

Entscheidungsfindung
für die Abwasserableitung
in ländlichen Gebieten -
Sparkanal versus ÖNORM - Kanal

Decision process for sewage disposal in rural areas -
"Sparkanal" compared to the sewer system
in accordance with ÖNORM - standards

Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur
der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen - Bauwesen

eingereicht von

EMMERICH MORITZ

am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau
der Technischen Universität Graz

Vorstand: Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. HARALD KAINZ

Begutachter: Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. HARALD KAINZ

Betreuer: Univ.-Ass. Dipl.-Ing. MARTIN HOCHEDLINGER

Gleisdorf, im März 2003

Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Gleisdorf, am 30.03.2003

.....

Emmerich Moritz

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner Mutter Theresia Moritz, die mich während meiner gesamten Ausbildung immateriell und materiell unterstützt hat.

Für die Begutachtung meiner Diplomarbeit und für das Herstellen der Kontakte möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. Harald Kainz und Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Renner bedanken. Weiters möchte ich Herrn Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Martin Hochedlinger meinen Dank aussprechen für seine Betreuung bei der Erstellung dieser Diplomarbeit.

Großer Dank gebührt auch den Mitarbeitern der Fachabteilungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung FA 19a „Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie“ unter dem Leiter Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Bruno Saurer und der Fachabteilung FA 19c „Siedlungswasserwirtschaft“ unter dem Leiter Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Johann Wiedner.

Des weiteren möchte ich mich bei all jenen Mitarbeitern von Zivilingenieurbüros, Technischen Büros und Abwasserverbänden bedanken, die mich bei der Verfassung dieser Diplomarbeit unterstützten.

Kurzfassung

In dieser Diplomarbeit wird die Entscheidungsfindung für Abwasserableitung in ländlichen dünn besiedelten Gebieten erörtert.

Es werden allgemeine Anforderungen und Grundsätze mitsamt den rechtlichen Grundlagen sowie die im Entscheidungsfindungsprozess involvierten Akteure für den Bereich Abwasserentsorgung dargestellt. Bei den Methoden der Abwasserentsorgung für den ländlichen Raum wird auf die Schmutzwasserkanalisation gemäß ÖNORM B 2503 und auf den „Sparkanal“ gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 sowohl für die Bau- als auch für die Betriebsphase eingegangen. Anhand der für Bauprojekte üblichen Entscheidungskriterien Technologie, Ökonomie, Ökologie und sozio-kulturelle Komponenten werden in einer Variantenuntersuchung diese beiden Alternativen vergleichend gegenübergestellt. Ziel ist eine Minimierung der gesamten Lebenszykluskosten, bestehend aus Investitions-, Reinvestitions- und Betriebskosten.

Ziel der abschließenden Nutzwertanalyse mitsamt Sensitivitätsanalyse ist es, die technisch, wirtschaftlich und ökologisch optimierte Lösung für die Abwasserableitung im ländlichen Gebiet zu finden.

Abstract

The aim of this diploma thesis is to evaluate the decision process of sewer designing in rural sparsely settled areas.

Technical and legal requirements as well as involved persons in the decision process and their coherence will be shown. The sewer system according to Austrian Standard and the so-called “Sparkanal” in conformity to Guideline No.25 (Austrian Water and Waste Water Association) are compared for the stage of construction as well as for the operating stage. According to the usual decision factors such as technology, economy, ecology and socio-cultural aspects these two sewer alternatives will be opposed in a variant examination and valued in an economic efficiency valuation. The minimization of the overall lifecycle expenses consisting of investment costs, re-investment costs and operation costs is intended.

The concluding value benefit analysis including a sensitivity analysis indicates the best technical, economical, ecological and socio-cultural solution for sewage disposal in rural areas.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1-1
1.1	Aufgabenstellung	1-1
1.2	Einteilung und Zielsetzung der Diplomarbeit.....	1-2
2	Problemstellung und Grundlagen der Entscheidungsfindung	2-1
2.1	Statistische Grundlagen der Abwasserentsorgung	2-1
2.2	Abwasserentsorgung – Allgemeine Anforderungen und Prinzipien	2-3
2.2.1	Abwassertechnische Begriffsdefinitionen.....	2-3
2.2.2	Kanalisationsverfahren.....	2-13
2.2.3	Regenwasser	2-14
2.3	Rechtliche Grundlagen.....	2-15
2.4	Akteure in der Abwasserentsorgung	2-19
2.4.1	Behörden und Verwaltung	2-19
2.4.2	Planungsbüros	2-21
2.4.3	Gemeinde	2-22
2.4.4	Engagierte Bürger – Bürgerinitiativen.....	2-22
2.4.5	Betroffene Bevölkerung	2-22
2.4.6	Technische Wissenschaft	2-22
2.4.7	Umweltwissenschaft	2-23
2.4.8	Politik.....	2-23
2.4.9	Gewerbe und Industrie	2-24
2.4.10	Bauwirtschaft.....	2-24
2.4.11	Arbeitsgemeinschaften zum Bau von Pflanzenkläranlagen bzw. Hersteller von technisch-biologischen (Klein-)Kläranlagen	2-25
2.4.12	Einrichtungen zur Vergabe öffentlicher Förderungen.....	2-25
2.4.12.1	Rechtliche Grundlagen für die Vergabe öffentlicher Förderungen	2-27
2.4.12.1.1	Umweltförderungsgesetz UFG 1993.....	2-28
2.4.12.1.2	Förderungsrichtlinien für die kommunale Siedlungswasser- wirtschaft	2-29

