so dass:

- a) Werkstoffe verwendet werden, die eine Erschöpfung von endlichen Ressourcen minimieren;
- b) es mit minimalen Energieaufwand betrieben werden kann, und
- c) es mit minimalen Auswirkungen auf die Umwelt gebaut, betrieben und am Ende der Nutzungszeit stillgelegt werden kann.

Zur Erreichung dieses Zieles in Bezug auf Betreiben, Warten und Sanieren, stehen dem Anlagenbetreiber zwei grundlegend unterschiedliche Strategien zur Verfügung:

- der vorrausschauend geplante Unterhalt (proaktiv), und
- die ereignisabhängige Reaktion (Krisenreaktion bzw. kurative Vorgangsweise)

PROAKTIV:

Beim proaktiven Ansatz versucht man möglichst viele Informationen über das Kanalsystem zu sammeln, auszuwerten und anschließend genaue Instandhaltungsstrategien zu entwickeln. Diese gesammelten Daten beziehen sich nicht nur auf den baulichen Zustand des Systems, sondern gehen darüber weit hinaus. Meist werden auch strukturelle, hydraulische und betriebliche Erkenntnisse zur Entwicklung von Strategien herangezogen.

KURATIV:

Der kurative Ansatz beschreibt eine „Feuerwehrtaktik“. Großteils werden Instandhaltungsarbeiten erst nach Vorliegen eines konkreten Problems durchgeführt. So werden z.B. Reinigungsarbeiten am Kanalsystem erst nach vorherigen Überflutungsereignissen durchgeführt. Informationen über das System liegen in den seltensten Fällen vor und wenn, dann meist in sehr veralteter Form, was so gut wie nie den derzeitigen Zustand des Kanalsystems widerspiegelt.

Welche von diesen beiden Strategien zur Instandhaltung des Systems die geeignetere und somit die nachhaltigere in ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht ist, wird in dieser Arbeit versucht zu klären.

2 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit ist es, zu verdeutlichen, warum es für Betreiber von Kanalisationsanlagen wichtig ist, den baulichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand des Entwässerungssystems zu kennen. Gleichzeitig soll auch geklärt werden unter welchen Umständen die möglichen Verfahren von Inspektion, Reinigung und Sanierung zweckmäßig eingesetzt werden können. Bei der Nennung von Mindestanforderungen an die Instandhaltungsmaßnahmen wird die ökonomische Komponente dadurch berücksichtigt, dass alle Aktivitäten bezüglich ihres Einflusses auf die langfristige Werterhaltung betrachtet werden.

Es soll aufgezeigt werden, unter welchen Umständen eine regelmäßige Inspektion bzw. Wartung vorzeitige Alterungs- und Abnutzungsprozesse verhindert. Besonderes Augenmerk liegt bei der Fragestellung, welche Ursachen es für Alterung und Abnutzung im Kanalsystem gibt, und welche Prozesse durch vorsorgende betriebliche Maßnahmen verhindert bzw. verzögert werden können.

Weiter soll geklärt werden, ob und wie weit es möglich ist, zukünftige Schäden frühzeitig zu erkennen, welche Schäden einem „Alterungsprozess“ unterliegen und bei welchen Schäden ein frühzeitiges Erkennen und sofortiges Handeln „besser“ ist als eine spätere Sanierung.

Dazu werden die Prozesse beschrieben und eine Ursache-Wirkungs-Analyse der in Kanälen auftretenden Schäden erstellt.

Die Schäden in Kanalisationen werden nach 3 Kriterien (Ursache, Entstehungsphase und Auswirkung) ausgewertet, damit können unterschiedliche Instandhaltungsstrategien beurteilt werden.

Abgrenzung:

Der Vergleich der Instandhaltungsstrategien beschränkt sich auf die Ableitungskanäle und deren Schächte. Die Sonderbauwerke wie Pumpstationen und Regenbehandlungsanlagen werden nur am Rande betrachtet, da bei diesen Bauwerken der Zusammenhang zwischen Wartung und Funktionsfähigkeit in der Praxis allgemein erkannt wird und keines besonderen Nachweises bedarf.

Bezüglich optimierter Instandhaltungsstrategien von dezentralen Abwasserpumpstationen wird auf die gleichnamige Studie (2011) der Autoren für die ÖWAV Kanal- und Kläranlagennachbarschaften (www.kan.at) verwiesen.



3 Rechtliche und technische Grundlagen

3.1 Instandhaltung – Definition und Recht

3.1.1 DIN 31051

Instandhaltung umfasst gemäß **DIN 31051** alle "*Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems*".

Die Maßnahmen werden definitionsgemäß untergliedert in:

- Wartung (Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes),
- Inspektion (Maßnahmen zur Beurteilung des Ist-Zustandes)
- Instandsetzung (Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes)

Auf das Kanalsystem umgelegt bedeutet Wartung - grob gesprochen - die Reinigung der Anlagenteile. Der Hauptbestandteil der Wartung umfasst Reinigungsarbeiten in Kanälen, Schächten, Straßeneinläufen und Sonderbauwerken. Darüber hinaus zählt auch die Erhaltung der Funktion von Pumpen, Armaturen, Steuerungen und anderer maschineller bzw. elektrotechnischer Anlagenteile zur Wartung. (Servicierung)

Die Inspektion umfasst alle Arbeiten die im Zuge der baulichen, hydraulischen und umweltrelevanten Untersuchungen getätigt werden. Zu den baulichen Untersuchungen gehören insbesondere die Inaugenscheinnahme von Schächten und begehbaren Kanäle beziehungsweise optische Inspektionen mit Kanalkamera, Kanalspiel und dergleichen. Die hydraulische Beurteilung des Systems erfolgt meist mittels einer Modellierung unter Zuhilfenahme von Abflussmessungen. Zu den umweltrelevanten Untersuchungen zählen Dichtheitsprüfungen, Exfiltrationsmessungen, Schmutzfrachtmessungen und die Überrechnung von Mischwasserentlastungen. Die Auswertung und Zusammenführung der gesammelten Daten, sowie die abschließende Zustandsbewertung werden ebenfalls zur Inspektion gezählt.

Der wesentliche Punkt der Instandsetzung ist die Sanierung von bestehenden Anlagenteilen. Es werden aber alle Maßnahmen, die zur Reparatur, Renovierung und Erneuerung des Systems ergriffen werden, zur Instandsetzung gezählt. Dies umfasst teilweise auch den Neubau von Anlagenteilen, um den bewilligten Zustand wieder herzustellen.

3.1.2 Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG, 2005

In Österreich wird die Instandhaltungspflicht aus dem Wasserrechtsgesetz (WRG) abgeleitet.

§ 50. (1) *Sofern keine rechtsgültigen Verpflichtungen anderer bestehen, haben die Wasserberechtigten ihre Wasserbenutzungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Kanäle, künstlichen Gerinne, Wasseransammlungen sowie sonstigen Vorrichtungen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand und, wenn dieser nicht erweislich ist, derart zu erhalten und zu bedienen, dass keine Verletzung öffentlicher Interessen oder fremder Rechte stattfindet. Ebenso obliegt den Wasserberechtigten die Instandhaltung der Gewässerstrecken im unmittelbaren Anlagenbereich* (WRG, 2005).

Neben der generellen Instandhaltungspflicht werden auch maximale Wiederkehrintervalle im WRG vorgeschrieben:

§ 134 (2) *Ebenso haben die im Sinne des § 32 Wasserberechtigten das Maß ihrer Einwirkung auf ein Gewässer sowie dem Betriebszustand und die Wirksamkeit der bewilligten Abwasserreinigungsanlagen auf ihre Kosten überprüfen zu lassen.* (WRG, 2005)

(3) *Überprüfungen haben in Zeitabständen von höchstens fünf Jahren zu erfolgen, sofern die Wasserrechtsbehörde nicht unter Bedachtnahme auf besondere Umstände kürzere Zeitabstände vorschreibt.* (WRG, 2005)

Der noch detailliertere Abs. 4 des § 134 WRG gilt laut Rechtsauffassung der zuständigen Behörden nicht für Abwasserkanäle. Aufgrund des zum Thema passenden Inhaltes erlaubt sich der Autor diesen hier jedoch trotzdem anzuführen:

(4) *Der Betreiber einer Anlage zur Lagerung oder zur Leitung wassergefährdender Stoffe (§ 31a) hat die Wirksamkeit der zum Schutz der Gewässer getroffenen Vorkehrungen, insbesondere die Dichtheit von Behältern und Leitungen, in Zeitabständen von höchstens fünf Jahren auf seine Kosten überprüfen zu lassen, sofern die Behörde nicht unter Bedachtnahme auf besondere Umstände kürzere Zeitabstände vorschreibt.*

Wassergefährdend gemäß § 31a (1) sind Stoffe, die bei Einwirkung auf Gewässer deren ökologische Funktionsfähigkeit oder Nutzbarkeit, vor allem zur Wasserversorgung, nachhaltig zu beeinträchtigen vermögen.

3.1.3 EN 752

Die Ziele und die Anforderungen an den Betrieb der Kanalisationen, und somit im weiteren Sinne auch die grundsätzlichen Anforderungen an die Instandhaltung werden in der EN 752 formuliert.

In der EN 752 wird der Begriff Instandhaltung zum Integralen Kanalmanagement erweitert: *Integrales Kanalmanagement berücksichtigt Wechselwirkungen zwischen dem System aus Abwasserleitungen und -kanälen und dem kommunalen Entwässerungssystem als Ganzes sowie der weiteren aquatischen Umwelt.*

Die Definition vom integralen Kanalmanagement lautet:

koordiniertes Management von Planung, Bemessung, Bau, Sanierung, Betrieb und Unterhalt aller Systeme aus Abwasserleitungen und -kanälen in einem Einzugsgebiet unter Berücksichtigung ihrer sämtlichen Leistungsaspekte.

Auszug aus der EN 702 – 2008:

4. Ziele:

Die vier Ziele von Entwässerungssystemen sind:

- öffentliche Gesundheit und Sicherheit;
- Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals;
- Umweltschutz;
- nachhaltige Entwicklung.

Öffentliche Gesundheit und Sicherheit

Entwässerungssysteme werden vorgesehen, um:

- die Ausbreitung von Krankheiten durch Kontakt mit fäkalen und anderen im Wasser enthaltenen Verunreinigungen zu vermeiden;
- Trinkwasserquellen vor der Kontamination mit im Wasser enthaltenen Verunreinigungen zu schützen;
- Regenabfluss und Niederschlagswasser abzuleiten und damit die Gefährdung der Öffentlichkeit zu minimieren.

Schlecht geplante, gebaute oder unterhaltene Systeme können die öffentliche Gesundheit und Sicherheit gefährden.

Ziel ist es, das System so zu planen, zu bauen, zu betreiben, zu unterhalten und zu sanieren, dass die mit der Ableitung von Abwasser verbundene Gesundheits- und Sicherheitsrisiken minimiert werden.



Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals

Sämtliche Arbeiten in Bezug auf Bau, Betrieb, Unterhalt und Sanierung von Entwässerungssystemen sind mit einer Reihe von Gefahren für die Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals verbunden.

Ziel ist es, Risiken für die Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals zu minimieren, die während Bau, Betrieb, Unterhalt und Sanierung auftreten können.

Umweltschutz

Ziel ist es, das System zu planen, zu bauen, zu betreiben, zu unterhalten und zu sanieren, um die Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren.

Die Auswirkungen von Entwässerungssystemen auf die Vorfluter müssen den Anforderungen der nationalen oder lokalen Vorschriften oder der zuständigen Stelle entsprechen. Weitere durch nationale oder lokale Vorschriften oder durch die zuständige Stelle festgelegten Umweltschutzanforderungen müssen ebenfalls erfüllt werden.

Nachhaltige Entwicklung

Ziel ist es, das System unter den optimalen Umwelt-, sozialen und wirtschaftlichen Aufwendungen zu planen,

zu bauen, zu betreiben, zu warten und zu sanieren, so dass:

- *Werkstoffe verwendet werden, die eine Erschöpfung von endlichen Ressourcen minimieren;*
- *es mit minimalem Energieaufwand betrieben werden kann, und*
- *es mit minimalen Auswirkungen auf die Umwelt gebaut, betrieben und am Ende der Nutzungszeit stillgelegt werden kann.*

5.1 Funktionalanforderungen

Funktionalanforderungen gelten für das System von Abwasserleitungen und -kanälen, einschließlich der Regenüberläufe, Pumpanlagen und weiterer Komponenten, sowie für die Auswirkungen ihrer Einleitungen auf den Vorfluter und die Kläranlage. Die Anforderungen müssen unter Berücksichtigung des Gesamtsystems so festgelegt werden, dass bei Ergänzungen oder Änderungen des Systems die ursprünglichen Planungsziele weiterhin eingehalten werden.

Die Anforderungen sind ferner unter Berücksichtigung der nachhaltigen Entwicklung und der Gesamtnutzungskosten einschließlich der indirekten Kosten (z. B. Kosten durch Störungen im öffentlichen Bereich) so festzulegen, dass Entwässerungssysteme das Abwasser ableiten und abgeben, ohne unzulässige Umweltbeeinträchtigungen, Risiken für die öffentliche Gesundheit oder für das Betriebspersonal zu verursachen.

Jede Funktionalanforderung kann mehr als einem Ziel zugeordnet werden. Ein Hinweis auf die Relevanz jeder Funktionalanforderung zur Erreichung der Ziele ist in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1 – Beziehung zwischen Ziel und Funktionalanforderungen (EN 752, 2008)

Abschnitt	Öffentliche Gesundheit und Sicherheit	Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals	Umweltschutz	Nachhaltige Entwicklung
5.1.2 Schutz vor Überflutung	XXX	XX	XXX	---
5.1.3 Unterhaltbarkeit	XX	XXX	XX	XX
5.1.4 Schutz des Oberflächenvorfluters	XXX	X	XXX	XX
5.1.5 Grundwasserschutz	XXX	---	XXX	XXX
5.1.6 Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen	XXX	XXX	XXX	XXX
5.1.7 Vermeidung von Lärm und Erschütterungen	XX	XXX	X	X
5.1.8 Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen	---	---	XX	XXX
5.1.9 Nachhaltige Verwendung von Energie	---	---	XX	XXX
5.1.10 Baulichen Zustand und Nutzungsdauer	XXX	XXX	XXX	XXX
5.1.11 Aufrechterhaltung des Abflusses	XXX	---	XXX	X
5.1.12 Wasserdichtheit	XXX	X	XXX	XX
5.1.13 angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	XXX	XXX	X	XX
5.1.14 Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System	XX	XXX	XXX	XX
ANMERKUNG: XXX hoch; X niedrig; --- kein Zusammenhang				

5.1.2 Schutz vor Überflutung

Überflutungen aus Abwasserleitungen und -kanälen können beträchtliche Auswirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Menschen haben. Die wirtschaftlichen Auswirkungen können hoch sein und sind abhängig von der Art des überfluteten Gebietes.

Überflutungen müssen auf national oder lokal festgelegte Häufigkeiten begrenzt werden, unter Berücksichtigung:

- der Auswirkungen auf Gesundheit und Sicherheit durch Überflutung;
- der Schadenskosten der Überflutung;
- des Rahmens, in dem Oberflächenüberflutungen bewältigt werden können, ohne Schäden zu verursachen;
- ob Überlastungen zu Überflutungen von Kellergeschossen führen können.

Das hydraulische Leistungsvermögen muss ausreichend sein, um Überflutungen auf national oder lokal festgelegte Häufigkeiten unter Berücksichtigung der Rückstauenebene zu begrenzen.

Das hydraulische Leistungsvermögen muss vorhersehbare Zunahmen der Abflussmenge für die Nutzungsdauer des Systems zulassen. Die Auswirkungen von Abflüssen, die in Abstrom gelegene Kanäle oder Vorfluter eingeleitet werden, müssen berücksichtigt werden.

Bei Systemkomponenten, die mit einem hohen Versagensrisiko behaftet sind, sollten Maßnahmen ergriffen werden, um Überflutungsrisiken im Fall des Versagens jener Komponenten zu vermeiden oder zu minimieren.

5.1.3 Unterhaltbarkeit

Das System muss so geplant, bemessen, gebaut und saniert werden, um entsprechende Unterhaltsarbeiten sicher und ohne Risiken für die Gesundheit des Personals durchführen zu können.

Ausreichende Zugänglichkeit und ausreichender Arbeitsraum müssen für Unterhaltszwecke zur Verfügung stehen.

5.1.4 Schutz des Oberflächenvorfluters

Oberflächenvorfluter müssen vor Verschmutzung im Rahmen der national oder lokal festgelegten Grenzen geschützt werden.

Die Auswirkungen von Entwässerungssystemen auf die Oberflächenvorfluter müssen den Anforderungen der nationalen oder lokalen Vorschriften oder der zuständigen Stelle entsprechen. Weitere in den nationalen oder lokalen Vorschriften oder von der zuständigen Stelle festgelegte Umweltschutzanforderungen müssen ebenfalls erfüllt werden.

Die Maßnahmen zur Erfüllung der geforderten Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EWG) werden im Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete zusammengefasst.

5.1.5 Grundwasserschutz

Grundwasser muss vor Verschmutzung im Rahmen der national oder lokal festgelegten Grenzen geschützt werden. Die Auswirkungen des Entwässerungssystems auf die lokale Anreicherung von Grundwasserträgern sind zu berücksichtigen.

Die Auswirkungen von Entwässerungssystemen auf Grundwasser müssen den Anforderungen der nationalen oder lokalen Vorschriften oder der zuständigen Stelle entsprechen. Weitere in den nationalen oder lokalen Vorschriften oder von der zuständigen Stelle festgelegte Umweltschutzanforderungen müssen ebenfalls erfüllt werden.

Die Maßnahmen zur Erfüllung der geforderten Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EWG) werden im Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete zusammengefasst.

5.1.6 Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen

Die Kanalisation muss so geplant, gebaut, unterhalten und betrieben werden, dass Geruchsbelästigungen sowie giftige, explosive oder korrosive Gase vermieden werden.

5.1.7 Vermeidung von Lärm und Erschütterungen

Das System muss so geplant, gebaut, unterhalten und betrieben werden, dass Lärm und Erschütterungen minimiert werden.

5.1.8 Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen

Produkte, Werkstoffe und die damit verbundenen Bauweisen sind so auszuwählen, dass die Erschöpfung der endlichen Ressourcen minimiert wird unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Bauteils und des Potentials zur Wiederverwendung oder zum Recycling, z. B. Minimierung des Aushubvolumens und Wiederverwendung des Aushubmaterials.

5.1.9 Nachhaltige Verwendung von Energie

Durch Planung und Betrieb von Entwässerungssystemen muss, sofern praktikabel, die Verwendung von Energie über die Nutzungsdauer des Systems minimiert werden.

5.1.10 Baulicher Zustand und Nutzungsdauer

Abwasserleitungen, Kanäle sowie andere Bauteile müssen so geplant, gebaut, unterhalten und betrieben werden, dass der bauliche Zustand über die Nutzungsdauer aufrechterhalten wird.

5.1.11 Aufrechterhaltung des Abflusses

Das System muss so geplant, gebaut, unterhalten und betrieben werden, dass sämtliche zulässige Zuflüsse bis zum Entlastungspunkt verlässlich abgeleitet werden können und dadurch ein sicherer, umweltverträglicher und wirtschaftlicher Betrieb des Systems erreicht wird.

5.1.12 Wasserdichtheit

Neue Abwasserleitungen und -kanäle sowie andere Bauteile müssen nach den Prüfanforderungen von EN 1610 dicht sein. Bestehende Abwasserleitungen und -kanäle und dazugehörige Sonderbauwerke müssen entsprechend den nationalen oder örtlichen Prüfanforderungen dicht sein.

5.1.13 Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden

Das Entwässerungssystem muss so geplant, gebaut, unterhalten und betrieben werden, dass bestehende, angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährdet sind.

5.1.14 Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System

Das Entwässerungssystem kann so geplant sein, dass sowohl häusliches als auch nichthäusliches Abwasser eingeleitet werden kann. Die Beschaffenheit der nichthäuslichen Abwassereinleitungen müssen so überwacht werden, dass weder die Bausubstanz noch die Funktion des Systems beeinträchtigt werden oder Umweltgefährdungen entstehen. Nationale oder lokale Vorschriften können Anforderungen an die Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System enthalten.

5.2 Festlegung der Leistungsanforderungen für ein Entwässerungssystem

Um die Leistung des Systems zu beurteilen und Weiterentwicklung von Planungsgrundlagen zu fördern, müssen von jeder Funktionalanforderung messbare Leistungsanforderungen abgeleitet werden.

Für jede Funktionalanforderung können rechtliche Anforderungen, öffentliche Erwartungen und finanzielle Zwänge bestehen, die die Leistungsanforderungen beeinflussen.

Für jeden Leistungsaspekt können unterschiedliche Vorgaben erforderlich sein, z. B.:

- Vorgaben zur Auslösung vorzeitiger Maßnahmen unter Berücksichtigung der gesetzten Prioritäten;
- Zielvorgaben, die mit den Anforderungen an Neukonstruktionen übereinstimmen müssen, jedoch manchmal erst längerfristig erreicht oder notwendig werden können.

Beispiele für Leistungsanforderungen in verschiedenen Ländern können von den in Anhang B (Anmerkung: Anhang B der EN 752) aufgeführten Organisationen erhalten werden.

Leistungsanforderungen müssen in regelmäßigen Abständen überprüft und, wenn erforderlich, aktualisiert werden. Leistungsanforderungen an das System sollten bei größeren, bedeutenden Erweiterungen, Unterhaltsmaßnahmen und Sanierungen auf den neuesten Stand gebracht werden.

Prinzipiell müssen die Leistungsanforderungen an ein saniertes System denen an ein neues System entsprechen.

6. Integrales Kanalmanagement

6.1 Einleitung

Integrales Kanalmanagement ist der Prozess der Erreichung eines Verständnisses vorhandener oder vorgesehener Entwässerungssysteme sowie der Nutzung dieser Information zur Entwicklung von Strategien, um sicherzustellen, dass die hydraulische, umweltrelevante, bauliche und betriebliche Leistungsfähigkeit den festgelegten Leistungsanforderungen entspricht, unter Berücksichtigung der zukünftigen Bedingungen und wirtschaftlichen Effizienz.

Der Ablauf des integralen Kanalmanagements ist in Abbildung 1 dargestellt. (Anmerkung: Bild 5 in der EN 702)

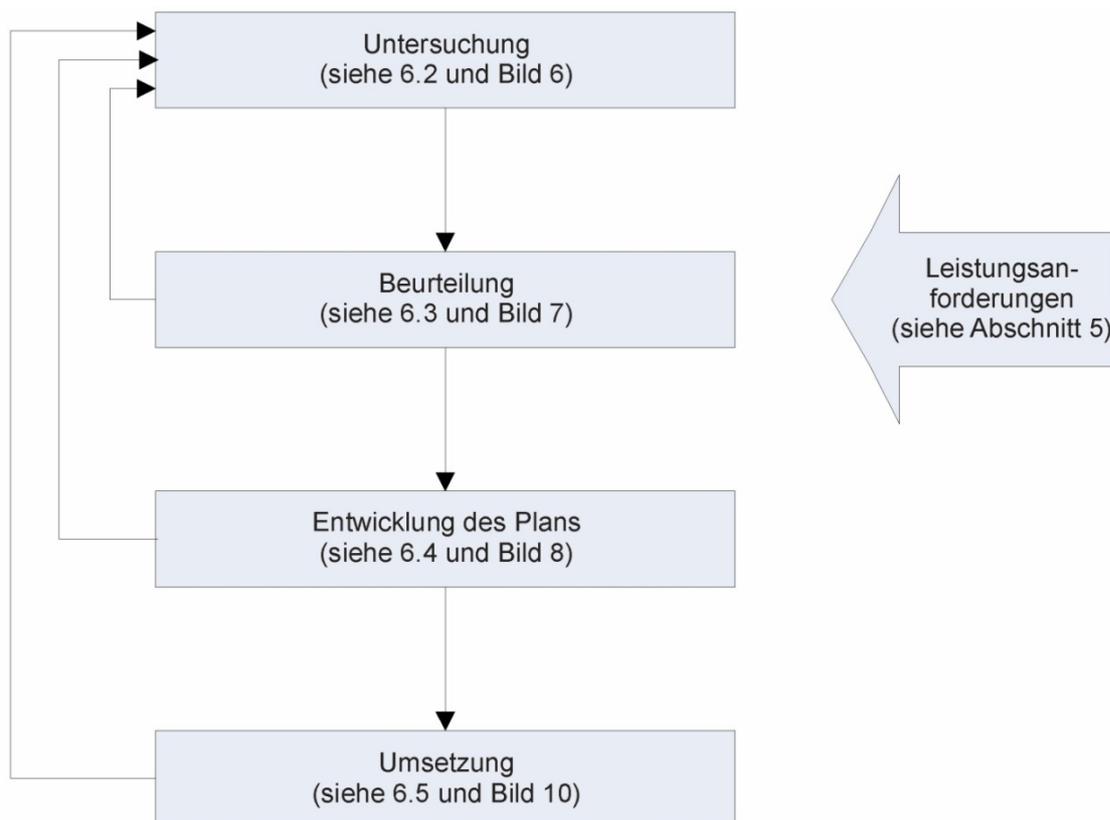


Abbildung 1 - Bild 5: Fließschema des integralen Kanalmanagements (EN 752, 2008)

Das integrale Kanalmanagement beinhaltet 4 grundlegende Aktivitäten:

- Untersuchung aller Leistungsaspekte des Entwässerungssystems in angemessenem Umfang;
- Beurteilung der Leistung durch Vergleich mit den Leistungsanforderungen einschließlich des Erkennens von Ursachen für Leistungsversagen;

- Entwicklung des Plans der durchzuführenden Maßnahmen;
- Umsetzung des Plans.

Der Bedarf weiterer Untersuchungen kann entweder während der Beurteilung der Leistung oder während der Entwicklung des Maßnahmenplanes erkennbar werden.

Integrales Kanalmanagement bildet die Grundlage für den Betrieb und die Sanierung des Entwässerungssystems. Die Information wird regelmäßig für das zukünftige Management des Entwässerungssystems aktualisiert.

Die Aufgabe des Entwässerungssystems sollte im Zusammenhang mit dem gesamten Flusseinzugsgebiet und den anderen Bestandteilen des kommunalen Entwässerungssystems bestimmt werden. Zur Bestimmung dieser Aufgabe sollte die integrale Wasserpolitik berücksichtigt werden, die festgelegt wird durch nationale oder lokale Vorschriften oder durch die zuständige Stelle sowie durch sämtliche Anforderungen an den integralen Flussgebietsmanagementplan. Die im integralen Entwässerungsmanagement festgelegten Vorgehensweisen sollten auch berücksichtigt werden.

Die Randbedingungen sollten ebenfalls berücksichtigt werden. (EN 752, 2008)

3.2 Wartung

3.2.1 ÖWAV Regelblatt 22 (1989)

Im ÖWAV-Regelblatt 22 "Kanalwartung und Kanalerhaltung" werden alle die Instandhaltung betreffenden Punkte mehr oder weniger genau abgehandelt.

1.1.1 Überprüfung auf Ablagerungen (Anm.: Punkt 1 des Regelblattes betrifft die Kanalüberprüfung bzw. Inspektion) in Kanälen, Regenüberläufen, Regenbecken, Sandfängen und ähnlichen

- in Kanälen führen Ablagerungen zu einem Aufstau, der im Extremfall zur Verstopfung und zur Überflutung von Kellern und Straßen bzw. zu einem frühzeitigen Anspringen von Regenüberläufen führen kann.
- Ablagerungen gehen in kurzer Zeit in Fäulnis über. Das führt, verbunden mit starker Geruchsentwicklung, zur Bildung von Schwefelwasserstoff und in der Folge zur Säureangriffen, z.B. bei zementgebundenen Bauteilen.
- In offenen Regenbecken verursachen Schlammablagerungen Geruchsbelästigungen der Umgebung.
- Nicht geräumte Sand- und Schotterfänge führen zu Einschwemmungen in die Kanalanlage und dadurch zu Ablagerungen im Kanal und in der Kläranlage bzw. zu Schädigungen von Punkttaggregaten. (ÖWAV, 1989)

Unter Punkt 2. *Reinigung und Wartung von Kanalisationsanlagen* wird die Verbindung zur Wartung hergestellt.

Kanalisationsanlagen sind aus den unter Pkt. 1.1.1 angeführten Gründen regelmäßig zu reinigen und zu warten. Davon ausgenommen sind Kanäle, deren Gefälle und Wasserführung eine ausreichend große Schleppspannung bewirken, die die Bildung von Ablagerungen verhindert. Wie für Kanalüberprüfung gilt auch für die Kanalreinigung der Grundsatz, dass die rechtzeitige Entfernung geringer Ablagerungen in der Regel günstiger ist als die Beseitigung stärkerer, verfestigter Ablagerungen in größeren Zeitabständen. Abgesehen von wirtschaftlichen Gesichtspunkten sprechen dafür auch Belege der Betriebssicherheit, wie Aufrechterhaltung der vollen Abflussleistung, Vermeidung des Risikos der Verstopfung sowie Hintanhaltung von Geruchsbelästigungen, etc. Bei der Reinigung von Kanalisationsanlagen sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften zu beachten. (ÖWAV, 1989)

Das Regelblatt befindet sich derzeit in Überarbeitung. Der zukünftige Titel wird voraussichtlich „Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen“ lauten. Das neue Regelblatt 22 wird vermehrt auf die Themen Kanalmanagement, Überprüfung und Zustandsbewertung eingehen.

3.2.2 ÖWAV Regelblatt 34

Zusätzlich zum Regelblatt 22 wurde noch das ÖWAV-Regelblatt 34 „Hochdruckreinigung von Kanälen“ zum Thema Wartung veröffentlicht. Dieses Regelwerk dient als Grundlage für den Einsatz von Hochdruckreinigungsverfahren mit einem Betriebsdruck von bis zu 200 bar. Es gibt einen Überblick über die generellen physikalischen und rechtlichen Grundlagen dieser Spültechnik. Die baulichen Voraussetzungen zur Durchführung werden hier ebenso beschrieben wie die technische Einrichtung der Fahrzeuge und welche Geräte für die Umsetzung notwendig sind. Weiter befasst sich das Regelblatt mit der Dokumentation und Kontrolle der Arbeiten, mit der Entsorgung des Räumgutes und der Ausschreibung und Vergabe der Leistungen.

Kanalisationsanlagen müssen gemäß Stand der Technik geplant, gebaut und betrieben werden. Die Kanalreinigung dient der Sicherstellung der Funktion und des Bestandes der Kanalanlagen. Zweck der Kanalreinigung ist die

- Entfernung von Ablagerungen zur Schaffung eines freien Durchganges im gesamten Kanalquerschnitt
- Verhinderung von Geruchsemissionen und hygienischen Problemen
- Vorbereitung von Kanalinspektionen und Sanierung.

Je nach Art der Kanalisationsanlage (Trennsystem, Mischsystem), der Abwasserzusammensetzung und den örtlichen Gegebenheiten treten Ablagerungen in diesen Anlagen in unterschiedlicher Art auf. (ÖWAV, 2003)

Schon in der Einleitung wird auf die Notwendigkeit der Kanalreinigung eingegangen: In der Zusammensetzung der Ablagerungen überwiegt im Normalfall der mineralische Anteil. Abgelagerte organische Substanzen können vor allem bei längerer Verweildauer im Kanalnetz in Fäulnis übergehen und damit Geruchs- und Gasbildung verursachen. Derartige Gase, wie z.B. Schwefelwasserstoff, können bei weiterer chemischer und bakterieller Umsetzung zur biogenen Schwefelsäurekorrosion (BSK) bei zementgebundenen Werkstoffen führen. (ÖWAV, 2003)

Direkt im Anschluss wird auch noch geklärt: Um einen optimalen Reinigungserfolg auch in wirtschaftlicher Hinsicht zu erzielen, sind die eingesetzten Geräte (Fahrzeuge, Aggregate, Schläuche und Düsen) an die vorhandenen Gegebenheiten (Material, Dimension etc.) und gestellten Anforderungen (Reinigungsziel) anzupassen. Durch die Hochdruckreinigung darf der bauliche Zustand einer Kanalanlage nicht verschlechtert werden. (ÖWAV, 2003)

3.2.3 ÖNORM EN 14654

ÖNORM EN 14654-1 „Management und Überwachung von Reinigungsmaßnahmen in Abwasserkanälen und -leitungen - Teil 1: Reinigung von Kanälen“. Diese, ursprünglich Europäische Norm stellt die allgemeinen Verfahren zu Management und Überwachung von Reinigungsmaßnahmen in Entwässerungssystemen auf und legt Anforderungen an die Umsetzung des Reinigungsprogramms und die Arbeitsverfahren fest.

In Kapitel 4 – „Management von Reinigungsmaßnahmen“ werden zwei Arten der Planung und Durchführung unterschieden:

Reinigungsmaßnahmen in Abwasserleitungen und -kanälen können entweder vorausschauend durchgeführt werden zur Vorbeugung auftretender Probleme oder um eine Abwasserleitung oder einen -kanal vor bestimmten Maßnahmen (z. B. Inspektionsprogramm oder Renovierungsarbeiten) zu reinigen, oder sie können reaktiv als Antwort auf aufgetretene Probleme durchgeführt werden. (ON EN 14654-1, 2006)

In weiterer Folge wird bei der Festlegung der Übergeordneten Reinigungsziele die Unterscheidung zwischen vorausschauender und reaktiver Reinigung noch vertieft:

Folgende grundsätzliche Zielsetzung der Reinigung kann gegeben sein:

a) *vorausschauende Reinigung, um:*

- einen definierten betriebsbereiten Zustand der Abwasserleitungen und -kanäle sicherzustellen;
- Faulprozesse und Geruchsprobleme zu überwachen;
- Schmutzfrachtausträge in Vorfluter zu begrenzen;
- Inspektions- oder Sanierungsarbeiten an Abwasserleitungen oder -kanälen zu ermöglichen.

b) *reaktive Reinigung, um:*

- eine Verstopfung zu beseitigen;
- Ablagerungen zu beseitigen, damit Geruchsprobleme reduziert werden.

Der Grund für eine Reinigung kann den notwendigen Reinigungsgrad bestimmen. (ON EN 14654-1, 2006)

3.3 Inspektion

3.3.1 EN 752

Die EN 752 behandelt die Inspektion im Kapitel 6 – „Integrales Kanalmanagement“. In der EN 752 wird anstelle von „Inspektion“ das Wort „Untersuchung“ verwendet.

6.2 Untersuchung

6.2.1 Einleitung

Die Untersuchung ist der erste Schritt im integralen Kanalmanagement, wie unter 6.1 beschrieben (siehe Bild 5) (Anmerkung: entspricht Abbildung 1). Der Ablauf für die Untersuchung ist in Bild 6 dargestellt (Anmerkung: entspricht Abbildung 2).

Beschädigte, mangelhafte und hydraulisch überlastete Abwasserleitungen und -kanäle stellen eine potentielle Gefahrenquelle bezüglich Überflutung und Einstürzen sowie Verunreinigungen von Oberflächenvorfluter, Grundwasser und Boden dar. Die Probleme in bestehenden Entwässerungssystemen stehen häufig in Wechselbeziehung zueinander, und Verbesserungsmaßnahmen werden oft zur gleichzeitigen Lösung mehrerer Probleme geplant. Die Untersuchungen und die Planung von Sanierungsmaßnahmen sollten sich auf das gesamte Einzugsgebiet erstrecken, um somit alle Probleme und ihre Ursachen gemeinsam berücksichtigen zu können. In großen Entwässerungssystemen kann es erforderlich werden, bei der Untersuchung von geeigneten Teilsystemen auszugehen. Die in dieser Norm beschriebene Vorgehensweise lässt sich auf jedes Entwässerungssystem anwenden, jedoch sollten im

Einzelfall Alter, Lage und Art des Systems, verwendete Werkstoffe sowie funktionelle und klimatische Faktoren berücksichtigt werden.

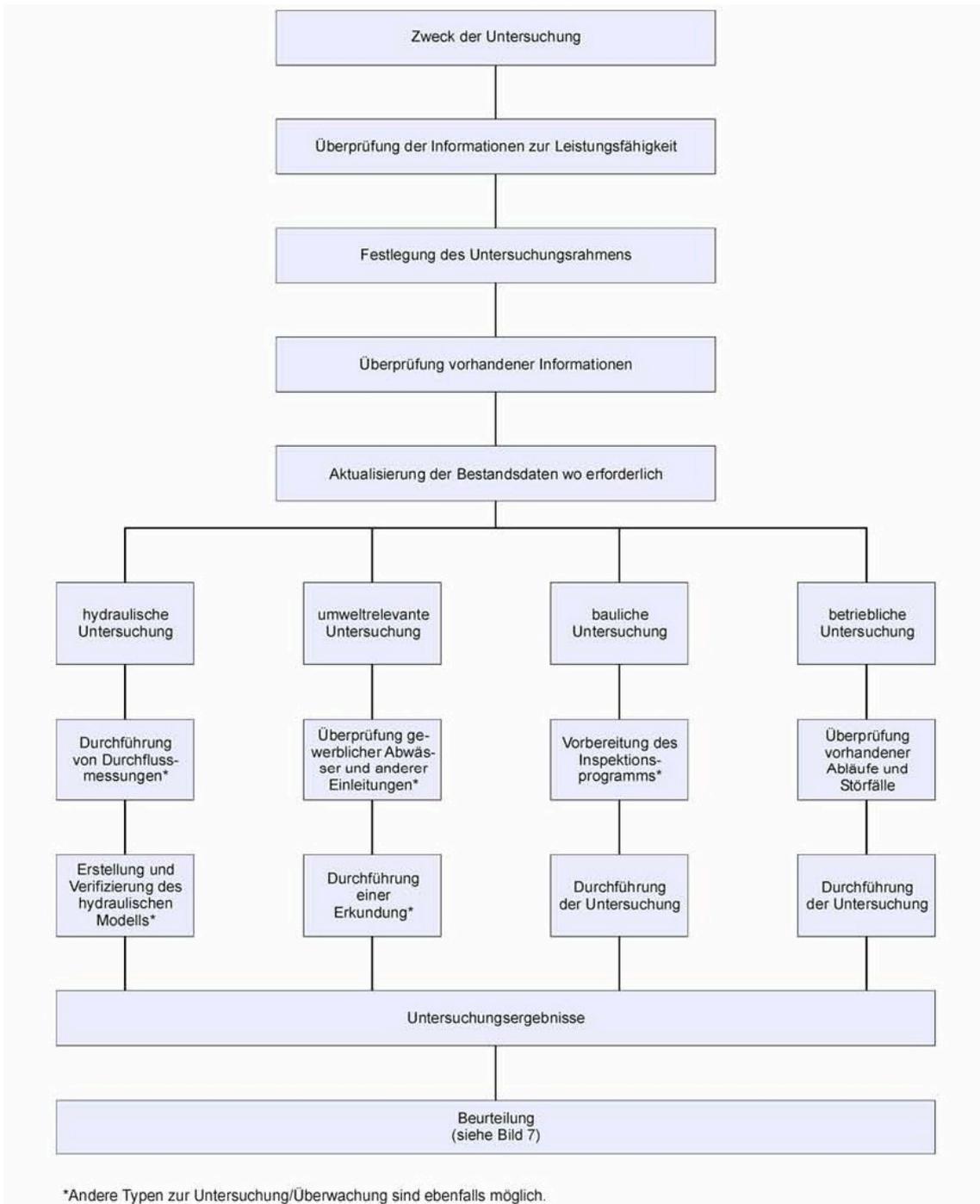


Abbildung 2 – Bild 6: Fließschema der Untersuchung (EN 752, 2008)

6.2.2 Zweck der Untersuchung

Die Untersuchung wird zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Systems aus Abwasserleitungen und -kanälen sowie seiner Komponenten durchgeführt. Die Zielstellung der Untersuchung kann:

- die strategische Planung
- die betriebliche Planung

beinhalten.

Der Zweck der Untersuchung beeinflusst die Art und Weise, in der sie durchgeführt wird (z. B. Wahl des Verfahrens, Detaillierungsgrad, gewünschte Genauigkeit), und wie die Ergebnisse beurteilt werden.

Die Untersuchung muss jene Komponenten des Entwässerungssystems enthalten, die notwendig sind, um den Zweck der Untersuchung zu erfüllen. Beispiele sind: Abwasserleitungen, Regen- und Schmutzwasserkanäle; Mischwasserkanäle; Freispiegelkanäle; Druck- und Unterdruckkanäle, Schächte, Inspektionsöffnungen, andere Zugangseinrichtungen; Pumpstationen, Druckleitungen, Speicher- und Rückhaltebecken; Regenüberläufe, Überwachungseinrichtungen; Steuerungseinrichtungen, Auslaufkanäle, Kies- und Sandfänge; Spülvorrichtungen, Be- und Entlüftungseinrichtung, Absetzbecken; Öl- und Fettabscheider. Die EN 13508-1 enthält Anleitungen zur Zustandserfassung des Entwässerungssystems.

6.2.3 Überprüfung der Informationen zur Leistungsfähigkeit

Durch Berichte über Störfälle wie Kanaleinstürze, Überflutungen und Gewässerverschmutzungen sowie aus vorhergehenden Untersuchungen kann auf die Art möglicher Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme geschlossen werden. Aufzeichnungen früherer Störfälle und andere relevante Daten sollten zusammengestellt werden, und eine detaillierte Überprüfung sollte durchgeführt werden, um den Untersuchungsrahmen festzulegen.

Beispiele sind Aufzeichnungen über: Überflutungen, Verstopfungen, Zusammenbruch von Abwasserkanälen, Versagen der Druckleitung, Krankheit, Verletzung oder tödliche Unfälle des Betriebspersonals sowie sonstiger Personen, Kanalschäden, Einhaltung der Einleitungsbedingungen in das Entwässerungssystem und in die Vorfluter, optische Inspektion, Beschwerden über Geruchsbelästigung, hydraulische Nachrechnungen, Funktion der mechanischen und elektrischen Einrichtungen, Überwachungsergebnisse; Funktion und Zustand von Einrichtungen für die Abflusssteuerung, Überlastungen.

Viele der oben angeführten Aufzeichnungen sind bei den zuständigen Stellen verfügbar. Alle maßgebenden Aufzeichnungen sollten aufbewahrt werden.

Sind in mehreren Einzugsgebieten oder Teileinzugsgebieten Untersuchungen erforderlich, können aufgrund der gesammelten Informationen die Prioritäten für die Untersuchung der erkannten Probleme in den einzelnen Einzugsgebieten festgelegt werden (z. B. durch den Vergleich der Untersuchungskosten mit dem erzielbaren Nutzen). Diese Prioritäten können dann bei der Erstellung eines umfassenden Programms verwendet werden, damit in den Einzugsgebieten die dringendsten Probleme zuerst untersucht werden.

6.2.4 Festlegung des Untersuchungsrahmens

Nach der Überprüfung der aktuellen Informationen zur Leistungsfähigkeit kann die Entscheidung getroffen werden, ob eine Untersuchung durchzuführen ist und ob aufgrund der Ausmaße der Probleme die Ausweitung der Untersuchungen auf das gesamte Einzugsgebiet gerechtfertigt ist. Der Umfang und die Bearbeitungstiefe der daraus folgenden Untersuchung der hydraulischen, umweltrelevanten, baulichen und betrieblichen Aspekte sind festzulegen. Weitere Anleitungen zur Art der Untersuchungen sind in EN 13508-1 enthalten.

6.2.5 Überprüfung der vorhandenen Information

Die Erfassung und Überprüfung aller verfügbaren relevanten Informationen eines Entwässerungssystems sind durchzuführen und bilden die Grundlage für die anschließende Planung aller weiteren Tätigkeiten.

Diese Information sollte historische Aufzeichnungen beinhalten. Zusätzlich zu den Leistungsinformationen in 6.2.3

sind Beispiele solcher Informationen:

- *Bestandsdaten, einschließlich:*
 - Lage, Abmessungen, Form und Werkstoff aller Abwasserleitungen und -kanäle;
 - Lage, Tiefe und Höhenkoten von Schächten sowie Höhenkoten der Anschlüsse in Schächten;
 - Lage von Anschlüssen an Abwasserleitungen und -kanäle;
 - Anordnung und Gestaltung von Sonderbauwerken wie Regenentlastungsbauwerke, Auslaufkanäle und Pumpanlagen einschließlich Details über besondere Einrichtungen (z. B. Pumpen und Rechen).
- *erforderliche Erlaubnisse und gesetzliche Anforderungen;*
- *bisherige betriebliche, unterhaltsrelevante, bauliche und sicherheitstechnische Maßnahmen zur Problemlösung;*
- *Art und Menge des gewerblichen Schmutzwassers;*
- *bisherige Inspektionen;*
- *frühere hydraulische Berechnungen oder Modelle;*
- *frühere Beurteilungen der Auswirkungen auf die Umwelt;*
- *Bauzustand der vorhandenen Abwasserleitungen und -kanäle;*
- *Beschaffenheit und Nutzung des Vorfluters;*
- *Grundwasserstände und -strömungsgeschwindigkeiten;*
- *Bodenverhältnisse, einschließlich der Versickerungsfähigkeit;*
- *Grundwasserschutzgebiete;*
- *Angaben über frühere Prüfungen;*
- *Eigenschaften des Abwassers;*
- *Informationen über voraussichtliche neue Siedlungsentwicklungen innerhalb des Einzugsgebietes.*

Einige dieser Informationen können aus Plänen des tatsächlich ausgeführten Bauwerks verfügbar sein. Aufgrund der Beurteilung dieser Informationen sollte festgelegt werden, welche zusätzlichen Erhebungen für die Durchführung der Untersuchung erforderlich sind.

6.2.6 Aktualisierung der Bestandsdaten

Falls Bestandsdaten unvollständig sind, müssen sie aktualisiert werden, so dass für die Durchführung der Untersuchung ausreichende Informationen über das Entwässerungssystem verfügbar sind.

ANMERKUNG Die Aktualisierung anderer Informationen ist in den hydraulischen, umweltrelevanten, baulichen und betrieblichen Untersuchungen enthalten.

6.2.7 Hydraulische Untersuchung

Für die ausreichende Bestimmung der Abflüsse (Trockenwetter- und Regenwetterabfluss, der Infiltration, Zufluss durch Spalten bei Schachtabdeckungen (zwischen Deckel und Rahmen), Exfiltration und Fehlan schlüsse) können Prüfungen und Inspektionen erforderlich sein. Dies kann Niederschlags- und Abflussmessungen, die Feststellung von Fehlan schlüssen und Grundwassermessungen umfassen.

In manchen Fällen ist zum Verständnis des hydraulischen Verhaltens eines Entwässerungssystems der Einsatz eines Abflusssimulationsmodells notwendig. Ein derartiges Modell sollte auf Grundlage von Bestandsdaten erstellt werden, die nach einer Untersuchung des tatsächlichen Bestands aktualisiert wurden. Üblicherweise wird ein hydraulisches Modell nicht empfohlen, wenn

- *keine hydraulischen Probleme bekannt sind (dies ist besonders bei Schmutzwasserkanalisationen der Fall) und*
- *keine Regenentlastungsbauwerke vorhanden sind und*
- *bauliche Probleme durch Maßnahmen zu lösen sind, welche die hydraulische Leistungsfähigkeit des Abwasserkanals nicht verringern.*

Informationen über die Anwendung computergestützter Modelle zur Abflusssimulation enthält 8.4.3. Falls genügend Informationen verfügbar sind, muss eine Kalibrierung und/oder Verifizierung des Modells durchgeführt werden. Die dazu verwendeten Verfahren hängen vom jeweiligen Abflusssimulationsprogramm ab.

Wird keine ausreichende Übereinstimmung erzielt, sollten zunächst die Eingangsdaten des Modells und erst dann die Kanalisationsdaten überprüft werden. Nach Feststellung möglicher Fehlerursachen werden oftmals Prüfungen vor Ort und danach entsprechende Modellanpassungen erforderlich sein. Systemdaten dürfen nicht ohne Prüfung vor Ort verändert werden.

6.2.8 Umweltrelevante Untersuchung

Die Umweltauswirkungen sind von der Beschaffenheit des Abwassers und seines Potentials, aus dem System zu entweichen, abhängig. Insbesondere muss die Lage der Einleitungsstellen für gewerbliches Abwasser und verunreinigtes Niederschlagswasser erfasst werden und diese Einleitungen bezüglich ihrer Art, Beschaffenheit, Menge und ihres Gefährdungspotentials für die Umwelt überprüft werden.

Bei Fehlen entsprechender Unterlagen sind ergänzende Untersuchungen durchzuführen.

Untersuchungen können erforderlich werden, um Auswirkungen durch Undichtheiten von Abwasserleitungen und -kanälen auf die Grundwasserbeschaffenheit festzustellen. Dabei sind vorrangig Leitungen und Kanäle zu untersuchen, die in Grundwasserschutzgebieten liegen oder besonders gefährliche Stoffe ableiten.

Die Beschaffenheit von Oberflächenvorflutern muss ermittelt und mit den Anforderungen verglichen werden. Werden diese nicht erfüllt, ist zu prüfen, ob die Entwässerungssysteme dabei einen maßgebenden Einfluss haben.

Andere umweltrelevante Aspekte wie Lärm, Geruch und optische Beeinträchtigungen sowie potentielle Bodenverunreinigungen sollten berücksichtigt werden.

6.2.9 Bauliche Untersuchung

Es ist von besonderer Bedeutung, dass die Untersuchung des Systems gezielt erfolgt, um Doppelarbeit zu vermeiden. Die bauliche Untersuchung kann entweder eine vollständige Untersuchung des Entwässerungssystems oder eine selektivere Vorgehensweise umfassen. Das Alter und die Lage der vorhandenen Infrastruktur, die geotechnischen Daten einschließlich der Bettungszone und Umgebung sowie das Potential von Schäden an bestehenden Gebäuden und anderen Ver- und Entsorgungseinrichtungen sollte in Betracht gezogen werden.

Um ein Begehen des Systems durch Personal zu vermeiden (siehe Abschnitt 7), sollte die Feststellung des baulichen Zustands des Entwässerungssystems, sofern möglich, durch indirekte Inspektionen (z. B. Kanalfernsehen) erfolgen. Sofern keine ausreichenden Informationen durch indirekte Inspektionen gewonnen werden können, darf eine direkte Inspektion (z. B. Begehung) durchgeführt werden. Beschaffenheit und Menge des Räumgutes können für die bauliche Untersuchung von Bedeutung sein. Während der Untersuchung ist das System, soweit notwendig, von Abwasser frei zu halten.

Der Zustand des Systems muss möglichst genau und umfassend beobachtet und dokumentiert werden. Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse sicherzustellen, muss ein einheitliches Kodiersystem nach den Anforderungen von EN 13508-2 angewendet werden.

ANMERKUNG EN 13508-2 enthält Anforderungen an die Beschreibung von Feststellungen der Inspektionen. Sie enthält keine Anforderungen, welche Feststellungen erfasst werden sollten.

Die aufgezeichneten Feststellungen müssen jene enthalten, die den baulichen Zustand des Systems beeinflussen können. Beispiele dafür sind:

- unzulässige Rissbildung;
- Verformung;
- verschobene Verbindung;
- schadhafter Anschluss;
- Wurzeln, Infiltration, Ablagerungen, anhaftende Stoffe, andere Hindernisse;
- Setzungen;

- *Beschädigungen in Schächten und Inspektionsöffnungen;*
- *mechanische Beschädigungen oder chemische Korrosion.*

Weitere quantitative und qualitative Untersuchungsverfahren können nach Bedarf eingesetzt werden. Dazu gehören Schallmessgeräte (für mit Wasser gefüllte Rohre) sowie Radar oder andere geophysikalische Verfahren (z.B. zur Feststellung von Hohlräumen hinter der Kanalwand) oder mechanische Verfahren (z.B. Abdrücken von Innen, um die Wandsteifigkeit zu messen). Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung des Grundwassers und des Bodens sollten durchgeführt werden, wo diese die bauliche Unversehrtheit beeinträchtigen können.

Die Ergebnisse der baulichen Untersuchungen können auch bei der Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit und der Auswirkungen auf die Umwelt von Bedeutung sein.

6.2.10 Betriebliche Untersuchung

Bestehende betriebliche Abläufe, Inspektions- und Unterhaltspläne sind anzugeben und aufzuzeichnen.

Die Häufigkeit und Lage von aufgezeichneten betrieblichen Störfällen (z.B. Verstopfungen, Ausfall der Pumpstation, Zusammenbruch des Kanals usw.) sind zu überprüfen.

Der Einfluss von betrieblichen Problemen auf die hydraulische, umweltrelevante und bauliche Leistungsfähigkeit des Systems sollte aus den Berichten über die Störfälle ermittelt werden.

Die Ursachen für wesentliche wiederkehrende betriebliche Störfälle sind zu untersuchen.

Um für betriebliche Probleme die kosteneffizienteste Lösung zu finden, ist es erforderlich, die Ursachen zu untersuchen und zu verstehen. Weitere Informationen sind in 11.4 enthalten.

3.3.2 ÖNORM EN 13508

Zusätzlich zur beschriebenen EN 752 gelten auch noch die Teile der Normenreihe ÖNORM EN 13508 „Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“. Der **Teil 1** - Allgemeine Anforderungen befasst sich mit den Randbedingungen der optischen Inspektion.

Teil 2 - Kodiersystem für die optische Inspektion: *Dieser Teil der Europäischen Norm legt ein Kodiersystem für die Beschreibung der Beobachtungen fest, die im Inneren von Abwasserleitungen und -kanälen, Schächten und Inspektionsöffnungen bei der optischen Inspektion gemacht wurden. Gegebenenfalls kann dieser Teil in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Auftraggebers auch auf Druck- und Unterdrucksysteme angewendet werden. (ON EN 13508-2, 2008)*

3.3.3 DWA-M 149

Aufbauend auf die EN 13508 wurde seitens der DWA¹ die Schriftenreihe DWA-M 149 veröffentlicht. Die Merkblätter zur Reihe: „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ wurden in mehreren Teilen herausgegeben. Sie befassen sich neben der reinen Kodierung der Zustände (Teil 2) auch noch mit der Zustandsklassifizierung und -bewertung (Teil 3).

Dieses Merkblatt gilt in Verbindung mit DIN EN 13508-2 für die optische Inneninspektion, d. h. die qualitative Feststellung des Ist-Zustandes von Kanalisationen oder ihrer Teile, wie Abwasserleitungen und -kanäle, Schächten und Inspektionsöffnungen einschließlich der Grundstücksentwässerung im Rahmen der Instandhaltung. Diese werden im Folgenden als Objekte der Inspektion bezeichnet. (DWA-M 149-2, 2006)

Das Merkblatt regelt die Vorgehensweise bei der Klassifizierung und -bewertung des baulichen/betrieblichen Zustandes von Entwässerungssystemen im Rahmen des Gesamtprozesses Sanierung. Eine Beurteilung des hydraulischen oder umweltrelevanten Sanierungsbedarfes erfolgt in diesem Merkblatt nicht. (DWA-M 149-3, 2007)

¹ DWA: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

3.4 Instandsetzung/Sanierung

3.4.1 ÖNORM EN 752

Vor der eigentlichen Instandsetzung erfolgt die Beurteilung der gesammelten Daten.

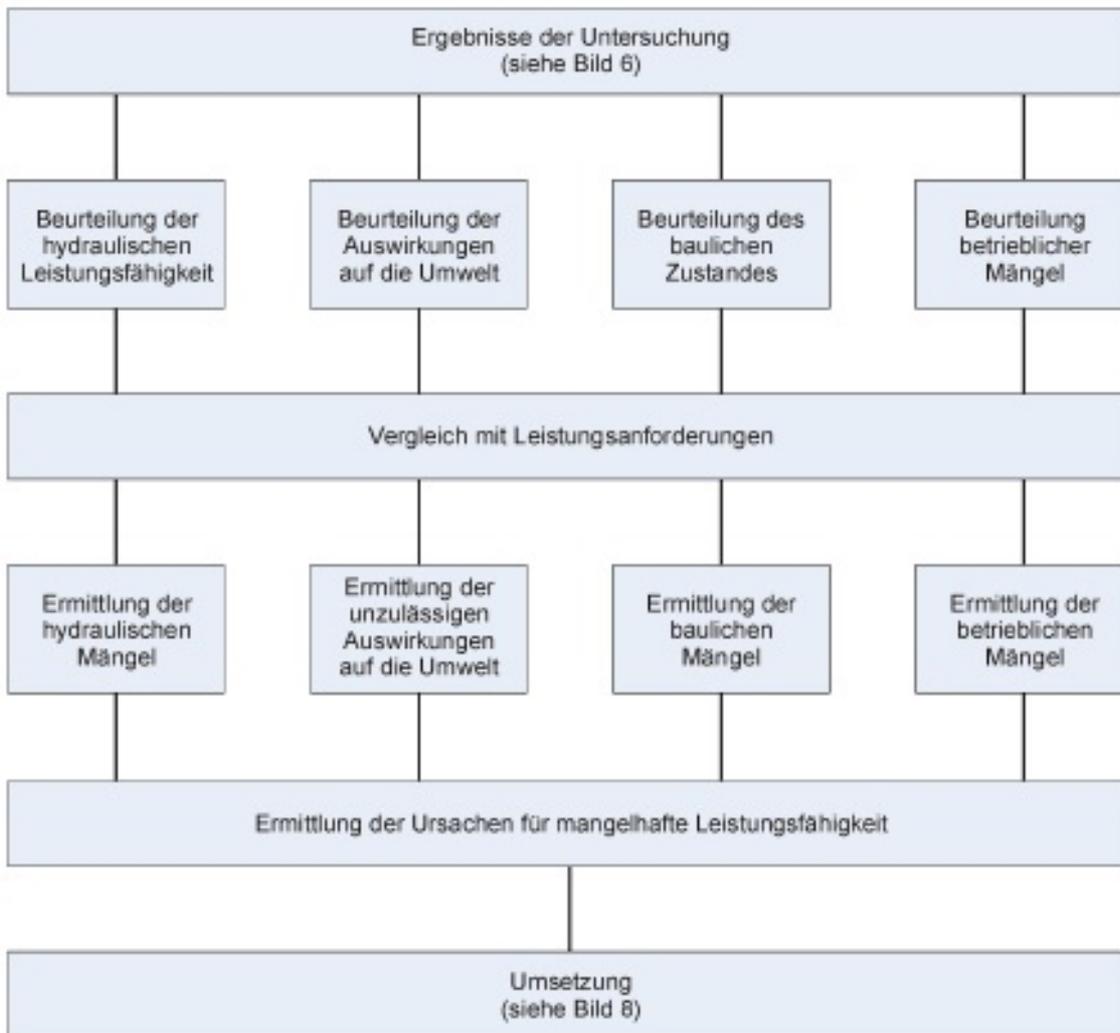


Abbildung 3 - Bild 7: Fließschema für die Beurteilung (EN 752, 2008)

Nach Beurteilung des untersuchten Systems folgt die Entwicklung der integralen Lösung. Hierbei gilt es zwischen mehreren Lösungen zu unterscheiden:

Hydraulische Lösungen:

- Maximierung der verfügbaren Abflusskapazität
- Steuerung der Abflussströme — Verringerung des Zuflusses in eine Kanalisation
- Dämpfung des Spitzenabflusses
- Vergrößerung der Abflusskapazität der Kanalisation

Umweltrelevante Lösungen

- Verringerung der Schadstoffeinträge in das System
- Verminderung der vorgesehenen Schadstoffeinleitungen in den Vorfluter
- Verringerung der Auswirkungen durch Verlegen der Einleitungsstellen.



- Verminderung der Exfiltration durch Sanierungsmaßnahmen.

Bauliche Lösungen

- *Schutz der Kanalsubstanz durch geeignete Auskleidungen oder Innenbeschichtungen.*
- *Sanierung der Kanalsubstanz durch:*
 - *Reparatur;*
 - *Renovierung;*
 - *Erneuerung.*

In Bild 9 (Anmerkung: entspricht Abbildung 4).ist der notwendige Entscheidungsprozess zur Wahl der geeigneten baulichen Lösung dargestellt. (EN 752, 2008)

Betriebliche Lösungen

- geplante Inspektion und Reinigung von Abwasserleitungen oder -kanälen (siehe EN 14654-1);
- Erhöhung der Wartungshäufigkeit von Pumpen oder Pumpstationen.
-

Anschließend sind die gefundenen Lösungen noch zu beurteilen.