2.4.12.1.3	Technische Richtlinien für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft	2-30
2.4.13	Einrichtungen der Finanzierung	2-30
2.4.13.1	Anschluss- und Kanalbenützungsgebühren	2-31
2.4.13.1.1	Anschlussgebühren	2-32
2.4.13.1.2	Kanalbenützungsgebühren	2-33
2.4.13.2	Fremdfinanzierung	2-33
2.4.13.3	Betreibermodelle	2-34
2.4.14	Überblick über die Akteure und die Bau- und Förderungsabläufe in der Abwasserentsorgung	2-34
3	Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten	3-1
3.1	Methoden der Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten	3-3
3.1.1	Qualifiziertes Trennsystem – Schmutzwasserkanalisation nach ÖNORM B 2503	3-4
3.1.1.1	Kanalisationsverfahren.....	3-4
3.1.1.2	Trassenführung	3-5
3.1.1.3	Schächte	3-5
3.1.1.4	Kanaldimensionierung	3-5
3.1.1.5	Gefälle der Kanäle	3-6
3.1.1.6	Tiefenlage	3-6
3.1.2	Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25.....	3-7
3.1.2.1	Allgemeines – Einleitungen und Hinweise	3-7
3.1.2.2	Kanalisationsverfahren.....	3-7
3.1.2.3	Trassenführung	3-8
3.1.2.4	Schächte	3-9
3.1.2.5	Freispiegelleitung	3-11
3.1.2.6	Kanalrohrdurchmesser und Mindestgefälle	3-12
3.1.2.7	Einmündungen.....	3-13
3.1.2.8	Rohrmaterialien	3-14
3.1.2.9	Verlegetiefe	3-17
3.1.2.10	Bauausführung	3-19

3.1.2.10.1	Rohrgrabensicherung	3-19
3.1.2.10.2	Rohrgraben und Verfüllung	3-19
3.1.2.11	Lüftung und Druckentlastung	3-20
3.1.2.12	Kontrolle und Wartung	3-21
3.1.2.13	Gegenüberstellung Konventioneller Kanal und Sparkanal.....	3-22
3.1.2.14	STEINKA – Stufenentwässerung	3-23
3.2	Entscheidungskriterien.....	3-25
3.2.1	Ablauf der Erstellung eines Abwasserableitungskonzeptes.....	3-25
3.2.2	Entscheidungskriterien und Einflussfaktoren für oder gegen bestimmte Lösungsstrategien	3-26
3.2.2.1	Technologische Komponente	3-27
3.2.2.2	Ökonomische Komponente	3-27
3.2.2.2.1	Betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Betrachtungsweise.....	3-28
3.2.2.2.2	Kostendeckung volkswirtschaftlicher Produktionskosten	3-29
3.2.2.2.3	Zeitlicher Verlauf der Kostenbeeinflussung in der Abwasserableitung	3-30
3.2.2.2.4	Möglichkeiten der Kosteneinsparung	3-31
3.2.2.2.5	Nutzeffekte einer nachhaltigen Wasserwirtschaft aus volkswirtschaftlicher Sicht.....	3-33
3.2.2.3	Ökologische Komponente	3-33
3.2.2.3.1	Ökologische Kriterien.....	3-35
3.2.2.3.2	Ökologische Beeinträchtigungen	3-35
3.2.2.4	Sozio-kulturelle Komponente	3-39
3.3	Kanalisationsbetrieb	3-40
3.3.1	Begriffsdefinitionen.....	3-40
3.3.2	Erforderliche Tätigkeiten in der Betriebsphase einer Kanalisation.....	3-45
3.3.2.1	Reinigung und Wartung	3-46
3.3.2.1.1	Reinigungsbedarf	3-46
3.3.2.1.2	Reinigungsintervalle	3-51
3.3.3	Kostengruppen der Betriebskosten.....	3-51

4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	4-1
4.1	Optimaler Zentralisierungsgrad der Abwasserentsorgung	4-1
4.2	Kostenrechnung	4-5
4.2.1	Unterscheidungsmerkmale von Kosten.....	4-6
4.2.1.1	Kosteneinteilung	4-7
4.2.2	Besonderheiten bei Abwasserkanälen	4-9
4.2.3	Begriffsdefinitionen.....	4-10
4.3	Berechnungsverfahren.....	4-12
4.3.1	Dynamische Kostenrechnungsverfahren	4-12
4.3.1.1	Kapitalwertmethode nach LAWA	4-12
4.3.1.1.1	Ablauf der Kostenvergleichsrechnung	4-14
4.3.1.1.2	Diskontierungsfaktor	4-17
4.3.1.1.3	Zinssatz.....	4-20
4.3.1.1.4	Nutzungsdauer	4-26
4.4	Investitionskosten.....	4-31
4.4.1	Kostengliederung nach ÖNORM B 1801	4-31
4.4.2	Kostenermittlung von Bauleistungen nach ÖNORM B 2061.....	4-34
4.5	Reinvestitionskosten.....	4-36
4.6	Betriebskosten.....	4-36
5	Variantenvergleich.....	5-1
5.1	Technische Realisierbarkeit	5-2
5.1.1	ÖNORM – Kanal.....	5-3
5.1.2	Sparkanal.....	5-3
5.2	Wirtschaftlichkeit	5-7
5.2.1	Wirtschaftlichkeitsdaten für ÖNORM – Kanal und Sparkanal.....	5-8
5.2.2	Sparkanal.....	5-11
5.2.3	Standardvariante der Fachabteilung FA 19a	5-13
5.3	Ökologie.....	5-18
5.3.1	ÖNORM – Kanal.....	5-19
5.3.2	Sparkanal.....	5-21

5.4	Sozio-kulturelle Komponente	5-23
5.4.1	ÖNORM – Kanal.....	5-24
5.4.2	Sparkanal.....	5-24
5.5	Nutzwertanalyse	5-25
5.5.1	Nutzwertanalyse mit Gewichtung (a) - Technologie	5-27
5.6	Sensitivitätsanalyse	5-28
5.6.1	Nutzwertanalyse mit Gewichtung (b) - Ökonomie.....	5-29
5.6.2	Nutzwertanalyse mit Gewichtung (c) - Ökonomie	5-30
6	Schlussbetrachtung.....	6-1
7	Verzeichnisse.....	7-1
7.1	Literaturverzeichnis.....	7-1
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	7-10
7.3	Tabellenverzeichnis	7-12
A	Anhang	A-1

1 EINLEITUNG

1.1 Aufgabenstellung

Die in weiten Teilen Österreichs auftretende Zersiedelung der Landschaft infolge der topographischen Eigenheiten Österreichs sowie die bestehende kommunal dominierte kleinstrukturierte österreichische Siedlungswasserwirtschaft haben zur Folge, dass eine flächendeckende Abwasserentsorgung im dünn besiedelten ländlichen Raum mit konventionellen Kanälen nach ÖNORM B 2503 „Ortskanalanlagen (Straßenkanäle) – Richtlinien für die Ausführung“ aus wirtschaftlichen Gründen nach KAINZ ET AL. (2002) nicht möglich ist.