Beurteilung der Lösungen

Die möglichen Lösungen müssen beurteilt werden. Die optimale Lösung ist unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Leistungsanforderungen (siehe Abschnitt 5) und weiterer Aspekte auszuwählen, z. B.:

- Sicherheit bei Bau und Betrieb
- Störung im öffentlichen Bereich
- Nachhaltiger Umgang mit Ressourcen
- Bauphasen
- Koordinierung mit anderen Infrastrukturmaßnahmen
- Beschränkung von Kapazitäten und Ressourcen
- Belastung aus zukünftigem Unterhalt
- wirtschaftliche Beurteilung
- Gesamtnutzungskosten

Den Abschluss der Planung bildet die Erstellung eines Maßnahmenplanes

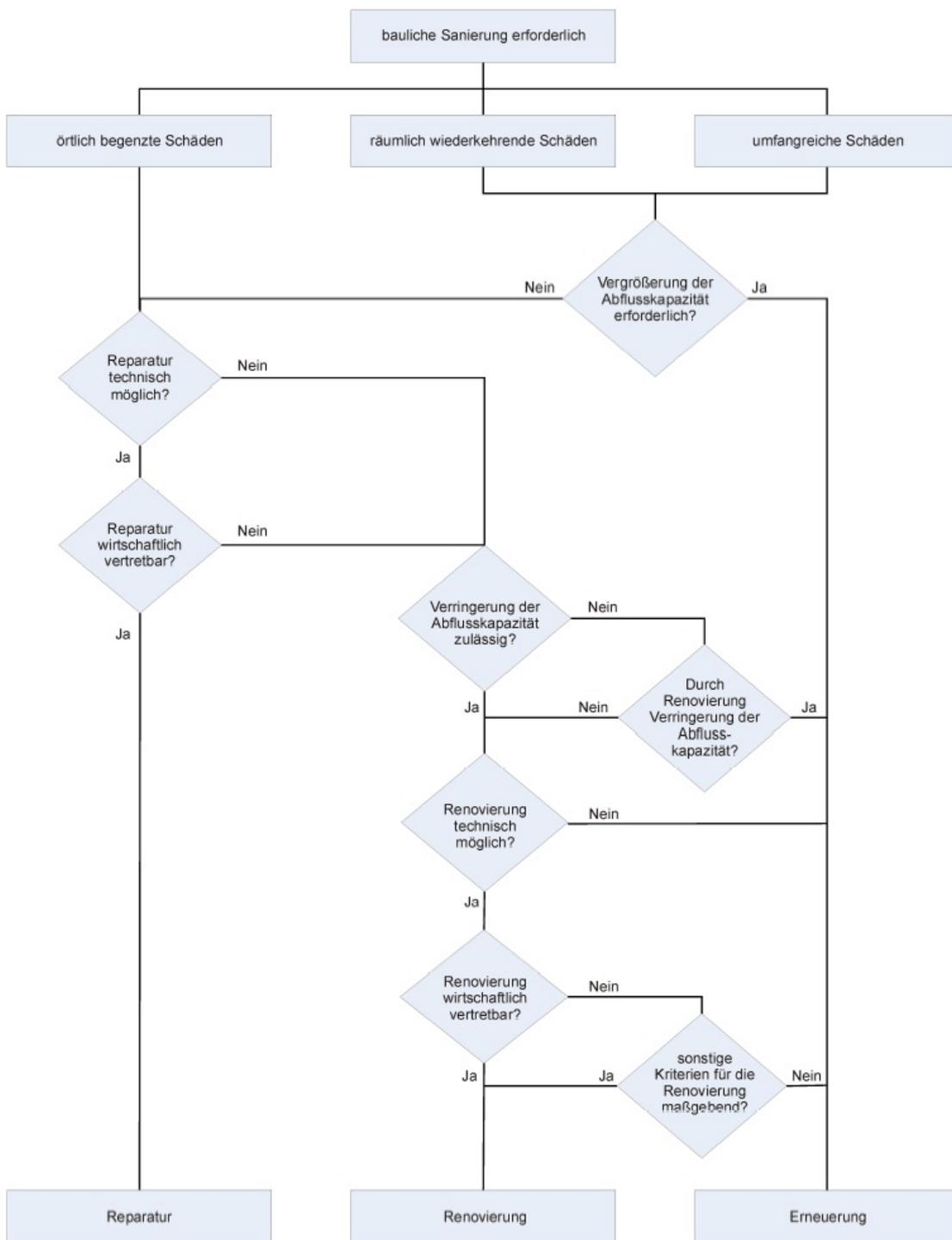


Abbildung 4 - Bild 9: Entscheidungsprozess für die Auswahl der baulichen Lösung (EN 752, 2008)

3.4.2 ÖWAV Regelblatt 28

Im ÖWAV Regelblatt 28 – „Unterirdische Kanalsanierung“ werden bei den Begriffsbestimmungen vorweg die grundlegenden Unterschiede der Maßnahmen bzw. Verfahren erläutert.

Sanierung: Alle Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen.

Reparatur: Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden, die ohne Veränderung der Bauwerksstruktur durchgeführt werden.

Erneuerung: Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in bestehenden Systemen in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen

Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen. Die Maßnahmen können durch Auskleidung oder durch Substanzerstörung (Unterirdische Auswechslung) bzw. Substanzaufgabe durchgeführt werden und sind unabhängig vom Bestand statisch tragend. (ÖWAV, 2007)

Das Regelblatt gibt Auskunft darüber, wann welches Verfahren am ökonomischsten eingesetzt werden kann. Es wird der Großteil der am Markt gängigen Verfahren beschrieben und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Tabelle 2 - Hilfestellung zur Auswahl der Sanierungsverfahren

		Reparatur													Renovierung													Erneuerung												
		9.2.1	9.2.2	9.2.3	9.2.4	9.2.12	9.2.13	9.2.5	9.2.6	9.2.7	9.2.8	9.2.9	9.2.10	9.2.11	9.2.12	9.2.13	9.2.5	9.2.6	9.2.7	9.2.8	9.2.9	9.2.10	9.2.11	9.2.14	9.2.15															
		Roboterfahren	Packer-Verfahren	Partielle Auskleidung (Kurzliner)	Injektionsverfahren	Teilauskleidung	Beschichtungsverfahren	Schlauchlining	Wickelrohr-Reinling	Verformte Rohre	Langrohr-Reinling	Kurzrohr-Reinling für nicht begehbare Querschnitte	Kurzrohr-Reinling für begehbare Querschnitte	Vollauskleidung	Teilauskleidung	Beschichtungsverfahren	Schlauchlining	Wickelrohr-Reinling	Verformte Rohre	Langrohr-Reinling	Kurzrohr-Reinling für nicht begehbare Querschnitte	Kurzrohr-Reinling für begehbare Querschnitte	Vollauskleidung	Pipe-Eating	Berstlining															
VERFAHREN																																								
Nicht begehbare Profile																																								
Verformung		-	-	-	-	-	-	o	o	-	o	o	-	-	-	-	o	o	-	o	o	-	-	-	-															
Risse	• Längsrisse	+	-	o	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+															
	• Sonstige Risse	+	o	o	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+															
Bruch		o	-	o	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+															
Oberflächenschäden		o	-	o	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+															
Verschobene Verbindung		o	o	o	-	-	-	o	o	o	o	o	-	-	-	-	o	o	o	o	o	o	-	-	+															
Undichte Verbindung		+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+															
Begehbare Profile																																								
Verformung		-	-	-	-	-	-	o	o	-	o	-	o	o	o	-	o	o	-	o	o	-	+	+	o															
Risse	• Längsrisse	-	-	o	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	o	-	+	+	o															
	• Sonstige Risse	-	-	o	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	o	-	+	+	o															
Bruch		-	-	o	o	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	o	-	+	+	o															
Oberflächenschäden		-	-	o	-	+	+	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	o	-	+	+	o															
Verschobene Verbindung		-	-	o	-	o	-	o	o	-	o	-	o	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	o															
Undichte Verbindung		-	-	o	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	o	-	+	+	o															

3.4.3 DWA-M 143

Seitens der DWA wurde zum Thema Sanierung eine umfangreiche Merkblattreihe herausgebracht. Das Merkblatt **DWA-M 143** – „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ gibt Auskunft zu den am häufigsten angewendeten Sanierungsverfahren.

Dieses Merkblatt ergänzt die DIN EN 752-5 hinsichtlich der baulichen Sanierung und kann sinngemäß auch für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle unterhalb von Gebäuden angewendet werden. (ATV-DVWK, 2004)

Teil 1: Grundlagen

Teil 3: Schlauchverfahren für begehbare Abwasserleitungen und -kanäle

Teil 4: Montageverfahren für begehbare Abwasserleitungen und -kanäle und Bauwerke

Teil 7: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Kurzliner und Innenmanschetten

Teil 8: Injektionsverfahren zur Abdichtung von Abwasserleitungen und -kanälen

Teil 9: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Wickelrohrverfahren

Teil 10: Noppenschlauchverfahren für Abwasserleitungen und -kanäle

Teil 11: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren ohne Ringraum (Close-Fit-Lining)

Teil 12: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraum - Einzelrohrverfahren

Teil 14: Sanierungsstrategien

Teil 15: Erneuerung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Berstverfahren

Teil 16: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren

Teil 17: Beschichtung von Abwasserleitungen, -kanälen und Schächten mit zementgebundenen mineralischen Mörteln

Teil 20: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren; Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen - Schlauchliningverfahren und Kurzliner

3.5 Instandhaltungsstrategien

Strategie [gr.], allgemein der Entwurf und die Durchführung eines Gesamtkonzeptes, nach dem der Handelnde [in der Auseinandersetzung mit anderen] ein bestimmtes Ziel zu erreichen sucht, im Unterschied zur Taktik, die sich mit den Einzelschritten des Gesamtkonzeptes befasst; im engeren und ursprünglichen Sinn die Kunst der Kriegführung. (Bibliographisches Institut AG, 1978)

Der Begriff Instandhaltung wurde unter Punkt 3.1 ausreichend genau erläutert.

Im derzeit in Überarbeitung befindlichen ÖWAV Regelblatt 22 – „Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen“ wird das Thema Instandhaltungsstrategie eingehender behandelt als im derzeit gültigen.

Das strategische Kanalmanagement umfasst sämtliche Überlegungen, Planungen und Maßnahmen eines Entwässerungsunternehmens in Hinblick auf eine vorausschauende Funktions- und Werterhaltung der Kanalnetze mit allen zugehörigen Bauwerken und einen effektiven und effizienten zukünftigen Betrieb. Das strategische Kanalmanagement beinhaltet somit eine Vielzahl von aktuellen und zukünftigen Aufgaben wie,

- die Erhebung und Darstellung der Umweltbeeinträchtigungen und der zukünftig erforderlichen und möglichen Verbesserungen zum Schutz der Oberflächen- und Grundwässer,
- die umfassende, detaillierte und laufende Dokumentation des Bestandes und des Systemverhaltens (u.a. durch Fernwirkanlagen)



- die Erfassung und Bewertung des baulichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustands der Netze,
- die Planung von Verbesserungsmaßnahmen in Bezug auf den baulichen Zustand des Kanalnetzes, die hydraulische Leistungsfähigkeit, die Überflutungssicherheit, Geruchsbeeinträchtigungen, Arbeitnehmerschutz etc.,
- Entwicklung von Gebührenmodellen zur Finanzierung des aktuellen und langfristigen Betriebes und der erforderlichen Investitionen und
- die vorausschauende langfristige Planung und zeitgerechte Umsetzung aller dieser Maßnahmen. (ÖWAV, 2011)

Die vorrangige Aufgabe einer ordnungsgemäßen Betriebsführung sollte es sein, mittels einer vorausschauenden Instandhaltungsplanung die individuell abgesteckten Ziele zu erreichen und nicht erst auf eine bereits eingetretene Funktionsstörung zu reagieren. Generell kann man bei der Instandhaltungsplanung drei Vorgehensweisen unterscheiden:

- Feuerwehrstrategie
- Präventivstrategie
- Selektive Strategie

Erfahrungsgemäß werden Anlagen sehr oft erst als Reaktion auf eine Störung instand gesetzt. (ÖWAV, 2011)

3.5.1 Kurativer Ansatz

Der kurative Ansatz beschreibt die Feuerwehrstrategie. Er kommt aus der Medizin wo eine kurative Behandlung mehr oder weniger die Behandlung eines akuten Problems beschreibt. Kurativ wird aus dem lateinischen *curare* hergeleitet, dies ist in diesem Fall allerdings nicht vollkommen zutreffend, da seine Hauptbedeutung eher bei „sich kümmern“ und „sorgen“ liegt, und erst in zweiter Linie „heilen“ bedeutet.

Bei dieser Strategie wird auf eine Aktion (z.B. eine Verstopfung) eine Reaktion (Spülen) gesetzt.

Beim kurativen Ansatz sind die entstehenden Kosten und der anfallende Arbeitsaufwand für Wartung und Inspektion gering. Er kann aber zu erheblichen negativen Auswirkungen auf die Umwelt führen. Zusätzlich leidet die Entsorgungssicherheit unter der mangelnden Wartung. Bei der Umsetzung von ungeplanten dringenden Maßnahmen zur Behebung von Mängeln kann es zu höheren Kosten beim Betreiber kommen, jedenfalls erhöhen sich aber die daraus resultierenden volkswirtschaftlichen Kosten.

Bei der Feuerwehrstrategie muss der Betreiber nur über sehr geringe Kenntnis seines Kanalsystems verfügen. Für ihn gelten bei Wartung und Inspektion die von der Behörde vorgeschriebenen Intervalle.

3.5.2 Proaktiver Ansatz

Proaktiv lässt sich aus dem Lateinischen von *pro* (vor, für) und *activus* (tätig) ableiten und bedeutet so viel wie „vorausschauend“ oder „voraushandelnd“. Dieser Ansatz ist gleichzusetzen mit der Präventivstrategie und der „Selektiven Strategie“ des überarbeiteten ÖWAV Regelblatt 22.

Durch eine vorausschauende Betriebsführung und Instandhaltungsplanung können die Verfügbarkeit der Anlagen und die Entsorgungssicherheit gesteigert sowie die anfallenden Kosten und die negativen Umweltauswirkungen minimiert werden.

Bei der Präventivstrategie werden periodisch vorbeugende Wartungsarbeiten über das gesamte Netz durchgeführt, während bei der Selektiven Strategie die Bereiche für eine erforderliche Wartung durch eine Inspektion ermittelt werden.

Bei diesen beiden Instandhaltungsstrategien erfolgt die Arbeitsplanung durch Festlegung der Tätigkeitsinhalte und Zeitintervalle. Die Festlegung der Inhalte und Intervalle stellt hohe Anforderungen an den Betriebsleiter. Diese müssen für die einzelnen Bauteile des Entwässerungssystems entsprechend ihres individuellen Betriebsverhaltens geregelt werden. Der kombinierte Einsatz der beiden vorbeugenden Strategien ist sinnvoll und wird in der Regel auch angewandt. So werden Regenentlastungen üblicherweise nach der Selektiven Strategie gewartet (Inspektion nach jedem Ereignis und Wartung nach Bedarf), während Abwasserpumpen und sonstige Maschinen vorwiegend periodisch gewartet werden.

Voraussetzung für eine strategische Betriebsführung ist die Kenntnis des Kanalsystems in baulicher, hydraulischer und umweltrelevanter Hinsicht. (ÖWAV, 2011)



3.6 Alterung bzw. Nutzungsdauer

Generell wird die durchschnittliche Nutzungsdauer von Kanalisationsanlagen mit rund 50 bis 80 Jahren angesetzt. Tatsächlich schwankt diese aber stark. Je nach verwendetem Material, der Qualität der baulichen Ausführung, den generellen Betriebsbedingungen und der Aggressivität der abzuleitenden Abwässer liegt sie zwischen 30 und 100 Jahren.

Als **Nutzungsdauer** wird allgemein der Zeitraum verstanden, in welchem ein Gut (Anlagen bzw. Anlagenteile) genutzt werden kann. Unterschieden wird zwischen der geschätzten Nutzungsdauer und der tatsächlichen Nutzungsdauer.

Die geschätzte Nutzungsdauer kann auch als geplante Dauer der Nutzung verstanden werden. Sie dient der betriebswirtschaftlichen Betrachtung einer Anlage und bildet die Grundlage der kalkulatorischen Abschreibung.

Die tatsächliche Nutzungsdauer entspricht jenem Zeitraum, in welchem eine Anlage ihre ursprüngliche geplante Funktion erfüllt. Wesentlichen Einfluss auf die tatsächliche Nutzungsdauer haben neben den oben genannten Bedingungen auch noch die Instandhaltung und eine eventuelle Überalterung der technischen Anlagenteile.

Um die Nutzungsdauer eines Systemes besser beschreiben zu können, müssen vorab weitere Begriffe erläutert werden:

Istzustand: Der zu einem gegebenen Zeitpunkt festgestellte Zustand eines Bauwerks oder einzelner Teile.

Sollzustand: Der für den jeweiligen Fall geforderte Zustand eines Bauwerks oder einzelner Teile.

Sollzustandsabweichung. Nichtübereinstimmung zwischen Istzustand und Sollzustand einer Betrachtungseinheit zu einem gegebenen Zeitpunkt.

Istzustandsabweichung: Nichtübereinstimmung von Istzuständen einer Betrachtungseinheit zu verschiedenen Zeitpunkten.

Abnutzungsvorrat: Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, die einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung oder aufgrund der Wiederherstellung durch Schadensbehebung innewohnt.

Abnutzung: Abbau des Abnutzungsvorrats infolge physikalischer, chemischer, biologischer und/oder biochemischer Einwirkungen.

Schaden: im Sinne der Instandhaltung ist ein Schaden der Zustand, der eine im Hinblick auf die Verwendung unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit bedingt oder erwarten lässt.

4 Methodische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Einwirkungen, in Bezug auf die Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer, auf das Kanalsystem betrachtet. Es wird beleuchtet, welche Auswirkungen verschiedene „Aktionen“ haben, bzw. haben können und wodurch charakteristische Schadstellen zustande kommen. Besonderes Augenmerk soll dabei auf Auswirkungen im System durch den Betrieb der Anlage gelegt werden und welche Schäden tatsächlich durch Alterung entstehen können.

4.1 Das prinzipielle „Ursache – Wirkungs – Prinzip“

Die grundsätzliche Überlegung hinter dem Ursache-Wirkungs-Prinzip ist, dass jeder Schaden im Kanalsystem auf einen speziellen Schadensverursacher zurückzuführen ist.

„Grundlage dieser Theorie bilden die "globalen Schadensverursacher". Alle irgendwie gearteten Einflussfaktoren, die im und am Abwasserkanal für schadhafte Zustände verantwortlich sind, lassen sich auf bestimmte "globale Schadensverursacher" zurückführen. Sonderfälle, wie die direkte Einwirkung des Menschen auf den Kanal, können meistens auch diesen Schadensverursachern zugeordnet werden.“ (Bölke, 2009)

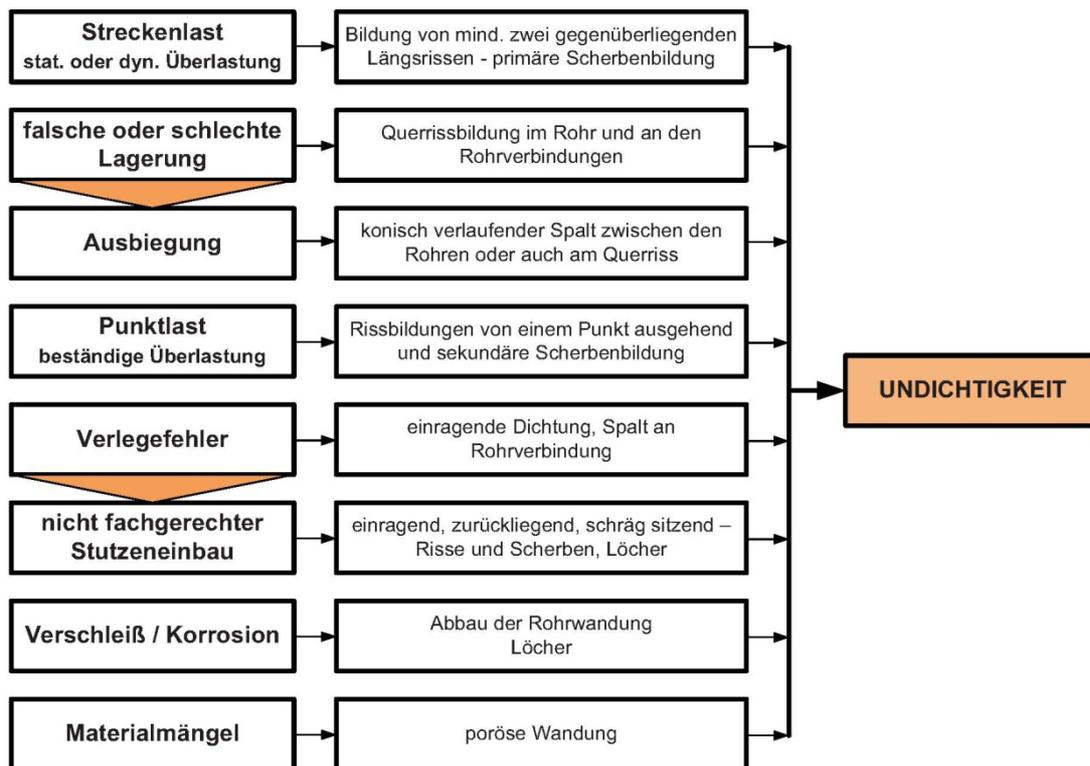


Abbildung 5 - Übersichtsschema "Ursache-Wirkungs-Prinzip" (Bölke, 2009)

Eine genauere Beschreibung der Zusammenhänge von Schäden und deren Verursachern findet sich in den folgenden Kapiteln.



4.2 Entstehen und Auftreten von Schäden

4.2.1 Materialmängel - Produktion

Häufig sind Mängel im Kanal direkt auf das Material zurückzuführen. Materialmängel betreffen hauptsächlich Beton- und Steinzeugrohre. Häufigste Folge von Herstellungsfehlern sind poröse Rohre. Deutlich sichtbar werden diese Mängel durch eindringendes Wasser und der folgenden Inkrustation oder durch direkten Wurzeleinwuchs.

Neben porösen Wandungen können auch Abplatzungen aufgrund von Materialfehlern auftreten. Bei diesen Schäden fallen oberflächlich Teile aus der Rohrwandung. In der Wand selbst ist aber kein Loch zu erkennen.

Zusammengefasst ist der Zeitpunkt der Ursache in der Produktion (vor Bauphase) und das Auftreten in der Betriebsphase. Eine Inspektion in der Betriebsphase ist erforderlich.

4.2.2 Planungsphase

Während der Planung können an sich zwar noch keine Schäden am Kanalsystem entstehen, eine fachgerechte Planung hilft allerdings mögliche spätere Schäden zu verhindern, bzw. den Aufwand für die spätere Aufrechterhaltung des Betriebes sowohl in finanzieller als auch materieller Hinsicht auf ein Minimum zu reduzieren.

Typische Planungsfehler und ihre Auswirkungen sind zum Beispiel:

- zu geringes Gefälle - Ablagerungen
- zu großer Durchmesser - Ablagerungen
- zu kleiner Durchmesser - hydraulische Überlastung
- zu geringe Verlegetiefe - statische Überlastung
- falsche Materialwahl - Verschleiß/Korrosion
- schlechte Zugänglichkeit - erhöhter Aufwand bei der Wartung

Hinweise zur richtigen Planung geben die EN 752 – „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“, die ÖNORM EN 1610 – „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen“ und die ÖNORM B 2503 – „Kanalanlagen - Ergänzende Bestimmungen für die Planung, Ausführung und Prüfung“. Für die richtige Dimensionierung der Anlagenteile ist das ÖWAV-Regelblatt 11 – „Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen“ anzuwenden.

Zusammengefasst ist der Zeitpunkt der Ursache der Schäden vor der Bauphase und der Zeitpunkt des Auftretens in der Betriebsphase. Eine Inspektion in der Betriebsphase ist erforderlich.

4.2.3 Bauphase – mangelhafte Ausführung

Der Grundstein für den Großteil der später auftretenden Schäden wird bereits während des Baues gelegt. Die weiteren Entwicklungen werden maßgeblich durch die Qualität der Bauausführung bzw. auch der begleitenden Baukontrolle beeinflusst. Ein fachgerecht hergestellter Kanal wird, vorausgesetzt er wurde korrekt geplant, über die gesamte Lebensdauer nur ein Minimum an Instandhaltung benötigen.

Die häufigsten durch mangelhafte Ausführung bedingten Schäden sind:

- mangelnde Tragfähigkeit des Untergrunds - Querrisse
- falsche oder unsachgemäß hergestellte Bettung – Querrisse
- Verlegefehler - Spalt, einragende Dichtung
- unsachgemäße Verdichtung - Ausbiegung, Rissbildung, Scherbenbildung, Verformung
- Nicht fachgerechter Stützeinbau - fehlerhafte Stützen, Risse, Scherben
- Materialmängel – Inkrustation

Aufgrund der Vielzahl der möglichen später auftretenden Mängel ist eine umfangreiche Baukontrolle unumgänglich. Im Zuge der Bauaufsicht ist vor allem auf eine optimale Ausführung der Bettung zu achten. Auch ist zu prüfen, ob das verwendete Bettungsmaterial zum Verlegen des gewählten Rohrmaterials geeignet ist. Um Verlegefehler zu vermeiden, ist darauf zu achten dass ausreichend geschultes Personal die Arbeiten

ausführt. Zusätzlich ist das benötigte Material auf der Baustelle vorzuhalten. In regelmäßigen Abständen ist die fachgerechte Verdichtung der Künette zu kontrollieren.

Nach Herstellung der Anlagenteile ist eine möglichst genaue Überprüfung beziehungsweise Inspektion durchzuführen.

Zusammengefasst ist der Zeitpunkt der Ursache der Schäden vor der Bauphase und der Zeitpunkt des Auftretens in der Betriebsphase. Eine Inspektion am Ende der Bauphase kann die meisten Schäden verhindern. Eine Inspektion in der Betriebsphase ist erforderlich.

4.2.4 Nachträgliche Anpassungen

Unter nachträglicher Anpassung sind alle Arbeiten zu verstehen, die nach der Inbetriebnahme der Anlage an dieser oder in unmittelbarer Nahelage zu dieser umgesetzt werden. Nachträgliche Anpassungen sind zum Beispiel die Herstellung von zusätzlichen Hausanschlüssen oder Grabungsarbeiten im Nahbereich der Kanaltrasse.

Bei fachgerechter Ausführung der Arbeiten haben diese in der Regel keine negativen Auswirkungen auf das System. Leider werden diese aber oft mangelhaft ausgeführt.

Prinzipiell können bei Anpassungen ähnliche Fehler wie in der Bauphase passieren. Meist handelt es sich um nicht fachgerechten Stützeinbau, da bei der Herstellung des nachträglichen Anschlusses die Materialien für den fachgerechten Einbau nicht vorhanden sind.

Gründe für Schäden, die durch Arbeiten im Nahbereich der Trasse entstehen, sind oftmals mangelnde Einbautenerhebung vor Beginn der Arbeiten.

4.2.5 Betriebsphase

Als Betriebsphase ist jene Zeitspanne zu sehen, in der das Kanalsystem der eigentlichen Nutzung unterliegt und anfallende Abwässer abgeleitet werden. In dieser Phase wird an der vorhandenen Struktur nichts verändert.

Während des Betriebes können Schäden an der Kanalisation nur noch aus zwei Gründen entstehen:

- chemische Einwirkung
- mechanische Beanspruchung

Schäden infolge von chemischer Einwirkung treten vor allem bei zementgebundenen Baustoffen auf. Sie werden durch schädliche Abwässer oder dem sich in Ablagerungen bildenden Schwefelwasserstoff verursacht.

Die mechanische Beanspruchung rührt meist von im Abwasser mitgeführten Schottern und Sanden her. Die Schäden treten dann vorwiegend im Bereich der Kanalsole auf.

4.2.5.1 Feststofftransport und Ablagerungen

Herkunft der Feststoffe

Es gibt viele Möglichkeiten wie Feststoffe in das Kanalsystem gelangen. Man kann zwischen fünf grundsätzlichen Quellen unterscheiden

- die Atmosphäre, welche feinen Staub und Aerosole enthält;
- die Oberfläche im Einzugsgebiet, wo sich während der Trockenperiode Feststoffe ansammeln, welche dann infolge von Regenereignissen in das Kanalsystem eingeschwemmt werden: Straßen, Parkplätze, Hausdächer usw.;
- häusliche Abwässer, welche einen hohen Anteil an organischen Feststoffen haben
- die Umwandlungsprozesse im Kanal selbst und dessen Umgebung: der außen liegende Wasserkörper, Infiltration und Exfiltration, Verrottung bzw. Abbau von Substanz;
- industrielle und gewerbliche Abwässer bzw. Feststoffeintrag von Baustellen.

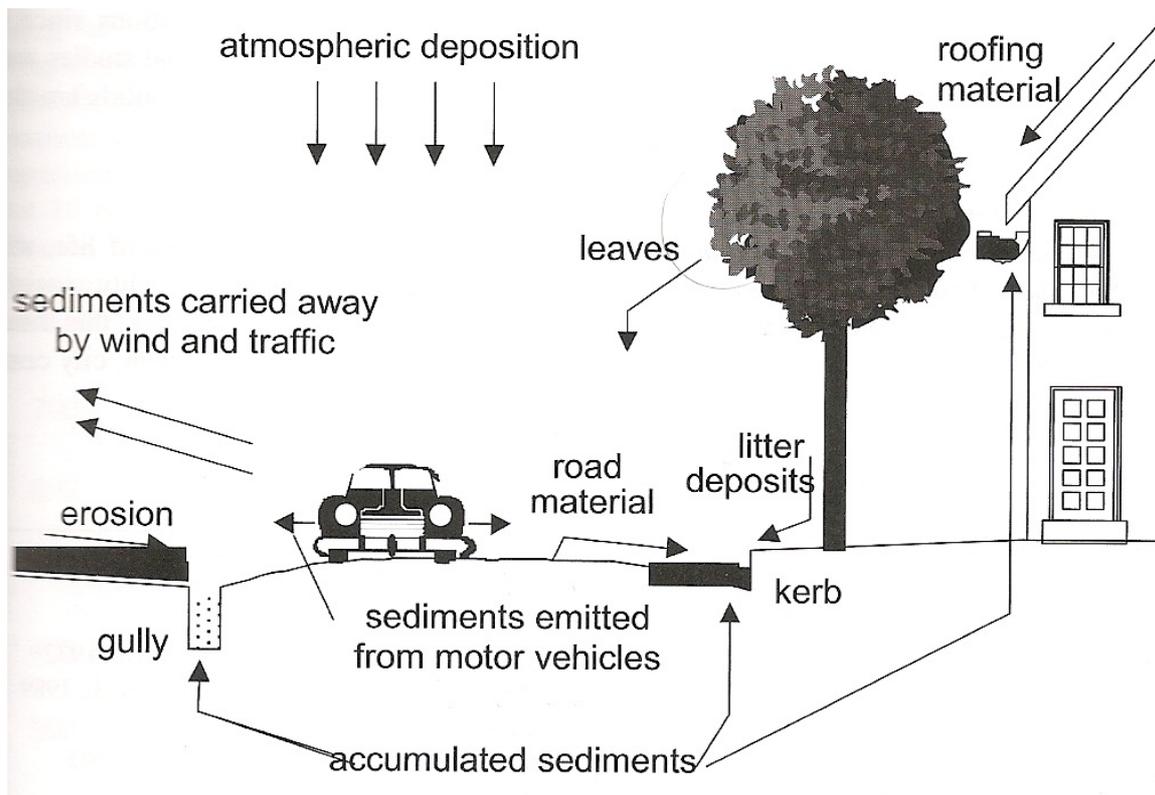


Abbildung 6 – Feststofftransport und Anreicherung auf bebauten Flächen (Asnley, Bertrand-Krajewski, Hvitved-Jacobsen, & Verbanck, 2004)

Atmosphäre

Die in der Atmosphäre enthaltenen Partikel stammen zum größten Teil aus Hausbrand, Verkehr, Industrie, Bau und der Erosion. Während Regenereignissen wird dieser Feinstaub an die Regentropfen gebunden, und mit ihnen zum Boden befördert. Dieser Prozess geschieht bereits bei Beginn des Regenereignisses und wird von dessen Intensität und Dauer nur wenig beeinflusst. Auch wenn der Anteil der aus der Atmosphäre stammenden Partikel am gesamten Eintrag in das System nur gering ist (max. 10%), weisen sie oft einen hohen oder sehr hohen Gehalt an Schwermetallen und anderen schädlichen Verunreinigungen auf.