Aufgabe der Abwasserentsorgungswirtschaft ist es, für diese ländlich strukturierten Gebiete einen aus quantitativer und qualitativer Sicht äquivalenten Standard im Vergleich zum konventionellen Kanal zu erreichen.

Ländlich strukturierte Gebiete stellen große abwassertechnische und wasserwirtschaftliche Problemregionen dar, da erstens bereits die geringe Einwohnerdichte hohe einwohnerspezifische Kosten für die Kanalisation - ausgedrückt in [€/Einwohner] bzw. [€/Hausanschluss] - bewirkt und zweitens die großen topographische Höhendifferenzen bauliche Maßnahmen wie z.B. Pumpanlagen erfordern.

Das kritische Hinterfragen des bislang gültigen „Standes der Technik“ der Abwasserentsorgung mittels Kanalisationsleitungen und anschließender zentraler Abwasserreinigungsanlage (ARA) führt zu alternativen Abwasserentsorgungskonzepten für ländlich strukturierte Gebiete.

Von den sich anbietenden Alternativen der Abwasserableitung für den ländlichen Raum wird der „Sparkanal“ entsprechend dem Regelblatt 25 „Abwasserentsorgung in dünn besiedelten Gebieten“ des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes ÖWAV dem „ÖNORM – Kanal“ entsprechend der ÖNORM B 2503 und entsprechend den Europäischen Normen ÖNORM EN 752 – Teil 1 bis Teil 7 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ verglegend gegenübergestellt.

1.2 Einteilung und Zielsetzung der Diplomarbeit

Die Diplomarbeit teilt sich in die Beschreibung der Problemstellung „Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten“, in eine Übersicht über die Entscheidungskriterien, in die Auflistung und Ermittlung der Eingangsdaten, in die Auswertung der ermittelten Daten mit einer anschließenden Nutzwertanalyse mit einer Sensitivitätsanalyse und in die Schlussfolgerung.

Im Kapitel „Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten“ werden allgemeine Grundsätze der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum aufgezeigt.

Dabei wird im Detail auf die Abwasserentsorgung mittels Schmutzwasserkanalisation gemäß ÖNORM B 2503 und auf die Abwasserentsorgung mittels dem sogenannten „Sparkanal“ entsprechend dem ÖWAV - Regelblatt 25 sowohl in der Errichtungs- als auch in der Betriebsphase eingegangen.

Anhand des Kapitels „Entscheidungskriterien“ wird ein Überblick über die Erstellung eines Abwasserentsorgungskonzeptes mit den Entscheidungskriterien und Einflussfaktoren für und wider bestimmter Lösungsstrategien gegeben.

Um die Wirtschaftlichkeit von Abwasserentsorgungsanlagen beurteilen zu können, ist es erforderlich, ein systematisches Verfahren anzuwenden, mit Hilfe dessen die geplanten Investitionen besser auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht werden können.

Gemäß § 13 Abs. 3 der technischen Richtlinien für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft des UMWELTFÖRDERUNGSGESETZES 1993 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 142/2000 über die Förderung von Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft ist die Gewährung einer Förderung von einer Variantenuntersuchung, in der die ökologische Verträglichkeit sowie die volks- und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Maßnahme zu prüfen sind, abhängig.

Die Ergebnisse der Variantenuntersuchungen bilden die Grundlage für die Festlegung der Ausführungsprojekte und in weiterer Folge die Entscheidungsgrundlage für die Gewährung von Fördermitteln.

Durch die betriebswirtschaftliche Betrachtung erfolgt eine anschauliche Gegenüberstellung der für den Auftraggeber tatsächlich anfallenden Kosten. Der Vergleich tatsächlich anfallender Kosten soll dem Auftraggeber die Reihung der einzelnen Varianten nach der Höhe ihrer Kosten aufzeigen.

Für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit eines Abwasserprojektes sind neben den Investitionskosten und Reinvestitionskosten die Betriebs- und Instandhaltungskosten zu ermitteln. Die Kapitel „Investitionskosten“ und „Betriebskosten“ befassen sich mit der Ermittlung der Kosten der einzelnen Varianten bei einer volks- und betriebswirtschaftlichen Betrachtung.

Die Investitions-, die Reinvestitions- und die Betriebs- und Instandhaltungskosten bilden zusammen mit den begründeten Annahmen für die Parameter Nutzungsdauer, Kosten- und Preissteigerungen und Zinssatz die Grundlage des Wirtschaftlichkeitsvergleiches. Diese ermittelten und zeitlich mittels der Kapitalwertmethode gewichteten Kosten der beiden Varianten „Schmutzwasserkanal gemäß ÖNORM B 2503“ und „Sparkanal gemäß ÖWAV - Regelblatt 25“ werden in einem Variantenvergleich gegenübergestellt.

Neben der Kostenvergleichsrechnung werden die nicht monetär bewertbaren Kriterien der Technologie, Ökologie und der sozio-kulturellen Aspekte mittels einer Nutzwertanalyse in den Variantenvergleich miteinbezogen.

Ziel dieser abschließenden Nutzwertanalyse mitsamt Sensitivitätsanalyse ist es, aus dem Ergebnis der Gegenüberstellung von ÖNORM – Kanal und Sparkanal Richtwerte für eine praktische Anwendung und Realisierung abzuleiten.