Oberfläche im Einzugsgebiet

Hausdächer

Untersuchungen (Asnley, Bertrand-Krajewski, Hvitved-Jacobsen, & Verbanck, 2004) ergaben, dass rund 15-30 % des Gesamteintrages an Feststoffen bei Regenereignissen von Dächern stammen. Auf Hausdächern sammeln sich während der Trockenperioden neben verschiedenen Staubpartikeln aus der Atmosphäre auch noch Abbauprodukte aus der chemischen und physikalischen Verwitterung der Dachdeckung und der Dachrinnen selbst. Darüber hinaus findet man noch Vogelexkreme, kleinere Äste und Blätter. Die Staubpartikel stammen aus den gleichen Quellen, welche schon oben erwähnt wurden.

Straßen und Parkplätze

Straßen und Parkplätze sind die am häufigsten anzutreffenden befestigten bzw. versiegelten Flächen in urbanen Bereichen. Verschmutzungen, die sich hier ansammeln, werden mit dem Oberflächenabfluss über Straßeneinläufe in das Kanalsystem befördert. Die hier anzutreffenden Feststoffe stammen von:

- Verwitterung bzw. Abrieb der Fahrbahndecke
- Verschleiß der Reifen
- Ablagerung von feinem Material aus der Atmosphäre
- Müll (Flaschen, Plastik, Dosen, Papier usw.)
- Exkrementen von Tieren und Überresten von Pflanzen
- Streugut (Split und Salz)
- Verschmutzung durch Baustellen

Vor allem in Gebieten mit hohem LKW-Verkehr bzw. generell starkem Verkehrsaufkommen, sammeln sich beträchtliche Mengen an Feststoffen auf der Oberfläche an. Bis zu 0,7 g/Achse*km können direkt dem Verkehr zugeordnet werden. In Wohngebieten sind es im Herbst vor allem Blätter und Vegetationsrückstände, welche die Verschmutzungen bilden. So kann ein durchschnittlicher Baum im Straßenbereich 15-25 kg organische Ablagerung (Trockengewicht) produzieren.

Der Großteil der Feststoffe befindet sich nicht auf der Straße selbst, sondern im unmittelbaren Nahbereich (Gehsteig) zu dieser bzw. in den Straßeneinläufen.

Wieviele Feststoffe sich in Summe auf befestigten Flächen ansammeln, ist von vielen Faktoren abhängig. Neben Verkehrsaufkommen, Geländeform und Art bzw. Regelmäßigkeit der Straßenreinigung, spielen vor allem Siedlungsdichte und Flächenwidmung bzw. Nutzung eine große Rolle.

Tabelle 3 - Feststoffakkumulationsrate auf Straßenflächen bei unterschiedlicher Urbanisation in verschiedenen Ländern (Asnley, Bertrand-Krajewski, Hvitved-Jacobsen, & Verbanck, 2004)

Urbanisation	Accumulation rate	Unit	Source
Residential areas	10-210	kg/km of curb/day	Ellis, 1986
	35	kg/km of curb/day	Quing, 1984
	339	kg/km of curb/day	Sartor and Boyd, 1972
	560	kg/km of curb/day	Leduc and Ouldali, 1989
	95-147	kg/ha/year	Novotny et al., 1985
	620-3200	kg/ha/year	Ellis, 1986
	276	kg/ha/year	Leduc and Ouldali, 1989
	515	kg/ha/year	Waller and Hart, 1986
	470-1700	kg/ha/year	Hémain, 1985
	500-1650	kg/ha/year	Philippe and Ranchert, 1987
1685	kg/ha/year	Verbanck, 1995	
Commercial areas	13-180	kg/km of curb/day	Ellis, 1986
	26	kg/km of curb/day	Quing, 1984
	82	kg/km of curb/day	Sartor and Boyd, 1972
	360-1220	kg/ha/year	Novotny et al., 1985
	50-840	kg/ha/year	Ellis, 1986
Industrial areas	80-288	kg/km of curb/day	Ellis, 1986
	790	kg/km of curb/day	Sartor and Boyd, 1972
	72	kg/km of curb/day	Quing, 1984
	400-1700	kg/ha/year	Ellis, 1986
	537	kg/ha/year	Novotny et al., 1985

Wie schon erwähnt, werden die angesammelten Feststoffe im Zuge von Regenereignissen in das Kanalsystem eingewaschen. Mit zunehmendem Niederschlag steigt auch die Menge des transportierten Materials. Während des Ereignisses wird aber nur ein kleiner Teil des Angesammelten von der Oberfläche erodiert. Normalerweise erreichen nur 10-30 % die Kanalisation. Sehr feine Partikel werden schon bei leichten Niederschlägen weggewaschen. Mit zunehmender Intensität nimmt auch die Größe der mit dem Oberflächenabfluss transportierten Feststoffe zu.

Die ausgewaschenen Feststoffe erreichen über Regeneinlaufgitter die Kanalisation. Regeneinlaufschächte können mit Schmutzfängern (Körben) oder mit Sumpf ausgeführt werden. In den Sümpfen dieser Schächte werden die Stoffe zwischengelagert. Durch die Strömung des einlaufenden Wassers kommt es zu Turbulenzen im Sumpf. Feine Partikel werden zum großen Teil noch im Zuge des Regenereignisses ausgespült. Sowohl in den Schmutzfängern als auch in den Sümpfen werden also hauptsächlich gröbere Feststoffe zurückgehalten. Sind die Rückhaltevorrichtungen der Schächte gefüllt, können keine weiteren Partikel gespeichert werden und der gesamte Eintrag an Feststoffen gelangt direkt in die Kanalisation.

Eine regelmäßige Reinigung der Regeneinlaufschächte kann also dazu beitragen, den Eintrag an Feststoffen und somit auch den Umfang von Ablagerungen im System zu reduzieren.

Ein großer Teil der Feststoffe stammt vom Winterdienst. Gerade in ländlichen Gegenden, wo hauptsächlich Split eingesetzt wird, werden große Mengen des ausgebrachten Materials in die Kanalisation eingespült.

Häusliche Abwässer

Häusliche Abwässer lassen sich in vielerlei Hinsicht einteilen. Dem vorliegenden Thema empfiehlt sich die Einteilung anhand der enthaltenen Feststoffe. Folgende Einteilung kann nach Art der enthaltenen Feststoffe getroffen werden:

- feine Fäkal- und andere organische Partikel
- grobe Fäkalien und Sanitärabfälle (feine Sperrstoffe)
- grobe Sperrstoffe und Abfall
- Küchenabfälle

Bei den feinen Fäkalien und organischen Partikel handelt es sich um den Großteil des eigentlichen häuslichen Abwassers. Es stammt aus Bad und WC. Einen großen Anteil daran haben Fäkalien die durch die Benützung der Spülung der WC-Anlage bereits soweit zerkleinert werden, dass sie sich beim Erreichen der Kanalisation bereits in Suspension befinden. Der Rest ist zerkleinerte pflanzliche Materie, die über Waschbecken und Dusche in das System eingebracht wird. Diese normalerweise in Schwebelage befindlichen Feststoffe sinken bei stehendem oder langsam fließendem Abwasser zu Boden.

Bei den feinen Sperrstoffen handelt es sich neben Fäkalien und Toilettenpapier um eine Vielzahl von Sanitärabfällen. Diese Abfälle sollen eigentlich nicht in die Kanalisation eingebracht werden. Die Mehrheit dieser Fremdstoffe bilden Tampons gefolgt von Sanitärtüchern und Kondomen. Rund 90 % der Fremdstoffe bildet sich aus Papier und Stoff und nur 5 % des Inhalts besteht aus Plastik. (Asnley, Bertrand-Krajewski, Hvitved-Jacobsen, & Verbanck, 2004)

Grobe Sperrstoffe sind Abfälle die meist durch die Toilette eingebracht werden. Es handelt sich dabei um Plastikflaschen, Konservendosen, Holz und dergleichen.

In Österreich ist die Verwendung von Zerkleinerern in Spülen verboten. Größere Küchenabfälle können daher nur über das WC eingebracht werden.

Infiltration und schadhafte Kanäle

Während durch Infiltration nur sehr feines Material eingespült wird, können durch Schäden, wie fehlende Wandungsteile, auch erhebliche Mengen an gröberem Material eindringen.

Transport und Ablagerung von Feststoffen

Der Transport von Feststoffen im Kanal wird im Wesentlichen durch die vorherrschenden Strömungsbedingungen im Abwasser und die Charakteristik (Durchmesser und Dichte) der zu transportierenden Partikel beeinflusst. Hauptverantwortlich für den Transport ist die Schleppspannung des Mediums. Bei der Ablagerung spielen aber auch lokale Turbulenzen eine große Rolle.

Grundsätzlich findet im Kanal ein ständiger Wechsel zwischen Ablagerung und Erosion statt. Am deutlichsten ist dieser Ablauf bei Regen- beziehungsweise Mischwasserkanalisationen. Sinkt der Wasserspiegel, kommt es zur Ablagerung. Steigt der Wasserspiegel in Folge von Regenereignissen wieder an, steigt mit ihm auch die vorherrschende Schleppspannung und es wird die Ablagerung erodiert. Um Feststoffe zu erodieren, ist allerdings eine wesentlich höhere Schleppspannung erforderlich als um sie lediglich zu transportieren.

Ablagerungen verfestigen sich im Laufe der Zeit. Vorerst werden vorwiegend gröbere Stoffe abgelagert. Im Bereich der Ablagerungen kommt es zu lokalen Turbulenzen und es werden zwischen die groben Partikel feine eingelagert. Neben der kohäsiven Wirkung der Feianteile nimmt auch die Angriffsfläche der Schleppspannung am Partikel ab. Um die Stoffe zu mobilisieren, muss also eine erheblich größere Schleppspannung auftreten.

Bei Mischwasserkanälen findet die Akkumulierung der Feststoffe während der Regenereignisse statt. Bei Trockenwetterabfluss werden die Anhäufungen „eingeebnet“, entstandene Lücken zwischen den Ablagerungen werden mit organischem Material aufgefüllt und verfestigt.

Ablagerungen bilden sich vorwiegend bei:

- Übergängen von großem zu kleinem Gefälle
- Dimensionswechsel auf größere Profile
- Einmündungen von Hausanschlüssen und Seitensträngen

Begünstigt wird die Bildung durch:

- geringes Gefälle oder Negativgefälle
- Überdimensionierung der Profile
- lokale Störungen der Strömung (z.B. durch Schäden)

Auswirkungen von Ablagerungen

Ablagerungen in Abwasserkanälen können zu folgenden Problemen beim Kanalbetrieb führen:

- Verringerung des Abflussquerschnitts
- Geringeres Retentionsvermögen des Kanalnetzes bei Regenereignissen und dadurch häufige Inbetriebnahme der Regenüberläufe
- Steigerung des Betriebsaufwands für Reinigungsmaßnahmen
- Zunahme der Rohrrauigkeit
- Förderung der Entstehung biogener Schwefelsäurekorrosion
- Gasbildung und Geruchsbelästigung durch Faulprozesse
- Remobilisierung von Ablagerungen bei großen Regenereignissen und dadurch höhere Belastungen der Kläranlage und/oder des Vorfluters
- völliger Verschluss des Abflussquerschnitts

chemische Einwirkung von Ablagerungen

Aufgrund von zu langen Verweilzeiten der Ablagerungen im Kanal kann es durch den Rückstau und anaeroben Bedingungen zu einer Anfaulung des Abwassers kommen. Angefaultes Abwasser kann giftige und Explosive Gasmischungen bilden. Hauptsächlich werden dabei Schwefelwasserstoff (H_2S) und Methan (CH_4) gebildet. Die Bildung von Gas bewirkt immer eine Geruchsbelästigung.

Wird in der Kanalisation Schwefelwasserstoff gebildet, führt dies zur sogenannten biogenen Schwefelsäurekorrosion. Dabei werden im Abwasser vorhandene Schwefelverbindungen durch Mikroorganismen (Sielhaut) abgebaut. Es entsteht gasförmiger Schwefelwasserstoff, der sich im Raum oberhalb des Wasserspiegels anreichert. Dieser wird von an der Oberfläche der Abwasserrohre angesiedelten Schwefelbakterien durch die Aufnahme von Sauerstoff abgebaut. Stoffwechselprodukt ist Schwefelsäure. Die gebildete Säure fließt über die Wand der Rohre zurück in das Abwasser.

Folge dieses Prozesses ist ein typisch ausgebildeter Korrosionsangriff. Es bildet sich eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Grenzzone zwischen dem korrodierten Gasraum und dem intakten normalerweise vom Abwasser benetzten unteren Teil des Profils.

Diese Form der Korrosion tritt nur bei zementgebundenen Werkstoffen auf. Sie bewirkt eine Erhöhung der Wandrauigkeit. Die Oberfläche erhält durch das Lösen des Zements eine Art „Waschbetonstruktur“.

Mechanische Beanspruchung durch Feststofftransport

Durch die im Abwasser mittransportierten Feststoffe kommt es zu einer mechanischen Einwirkung am Kanalrohr. Den Schaden, der durch diesen Materialabtrag bzw. -abrieb am Rohr entsteht, nennt man Verschleiß.

Mechanischer Verschleiß kann Punktuell oder als Streckenschaden auftreten. Er erhöht die Wandrauigkeit und vermindert die Wandstärke. Durch die mechanische Einwirkung werden Kanten abgerundet.

Erhöhter Verschleiß wird durch folgende Einflussgrößen begünstigt:

- schlechtes Rohrmaterial
- hohe Fließgeschwindigkeit
- hoher Feststoffgehalt

4.2.5.2 Indirekteinleiter / Abwasserqualität

Durch die Einleitung aggressiver Wässer durch Gewerbe und Industrie kann es zu Korrosionserscheinungen am Kanal kommen. Betroffen sind wie bei der biogenen Schwefelsäurekorrosion vorwiegend zementgebundene Baustoffe. Das Erscheinungsbild der Korrosionsschäden unterscheidet sich aber wesentlich: Sind aggressive Wässer verantwortlich, so finden sich die Schäden unterhalb der Abwasseroberfläche. Reicht der Wasserspiegel bei Vollenfüllung bis zum Scheitel, so können sie im gesamten Umfang auftreten.

4.2.5.3 Schäden durch Kanalreinigung

Ziel der Hochdruckreinigung im Kanal ist es, an der Rohrwandung anhaftende Teilchen abzulösen und gemeinsam mit den auf der Sohle befindlichen Ablagerungen aus dem Kanalsystem zu spülen. Fehler beim Einsatz der Hochdrucktechnik können aber zu Schäden an den Rohren führen. Sind die Rohre schon im Voraus geschädigt, kann es durch zu hohen Druck zu einer Verschlechterung der Situation kommen. Die Hochdruckwasserstrahlen können ganze Scherben aus dem System reißen und in weiterer Folge kann der dahinterliegende Boden eingespült werden. Auch bei intakten Systemen kann es bei zu hohem Spüldruck zu Schädigungen kommen.

Bei der Hochdruckreinigung gibt es drei Ursachen für Rohrverschleiß:

- das Gleiten des Schlauches und der Düse über die Sohle,
- der Aufprall des Wasserstrahles und von Feststoffen an die Wand und
- der Abtransport der Ablagerungen im Kanal;

Während des Reinigungsvorganges werden der Schlauch und die an ihm angebrachte Düse über die Kanalsohle gezogen. Die Höhe der Beanspruchung ist abhängig vom Gewicht der Düse und des Schlauches sowie von der Form der Düse. Der Materialabtrag entsteht durch eine ritzende Beanspruchung.

Durch den Aufprall des Wasserstrahls an die Rohrwand kommt es zum so genannten Tropfenschlag. Die Belastung ist abhängig von der Geschwindigkeit des auftretenden Tropfens, vom Strahlwinkel und von der eingebrachten Wassermenge. Zusätzlich zum Spülwasser belasten auch die gelösten Feststoffteilchen das Material. Die Teilchen werden durch das Lösen mit dem Wasserstrahl stark beschleunigt. Beim anschließenden Auftreffen auf die Rohrwandung nimmt der Verschleiß mit der Geschwindigkeit überproportional zu.

Der Abtransport der Ablagerungen erfolgt in der Regel wesentlich schneller und in größeren Mengen als bei Normalbetrieb der Kanalanlage. Dadurch ergibt sich eine erhöhte Beanspruchung der Rohrsohle.

Die mechanische Belastung durch die Hochdruckreinigung ist bei weitem höher als allgemein angenommen wird. So schreibt Bölke in seinem Buch „Kanalinspektion“: *Ein mechanischer Verschleiß tritt besonders auf, wenn Kanäle nicht fachgerecht und/oder mit der falschen Reinigungstechnik gesäubert werden. Die hier auftretenden Schäden können ebenfalls zu einer Zerstörung des Kanalrohres führen.* (Bölke, 2009)



4.3 Zustände und deren Verursacher

Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, können den Schadstellen im Kanal jeweils unterschiedliche Einwirkungen zugewiesen werden. Ein spezielles Schadensbild entsteht demnach immer aufgrund der gleichen Einwirkung. Der Verursacher dieser Einwirkung auf das System lässt sich allerdings in den meisten Fällen nicht eindeutig bestimmen. Vor allem bei der Analyse des Systems muss daher auf den wahrscheinlichsten Verursacher rückgeschlossen werden.

Einen Überblick über die Zusammenhänge von Einwirkung und den daraus resultierenden Schadensbildern gibt die Abbildung 5 - Übersichtsschema "Ursache-Wirkungs-Prinzip"

Im Folgenden soll nun auf die einzelnen Einwirkungen näher eingegangen werden.

4.3.1 Statische oder dynamische Überlastung (Oberflächenbelastung bzw. andere Leitungsträger)

Diese Einwirkung auf den Kanal kann sowohl punktuell als auch in Form einer Streckenlast auftreten. Die charakteristischen Schadensbilder dazu sind:

- Längsrisse
- Scherbenbildung
- Deformation

Bei den Längsrissen sind meist mehrere Risse vorhanden. Charakteristisch sind zwei gegenüberliegende Risse in Sohle und Scheitel. Aber auch Risse im Bereich der Kämpfer lassen sich auf Überlastung zurückführen.

Die Scherbenbildung ist ebenfalls ein Merkmal von Überlastung.

Das Erscheinungsbild von Deformation ist bei biegesteifen und biegeweichen Materialien unterschiedlich. Bei den biegesteifen Rohren bilden sich neben der eigentlichen Änderung des Profils noch mindestens drei Risse. Charakteristisch sind vier Risse in den „Viertelpunkten“. Bei den biegeweichen Materialien ist meist nur der Querschnitt zusammengedrückt.

Die zwei Hauptauslöser der Überlastung sind:

- verstärkte Belastung durch erhöhtes Verkehrsaufkommen
- falsche Verdichtung beim Einbau

Was der Auslöser im Detail ist, lässt sich nur über Umwege feststellen. Mit zunehmender Verlegetiefe nimmt die Einwirkung des Verkehrs auf das Kanalrohr ab. Gleiches gilt bei Vorübergehender stärkerer Beanspruchung durch z. B. Baustellen im Nahebereich der Kanaltrasse.

Bei großen Verlegetiefen wirken sich falsche Verdichtungsmaßnahmen wesentlich stärker aus. Vor allem mangelnde Ausführung der seitlichen Verdichtung kann dann zu Schäden am Rohr führen.

Grob gesprochen, kann man also sagen, dass bei großer Verlegetiefe der Schaden auf einen Baumangel zurückzuführen ist, während bei seicht verlegten Kanälen eher die Ursache bei Veränderungen in der Nutzung zu suchen ist.

4.3.2 Falsche bzw. schlechte Lagerung

Die Folgen können an einem Rohr oder auch der ganzen Haltung sichtbar werden. Charakteristischer Schaden:

- Querrisse
- Vertikale Abwinklung in den Muffen.

Der Auslöser dieses Schadensbildes ist meist mangelhafte Verlegung der Leitungen. Oft ist die Ursache aber auch nicht tragfähiger Untergrund oder falsche Verdichtung.

Die Fehler bei der Lagerung werden im Zuge der Herstellung der Leitung gemacht.

4.3.3 Ausbiegung oder Abwinklung

Ausbiegung bzw. Abwinkelung der Rohre ist eine Winkelabweichung im Bereich der Muffen.

Charakteristisch sind:

- Querrisse
- Konische Spalten in den Muffen

Abwinkelungen sind die Folge von gewollten oder ungewollten Richtungsabweichungen im Verlauf der Haltung.

Auslöser sind mangelhafte Rohrverlegung, Fehler bei der Verdichtung und Bodenbewegungen.

Zeitpunkt des Entstehens der Schadstellen ist Großteils die Errichtung.

4.3.4 Punktbelastung

Charakteristisch ist, dass die Zustände sich maximal über eine Rohrlänge erstrecken, da sich der Schaden nicht über die Rohrverbindung weiter fortsetzen kann. Charakteristische Schadensbilder sind:

- Risse von einem Punkt ausgehend
- Scherbenbildung
- Beulung
- Riss im Verbindungsbereich

Fehlende Wandungsteile werden meist ebenfalls durch punktuelle Einwirkung verursacht. Die Bildung einer Scherbe ist bei schlechter Lagerung ein Sekundärschaden. Vor der Scherbe müssen sich Risse im Material bilden.

Beulung ist eine lokale Verformung der Wandung. Bei biegesteifen Rohren geht sie einher mit Rissen. Bei biegeweichen Materialien ist das Schadensbild eine lokale Deformation.

Der Riss im Verbindungsbereich ist eine Besonderheit. Er wird durch schlechte Muffenausbildung, falsche Dimensionierung der Dichtungen oder mangelhafte Verlegung bei der Herstellung ausgelöst.

Zurückzuführen ist der Großteil dieser Schäden auf Mängel bei der Bauausführung bzw. am Material.

4.3.5 Verlegefehler

Verlegefehler sind offensichtliche Fehler, die beim Einbau der Kanalisation aufgetreten sind.

Charakteristisch sind:

- nicht zulässige Spaltbreiten
- einragende Dichtungen
- Schadstellen bei den Rohrverbindungen

All diese Schadensbilder sind Folge mangelhafter Bauausführung.



4.3.6 Nicht fachgerecht eingebaute Sattelstücke oder Stutzen

Nicht fachgerecht eingebaute Stutzen sind Stutzen, die nicht dem Material entsprechend an die Haltung angebunden wurden. Es handelt sich dabei um eindeutige Montagefehler. Meist findet man diese Schadstelle bei nachträglich hergestellten Anschlüssen.

4.3.7 Verschleiß und Korrosion

Verschleiß ist eine mechanische Abnutzung der Wandung. Verschleiß kann oberflächlich sein, oder bis zur totalen Zerstörung der Wandung gehen.

Korrosion ist ein chemischer Angriff auf die Rohrwandung. Ursache der Korrosion können aggressive Abwässer oder die biogene Schwefelsäurekorrosion sein.

Verschleiß tritt vorwiegend an der Sohle auf. Abwasserkorrosion kann den ganzen Umfang betreffen. Typisch für biogene Schwefelsäurekorrosion ist, dass nur der Scheitel betroffen ist.

Sind die Schäden am Material lokal begrenzt, also z. B. sind nur Teile einer Haltung betroffen, handelt es sich eher um Verschleiß. Korrosion ist ein Streckenschaden und betrifft meist mehrere Haltungen.

Sowohl Korrosion als auch Verschleiß treten beim Betrieb der Anlage auf.

4.3.8 Materialmängel

Charakteristisch für mangelhaftes Material sind:

- Inkrustationen
- Wurzeleinwuchs durch die Wandung

Beide Schadensbilder sind auf poröse Wandungen zurückzuführen.

4.4 Methodik zur Analyse der Ursachen für Alterung und Abnutzung im Kanalsystem

Als Referenzzustandsbeschreibung von Schäden in Kanalisationen wurde die ON EN 13508-2 herangezogen, wobei die untersuchten Schäden nach den folgenden 3 Hauptgruppen kategorisiert wurden:

- Schadensursache
- Zuordnung in der Entstehungsphase
- Zuordnung zu Schutzziel

Die Gruppe „Schadensursache“ beschreibt die Herkunft bzw. Ursache der Schäden mit folgender Einteilung:

- Mangelnde Ausführung (Bau)
- Mangelnde Ausführung (Sanierung)
- Bau / Oberflächenbelastung
- Abwasserqualität
- Dritte (andere Leitungsträger)
- Produktion

Zu beachten ist jedoch, dass bei einigen Zuständen eine eindeutige Zuordnung nicht möglich ist, wie z. B. beim Zustand BAA-A (vertikale Deformation). Hier kann die Ursache der Deformation einerseits beim Bau (z. B. falsche Verdichtung der Rohrkünette) oder andererseits aufgrund der Oberflächenbelastung (z. B. in Folge des Straßenverkehrs) entstanden sein. Bei diesen Zuständen wurde jeweils der spezielle Fall im Detail betrachtet und bei Bedarf mehreren Kategorien zugeordnet. Daher sind einige Zustände in der folgenden Tabelle mehrfach angeführt.

Die Kategorie „Mangelhafte Ausführung (Bau)“ bzw. „(Sanierung)“ beinhaltet jene Schäden, die eindeutig einer unbefriedigenden Bauausführung zugewiesen werden können, wie z. B. BAG – einragender Anschluss.

Schäden, die nicht eindeutig dem Bau oder der Oberflächenbelastung zugeordnet werden konnten, sind in der Kategorie „Bau / Oberflächenbelastung“ zusammengefasst.

Jene Schäden, die aufgrund der Abwasserqualität zustande gekommen sind, wie z. B. BAF – Oberflächenschäden, wurden der Kategorie „Abwasserqualität“ zugeordnet.

Schäden, die von anderen Leitungsträgern verursacht wurden, wie z. B. BBE-G „fremde Leitungen oder Kabel durchqueren die Rohrleitung“ sind in der Kategorie „Dritte“ zusammengefasst.

Die Kategorie „Produktion“ beinhaltet jene Schäden, die vor Einbau der Rohrleitung entstanden sind. Als Beispiel kann hier der Schaden BAN – poröses Rohr genannt werden.

Bei fast allen Schäden konnte eine eindeutige Ursachenbestimmung vorgenommen werden. Lediglich bei der Kategorie „Bau / Oberflächenbelastung“ ist dies ohne Kenntnis von weiteren Stamm- und Betriebsdaten, wie z. B. Überdeckung oder Verkehrsaufkommen an der Oberfläche, nicht möglich.

Die zweite Gruppe „Zuordnung zu Entstehungsphase“ umfasst folgende Kategorien:

- Anpassung
- Bauphase
- Betriebsphase
- Bauphase / Betriebsphase
- Sanierung = Bauphase



- vor Bauphase

In der Kategorie „Anpassung“ sind jene Schäden zusammengefasst, die im Zuge einer nachträglichen Anpassung am Kanalsystem entstanden sind, wie z. B. durch die nachträgliche Errichtung von Hausanschlüssen. Typische Schäden in dieser Kategorie sind z. B. BAH-A „Lage des Anschlusses ist falsch“.

Schäden, die während der Bauphase des Kanals entstanden sind, wurden der Kategorie „Bauphase“ zugeordnet, zum Beispiel BAI – „einragender Dichtring“.

Schäden, die während der Betriebsphase entstanden sind, wurden in der Kategorie „Betriebsphase“ erfasst. Ein typisches Beispiel dafür ist BBB-A – „Inkrustation“.

Schäden, die weder der Bauphase noch der Betriebsphase eindeutig zugewiesen werden konnten, sind in der Kategorie „Bauphase / Betriebsphase“ zusammengefasst. Um diese Schäden der Bau- bzw. Betriebsphase eindeutig zuweisen zu können, sind zusätzliche Informationen wie z. B. TV-Untersuchungen nach Bauabnahme, Änderungen der Straßennutzungen etc. erforderlich.

Schäden, die im Zuge einer Sanierung entstanden sind, wurden der Kategorie „Sanierung = Bauphase“ zugewiesen. Ein typischer Schadenszustand ist hier BAL-B „schadhafte Lochabdichtung“.

Schäden, die vor der Bauphase schon vorhanden waren, sind der Kategorie „vor Bauphase“ zugeordnet. Ein typischer Schaden ist hier BAN – „poröses Rohr“.

Abgesehen von der Kategorie „Bauphase / Betriebsphase“ konnten alle Schäden eindeutig zugeordnet werden. Für die Schäden in dieser Kategorie sind weitere Daten (z. B. Überdeckung, Verkehrsbelastung) erforderlich, um eine eindeutige Kategorisierung vornehmen zu können..

In der dritten Gruppe „Zuordnung zu Schutzziel“ wurden die einzelnen Schäden nach den jeweiligen Schutzzielen

- Betriebssicherheit
- Standsicherheit
- Undichtheit

in Anlehnung an ON EN 752 unterschieden.

Der Kategorie „Betriebssicherheit“ sind all jene Schäden zugeordnet, welche die Sicherheit des täglichen Kanalbetriebs negativ beeinflussen bzw. sogar gefährden können. Ein typischer Schaden in dieser Kategorie sind die Wurzeleinwüchse (BBA).

Dem Schutzziel „Standsicherheit“ sind jene Schäden zugeordnet, welche die Standfestigkeit der Kanalrohrsubstanz negativ beeinflussen, wie z. B. der Schaden BAC – „Rohrbruch“.

Der Kategorie „Name fehlt“ sind jene Schäden bzw. Zustände im Kanal zugeordnet, bei denen Umweltbeeinträchtigungen nicht auszuschließen sind, wie z. B. beim Schaden BAO – Boden sichtbar.