2 PROBLEMSTELLUNG UND GRUNDLAGEN DER ENTSCHEIDUNGSFINDUNG

Die historische Entwicklung der Abwassertechnik als Teil der Siedlungswasserwirtschaft erfolgte parallel zur Entwicklung des Siedlungswesens, die zu größeren Orten, Städten bzw. Ballungszentren an größeren Fließgewässern führte. In zusammenhängenden Siedlungsgebieten ist es die Zielsetzung der geordneten Abwasserentsorgung bzw. –bewirtschaftung, dass die Abwässer grundsätzlich in Kanalisationsanlagen gesammelt, in zentralen Abwasserreinigungsanlagen gereinigt und in geeignete Fließgewässer (= Vorfluter) eingeleitet werden.

In § 33b Abs. 1 des WASSERRECHTSGESETZES 1959 WRG i.d.g.F. BGBl. I Nr. 90/2000 finden sich die gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich der Emissionsbegrenzung, die dann in den Emissionsverordnungen konkretisiert werden:

„Bei der Bewilligung von Abwassereinleitungen in Gewässer oder in eine bewilligte Kanalisation hat die Behörde jedenfalls die nach dem Stand der Technik möglichen Auflagen zur Begrenzung von Frachten und Konzentrationen schädlicher Abwasserinhaltsstoffe vorzuschreiben.“

Mit dieser Bestimmung ist das „technisch Machbare“ als Mindestanforderung an die Abwasserreinigung – unabhängig von der jeweiligen Gewässersituation – gesetzlich vorgeschrieben.

Diese Bedingung des § 33b WRG dient dem übergeordneten Ziel des Wasserrechtsgesetzes, das in § 30 „Reinhaltung und Schutz der Gewässer“ definiert ist.

2.1 Statistische Grundlagen der Abwasserentsorgung

Der Anschlussgrad an eine kommunale Kläranlage mit mehr als 50 Einwohnerwerten liegt bereits bei 85 Prozent der österreichischen Haushalte. Die Abwässer aus den österreichischen geschlossenen Siedlungsgebieten mit mehr als 50 Einwohnerwerten werden derzeit in etwa 1.450 kommunalen Abwasserreinigungsanlagen behandelt.

Im Zeitraum 1999 bis 2000 wurden 27 Abwasserreinigungsanlagen mit mehr als 2.000 Einwohnerwerten fertiggestellt. Mit der systematischen weiteren Siedlungserschließung und Verdichtung der Entsorgungsnetze wird der Anschlussgrad auf etwa 90 % ansteigen. Zu betonen ist, dass auch die Abwässer der heute noch

nicht über öffentliche Kanalisationen angeschlossenen Bevölkerung (ca. 15 %) ebenso ordnungsgemäß über Hauskläranlagen oder Senkgruben erfolgt.

Insgesamt wurden in den Jahren 1999 und 2000 ca. 1,5 Milliarden Euro in den Abwassersektor investiert, die Hälfte davon stammt aus Fördermitteln von Bund und Ländern. Diese Investitionen wurden dabei zu 19 % für die Kläranlagen und zu 81 % für den Kanalbau getätigt.

Neben den dicht besiedelten Gebieten gibt es jedoch dünn besiedelte Gebiete und auch Einzelobjekte, vor allem in ländlich strukturierten Regionen.

Studien des ÖSTERREICHISCHEN INSTITUTS FÜR RAUMPLANUNG (ÖIR, 2001) zeigen, dass ein Stoppen der Zersiedelung Österreichs für Bund, Länder, Gemeinden und letztendlich für den privaten Gebührenzahler ein Ersparnis von zumindest ca. 150 Mio. Euro pro Jahr mit sich brächte. Dies ist der Anteil am Gesamtinvestitionsbedarf für technische Infrastruktur wie Straßen, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Energie, Versorgung mit sozialer Infrastruktur u.a., der für die Erschließung der zunehmend in Streusiedlung gebauten Einfamilienhäuser notwendig wird.

Diese Schätzung des ÖSTERREICHISCHEN INSTITUTS FÜR RAUMPLANUNG für eine zukünftige Kostenersparnis beruht auf der Vorstellung, dass sich die Baulandwidmungen durch die Gemeinden künftig auf die in den Ortskernen mobilisierbaren Reserven und auf die von dort ausgehenden Verkehrshauptachsen konzentrieren.

Bedingt durch die in der Steiermark vorherrschende Siedlungsstruktur ist die wirtschaftliche Umsetzung einer flächendeckenden Abwasserentsorgung mittels konventioneller lückenloser Abwasserkanalisation samt anschließender Einleitung in geeignete Fließgewässer nicht zu erreichen.

Das kritische Hinterfragen der bislang gültigen „Stand der Technik“ - Abwasserentsorgung mittels Kanalisationsleitungen und anschließender zentraler Abwasserreinigungsanlage wird zum Mittelpunkt der Überlegungen für die Abwasserentsorgung ländlich strukturierter Gebiete.

Mithilfe von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Variantenvergleichen, in die neben der Technik die Ökonomie, die Ökologie und sozio-kulturelle Aspekte Eingang finden, ist die optimierte Lösung der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum zu finden.

2.2 Abwasserentsorgung – Allgemeine Anforderungen und Prinzipien

2.2.1 Abwassertechnische Begriffsdefinitionen

„Abwasser“

Abwasser ist Wasser, das dem natürlichen Kreislauf entnommen und das chemisch oder physikalisch nachteilig verändert wurde. Es werden dabei folgende Begriffe unterschieden:

- Häusliches Schmutzwasser (Q_h) ist das Abwasser aus Haushalten (Küche, Bad, WC, Waschmaschine u.a.) sowie ähnlich beschaffenes Abwasser aus Schulen, Ämtern und Kleingewerbe.

Im Jahresdurchschnitt fallen im ländlichen Gebiet pro Einwohner etwa 110 l bis 140 l häusliches Schmutzwasser pro Tag an: $110 \text{ l/E} \cdot \text{d} = 40 \text{ m}^3/\text{E} \cdot \text{a}$. Gemäß ÖWAV – Regelblatt 11 muss mit einem häuslichen Spitzenabfluss von $q_h = 0,005 \text{ l/s} \cdot \text{E}$ dimensioniert werden. Als Schmutzstoffmenge BSB_5 gilt ein Bemessungswert von $60 \text{ g/E} \cdot \text{d}$.

- Schmutzwasser (Q_s) als Oberbegriff für durch Gebrauch verunreinigtes Wasser besteht aus dem häuslichen und dem betrieblichen Schmutzwasser. In kleineren Orten mit einer entsprechend geringen Anzahl an Betrieben und öffentlichen Gebäuden kann der kommunale Schmutzwasseranfall bis zu $200 \text{ l/E} \cdot \text{d}$ betragen.
- Fremdwasser (Q_f) ist jeder unerwünschte, aber nie ganz zu verhindernde Abfluss in Entwässerungssystemen. Er entsteht z.B. durch Grundwasser, welches durch undichte Stellen (Schächte, Kanäle) in Kanäle eindringt, oder durch Regenwasser, welches bei der Trennkanalisation durch falsch angeschlossene Dachrinnen oder durch die Lüftungsöffnungen der Kanaldeckel in die Schmutzwasserkanalisation gelangt. Drainagewasser, Quell- und Bachwasser sowie Oberflächenwasser von Außengebieten, die nicht planmäßig durch die Kanalisation entwässert werden sollen, erzeugen ebenfalls Fremdwasser.

Bei der Querschnittsbemessung der Kanäle ist Fremdwasser gemäß dem ÖWAV – Regelblatt 11 aufgrund seiner Auswirkung auf den Spitzenabfluss zu berücksichtigen.

Fremdwasser erfordert aufgrund seiner Qualität keine Abwasserbehandlung, erschwert jedoch diese bzw. belastet aufgrund seiner Quantität die Kläranlagen unnötig und ist auch unter dem Aspekt des Gewässerschutzes

unerwünscht.

Fremdwasser vermindert nach KROISS und PRENDL (1996) die Separationsleistung von Sandfang und Absetzbecken, beeinträchtigt die biologische Reinigung und vermindert die Zulauftemperatur und damit das Wachstum und die Aktivität der in der Abwasserreinigungsanlage (ARA) an der Reinigung beteiligten Organismen.

Auch nach DECKER (1997), MICHALSKA und PECHER (2000) hat Fremdwasser negative weil kostensteigernde Auswirkungen auf die Kanalisation und auch auf die ARA. Für Schmutzwasserkanäle ist der tägliche Fremdwasseranfall gleich dem täglichen häuslichen Schmutzwasseranfall. Die Ableitung dieser zusätzlichen spezifischen Fremdwassermenge von $q_f = 0,003 \text{ l/(E*s)}$ verursacht eine erhöhte hydraulische Belastung der abwasserentsorgungstechnischen Anlagen wie z.B. der Pumpen. Daher ist es zweckmäßig, diesen Fremdwasseranteil Q_f zu minimieren.

Der Minimierung des Fremdwasseranteiles dienen behördliche Überwachungen gegen unerlaubte Anschlüsse von Dachrinnen oder Drainagen (Fehlanschlüsse) ebenso wie die beim Verfahren „Sparkanal“ verwendete Methode, die Kanalisationsleitung als ein geschlossenes System in Form einer wasserdichten Rohrleitung durch die Schächte zu führen. Der Zutritt von Regenwasser über die Öffnungen der Schachtdeckel, die zur Be- und Entlüftung des Systems dienen, wird dadurch beim Sparkanal verhindert.

- Regenwasser (Q_r) ist das planmäßig in die Kanalisation gelangende Niederschlagswasser.

Alle häuslichen und betrieblichen Abwässer sind in einer Abwasserreinigungsanlage zu reinigen, die einen den Emissions- und Immissionsanforderungen entsprechenden stabilen Reinigungsprozess gewährleisten. Hochkonzentrierte Abwässer wie Jauche oder Silosickersaft sind sowohl von Regen- als auch von Misch- und Schmutzwasserkanalisationen fernzuhalten.

„Steirischer Abwasserwirtschaftsplan“

Zur Verdeutlichung und Gewichtung der abwassertechnischen Dringlichkeiten enthält der steirische Abwasserwirtschaftsplan für Förderungsstellen und Förderungsnehmer Informationen über:

- Maßnahmen in der Steiermark bzw. in den Bezirken;
- Maßnahmen nach wasserwirtschaftlichen Vorranggebieten (Schongebiete, Grundwässer, Fließgewässer und stehende Gewässer);
- Maßnahmen nach Realisierungsschritten (kurz-, mittel- und langfristig).

„Abwasserentsorgungskonzepte und Studien“

Als Abwasserentsorgungskonzepte werden jene Planungen von Gemeinden verstanden, welche im Zuge der Überarbeitung bzw. Fortführung von Flächenwidmungsplänen für das im Flächenwidmungsplan ausgewiesene Bauland zu erstellen sind.

Als Studien werden verschiedene generelle abwassertechnische Untersuchungen bezeichnet, die für regionale Einzugsgebiete erstellt werden und die Basis für organisatorische und technische Festlegungen darstellen.

„Gemeindeabwasserplan“ (GAP)

Gemäß dem Steiermärkischen Kanalgesetz i.d.g.F. LGBl. Nr. 82/1998 sind Gemeinden verpflichtet, im Zuge der Revision des Flächenwidmungsplanes, spätestens jedoch fünf Jahre nach Inkrafttreten dieses Gesetzes einen Gemeindeabwasserplan (GAP) zu erlassen.

Der Gemeindeabwasserplan hat mindestens zu enthalten:

- Abgrenzung der Gebiete, deren Abwässer bereits ordnungsgemäß entsorgt werden, sowie jener Gebiete, die noch zu entsorgen sind;
- Zeitplan für den Ausbau von Entsorgungsanlagen; eine Trennung in Bauabschnitte ist zulässig;
- Angaben der Art der Sammlung, des Transportes und der Reinigung von Abwässern, die keiner öffentlichen Abwasserentsorgungsanlage zugeführt werden können (z.B. Gruppenanlagen für Streusiedlungen, Einzelanlagen);
- Darlegung der Art der ordnungsgemäßen Entsorgung des Inhaltes von Sammelgruben.