Eine Übersicht der Zuordnung der Schäden für die analysierten Datensätze nach den drei Hauptgruppen zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4 – Zuordnung der vorkommenden Schäden in Schadensursache, Entstehungsphase und Auswirkungen auf die Schutzziele

Hauptcode	Charakterisierung 1	Charakterisierung 2	Zustandsbeschreibung [mit zusätzlichem Kommentar]	Schadensursache	Zuordnung zu Entstehungsphase	Zuordnung zu Schutzziel
BAA	A		vertikale Deformation	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Betriebssicherheit, Standsicherheit
BAA	A, B		Verformung vertikal, horizontal	Mangelnde Ausführung (Bau)	Bauphase	Betriebssicherheit
BAB	A	A, B, C	Haarisse	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	---
BAB	B	B	Querrisse	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAB	B	C	komplexer Riß	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAB	B	D	gewundener Riß	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAB	B, C	A	Längsriß / klaffender Längsriß	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAB	C	B	klaffender Querriß	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAB	C	C	Scherbenbildung	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAC	A, B		Rohrbruch; fehlende Wandteile	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAC	B		Rohrbruch [in Verbindung mit Anschluss]	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Standsicherheit, Undichtheit
BAF			Oberflächenschäden	Abwasserqualität	Betriebsphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAG			einragender Hausanschluß	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Betriebssicherheit, Undichtheit
BAH	A		Lage des Anschlusses ist falsch	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Betriebssicherheit
BAH	B		zurückliegender Anschluss	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Undichtheit
BAH	C		unvollständig eingebundener Anschluss	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Undichtheit
BAH	D		Anschluss beschädigt	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Standsicherheit, Undichtheit
BAH	E		Anschluss verstopft	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Betriebssicherheit
BAH	Z		anderer Schaden	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	versch.
BAI	A	A, B, C	einragender Dichtring	Mangelnde Ausführung (Bau)	Bauphase	Betriebssicherheit, Undichtheit
BAJ	B		vertikaler Versatz	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Betriebssicherheit, Undichtheit
BAJ	C		"Rohrsenke"	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Betriebssicherheit
BAJ	A		axialer Versatz	Mangelnde Ausführung (Bau)	Bauphase	Undichtheit
BAJ	C		Abwinklung	Mangelnde Ausführung (Bau)	Bauphase	Betriebssicherheit
BAK			schadhafte Innenauskleidung	Abwasserqualität	Betriebsphase	Betriebssicherheit, Undichtheit
BAL	A		Schadhafte Reparatur - Wand fehlt tw.	Mangelnde Ausführung (Sanierung)	Sanierung = Bauphase	Standsicherheit, Undichtheit
BAL	B		Schadhafte Lochabdichtung	Mangelnde Ausführung (Sanierung)	Sanierung = Bauphase	Undichtheit
BAL	Z		[Abdichtung der RV schadhaf]	Mangelnde Ausführung (Sanierung)	Sanierung = Bauphase	Undichtheit
BAL			schadhafte Reparatur	Mangelnde Ausführung (Sanierung)	Sanierung = Bauphase	versch.
BAN			poröses Rohr	Produktion	vor Bauphase	Undichtheit
BAO			Boden sichtbar	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Undichtheit
BAO			Boden sichtbar	Mangelnde Ausführung (Bau)	Anpassung	Undichtheit
BAP			Hohlraum sichtbar	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase/Betriebsphase	Undichtheit
BBA			Wurzel	Mangelnde Ausführung (Bau)	Betriebsphase	Betriebssicherheit
BBB	B		Fett	Abwasserqualität	Betriebsphase	Betriebssicherheit
BBB	C		Fäulnis	Abwasserqualität	Betriebsphase	Betriebssicherheit
BBB	A		Inkrustation	Bau / Oberflächenbelastung	Betriebsphase	Betriebssicherheit, Undichtheit
BBE	E, Z		Gegenstand in RV eingekellt	Abwasserqualität	Betriebsphase	Betriebssicherheit
BBE	A, B		Rohrstücke liegen in der Rohrsohle	Bau / Oberflächenbelastung	Betriebsphase	Betriebssicherheit
BBE	C		Gegenstand liegt in der Rohrsohle	Bau / Oberflächenbelastung	Betriebsphase	Betriebssicherheit
BBE	D, G		Gegenstand ragt durch die Wand	Dritte (andere Leitungsträger)	Betriebsphase	versch.
BBF	D		spritzende Infiltration	Abwasserqualität	Betriebsphase	Undichtheit
BBF	A		schwitzende Infiltration	Bau / Oberflächenbelastung	Betriebsphase	Undichtheit
BBF	A		schwitzende Infiltration	Mangelnde Ausführung (Bau)	Betriebsphase	Undichtheit
BBF	B, C, D		Infiltration (tropfend, spritzend, fließend)	Mangelnde Ausführung (Bau)	Bauphase	Undichtheit
BBF	A		schwitzende Infiltration	Produktion	Betriebsphase	Undichtheit

4.5 Zusammenfassender Überblick der Methodik

In der folgenden Abbildung sind die unterschiedlichen Ansätze der Analyse der Schäden in einer Übersicht dargestellt.

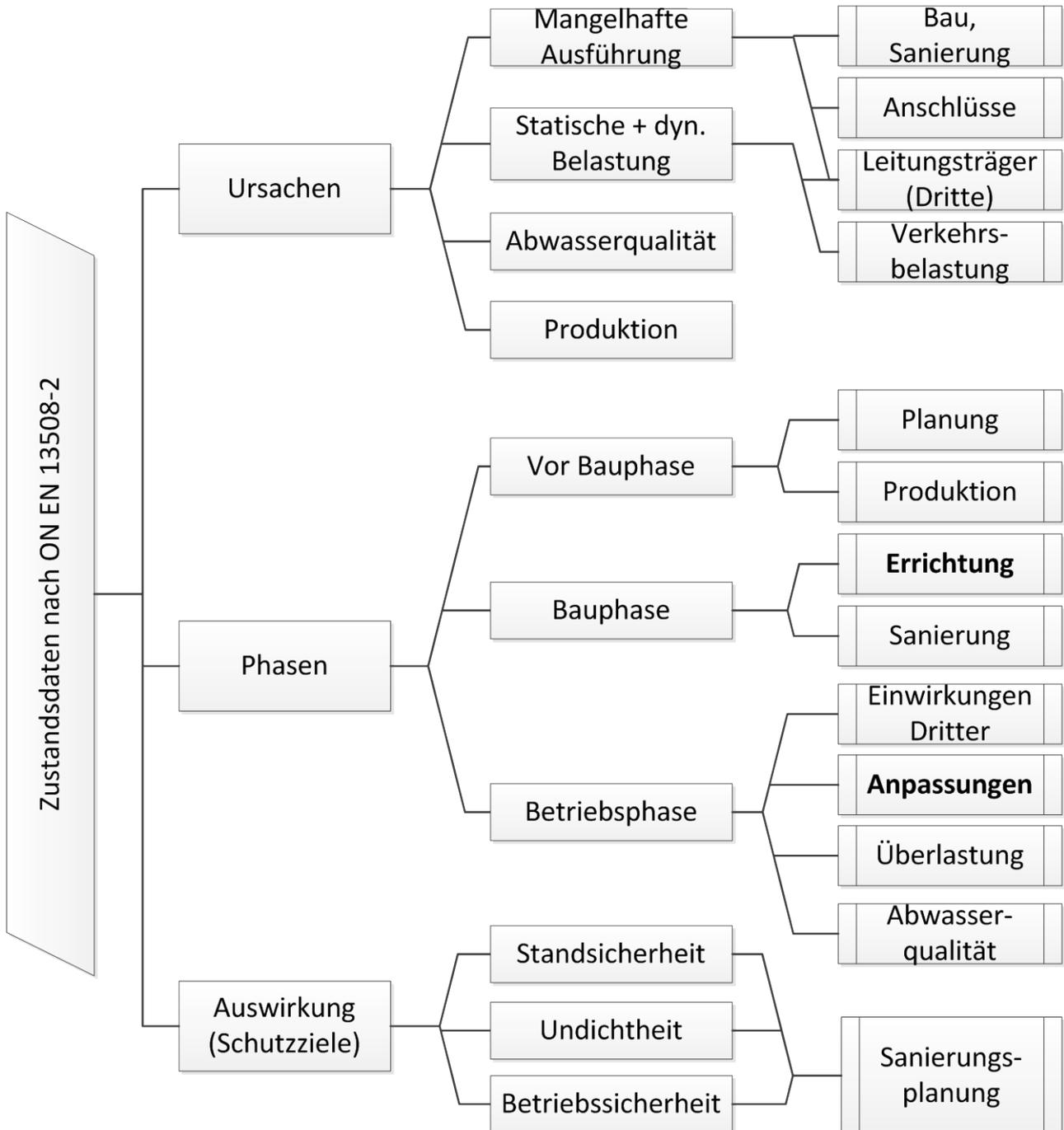


Abbildung 7 Fließdiagramm der Schadensanalyse nach Ursache, Entdeckungsphase und Auswirkung

In der folgenden Abbildung wird zur Veranschaulichung der Methodik das Schadensbild der Scherbenbildung der Methodik der Ursachenanalyse unterzogen.

Tabelle 5 Schadensbild Scherbenbildung

Hauptcode	Char. 1	Char. 2	Zustandsbeschreibung	Schadensursache	Zuordnung zu Entstehungsphase	Zuordnung zu Schutzziel
BAB	C	C	Scherbenbildung	Bau / Oberflächenbelastung	Bauphase / Betriebsphase	Standicherheit, Undichtheit

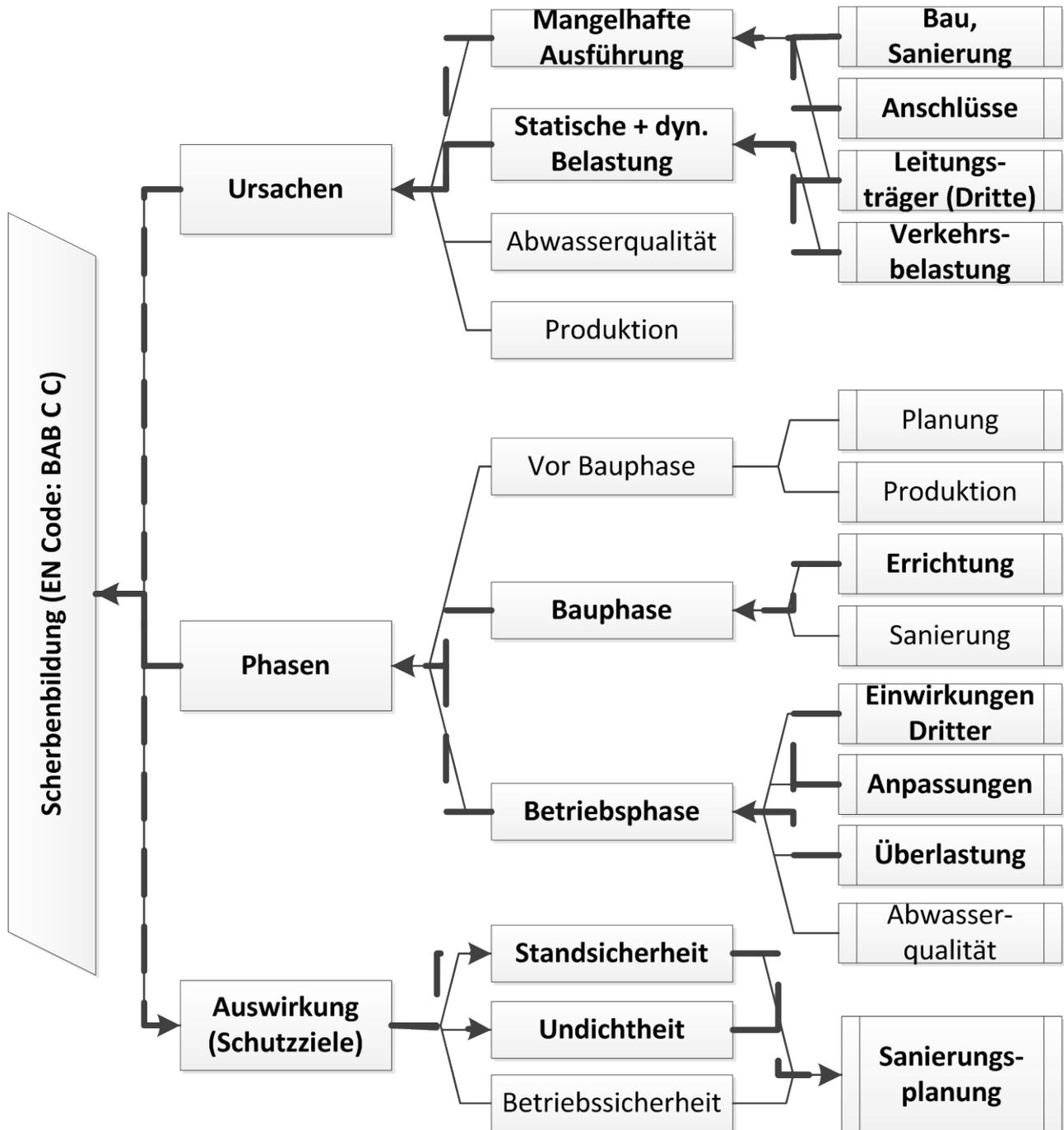


Abbildung 8 Fließdiagramm der Schadensanalyse nach Ursache, Entdeckungsphase und Auswirkung für das Schadensbild der Scherbenbildung

5 Untersuchungsdaten

Als Stichprobenumfang wurden 1303 Schäden, die anhand einer TV-Befahrung in Kanalnetzen in 6 Kanalisationsunternehmen (KU) in 4 unterschiedlichen österreichischen Bundesländern von Inspektionsfirmen erfasst wurden, im Detail einzeln überprüft, nach ÖNORM EN 13508-2 codiert und somit für diese Untersuchungen verfügbar gemacht.

Bei den untersuchten Haltungen wurde versucht, sowohl Mischwasser- als auch Schmutzwasserkanäle in gleichen Anteilen zu berücksichtigen (siehe Abbildung 9).

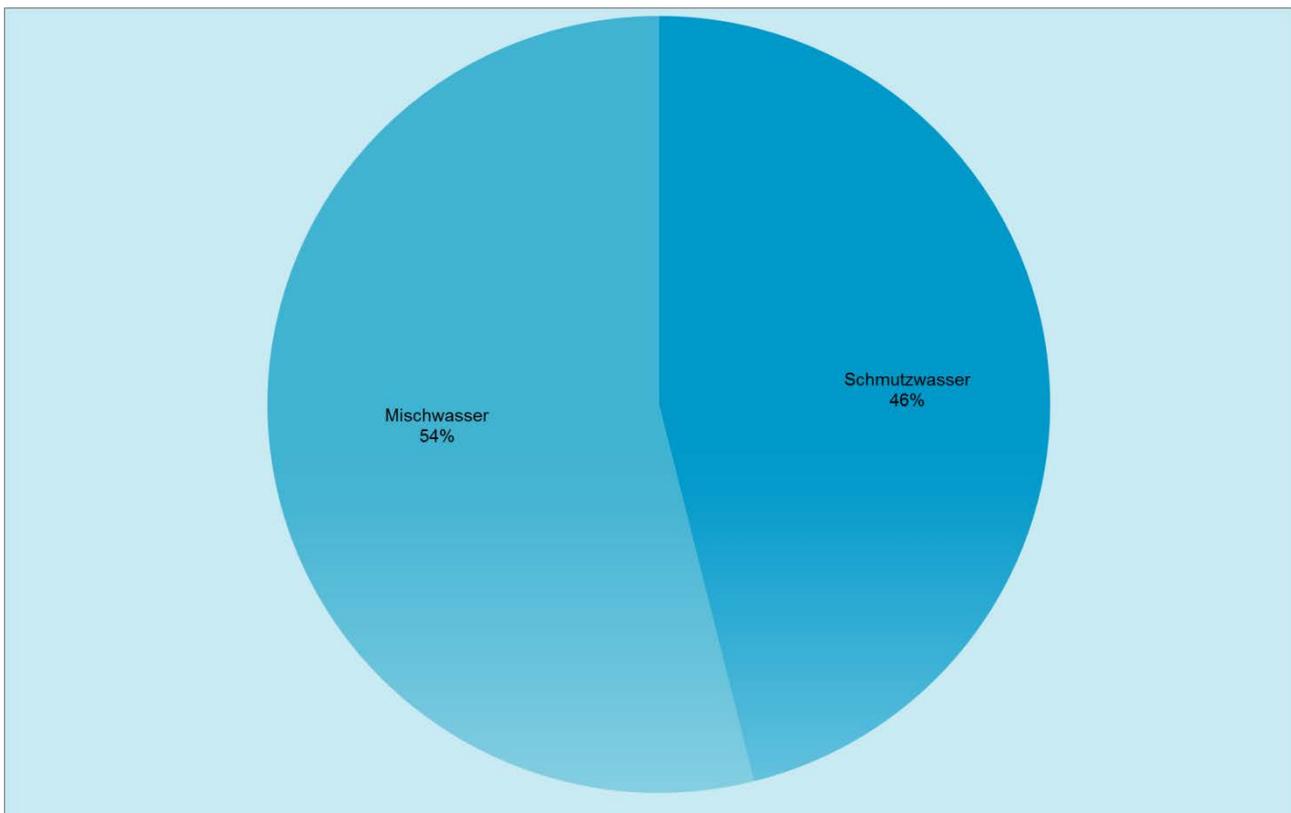


Abbildung 9 – Aufteilung der untersuchten Haltungen nach Kanalart

Die untersuchten Rohrdimensionen sind in Abbildung 10 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich. Mehr als zwei Drittel aller untersuchten Haltungen hatten eine Rohrdimension bis DN 300. Bei ca. einem Drittel war die Rohrdimension ≥ 400 bzw. kamen auch Groß- und Sonderprofile (Ei-, Maul- und Rechteckprofil) vor. Die untersuchten Rohrmaterialien waren zu 48 % Beton (AG), zu 26 % PVC (AX) und zu 12 % Steinzeug (AE). Die restlichen Anteile der Rohrmaterialien verteilen sich auf Asbestzement (AA), Beton mit Kunststoffverkleidung (AG / AY), faserverstärkter Kunststoff (AL), nichtidentifizierter Kunststoff (AY) sowie Faserzement (AK) – siehe Abbildung 10 und 11 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

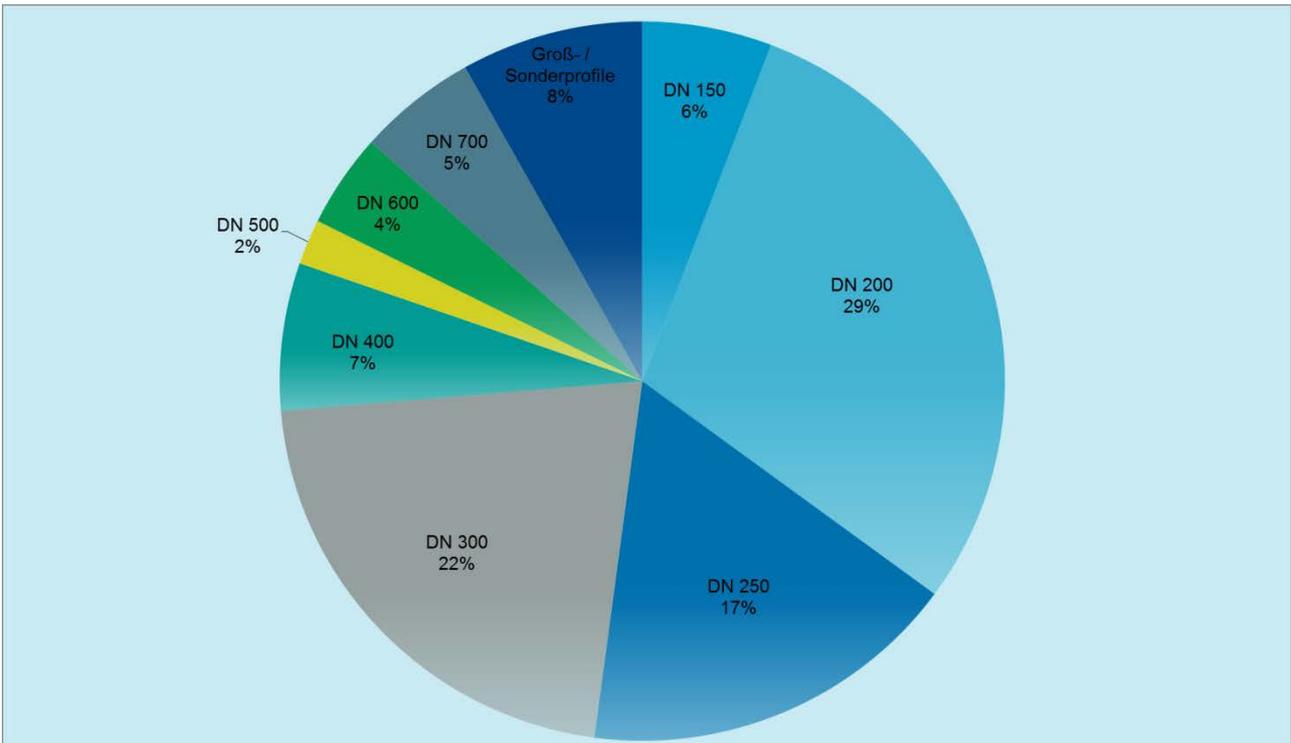


Abbildung 10 - Rohrdimensionen

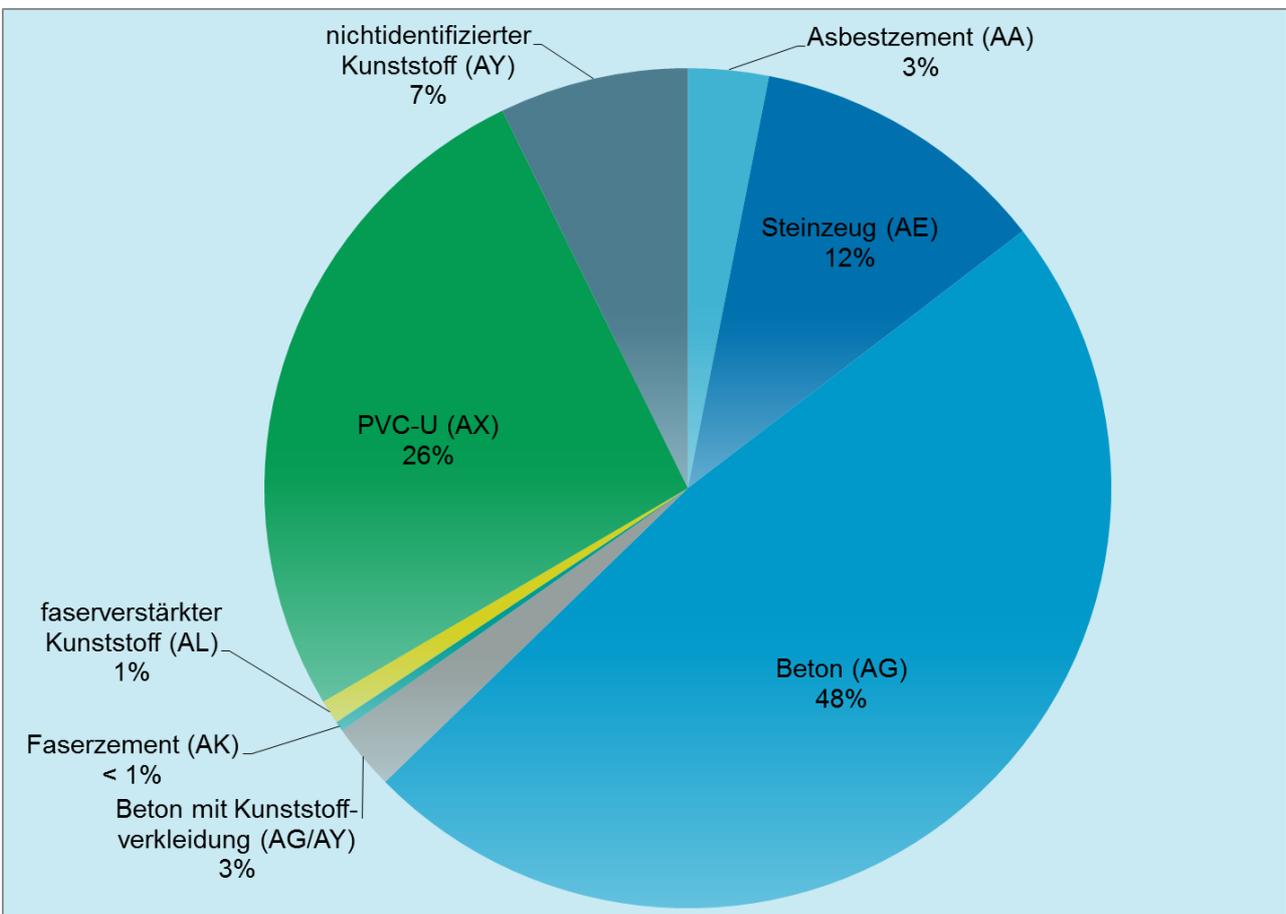


Abbildung 11 - Rohrmaterial

Bei der Einteilung der untersuchten Haltungen in biegeweiche Rohre (= faserverstärkter Kunststoff, PVC-U und nichtidentifizierter Kunststoff) und biegesteife Rohre (= Asbestzement, Steinzeug, Beton, Beton mit Kunststoffverkleidung und Faserzement) ergibt sich eine Aufteilung von 34 % : 66 % - siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

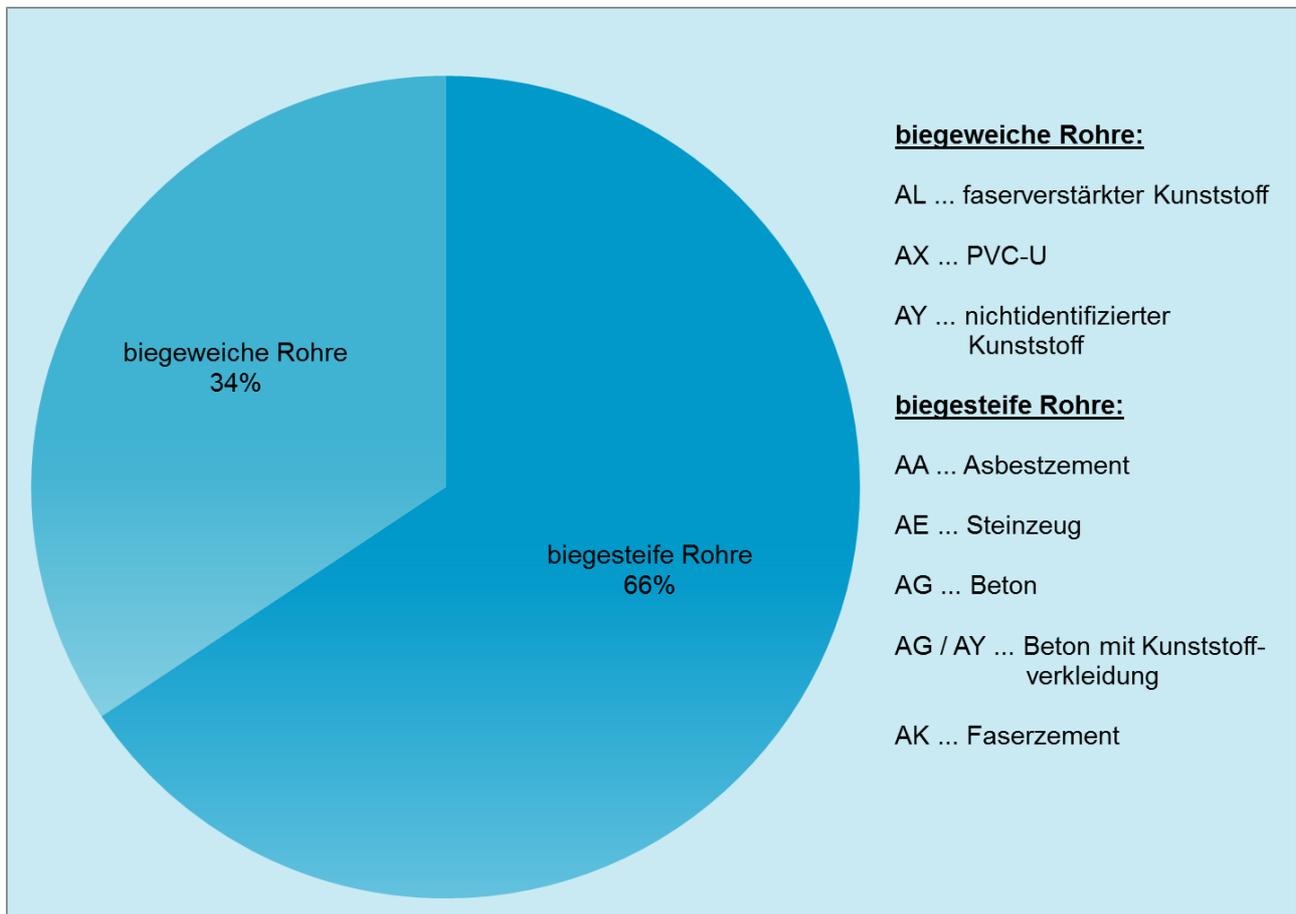


Abbildung 12 – Anteil biegeweiche / biegesteife Rohre

6 Ergebnisse

6.1 Ursache-Wirkungs-Analyse der in Kanälen auftretenden Schäden

Bei Analyse der Schäden aus der Fallstudie nach Schadensursache (siehe Kapitel 4.4) ergibt sich folgende Aufteilung (siehe Abbildung 13): Die größte Gruppe entfällt mit 55 % auf die Kategorie „Mangelnde Bauausführung im Bau oder Sanierung“. Mit 33 % ist die zweitgrößte Gruppe die Kategorie „Bau / stat. od. dyn. Belastung“. Bei dieser Gruppe kann nicht eindeutig festgestellt werden, ob die Schäden aufgrund von mangelnder Bauausführung oder aufgrund von statischer bzw. dynamischer Belastung infolge der Straßennutzung entstanden sind. 7 % bzw. 5 % der Schäden lassen sich auf die Abwasserqualität bzw. die Produktion zurückführen.

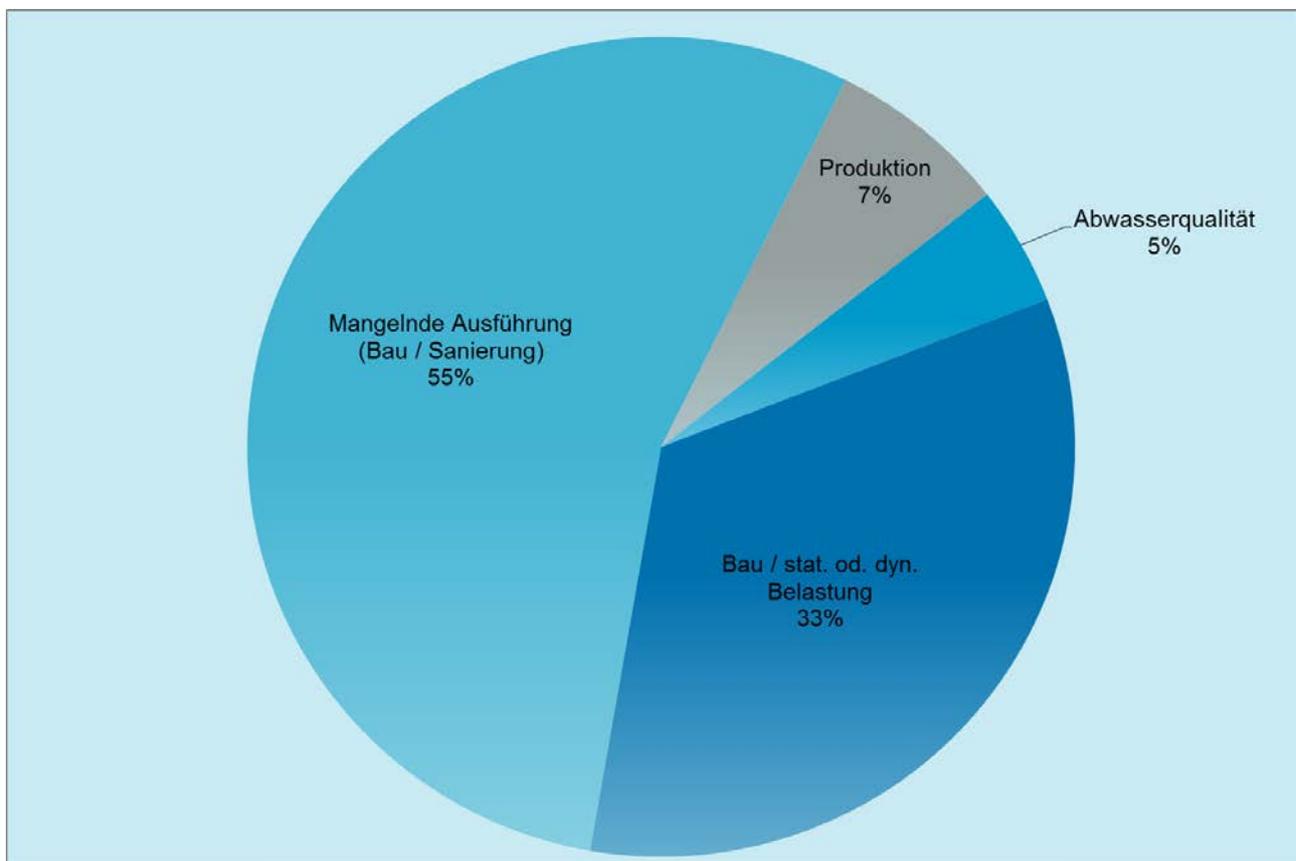


Abbildung 13 – Verteilung der Schäden nach den Ursachen

Um den nicht eindeutigen Bereich „Bau / stat. od. dyn. Belastung“ der einen oder anderen Schadensursache zuordnen zu können, sind zusätzliche Informationen, z. B. zur Oberflächennutzung, erforderlich. Zu diesem Zweck wurden die Straßennutzung sowie die Überdeckung jener Schäden miterfasst. Abbildung 14 zeigt die Straßennutzung jener Schäden, die dieser Kategorie zugeordnet wurden. Zu erkennen ist hier, dass mit 56 % der Hauptanteil der vorkommenden Schäden Straßen betrifft, die als Wohnstraße genutzt werden. Typische Wohnstraßen sind z. B. Straßenzüge bei Siedlungserweiterungen mit sehr geringem PKW-Verkehr.

22 % der Schäden befinden sich auf Landesstraßen, die einen hohen Anteil an PKW- und LKW-Verkehr aufweisen, und 2 % auf Bundesstraßen mit sehr hohem PKW- und LKW-Anteil. 4 % der Schäden entfallen auf Gehsteige, Radwege bzw. Parkwege mit keinem oder unbedeutendem PKW- bzw. LKW-Anteil. 16 % der Schäden lassen sich einer Grünfläche zuordnen.

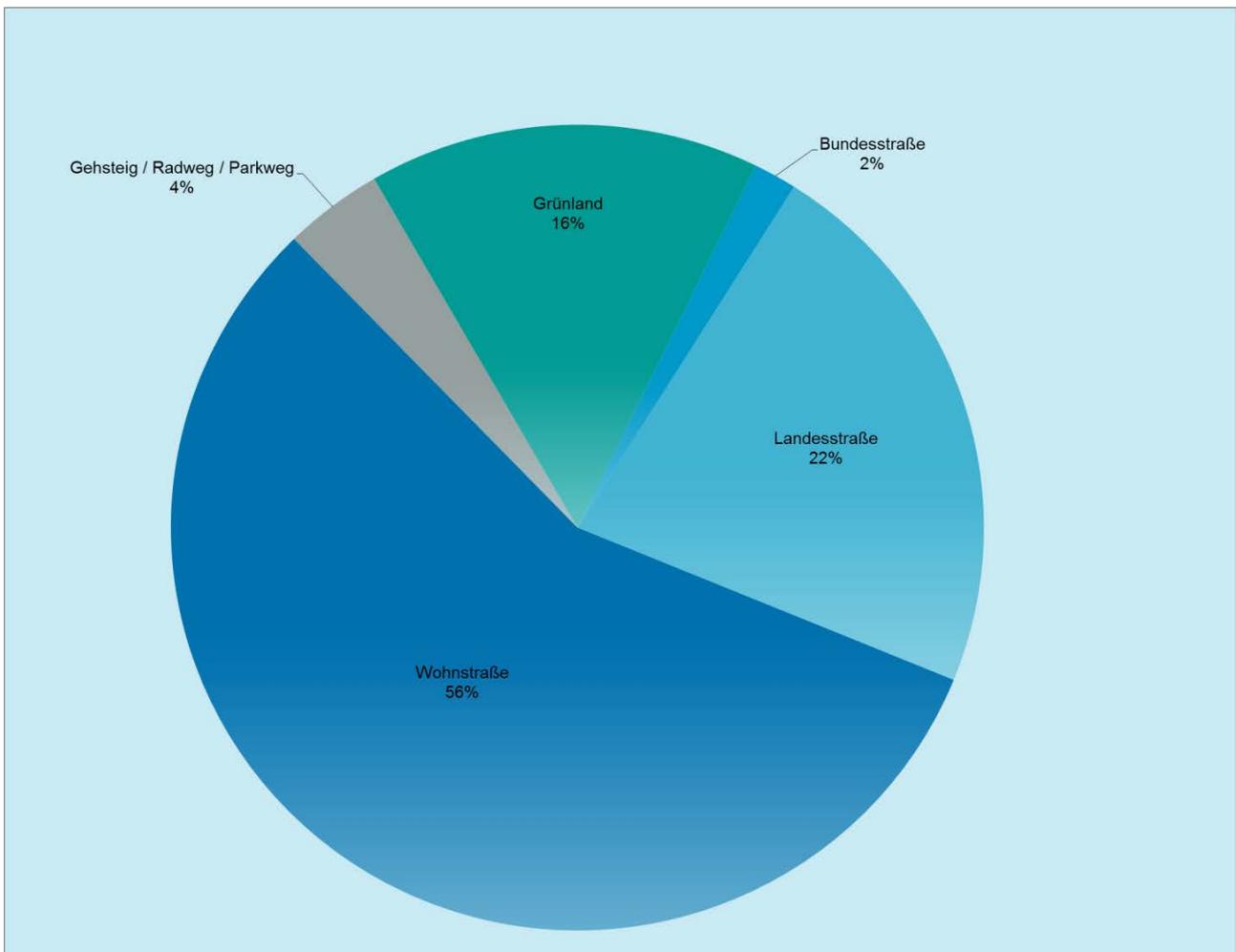


Abbildung 14 - Oberflächennutzung

Des Weiteren wurden die Überdeckungen zu den einzelnen Schäden analysiert (siehe Abbildung 15 bzw. Abbildung 16). Dabei wurden die Überdeckungen den Kategorien $\leq 1,5\text{m}$, $\leq 2,0\text{m}$, $\leq 2,5\text{m}$ und $\leq 4,0\text{m}$ zugeordnet.

Überdeckung $\leq 1,5\text{m}$:

In dieser Kategorie lassen sich 46 Zustände (= 48 %) Gebieten mit Grünland als Oberflächennutzung zuordnen. 7 Zustände (= 3 %) befinden sich in Gebieten mit einer Oberflächennutzung als Gehsteig, Rad- oder Parkweg.

Eine Oberflächennutzung als Wohnstraße mit geringem PKW- und LKW-Verkehr entfällt auf 34 Zustände (= 35 %).

9 Zustände (= 9%) betreffen Landesstraßen mit hohem PKW- und LKW-Anteil.

Zustände mit Überdeckungen $\leq 1,5\text{m}$ und einer Oberflächennutzung als Bundesstraße waren im Datenumfang nicht vorhanden.

Überdeckung $\leq 2,0\text{m}$:

In dieser Kategorie befinden sich 51 Zustände (= 25 %) in Gebieten mit Grünland als Oberflächennutzung. 7 Zustände (= 3 %) entfallen auf Gebiete mit einer Oberflächennutzung als Gehsteig, Rad- oder Parkweg.

Eine Oberflächennutzung als Wohnstraße mit geringem PKW- und LKW-Verkehr ist bei 109 Zuständen (= 53 %) der Fall.

34 Zustände (= 17%) lassen sich Landesstraßen mit hohem PKW- und LKW-Anteil zuordnen.

5 Zustände (= 2%) entfallen auf Bundesstraßen mit sehr hohem PKW- und LKW-Anteil.

Überdeckung ≤ 2,5m:

In dieser Kategorie lassen sich 51 Zustände (= 18 %) Gebieten mit Grünland als Oberflächennutzung zuordnen. 14 Zustände (= 5 %) befinden sich in Gebieten mit einer Oberflächennutzung als Gehsteig, Rad- oder Parkweg.

Eine Oberflächennutzung als Wohnstraße mit geringem PKW- und LKW-Verkehr ist bei 145 Zuständen (= 51 %) der Fall.

69 Zustände (= 24%) entfallen auf Landesstraßen mit hohem PKW- und LKW-Anteil.

5 Zustände (= 2%) betreffen Bundesstraßen mit sehr hohem PKW- und LKW-Anteil.

Überdeckung ≤ 4,0m:

In dieser Kategorie lassen sich 54 Zustände (= 16 %) Gebieten mit Grünland als Oberflächennutzung zuordnen. 16 Zustände (= 5 %) befinden sich in Gebieten mit einer Oberflächennutzung als Gehsteig, Rad- oder Parkweg.

Eine Oberflächennutzung als Wohnstraße mit geringem PKW- und LKW-Verkehr ist bei 166 Zuständen (= 50 %) der Fall.

90 Zustände (= 27%) betreffen Landesstraßen mit hohem PKW- und LKW-Anteil.

7 Zustände (= 2%) entfallen auf Bundesstraßen mit sehr hohem PKW- und LKW-Anteil.

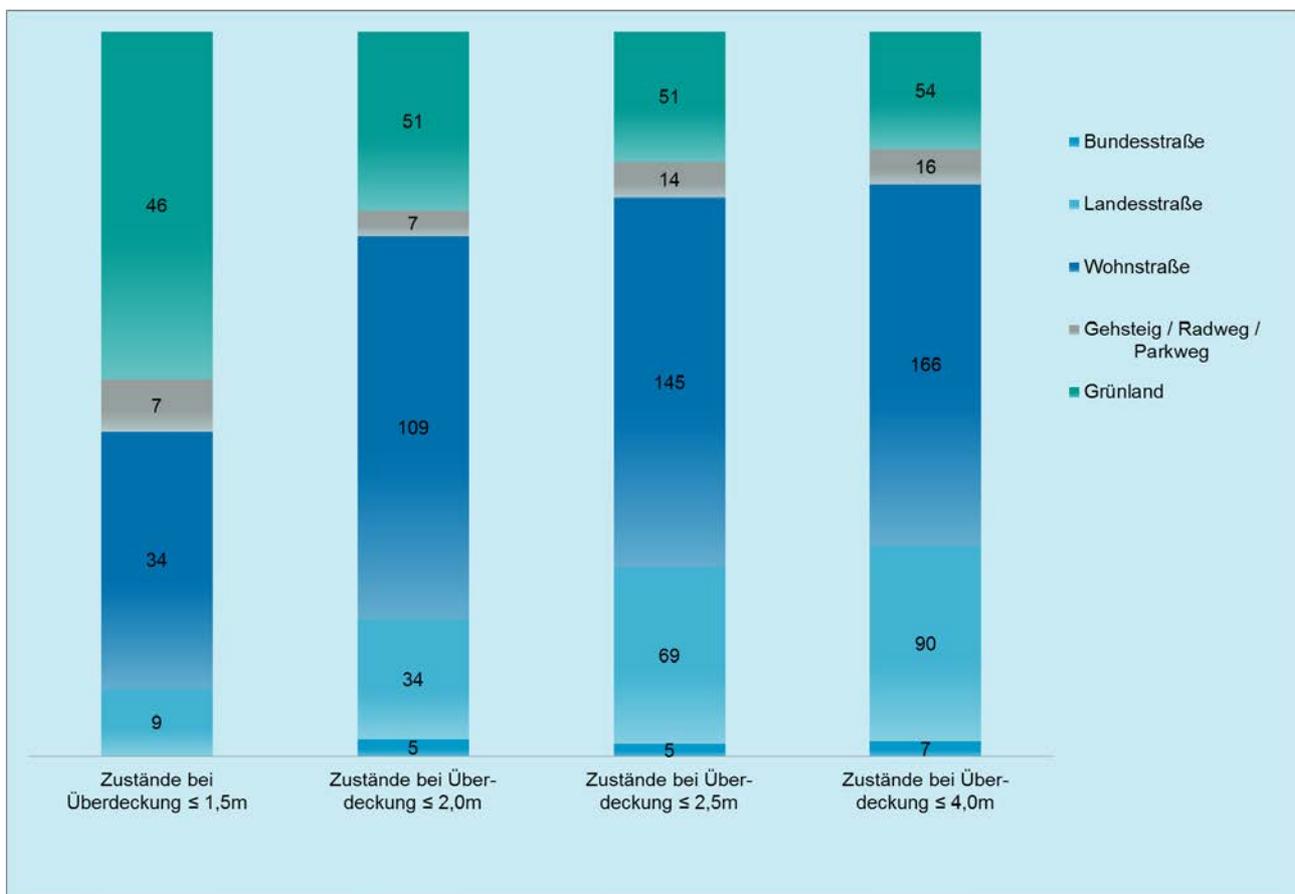


Abbildung 15 – Anzahl der Schäden nach unterschiedlichen Überdeckungshöhen

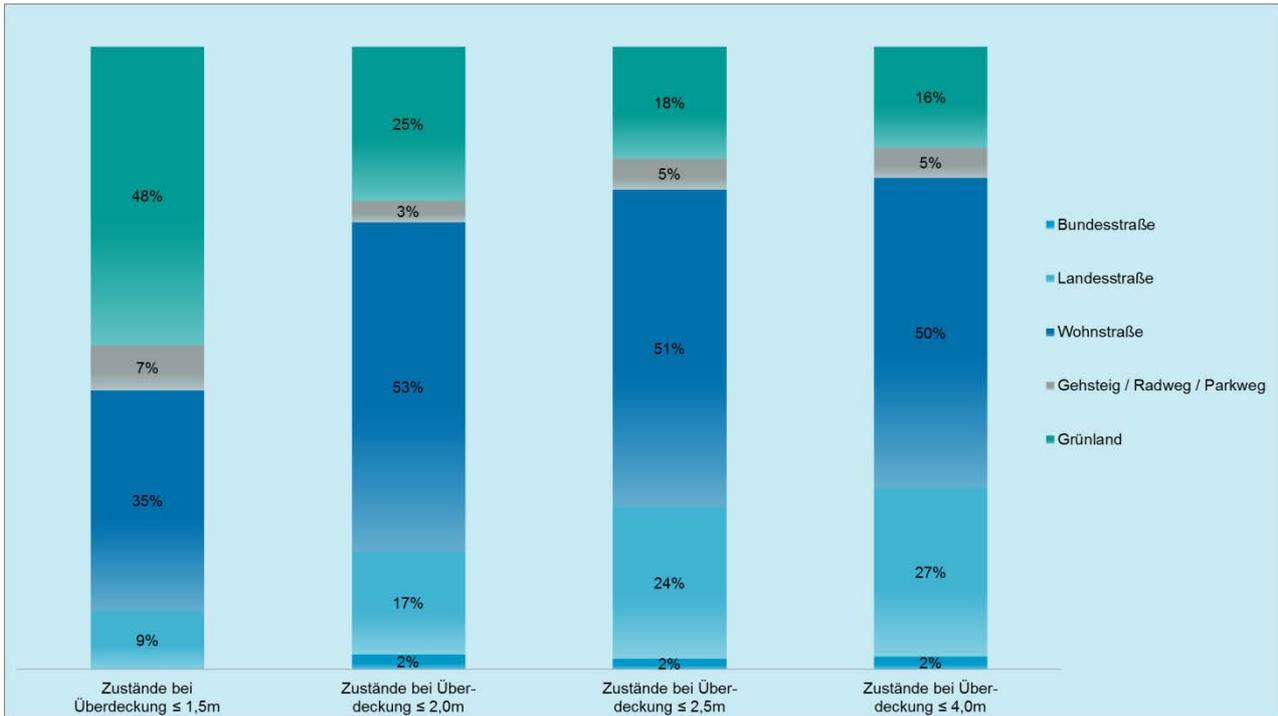


Abbildung 16 – Verteilung der Schäden nach unterschiedlichen Überdeckungshöhen

Wird die Oberflächennutzung ohne bzw. mit sehr geringem PKW- und LKW-Anteil (= Grundland und Gehsteig / Radweg / Parkweg) sowie mit PKW- und LKW-Anteil (= Wohnstraße, Landesstraße und Bundesstraße) getrennt betrachtet, so ergibt sich Abbildung 17. Zu erkennen ist hier, dass der Anteil an Gebieten mit PKW- und LKW-Nutzung an der Oberfläche zwischen 45% (bei Überdeckung ≤ 1,5m) und 79% (bei Überdeckung ≤ 4,0m) beträgt. Der Anteil an Gebieten ohne statische oder dynamische Beanspruchungen durch den PKW- bzw. LKW-Verkehr beträgt zwischen 55% (bei Überdeckung ≤ 1,5m) und 21% (bei Überdeckung ≤ 4,0m).

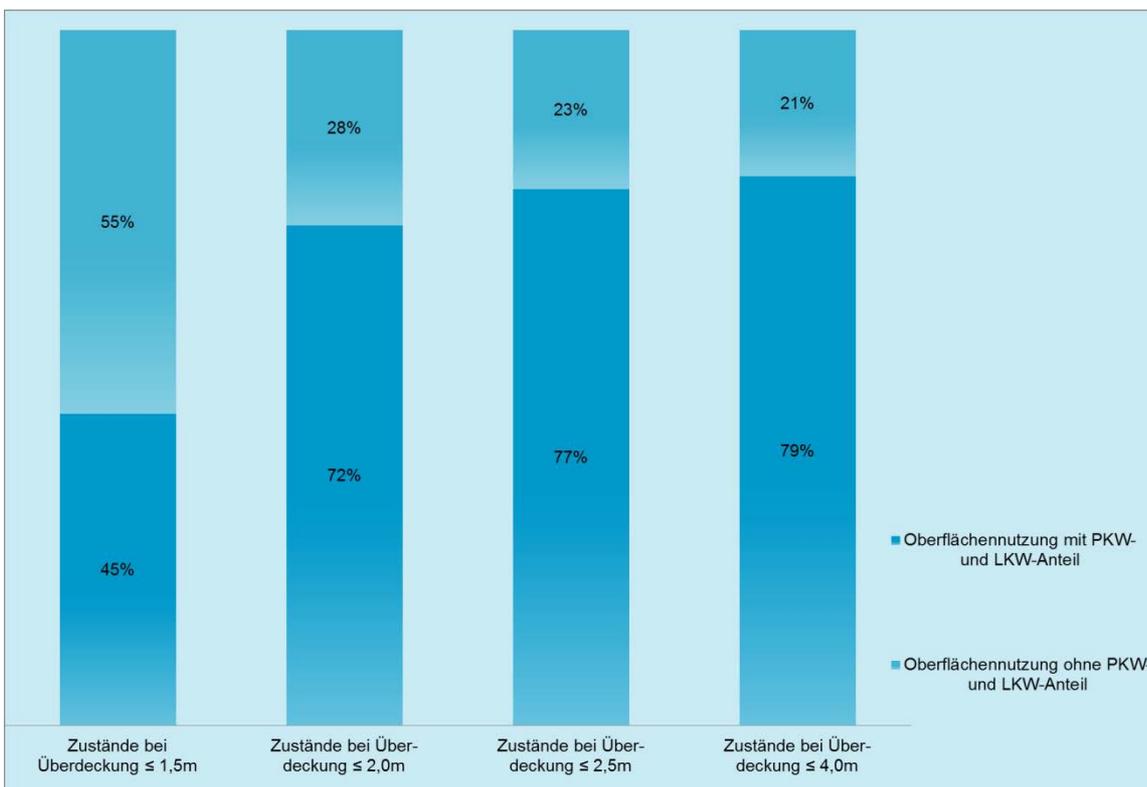


Abbildung 17 – Oberflächennutzung mit / ohne PKW- und LKW-Anteil nach unterschiedlichen Überdeckungshöhen

Werden die Datensätze, zu denen es keine Überdeckungshöhen gibt, entnommen, so ergibt sich Abbildung 18 bis Abbildung 21. Hier ist zu erkennen, dass der Anteil der mangelnden Ausführung bei Bau bzw. Sanierung zwischen 77% (bei Überdeckung $\leq 1,5\text{m}$) und 58% (bei Überdeckung $\leq 4,0\text{m}$) schwankt. Der Anteil der statischen oder dynamischen Belastung (Verkehrsbelastung) schwankt zwischen 3% (bei Überdeckung $\leq 1,5\text{m}$) und 22% (bei Überdeckung $\leq 4,0\text{m}$). Aufgrund der geringeren Datensätze erhöht sich der Anteil bei „Produktion“ sowie bei „Abwasserqualität“ von 7% auf 8% bzw. von 11% auf 12%.

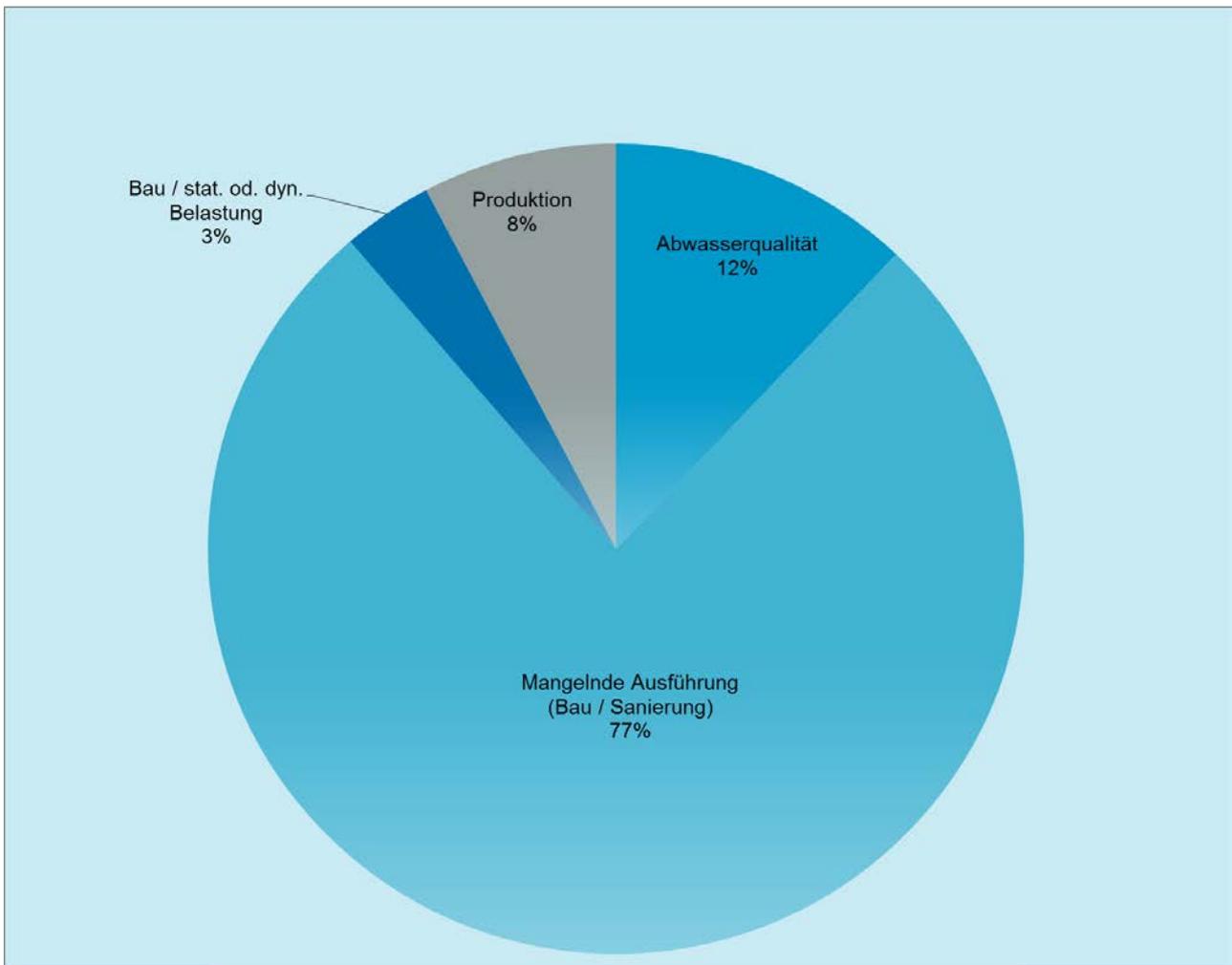


Abbildung 18 – Verteilung der Schäden nach Ursache bei Einfluss der Verkehrsbelastung bis Überdeckung $\leq 1,5\text{ m}$

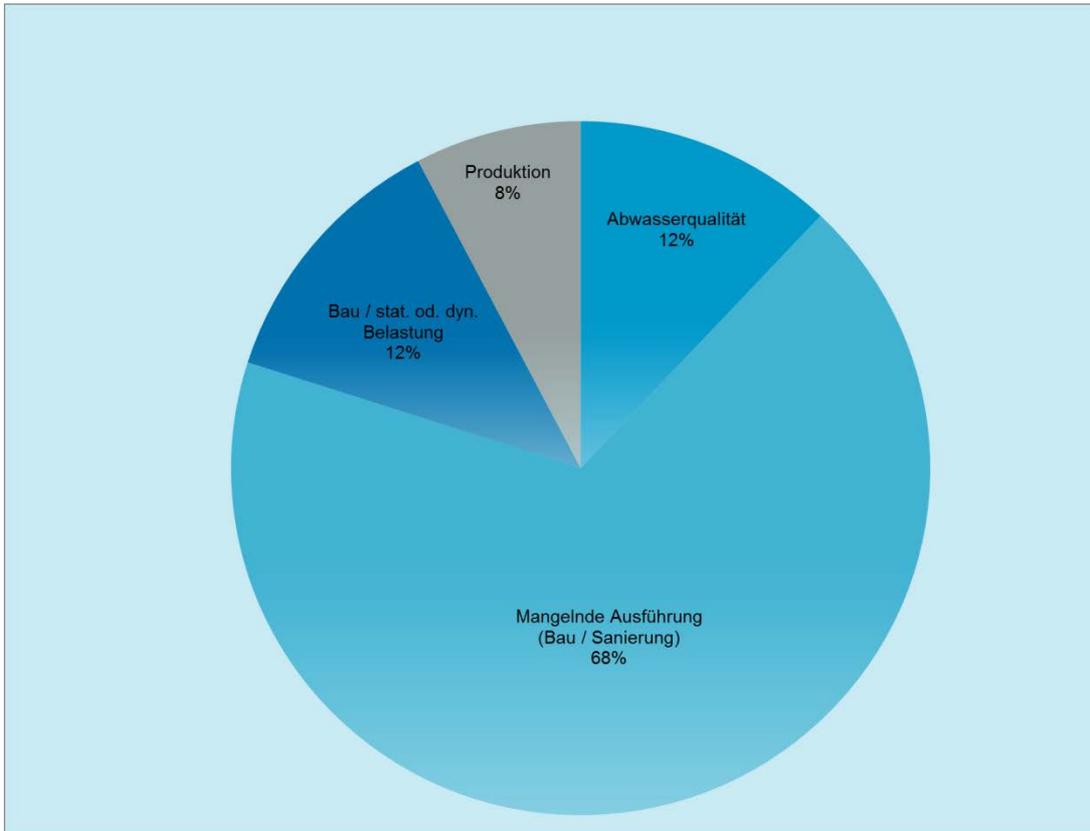


Abbildung 19 – Verteilung der Schäden nach Ursache bei Einfluss der Verkehrsbelastung bis Überdeckung $\leq 2,0$ m

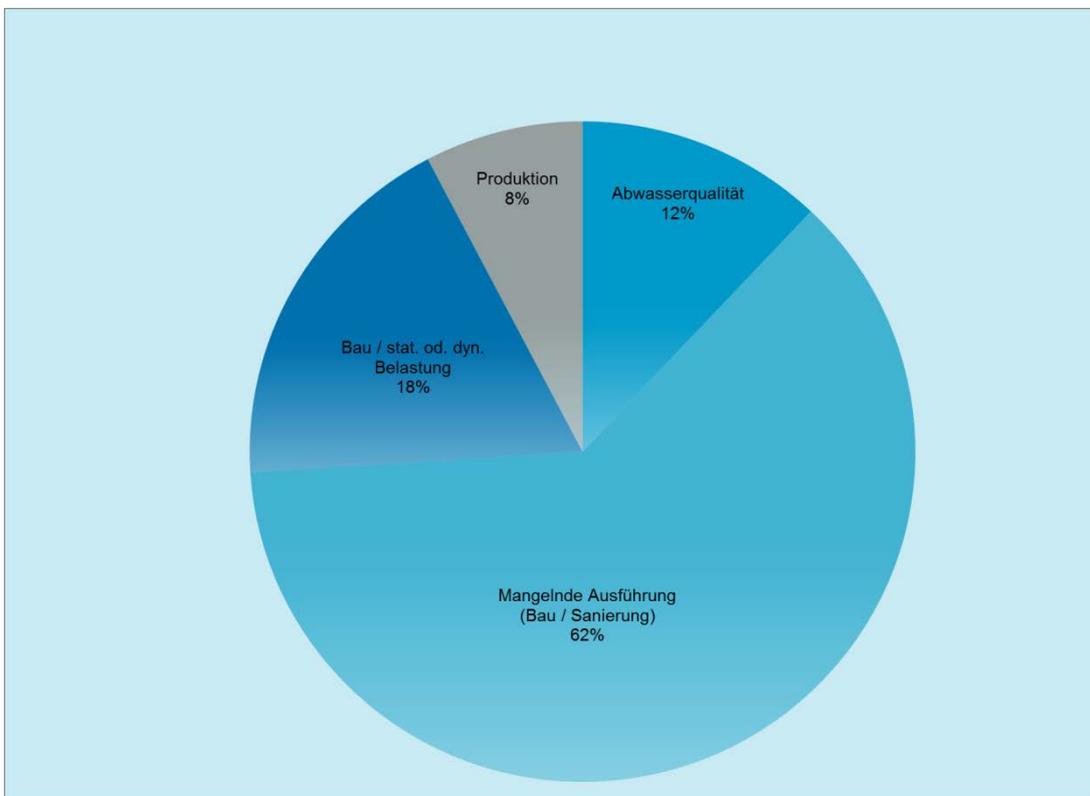


Abbildung 20 – Verteilung der Schäden nach Ursache bei Einfluss der Verkehrsbelastung bis Überdeckung $\leq 2,5$ m

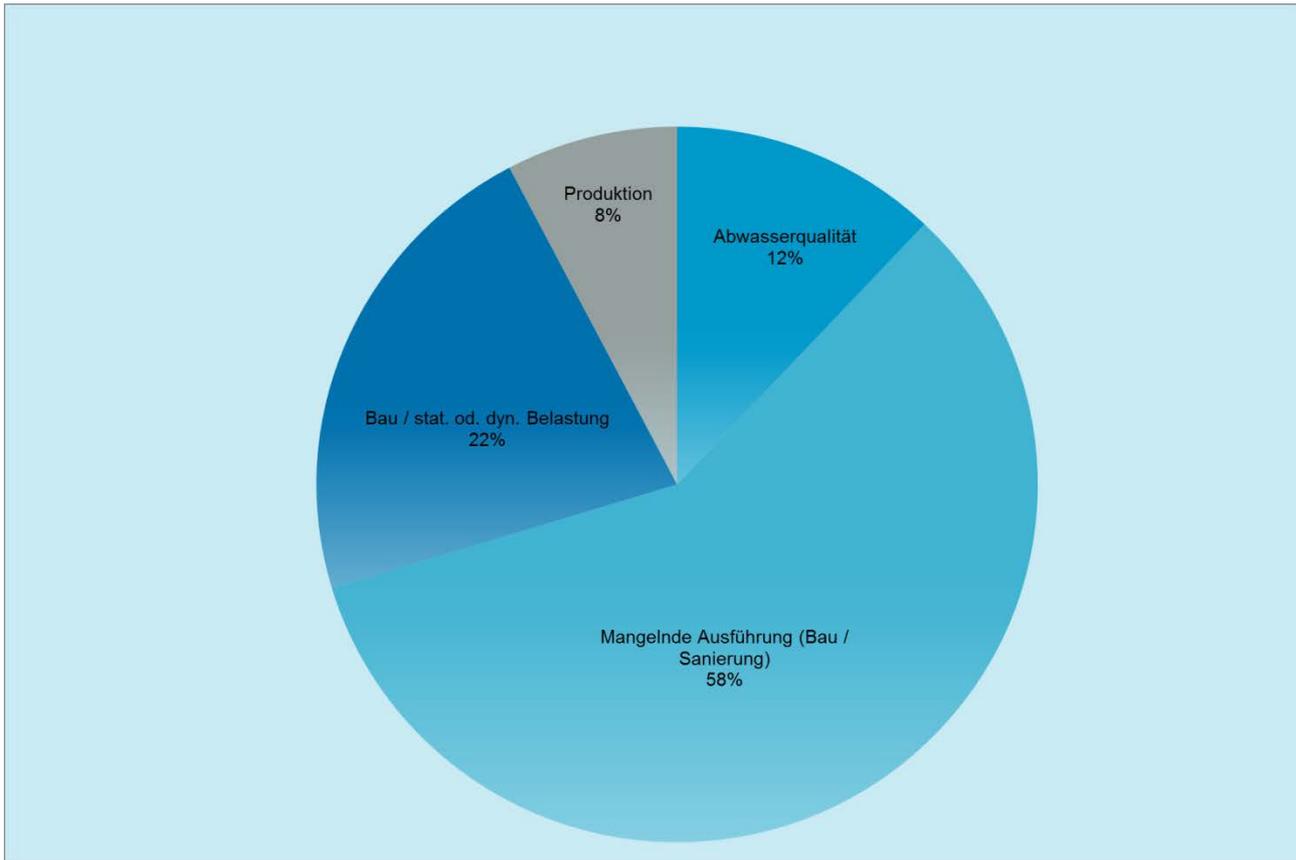


Abbildung 21 – Verteilung der Schäden nach Ursache bei Einfluss der Verkehrsbelastung bis Überdeckung ≤ 4,0 m

6.2 Schadensverteilung nach Material

In Kapitel 5 wurden die Rohrmaterialien der vorliegenden Fallstudie dokumentiert. Welche Schadensursachen welches Rohrmaterial betreffen, zeigt Abbildung 22. Hier ist zu erkennen, dass die Abwasserqualität den größten Einfluss beim Rohrmaterial Asbestzement (25%) hat, gefolgt vom Rohrmaterial Steinzeug (15%, Blasenbildung wahrscheinlich in Kombination mit Produktionsfehler), Beton (4%) und PVC-U (1%). Kein Einfluss der Abwasserqualität konnte bei den Rohrmaterialien Beton mit Kunststoffverkleidung, Faserzement, faserverstärkter Kunststoff sowie bei nichtidentifiziertem Kunststoff nachgewiesen werden.