„Gelbe Linien – Pläne“

Gemäß Umweltförderungsgesetz UFG 1993 erfolgt mittels „Gelbe Linien – Plänen“ die planliche Ausweisung jener Flächen, die vom Fördernehmer entsorgt werden oder im zukünftigen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren entsorgt werden.

„Hauskanal“

Der Hauskanal ist das Bauwerk zur Einleitung von Abwässern in den Hauptkanal (Sammel-, Straßen- oder öffentlicher Kanal). Als Hauskanalanlagen gelten nach dem Steiermärkischen Kanalgesetz jene Anlagenteile, die der Sammlung und Ableitung der auf einem Grundstück anfallenden Schmutz- oder Regenwässer bis zur Übernahmestelle der Kanalanlage dienen.

„Ländlicher Raum“

Unter ländlichem Raum wird jenes Gebiet verstanden, das nicht als zusammenhängendes Siedlungsgebiet anzusehen ist. Für die Definition des zusammenhängenden Siedlungsgebietes gilt im Wesentlichen der Begriff des Baulandes im Sinne des Steiermärkischen Raumordnungsgesetzes oder der Anschlussverpflichtungsbereich nach dem Steiermärkischen Kanalgesetz. Entscheidungsgrundlage stellen in diesem Zusammenhang die kommunalen Abwasserentsorgungskonzepte dar.

Jene Gebiete, in denen „Haus an Haus“ bzw. „Bauparzelle an Bauparzelle“ grenzt, sind als geschlossenes Siedlungsgebiet zu bezeichnen. „Locker“ verbauter Raum besteht dort, wo die landwirtschaftliche Bodennutzung „Häuser“ bzw. „Bauparzellen“ trennt. Der ländliche Raum umfasst somit Bereiche einzelner Ortschaften und Ansiedelungen, Streusiedlungen und Einzelobjekte. Getrennt zu betrachten sind wiederum Objekte in Extremlage bzw. im Ödland.

Laut ÖSTAT-Ortschaftenstatistik gab es 1996 in Österreich 17.299 Orte, die sich nach HABERL und ERTL (1996) in folgende Größenklassen nach Einwohnern [E] unterteilen.

Größenklasse [E]	Anzahl der Orte	Einwohner	Orte in %
0 - 50	5.642	143.182	32,6
51 - 500	9.275	1,606.658	53,6
501 - 1.000	1.321	912.634	7,6
1.001 - 5.000	901	1,761.859	5,2
5.001 - 50.000	142	1,708.716	0,8
> 50.000	18	1,662.737	0,1
Summe	17.299	7,795.786	100,0

Tabelle 2.1: Anzahl der Ortschaften in Österreich nach Größenklassen nach HABERL und ERTL (1996).

Aus obiger Tabelle ist die große Bedeutung der kleineren Orte ersichtlich, machen doch die Ortsgrößen bis 500 Einwohner 86 % aller Orte in Österreich aus.

SPELLIER (1995) listet folgende Kriterien für den ländlichen Raum auf:

- Kleine, oft weit auseinanderliegende Ortschaften und Ortsteile,
- offene Verbauung, Einzelgehöfte, Weiler,
- geringe Einwohnerdichte bis etwa 25 E/ha,
- primär landwirtschaftliche Nutzung und in der Regel wenig Gewerbe und Industrie.

Charakteristisch für den ländlichen Raum sind

- extreme Abwasserschwankungen mit einem Streubereich von 500 % und mehr; im Vergleich dazu unterliegen größere Ortschaften nur Schwankungen im Bereich von 1,5 bis 2,0; und ein
- Mangel an ausgebildetem Klärpersonal.

Nach dem Maßstab der OECD-Klassifikation für den ländlichen Raum leben 78 % der österreichischen Bevölkerung in Regionen, die man im weitesten Sinne als ländlich bezeichnen kann. Davon leben 41 % in „überwiegend ländlichen Gebieten“, weitere 37 % in „maßgeblich ländlich geprägten Gebieten“ und nur 22 % der österreichischen Bevölkerung leben in „überwiegend urbanisierten Gebieten“.

Wenn man eine Bevölkerungsdichte von maximal 150 Einwohner je km² bezogen auf die Gemeinde als Definition für „ländlich“ nimmt – wie es dem OECD-Konzept entspricht (150 E/km² = 1,5 E/ha) – so bedecken nach DIETRICH (2000) in Österreich diese Gemeinden 91 % der Gesamtfläche und erreichen einen Bevölkerungsanteil von 43 %.

In der Steiermark bezeichnet SAURER (1994) ca. 93 % der Gesamtfläche mit ca. 60 % der gesamten steirischen Wohnbevölkerung als ländlichen Raum.

Dem Arbeitsblatt ATV-A 200 „Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten“ dienen im Vergleich dazu folgende Kriterien als Orientierung für den Begriff „ländliches Gebiet“:

- Kleine, manchmal auch weit auseinanderliegende Ortschaften und Ortsteile,
- große Grundstücksflächen aufgrund lockerer, offener Verbauung,
- Einzelgehöfte, Weiler, Streusiedlungen,
- geringe Siedlungsdichte bis etwa 25 E/ha Siedlungsfläche,
- geringer Anteil befestigter Flächen bis etwa 20 % der Siedlungsfläche inklusive der Straßen und Wege,
- lückenhafte, kleine Kanalnetze,
- primär landwirtschaftliche Struktur, und
- oftmals kleine und leistungsschwache, vielfach durch diffuse Einträge vorbelastete oberirdische Gewässer.

„Zentrale / dezentrale Abwasserentsorgung“

- Die zentrale Abwasserentsorgung steht für die Sammlung und Ableitung der anfallenden Abwässer mittels Kanalisationen, deren Transport zur zentralen Abwasserreinigungsanlage und deren dortige Reinigung samt

anschließender Einleitung in den Vorfluter. In zentralen Anlagen, bestehend aus Kanalnetz und Abwasserreinigungsanlage, wird der überwiegende Teil der Abwässer einer oder mehrerer Gemeinden entsorgt.