Der höchste Anteil der Schadensursache „Mangelnde Ausführung Bau / Sanierung“ wurde mit 62% beim Rohrmaterial PVC-U festgestellt, gefolgt von den Rohrmaterialien Faserzement (60%), faserverstärkter Kunststoff (58%), Steinzeug (44%), Asbestzement (28%), Beton (21%), nichtidentifizierter Kunststoff (5%) und Beton mit Kunststoffverkleidung (3%).

„Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ als Schadensursache wurde bei den Rohrmaterialien nichtidentifizierter Kunststoff (95%), Beton mit Kunststoffverkleidung (73%), Beton (62%), Asbestzement (48%), faserverstärkter Kunststoff (42%), Steinzeug (40%), Faserzement (40%) und PVC-U (36%) festgestellt.

Die Schadensursache „Produktion“ betraf die Rohrmaterialien Beton mit Kunststoffverkleidung (24%), Beton (13%), Steinzeug (1%) und PVC-U (1%). Keinen Einfluss hatte diese Schadensursache bei den Rohrmaterialien Asbestzement, Faserzement, faserverstärkter Kunststoff und nichtidentifizierter Kunststoff.

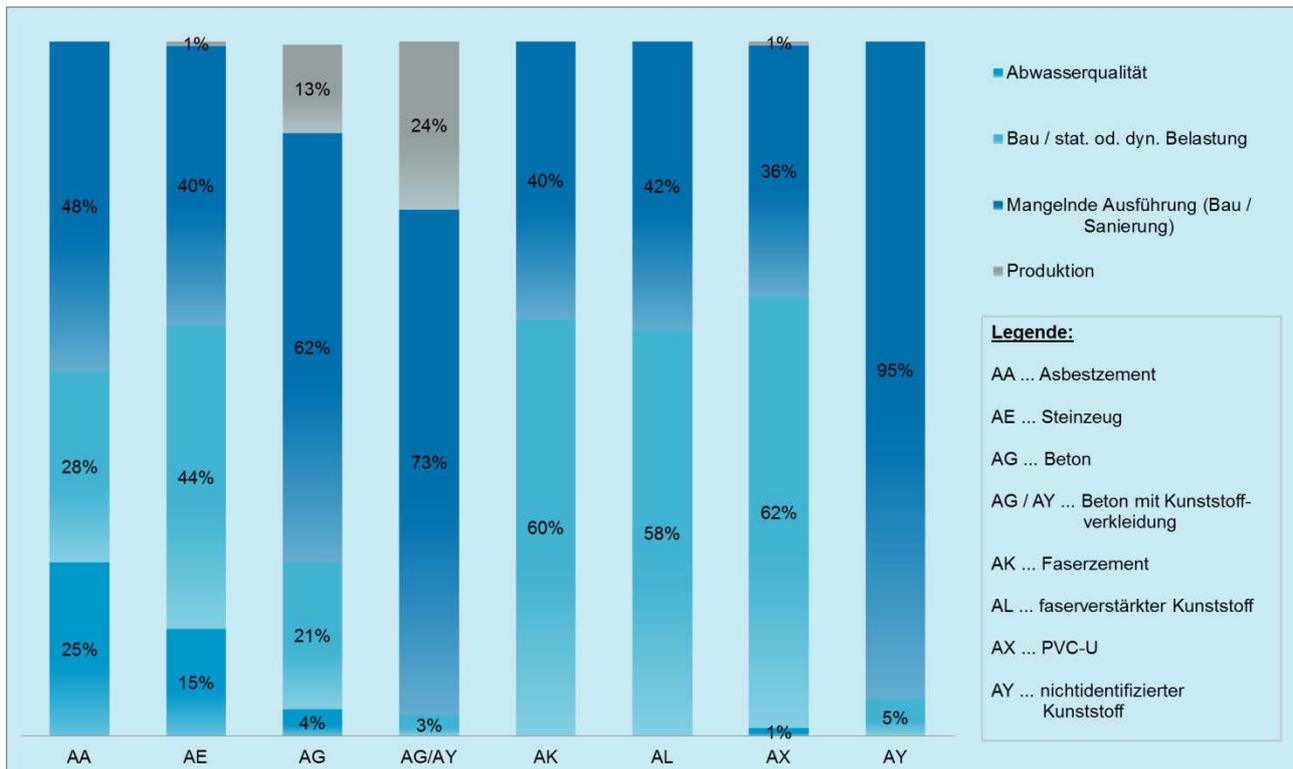


Abbildung 22 – Rohrmaterial vs. Schadensursache

Werden die Rohrmaterialien zusammengefasst in biegesteife Rohre (Asbestzement, Steinzeug, Beton, Beton mit Kunststoffverkleidung und Faserzement) und biegeweiche Rohre (faserverstärkter Kunststoff, PVC-U und nichtidentifizierter Kunststoff), so ergibt sich Abbildung 23. Hier ist ersichtlich, dass bei den biegesteifen Rohren folgende Schadensursachen in absteigender Reihenfolge auftreten: „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ (58%), „Bau / stat. od. dyn. Belastung“ (25%), „Produktion“ (10%) und „Abwasserqualität“ (7%).

Bei den biegeweichen Rohren haben die Schadensursache „Bau / stat. od. dyn. Belastung“ mit 50% und „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ mit 49% fast den gleichen Anteil. Ein marginaler Anteil von 1% entfällt auf die Schadensursache „Abwasserqualität“. Die Schadensursache „Produktion“ konnte bei den biegeweichen Rohren nicht festgestellt werden.

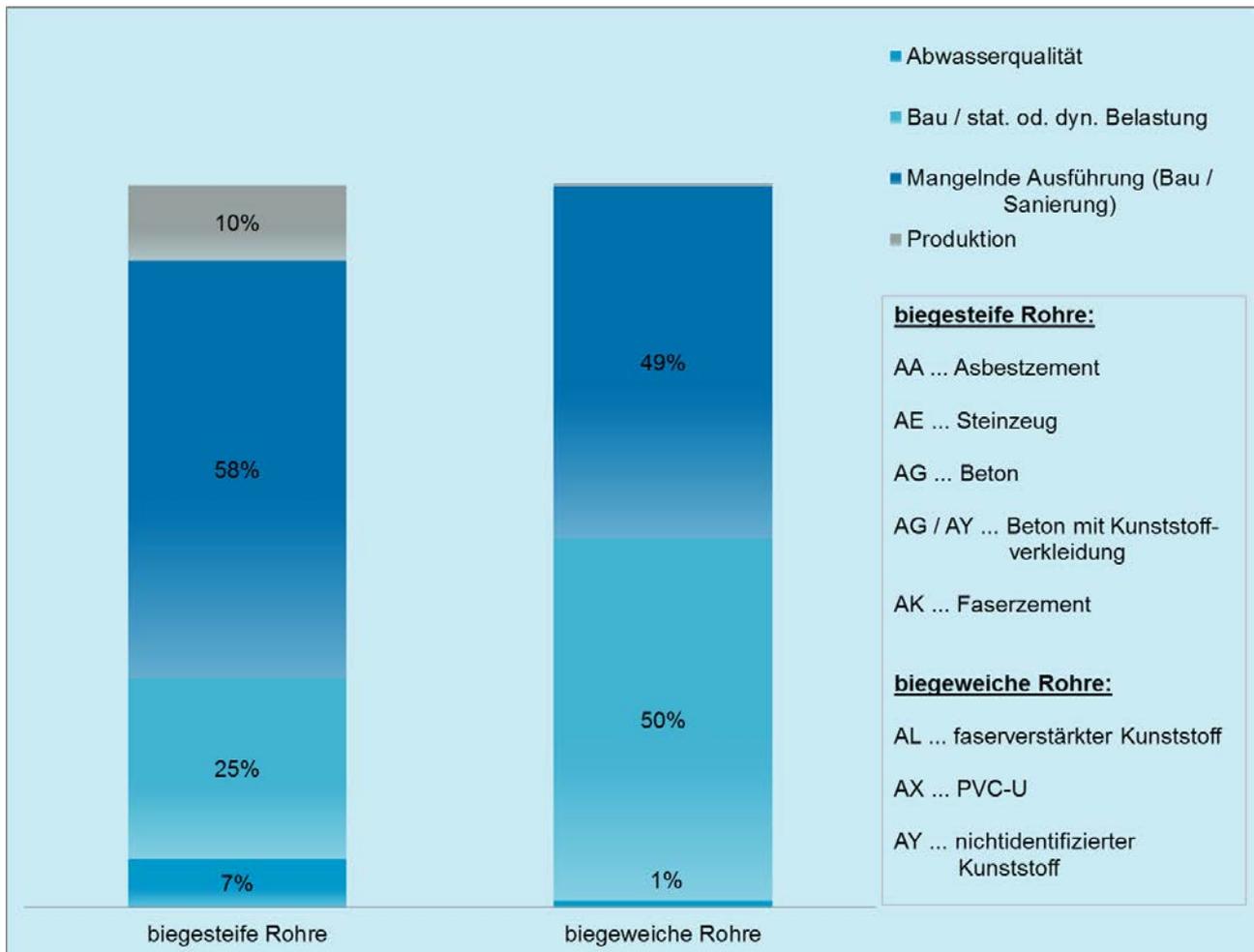


Abbildung 23 – biegesteife / biegeweiche Rohre vs. Schadensursache

6.3 Zuordnung der vorgefundenen Schäden nach der Entstehungsphase

Bei Betrachtung der vorgefundenen Schäden nach der Entstehungsphase (siehe auch Kapitel 4.4) ergibt sich Abbildung 24. Zu erkennen ist hier, dass die meisten Schäden in der Betriebsphase (28%) entstehen. Nicht eindeutig zuordnen lassen sich jene Schäden, die sowohl in der Bauphase als auch in der Betriebsphase entstehen können. Dieser Bereich entspricht 25% der Schäden. Auf Schäden, die in der Bauphase entstehen, entfallen 23%. Schäden durch nachträgliche Anpassung machen 13% aus. Einen marginalen Anteil nehmen die Kategorien „vor Bauphase“ mit 3%, „Sanierung = Bauphase“ mit 1% und „Dritte“ mit < 1% ein.

Somit kann der Hauptanteil der Schäden zu fast gleichen Teilen der Betriebsphase (28%) bzw. der Bauphase (23%) zugeordnet werden.

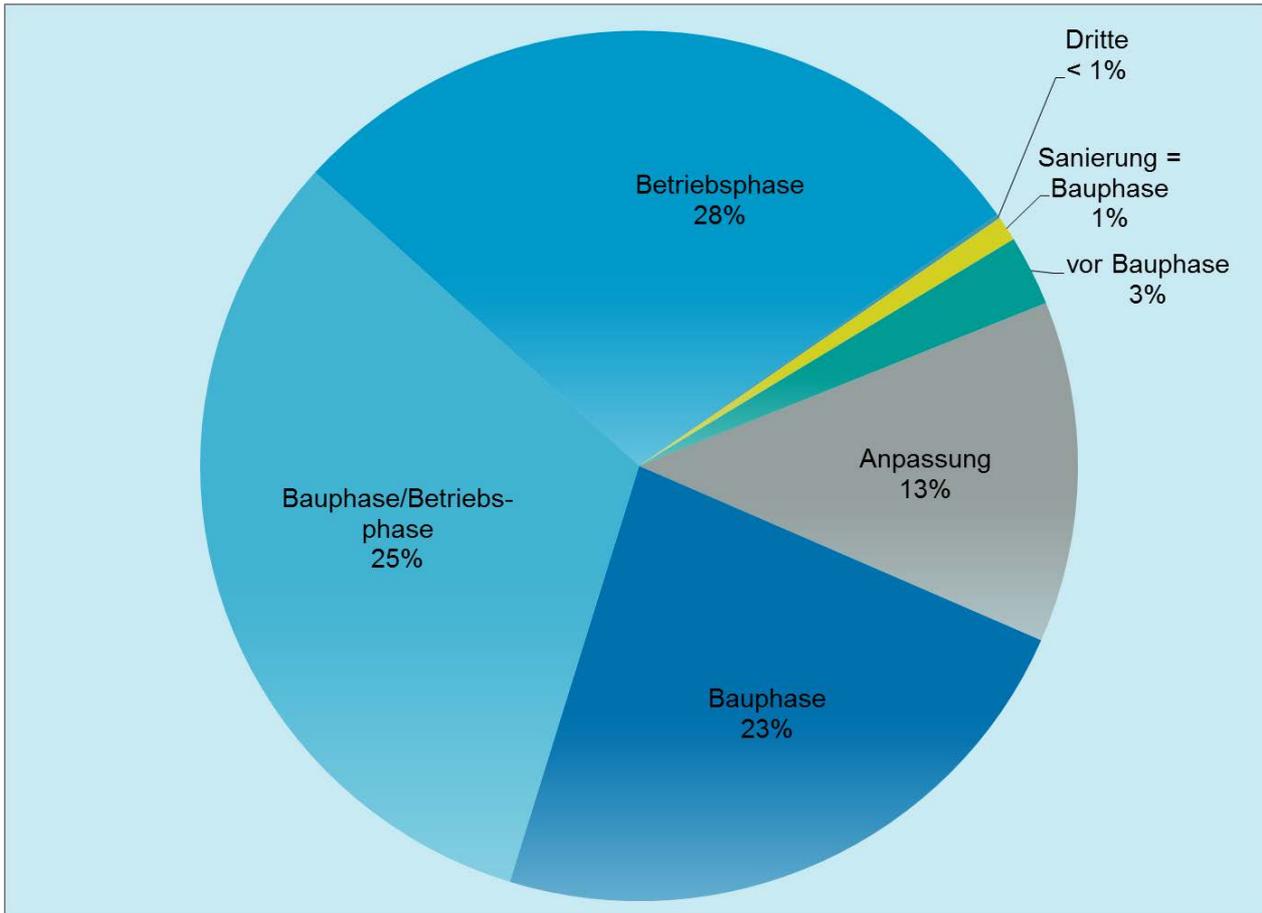


Abbildung 24 - Zuordnung der Schäden nach Entstehungsphase

6.4 Zuordnung der Schäden nach Schutzziel

Bei Einteilung der vorgefundenen Schäden nach dem Schutzziel (siehe auch Kapitel 6.4) ergibt sich Abbildung 25. Zu erkennen ist hier, dass mit 45% die meisten Schäden das Schutzziel „Undichtheit“ betreffen und somit mögliche negative Umweltbeeinträchtigungen nach sich ziehen können. Auf das Schutzziel „Betriebssicherheit“ entfallen 32% bzw. auf das Schutzziel „Standsicherheit“ 23% aller Schäden.

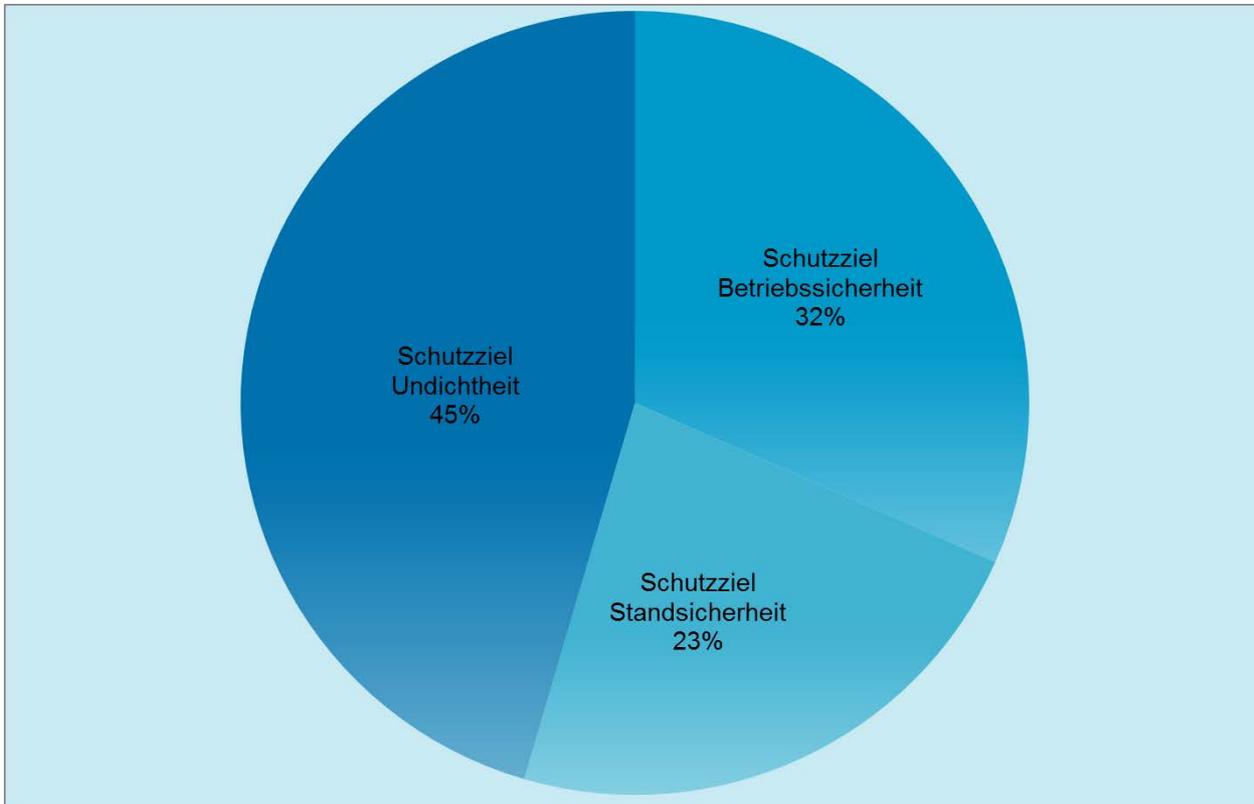


Abbildung 25 - Zuordnung der Schäden nach Schutzziel



7 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Folgende Schlussfolgerungen lassen sich anhand der Ergebnisse aufbauend auf der gewählten Methodik beschreiben:

- Anhand der Auswertungen nach der Ursache der Schäden lässt sich primär folgern, wie diese Schäden zu verhindern sind – Folgerungen für Qualitätsaspekte bei Bau, Adaptierung und Sanierung
- Anhand der Auswertungen nach der Entstehungsphase lässt sich folgern wann bestimmte Schäden zu entdecken sind und damit können Hinweise zur Inspektionsstrategie gegeben werden
- Anhand der Auswirkungen auf die Schutzziele lassen sich Prioritäten zu den Sanierungsmassnahmen folgern

Generell kann die entwickelte Methodik von jedem Kanalisationsunternehmen auf die Schäden seines Kanalnetzes angewendet werden, insbesondere wenn die Zustandsbeschreibung anhand der ÖNORM EN 13508-2 gemacht wurde.

7.1 Schlussfolgerungen zum angestrebten Vergleich der Instandhaltungsstrategien

Der ursprüngliche methodische Ansatz beruhte darauf, dass die Instandhaltungsstrategien verschiedener Kanalisationsunternehmen anhand der vorliegenden Betriebsaufzeichnungen analysiert und in kurative, proaktive und selektive Strategien eingeteilt werden. Anhand mehrerer Beispielnetze sollten die Auswirkungen verschiedener Instandhaltungsstrategien aufgezeigt werden.

Dieser methodische Ansatz war aus 2 Gründen nicht haltbar:

A) die historische Betriebsdaten bezüglich Reinigung und Inspektion waren trotz mündlicher Zusagen nicht in einer bearbeitbaren Form verfügbar. Daher konnte keine wissenschaftliche nachvollziehbare Einteilung der Instandhaltungsstrategien der Betreiber gemacht werden.

B) die Zustandsdaten im historischen Verlauf sind aufgrund der Unsicherheit in der Zustandserfassung nicht untereinander vergleichbar (sh. Dirksen et al., 2011). Um die Zustandsveränderung der Kanalnetze beurteilen zu können, sollte die Arbeit einerseits auf „alten“ und andererseits auf „neuen“ Inspektionsdaten beruhen. Die bisher gesammelte Erfahrung zeigt, dass TV-Inspektoren in den 1990er-Jahren, aber auch noch zu Beginn des neuen Jahrtausends relativ wenige Zustände aufgezeichnet, bzw. erfasst haben und dadurch der unmittelbare Vergleich mit den „neuen“ Zustandsdaten nur sehr bedingt möglich ist. Durch die wesentlich genauere TV-Inspektion in den letzten Jahren würde unvermeidbar der Eindruck entstehen, dass sich jedes System verschlechtert hat.

Aufgrund der obigen Schwierigkeiten wurde die Methodik abgeändert.

Im Vordergrund steht nun die Analyse der überprüften Zustandsdaten unabhängig von der bisherigen Instandhaltungsstrategie des Betreibers.

Die angewandte Methodik wählt nun den umgekehrten Ansatz, dass die Zustände derart ausgewertet werden, dass anhand der Ursachen, der Entstehungsphase und der Auswirkung auf die Schutzziele ein Rückschluss auf die optimale Instandhaltungsstrategie gemacht werden kann.

7.2 Schlussfolgerungen basierend auf der Verteilung der Schäden nach ihren Ursachen

Durch die Ursache-Wirkungs-Analyse in Kapitel 6.1 konnte gezeigt werden, dass die meisten Schäden beim Bau entstehen. Der Anteil an Schäden, die durch den Bau verursacht werden, beläuft sich auf 58% (bei Überdeckung $\leq 4,0\text{m}$) bis 77% (bei Überdeckung $\leq 1,5\text{m}$). Nicht eindeutig ist jedoch jener Anteil an Schäden, der entweder beim Bau oder durch statische bzw. dynamische Belastung (Verkehrsbelastung) entstanden sein könnte. Dieser Anteil beträgt im bestem Fall 3%, wenn angenommen wird, dass die Verkehrsbelastung nur bis max. 1,5m einen Einfluss auf das Rohrmaterial hat bzw. im schlechtesten Fall 22%, wenn ein Einfluss bis max. 4,0m angenommen wird. Im Gegenzug vergrößert bzw. verkleinert sich der Bereich „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ von 77% bzw. auf 58%, wenn angenommen wird, dass jene Schäden nicht durch die Verkehrsbelastung, sondern beim Bau zustande gekommen sind.

Gänzlich ausgeschlossen werden konnte mit der Analyse, dass Schäden im Kanalrohr, bei denen die Oberfläche entweder als Grünfläche bzw. Gehsteig / Radweg / Parkweg genutzt wird, durch die Oberflächenbelastung verursacht wurden. Dadurch vergrößert sich der Bereich „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ von anfänglich 55% in Abbildung 13 auf mindestens 58% in Abbildung 30.

Bei Mitbetrachtung des Rohrmaterials (siehe Kapitel 6.2) erkennt man, dass bei biegesteifen Rohrmaterialien 58% der Schäden auf die Ursache „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ entfallen, während dieser Anteil bei biegeweichen Rohrmaterialien 49% beträgt (siehe Abbildung 23). Werden die einzelnen Rohrmaterialien separat betrachtet, dann sind vor allem die Materialien nichtidentifizierter Kunststoff (95%), Beton mit Kunststoffverkleidung (73%) und Beton (62%) von dieser Schadensursache betroffen. Auffallend ist, dass gerade beim Rohrmaterial „nicht identifizierter Kunststoff“ 95% der Schäden auf diese Ursache zurückzuführen sind. Hier kann angenommen werden, dass diese Schadensursache nur ein KU im Speziellen betrifft und der Wert somit nicht repräsentativ ist. Diese Annahme wird auch durch die Auswertung der anderen biegeweichen Rohrmaterialien faserverstärkter Kunststoff und PVC-U unterstützt, bei denen die Schadensursache „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ mit 40% bzw. 42% einen erheblich niedrigeren Anteil aufweist.

Des weiteren auffallend ist bei den Betonmaterialien, dass diese für in Produktion aufgetretene Fehler anfällig sind (24% bei Beton mit Kunststoffverkleidung bzw. 13% bei Beton). Solche Produktionsfehler werden häufig erst bei in Betrieb befindlichen Kanälen entdeckt, da sich diese Schadensursache bei der Verlegung der Rohre nur sehr schwer feststellen lässt.

Weiters auffallend ist, dass der Einfluss der Abwasserqualität am stärksten das Rohrmaterial Asbestzement (25%) betrifft, gefolgt von den Rohrmaterialien Steinzeug (15%) und Beton (4%). Erwartungsgemäß sind biegeweiche Rohrmaterialien beständiger bei veränderlicher Abwasserqualität.

Die Hauptschadensursache bei biegeweichen Rohren entfällt auf die Kategorie „Bau / stat. od. dyn. Belastung“ (62% bei PVC-U bzw. 58% bei faserverstärktem Kunststoff). Bei diesem Rohrmaterial kann nicht eindeutig festgestellt werden, welche Schadensursache den dominierenden Einfluss hat.



7.3 Schlussfolgerungen aufgrund der Verteilung der Schäden nach ihrer Entstehungsphase (Bauphase, Anpassungen, Betriebsphase)

Das Ergebnis belegt, dass die meisten Schäden (zwischen 58% und 72% - siehe Kapitel 7.1) schon beim Bau verursacht werden. Weiters zeigt sich, dass 28% der Schäden in der Betriebsphase entstehen (siehe Kapitel 6.3), wobei angenommen werden kann, dass dieser Bereich noch wesentlich größer ist, da sich die Schäden in der Kategorie „Bauphase / Betriebsphase“ nicht eindeutig einer Ursache bzw. Entstehungsphase zuordnen lassen. Schäden, die dieser Kategorie zugerechnet wurden, sind Deformationen, Risse, Rohrbrüche, Verschiebungen und Verwinkelungen („Rohrsenken“). Diese Schäden könnten einerseits durch mangelhafte Bauausführung entstanden sein oder auch durch die Verkehrsbelastung an der Oberfläche. Nähere Details dazu sind in Kapitel 6.1 bzw. in Kapitel 1.1 ausgeführt.

Hauptschäden, die in der Betriebsphase entstehen, sind Oberflächenschäden aufgrund von Abwasser sowie Undichtheiten, eindringende Wurzeln und Inkrustationen. Zumeist sind in der Betriebsphase entstandene Schäden sogenannte „sekundäre Schäden“, da diese einen „primären Schaden“, wie z. B. Risse, Rohrbrüche, Verschiebungen etc., erfordern. Gerade diese „sekundären Schäden“, die in der Betriebsphase entstehen, können zumeist sehr gut mit Hilfe eines elektronischen Spiegels erfasst werden.

Schäden durch Anpassungsmassnahmen am Kanal, z. B. durch Einbindung nachträglicher Hausanschlüsse, betragen 13 %. Typische Beispiele sind hier einragende und unvollständig eingebundene Anschlüsse. Diese Schäden könnten durch verstärkte Abnahmekontrolle bzw. Inspektion vermieden werden.

Die meisten Schäden, die in der Bau- oder Betriebsphase und bei der Anpassung entstehen, können mittels Inspektion identifiziert und frühzeitig erfasst werden. Eine einfache und schnelle Methode für den KU bietet hier ein elektronischer Spiegel oder eine Schacht-Zoom-Kamera (siehe Kapitel 7.4).

7.4 Schlussfolgerungen zur Verteilung der Schäden anhand der Auswirkung auf die Schutzziele der Entwässerungssysteme

Die meisten Schäden am Kanalrohr wirken sich auf das Schutzziel Undichtheit aus (entsprechend einem Anteil von 45%). Durch undichte Kanalsysteme kann sowohl Abwasser in den Untergrund exfiltrieren als auch Grundwasser in das System infiltrieren. Der Anteil der Schäden in Bezug auf die beiden anderen Schutzziele beträgt bei Betriebssicherheit 32% und bei Standsicherheit 23%.

Die drei Schutzziele Undichtheit, Betriebssicherheit und Standsicherheit sind eng miteinander verbunden. Dies ist leicht daran zu erkennen, dass die einzelnen Schäden, wie z. B. Risse, Rohrbrüche oder Versätze, zumeist in Kombination mit anderen Schäden, wie z. B. Infiltrationen, Inkrustationen, Boden sichtbar etc., auftreten. Daher wird oft von primären Schäden (das sind die ursächlichen Schäden) und sekundären Schäden (jene die als Folge der primären Schäden entstehen) gesprochen. Zur Veranschaulichung, wie eng diese drei Schutzziele miteinander verbunden sind, folgen zwei Beispiele:

Beispiel 1 - Wurzeleinwuchs:

In der Abbildung 28 sieht man einen Wurzeleinwuchs an einer Rohrverbindung. Dieser Wurzeleinwuchs verengt den Rohrquerschnitt um ca. 50%, sodass bei Vollfüllung des Abwasserrohres nicht der gesamte Querschnitt zur Verfügung steht. Der vorliegende Wurzeleinwuchs wurde erst durch einen Riss möglich, der

entweder beim Bau oder durch statische bzw. dynamische Belastung an der Oberfläche entstanden ist. Darüber hinaus erkennt man am Rohrscheitel Feuchtigkeit, ersichtlich durch den Farbwechsel.