- Die dezentrale Abwasserentsorgung steht für dezentrale Sammlung und Reinigung anfallender Abwässer an Ort und Stelle des Anfalles, somit in mehreren dezentralen Anlagen, samt Einleitung der gereinigten Abwässer.

Das Motto „So dezentral wie möglich und so zentral wie notwendig!“ steht sehr häufig im Mittelpunkt der Diskussion über die Abwasserentsorgung im ländlichen Raum. Dennoch sind diese beiden Begriffe „zentral“ und „dezentral“ nicht gegensätzlich. Sie sind für sich alleine nicht aussagekräftig, da sie von der Definition der Systemgrenzen abhängen. Sie lassen sich nur für ein bestimmtes Entwässerungsgebiet definieren. Eine generelle Klassifizierung in „zentral“ und „dezentral“ ist nicht möglich, weil die Anzahl der zusammenzuschließenden Abwasserproduzenten und die Anschlussdistanzen zu gemeinsamen Reinigungsanlagen vielfältige Lösungen ermöglicht.

In der Abfolge

- Einzelanlage,
- Gruppenanlage,
- Genossenschaftsanlage,
- Gemeindeanlage und
- Verbandsanlage

stehen die beiden äußeren Pole für dezentral bzw. zentral, dazwischen lässt sich nach KAINZ ET AL. (2002) keine klare Grenze zwischen dezentraler und zentraler Abwasserentsorgung ziehen. Eine flächendeckende Abwasserentsorgung besteht daher immer aus einer Kombination von zentralen und dezentralen Einheiten.

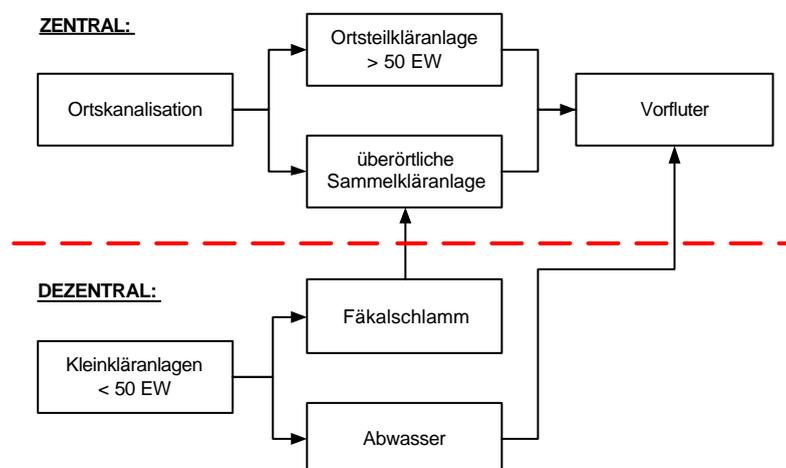


Abbildung 2.1: Flächendeckende Abwasserentsorgung durch Kombination aus zentralen und dezentralen Abwasserentsorgungsanlagen.

Als Ansatz für eine Objektivierung der Diskussion „Zentral – Dezentral“ schlägt AMBROS (1996) den Begriff „Zentralisationsgrad Z“ als quantifizierbare Kenngröße vor.

„Zentralisationsgrad Z“

Der Zentralisationsgrad Z stellt eine objektiv quantifizierbare Kenngröße dar, ob eine zentrale oder dezentrale Abwasserentsorgung vorliegt.

$$Z = \frac{n - m}{n} \quad \text{Gleichung 2.1)}$$

- mit: Z..... Zentralisationsgrad: $0 = Z = 1$
 $Z = 0$: extreme Dezentralisation: jeder Abwasserproduzent hat eine eigene Abwasserreinigungsanlage (ARA).
 $Z = 1$: vollständige Zentralisation: keine eigene Kläranlage im zu untersuchenden Gebiet.
n..... Anzahl der Abwasserquellen
m..... Anzahl der Kläranlagen mit: $0 = m = n$
 $m = 0$ bedeutet: sämtliche Abwässer werden zu einer (zentralen) Verbandskläranlage abgeleitet, und es gibt somit keine eigene ARA im Untersuchungsgebiet.

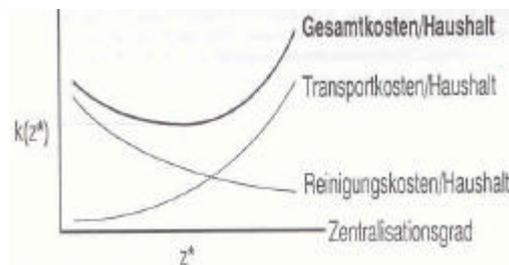


Abbildung 2.2: Kostenfunktion in Abhängigkeit vom Zentralisationsgrad Z nach AMBROS (1996) und POSCH (1994).

Mit: z^*optimaler Zentralisationsgrad mit minimalen Gesamtkosten $k(z^*)$ je Haushalt

$k(z)$ Gesamtkosten je Haushalt: $k = k_{\text{Transport}} + k_{\text{Reinigung}}$

$k(z^*)$minimale Gesamtkosten je Haushalt.

„Entsorgungssituation in der Steiermark“

Mit Stand Ende 2001 verfügten 149 steirische Gemeinden über eine öffentliche Abwasserentsorgung, womit der Entsorgungsgrad mehr als 84 % beträgt.

Ordnet man von den insgesamt 543 steirischen Gemeinden die 408 Gemeinden mit weniger als 2.000 Einwohnern dem ländlichen Raum zu, ergibt sich mit Stand Ende 2001 ein Anschlussgrad dieser ländlichen Gemeinden an eine öffentliche Kanalisation von ca. 60 %.

In der folgenden Tabelle 2.2 wird der Stand der Abwasserentsorgung in der Steiermark bezogen auf die Anzahl der entsorgten Einwohner dargestellt.

Art der Abwasserentsorgung	entsorgte Einwohner	Entsorgungsgrad in [%]
Öffentliche Entsorgung (Verband oder Gemeinde)	1.012.000	84,0
Entsorgung durch Abwassergenossenschaften	17.000	1,4
Gemeinschaftliche Entsorgung	1.029.000	85,4

Tabelle 2.2: Stand der Abwasserentsorgung in der Steiermark Ende 2001 nach SAURER (2002).