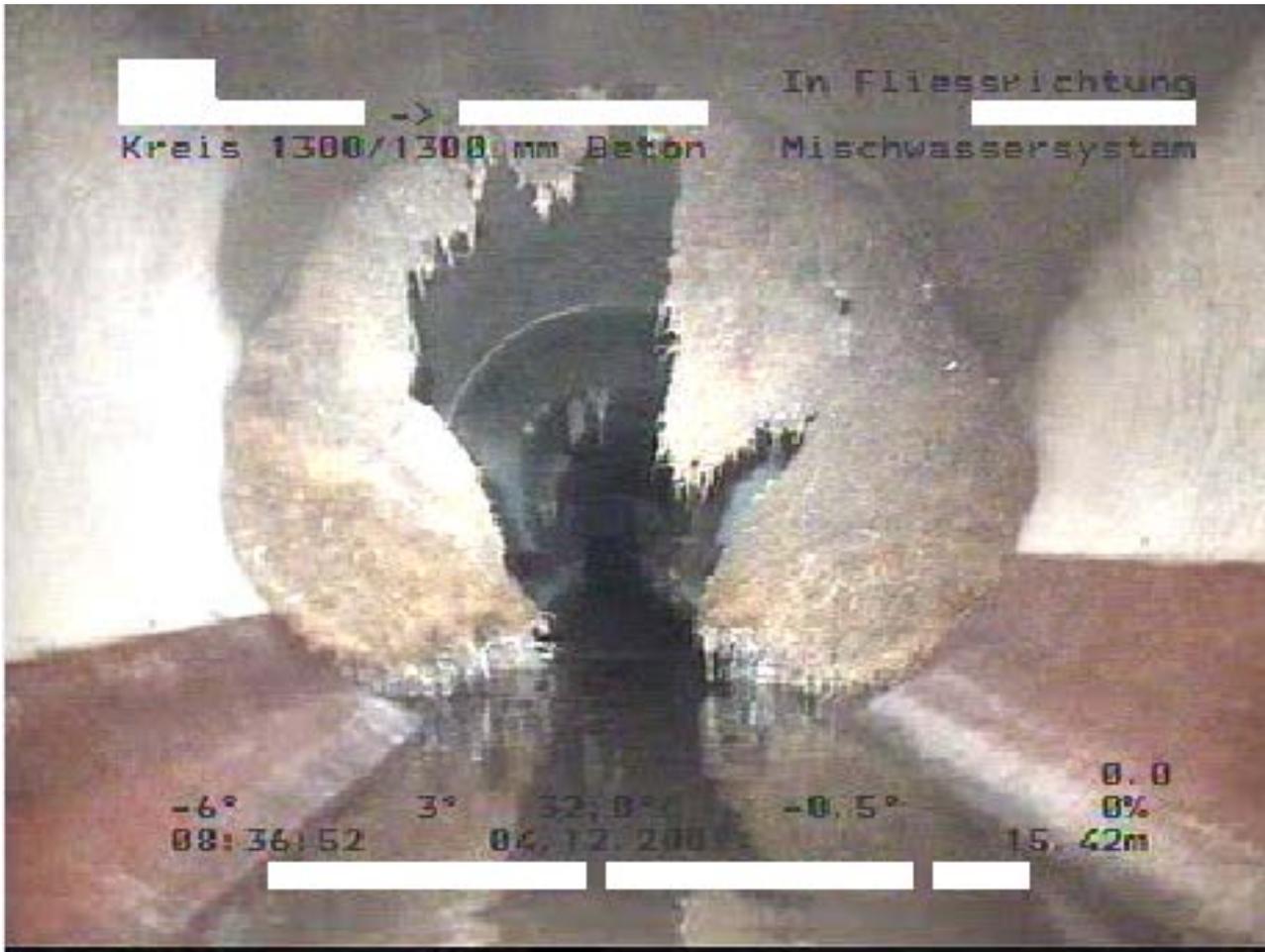


Abbildung 26 – Beispielbild zu Wurzeleinwuchs

Schadensbeschreibung zur Abbildung 28:

Querriss (primäre Schaden) → Auswirkungen auf Standsicherheit + Undichtheit

Wurzeleinwuchs (1. sekundäre Schaden) → Auswirkungen auf Betriebssicherheit

Feuchtigkeit sichtbar (2. Sekundäre Schaden) → Auswirkungen auf Undichtheit

Der Querriss mit Wurzeleinwuchs hat somit Auswirkungen auf die Schutzziele Standsicherheit, Betriebssicherheit und Undichtheit.

Beispiel 2 – vertikaler Versatz:

In der Abbildung 27 erkennt man einen vertikalen Versatz sowie eindringenden Boden. Ursache des vertikalen Versatzes ist die mangelnde Bauausführung. Leicht zu erkennen wäre dieser Schaden z. B. mittels elektronischem Spiegel (Schacht-Zoom-Kamera) - siehe Kapitel 7.4.



Abbildung 27 – Beispielbild zum horizontalen Versatz

Schadensbeschreibung zu Abbildung 27:

Horizontaler Versatz (primäre Schaden) → Auswirkungen auf Betriebssicherheit + Undichtheit

Boden sichtbar (sekundäre Schaden) → Auswirkungen auf Undichtheit

Der horizontale Versatz mit eindringendem Boden hat Auswirkungen auf die Schutzziele Betriebssicherheit und Undichtheit.

7.5 Vermeidung von auftretenden Schäden und deren Auswirkungen

Um Schäden in der Bau-, Betriebs- oder Anpassungsphase zu vermeiden bzw. frühzeitig zu erkennen, ist eine Erfassung des Ist-Zustandes des Kanals erforderlich. Eine einfache und schnelle Methode ist die Inspektion mittels elektronischem Spiegel (Schacht-Zoom-Kamera).

Nach PLIHAL (2009) erfordert der nachhaltige Betrieb und die Instandhaltung von Kanälen regelmäßige Informationen über den baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand des Kanalsystems. „Denn nur bei guter Kenntnis des Bestandes und Zustandes der Netze können allenfalls erforderliche Sanierungsmaßnahmen gezielt nach Prioritäten geplant und eine langfristige Sicherstellung der Funktionsfähigkeit gewährleistet werden.“ (ERTL und FUCHS, 2003). Dafür sind jedoch regelmäßige Kontrollen erforderlich. Die Zustandserfassung des Kanals wird heute entweder direkt durch Begehung oder indirekt, z.B. mittels TV-Inspektionen, durchgeführt. Die TV-Inspektion liefert bei fachgerechter Durchführung sehr gute bauliche und betriebliche Informationen über den Kanal.

Im Rahmen des INNOKANIS Forschungsprojekts (BOKU Wien, 2011) wird unter anderem auch der elektronische Spiegel (Schacht-Zoom-Kamera) als Alternative zur herkömmlichen TV-Inspektion für KU untersucht (siehe Abbildung 28). Dabei sollen vor allem die Kommunen im ländlichen Raum profitieren, um kostengünstig die notwendigen Informationen zur optimalen Instandhaltung der Kanalnetze unter Bewahrung des Gewässerschutzes erfassen zu können.



Abbildung 28 – Inspektionen mittels elektronischem Spiegel (INNOKANIS, 2011)

Welche Zustände in welchen Distanzen mit einem Modell eines elektronischen Spiegels wie gut erkannt werden können, zeigt Abbildung 29. Zu erkennen ist hier, dass die Zustände unterschiedlich gut erkannt wurden (von 20% - 100%). Einige Zustände traten in weiter entfernten Bereichen nicht auf, daher kann keine abschließende Aussage für die Erkennungsrate getroffen werden. Trotzdem zeigt die Abbildung auch

deutlich, dass der elektronische Spiegel sich für die Mehrzahl der Schäden gut eignet, um Schäden in der Bau-, Betriebs- oder Anpassungspase zu erkennen.

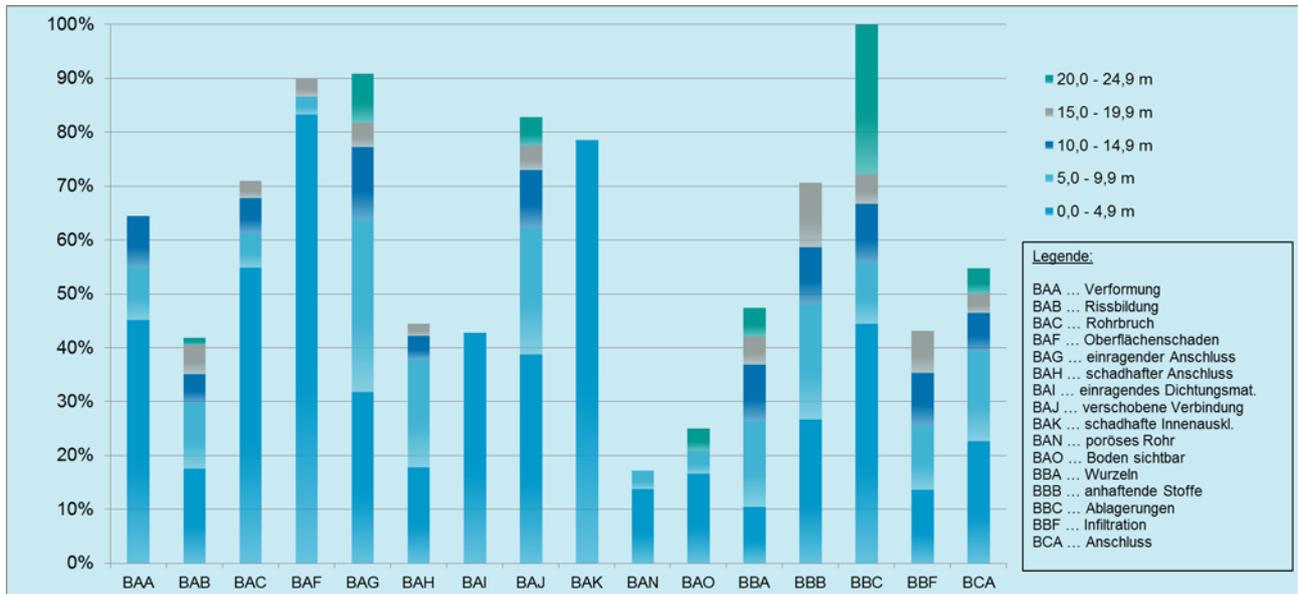


Abbildung 29 – Zustandserkennung mittels elektronischem Spiegel

Auswertungen zur minimalen und maximalen Gesamterkennungsrate in Abhängigkeit von der Distanz sind in Abbildung 30 durch die beiden Linienverläufe dargestellt. Die Balken in der Abbildung veranschaulichen die durchschnittliche Schadensverteilung in Kanalisationen bis zur Haltungsmittle.

Erwartungsgemäß zeigt sich, dass die Erkennungsrate mit zunehmender Distanz des Schadens vom Schacht abnimmt. Der Knick in den Kurven bei ca. 5 m Abstand vom Schacht entsteht durch die enge Klasseneinteilung (1 m-Bereiche bei Abständen von 0 – 10 m, danach jeweils 5 m-Bereiche) und die dadurch geringere Anzahl an Zuständen je Klasse. Ebenfalls zu erkennen ist, dass der Bereich zwischen maximaler und minimaler Gesamterkennungsrate teilweise bis zu 30 % (z. B. bei Distanz 10,0 – 14,9m) betragen kann, was durch die baulichen Gegebenheiten im Kanal bedingt ist.

Basierend auf der Auswertung der minimalen und maximalen Gesamterkennungsrate eines elektronischen Spiegelmodells ergibt sich eine relative Gesamterkennungsrate von 60 %.

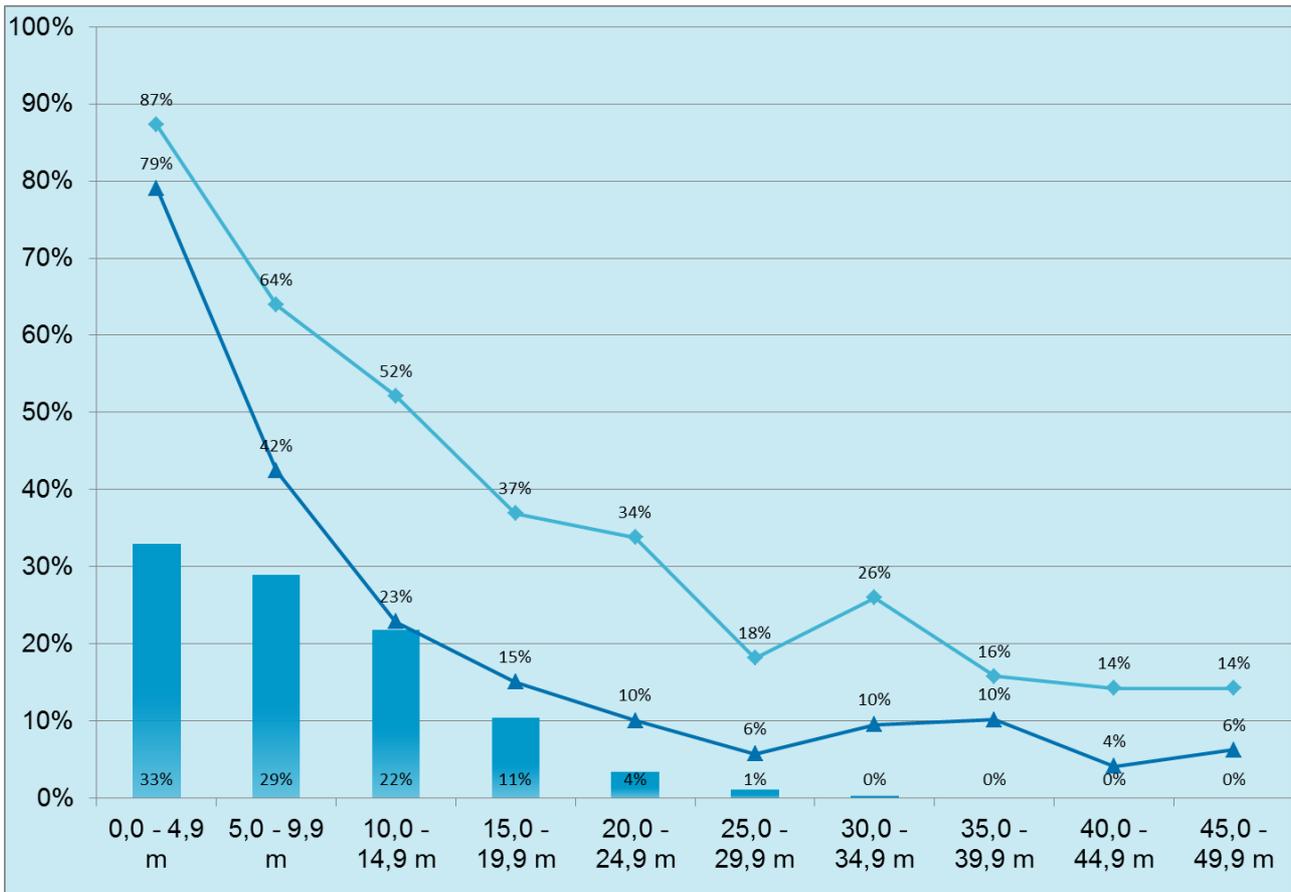


Abbildung 30 - Verteilung von Zuständen bis zur Haltungsmitte vs. Zustandserkennung

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass mittels elektronischem Spiegel (Schacht-Zoom-Kamera) sehr einfach, schnell und kostengünstig Schäden in der Bau-, Betriebs- und Anpassungsphase erfasst werden können.



8 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, zu verdeutlichen, warum es für Betreiber von Kanalisationsanlagen wichtig ist, den baulichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand des Entwässerungssystems zu kennen. Gleichzeitig soll auch geklärt werden unter welchen Umständen die möglichen Verfahren von Inspektion, Reinigung und Sanierung zweckmäßig eingesetzt werden können. Bei der Nennung von Mindestanforderungen an die Instandhaltungsmaßnahmen wird die ökonomische Komponente dadurch berücksichtigt, dass alle Aktivitäten bezüglich ihres Einflusses auf die langfristige Werterhaltung betrachtet werden.

Es soll aufgezeigt werden, unter welchen Umständen eine regelmäßige Inspektion bzw. Wartung vorzeitige Alterungs- und Abnutzungsprozesse verhindert. Besonderes Augenmerk liegt bei der Fragestellung, welche Ursachen es für Alterung und Abnutzung im Kanalsystem gibt, und welche Prozesse durch vorsorgende betriebliche Maßnahmen verhindert bzw. verzögert werden können.

Weiter sollte geklärt werden, ob und wie weit es möglich ist, zukünftige Schäden frühzeitig zu erkennen, welche Schäden einem „Alterungsprozess“ unterliegen und bei welchen Schäden ein frühzeitiges Erkennen und sofortiges Handeln „besser“ ist als eine spätere Sanierung.

Dazu wurden die Prozesse beschrieben und eine Ursache-Wirkungs-Analyse der in Kanälen auftretenden Schäden erstellt.

Methodik

Als Referenzzustandsbeschreibung von Schäden in Kanalisationen wurde die ÖNORM EN 13508-2 herangezogen, wobei die untersuchten Schäden nach den folgenden 3 Hauptgruppen kategorisiert wurden:

- Schadensursache
- Zuordnung in der Entstehungsphase
- Zuordnung zu Schutzziel

Die Gruppe „Schadensursache“ beschreibt die Herkunft bzw. Ursache der Schäden mit folgender Einteilung:

- Mangelnde Ausführung (Bau)
- Mangelnde Ausführung (Sanierung)
- Bau / Oberflächenbelastung
- Abwasserqualität
- Dritte (andere Leitungsträger)
- Produktion

Die zweite Gruppe „Zuordnung zu Entstehungsphase“ umfasst folgende Kategorien:

- Anpassung
- Bauphase
- Betriebsphase
- Bauphase / Betriebsphase
- Sanierung = Bauphase
- vor Bauphase

In der dritten Gruppe „Zuordnung zu Schutzziel“ wurden die einzelnen Schäden nach den jeweiligen Schutzzielen

- Betriebssicherheit
- Standsicherheit
- Undichtheit

in Anlehnung an ON EN 752 unterschieden.

Untersuchungsdaten

Als Stichprobenumfang wurden 1303 Schäden, die anhand einer TV-Befahrung in Kanalnetzen in 6 Kanalisationsunternehmen (KU) in 4 unterschiedlichen österreichischen Bundesländern von Inspektionsfirmen erfasst wurden, im Detail einzeln überprüft, nach ÖNORM EN 13508-2 codiert und somit für diese Untersuchungen verfügbar gemacht.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Durch die Ursache-Wirkungs-Analyse in Kapitel 7.1 konnte gezeigt werden, dass die meisten Schäden beim Bau entstehen. Der Anteil an Schäden, die durch den Bau verursacht werden, beläuft sich auf 58% (bei Überdeckung $\leq 4,0\text{m}$) bis 77% (bei Überdeckung $\leq 1,5\text{m}$). Nicht eindeutig ist jedoch jener Anteil an Schäden, der entweder beim Bau oder durch statische bzw. dynamische Belastung (Verkehrsbelastung) entstanden sein könnte. Dieser Anteil beträgt im bestem Fall 3%, wenn angenommen wird, dass die Verkehrsbelastung nur bis max. 1,5m einen Einfluss auf das Rohrmaterial hat bzw. im schlechtesten Fall 22%, wenn ein Einfluss bis max. 4,0m angenommen wird. Im Gegenzug vergrößert bzw. verkleinert sich der Bereich „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ von 77% bzw. auf 58%, wenn angenommen wird, dass jene Schäden nicht durch die Verkehrsbelastung, sondern beim Bau zustande gekommen sind.

Gänzlich ausgeschlossen werden konnte mit der Analyse, dass Schäden im Kanalrohr, bei denen die Oberfläche entweder als Grünfläche bzw. Gehsteig / Radweg / Parkweg genutzt wird, durch die Oberflächenbelastung verursacht wurden. Dadurch vergrößert sich der Bereich „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ von anfänglich 55% in Abbildung 13 auf mindestens 58% in Abbildung 28.

Bei Mitbetrachtung des Rohrmaterials (siehe Kapitel 7.2) erkennt man, dass bei biegesteifen Rohrmaterialien 58% der Schäden auf die Ursache „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ entfallen, während dieser Anteil bei biegeweichen Rohrmaterialien 49% beträgt (siehe Abbildung 23). Werden die einzelnen Rohrmaterialien separat betrachtet, dann sind vor allem die Materialien nichtidentifizierter Kunststoff (95%), Beton mit Kunststoffverkleidung (73%) und Beton (62%) von dieser Schadensursache betroffen. Auffallend ist, dass gerade beim Rohrmaterial „nicht identifizierter Kunststoff“ 95% der Schäden auf diese Ursache zurückzuführen sind. Hier kann angenommen werden, dass diese Schadensursache nur ein KU im Speziellen betrifft und der Wert somit nicht repräsentativ ist. Diese Annahme wird auch durch die Auswertung der anderen biegeweichen Rohrmaterialien faserverstärkter Kunststoff und PVC-U unterstützt, bei denen die Schadensursache „Mangelnde Ausführung (Bau / Sanierung)“ mit 40% bzw. 42% einen erheblich niedrigeren Anteil aufweist.

In der Abbildung 29 sind abschliessend nochmals die unterschiedlichen Ansätze der Analyse der Schäden und ergänzend die prinzipiellen Maßnahmen daraus dargestellt.

Die Analyse der Zustandsdaten kann zusammengefasst für die Ableitung von verschiedenen Maßnahmen der Qualitätssicherung bei Bau, Sanierung und Überwachung für die Generierung von unterschiedlichen Untersuchungen und letztendlich zur Planung von Sanierungsmaßnahmen genutzt werden. In Summe sind das wiederum die Maßnahmen, die durch die Strategie der Instandhaltung optimiert werden können.

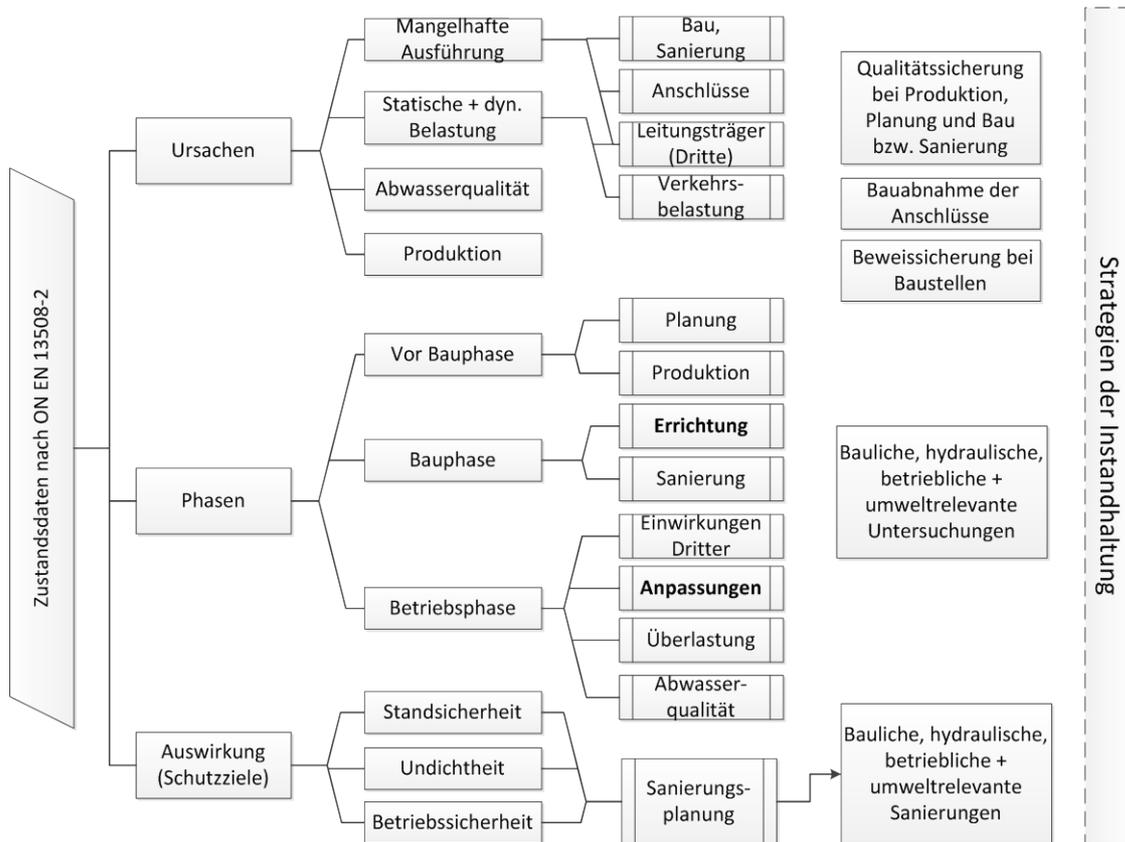


Abbildung 31 Fließdiagramm der Schadensanalyse (nach Ursache, Entdeckungsphase und Auswirkung) und entsprechende Maßnahmen der Instandhaltung

Grundsätzlich kann aufgrund der theoretischen Überlegungen und anhand der Auswertungen an über 1300 Schäden festgestellt werden, dass jene Schäden, die bereits bei der Errichtung ihre Ursache haben, den größten Anteil aller Schäden ausmachen. Daher ist jegliche Maßnahme zur Qualitätssicherung bei Bau und Sanierung von Kanalisationen die sinnvollste Investition bezüglich der Auswirkungen auf den Zustand und den Werterhalt dieser unterirdischen Infrastruktur.

Weiters sind Inspektionsmaßnahmen einerseits zur Entdeckung von Schäden, deren Ursache bereits bei der Errichtung gelegt werden, erforderlich und andererseits können damit die restlichen Schäden, die in der Betriebsphase entstehen, rechtzeitig vor einem Versagen bezüglich der jeweiligen Schutzziele erkannt werden.

Zusätzlich sind Maßnahmen zur Abnahme von nachträglichen Anschlüssen unbedingt zu empfehlen, da diese einen relevanten Anteil an Schäden verursachen.

Abschliessend sind Maßnahmen zur Überwachung der Baustellen anderer Leitungsträger ebenfalls zu empfehlen.

9 Ausblick

Generell kann die entwickelte Methodik von jedem Kanalisationsunternehmen auf die Schäden seines Kanalnetzes angewendet werden, insbesondere wenn die Zustandsbeschreibung anhand der ÖNORM EN 13508-2 gemacht wurde.

Eine Verbesserung der Aussagegenauigkeit kann durch die Einbindung weiterer Einflussfaktoren erfolgen, sofern diese Daten in Zukunft in den Leitungsinformationssystemen vorhanden sind. Eine entsprechende Adaptierung der Methodik wäre dann vorzunehmen.

Derartige Auswertungen können die Kanalisationsunternehmen unterstützen, die jeweiligen Instandhaltungsstrategien zu Inspektion, Wartung und Sanierung zu optimieren.



10 Literaturverzeichnis

- Ashley, R. M., Bertrand-Krajewski, J. L., Hvitved-Jacobsen, T., & Verbanck, M. (2004). Solids in Sewers. London: IWA Publishing.
- ATV-DVWK. (2004). ATV-DVWK-M 143-1 Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 1: Grundlagen. Hennef: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Bölke, K. P., & Ertl, T. (2007). Kritische Betrachtung der Zustandsbewertung von TV-Inspektionen nach EN 13508-2. In Wiener Mitteilungen Band 203 (S. Seite C1-C19). Wien.
- Bölke, K.-P. (2009). Kanalinspektion Zustände erkennen und dokumentieren. Berlin: Springer.
- J. Dirksen, F.H.L.R. Clemens, H. Korving, F. Cherqui, P. Le Gauffre, T. Ertl, H. Plihal, K. Müller and C.T.M. Snaterse (2011): The consistency of visual sewer inspection data; Structure and Infrastructure Engineering DWA-M 149-2. (2006). Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA-M 149-3. (2007). Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung. Hennef: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- EN 752. (2008). Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden.
- Geib, M., Wielenberg, M., & Heyer, M. (2007). Reinigung von Abwasserkanälen durch Hochdruckspülung. (T. Wegener, Hrsg.) Oldenburg: Vulkan Verlag.
- Institut für Rohrleitungsbau Oldenburg. (2007). Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau Oldenburg- Band 11: Reinigung von Abwasserkanälen durch Hochdruckspülung. Essen: Vulkan-Verlag GmbH.
- Laber (2012) Folienhandout zur Lehrveranstaltung „Praxisseminar“ an der BOKU Wien.
- ON EN 13508-2. (2008). Zustandserfassung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ON EN 14654-1. (2006). Management und Überwachung von Reinigungsmaßnahmen in Abwasserkanälen und -leitungen - Teil 1: Reinigung von Kanälen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖWAV. (2003). ÖWAV - Regelblatt 34. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- ÖWAV. (2007). ÖWAV-Regelblatt 28. Wien: ÖWAV.
- ÖWAV. (1989). ÖWWV - Regelblatt 22. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- ÖWAV. (2011). VORABZUG ÖWAV Regelblatt 22 - Betrieb, Wartung und Überprüfung von Anlagen. Wien: ÖWAV.
- Plihal, H. (2009). Evaluierung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der kamerabasierten Kanalinspektion. Wien.
- WRG. (2005). Wasserrechtsgesetz 1959 idgF BGBl. Nr. 215/1959 zuletzt geändert durch BGBl. Nr. 87/2005.



Die Initiative GENUSS REGION ÖSTERREICH hebt gezielt die Bedeutung regionaler Spezialitäten hervor.
www.genuss-region.at



Österreichs erstes grünes Karriereportal für umweltfreundliche green jobs.
www.green-jobs.at



Informationen zu Landwirtschaft, Wald, Umwelt, Wasser und Lebensmittel.
www.lebensministerium.at



Das Österreichische Umweltzeichen ist Garant für umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen.
www.umweltzeichen.at



Das erste Webportal für nachhaltigen Konsum in Österreich.
www.bewusstkaufen.at



Das Internetportal der Österreichischen Nationalparks.
www.nationalparksaustria.at



Die Klimaschutzinitiative des Lebensministeriums für aktiven Klimaschutz.
www.klimaaktiv.at



Die Kampagne vielfaltleben trägt bei, dass Österreich bei der Artenvielfalt zu den reichsten Ländern Europas gehört.
www.vielfaltleben.at



Die Jugendplattform zur Bewusstseinsbildung rund ums Wasser.
www.generationblue.at



Der Ökologische Fußabdruck ist die einfachste Möglichkeit, die Zukunftsfähigkeit des eigenen Lebensstils zu testen. Errechnen Sie Ihren persönlichen Footprint.
www.mein-fussabdruck.at