Im Allgemeinen weisen Gemeinden mit größerer Einwohnerzahl einen höheren Entsorgungsgrad auf als einwohnerschwache Gemeinden. Gebiete mit zusammenhängender Siedlungsstruktur und Ballungsräume wurden aus Gründen des Gewässerschutzes und der allgemeinen Hygiene schon früh mit Kanalisationen ausgestattet; außerdem ist eine wirtschaftliche Betriebsführung bei höherer Anschlussdichte ($[E/km^2]$ bzw. $[E/lfm\ Kanal]$) einfacher zu erzielen.

In ländlichen Gemeinden stößt die Erfassung der Abwässer über öffentliche Kanalanlagen wesentlich früher an ihre Grenzen als in Stadt- oder Marktgemeinden. Die Siedlungsstruktur in ländlichen Gemeinden lässt eine Erschließung mittels öffentlicher Abwasserentsorgungsanlagen von maximal etwa 75 % erwarten, während im Durchschnitt für Stadt- und Marktgemeinden ein Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserentsorgung von über 95 % zu erzielen ist.

„Struktur der österreichischen Siedlungswasserwirtschaft“

Die österreichische Siedlungswasserwirtschaft ist nach Informationen des BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2001) im EU-Vergleich sehr klein strukturiert. Die Leistungen werden vor allem von den Gemeinden und von Kommunalverbänden erbracht.

In Österreich gibt es derzeit etwa 4.000 Wasserversorger (unter ihnen rund 190 größere Betriebe) und etwa 2.500 Abwasserunternehmen. Diese Kleinteiligkeit erhöht zwar die Identifikation der Benutzer, hat aber auch Nachteile: Die Betriebe sind wenig finanzkräftig und bei Investitionen in hohem Maß abhängig von Förderungen. Synergiepotentiale durch einen gemeinsamen Betrieb von Wasser und Abwasser werden nicht genutzt.

„Arbeitsgemeinschaft Steirischer Abwasserverbände (ASAV)“

Zunehmender Umsetzungs- und Kostendruck, der Bedarf an Interessensvertretung und ein gemeinsames Auftreten in der Öffentlichkeit waren Gründe für die Gründung der „Arbeitsgemeinschaft Steirischer Abwasserverbände“, die Gemeinden, Genossenschaften und juristische Personen in der Steiermark vertritt. Die Gemeinschaft vertritt ihre Mitglieder in allen gesetzlichen, technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und informellen Belangen.

„Kostenrechnung“

Vor dem Hintergrund der aktuellen wirtschaftlich angespannten Lage ist die Gebühren- und Entgeltentwicklung für die Abwasserentsorgung im Blickpunkt der kritischen Öffentlichkeit. Im Zuge der Finanzausgleiche 2000 und 2001 wurde von Seiten der Siedlungswasserwirtschaft ein Beitrag zur Budgetsanierung umgesetzt, indem der Zusicherungsrahmen (i.e. die finanziellen Mittel des Bundes) deutlich abgesenkt wurde.

Dabei wird der Ruf nach Kosten- und Gebührentransparenz und nach Maßnahmen der Gebühren- und Kostensenkung laut.

Eine effiziente Erbringung der hoheitlichen Leistung „Abwasserentsorgung“ erfordert den Einsatz moderner Steuerungs- und Kontrollmechanismen. Der Aufbau und die Anwendung einer Kosten- und Leistungsrechnung ist daher unverzichtbarer Teil der Abwasserentsorgung.

Das Pilotprojekt „Kostenrechnung für Abwasserverbände“ für die fünf Abwasserverbände Wasserverband Mürzverband, Abwasserverband Gleisdorfer Becken, AWW Grazer Feld, Reinhaltverband Pöllauer Tal und RHV Pößnitz-Saggautal erfolgte mit Unterstützung der Steiermärkischen Landesregierung.

Ziele dieses Projektes waren

- eine einheitliche Kosten- und Leistungsrechnung,
- die Entwicklung technischer Kennzahlen, um damit vergleichbare Kostenfaktoren zu erhalten, und
- durch den Vergleich dieser Kennzahlen im Sinne von Benchmarking die Wirtschaftlichkeit der Abwasserentsorgung zu verbessern.

Die Aufbereitung der technischen und kostenrechnerischen Daten resultierte im Bundesprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“, deren Ergebnisse im Februar 2002 veröffentlicht wurden.

„Mindestansprüche an eine Kanalisation“

Die Mindestansprüche an eine Kanalisation gemäß ÖNORM EN 752-2 sind:

- Funktionsfähigkeit:
 - o Schadlose Abfuhr des Abwassers durch hydraulische Bemessung;
 - o Begrenzung der Überflutungshäufigkeit und der Überlastungshäufigkeit auf die vorgeschriebenen Werte;
 - o Schutz von Gesundheit und Leben der Öffentlichkeit;
 - o Schutz von Gesundheit und Leben des Betriebspersonals;
 - o Schutz des Vorfluters vor Verschmutzung im Rahmen der festgelegten Grenzwerte;
 - o Ausschluss der Gefährdung von bestehenden, angrenzenden Bauten und Ver- und Entsorgungseinrichtungen durch Abwasserkanäle und -leitungen;
 - o Erreichung der geforderten Nutzungsdauer und Erhaltung des betrieblichen Zustandes;
 - o Vermeidung von Geruchsbelästigung und Giftigkeit;
 - o Zuflüsse müssen einzeln kontrollierbar und absperrbar sein;
 - o Anschlusskontrolle hinsichtlich Fremdeinleitungen;
 - o Mindestgefälle der Kanäle zwecks ablagerungsfreien Weitertransportes der unvermeidbar auftretenden Feststoffe;
- Wasserdichtheit:
 - o Sicherheit gegen Infiltrationen und Exfiltrationen gemäß den Prüfanforderungen hinsichtlich Wasserdichtheit;
 - o kein Eindringen von Fremdwasser.
- Kontrollierbarkeit:
 - o Kontrolle der öffentlichen Kanäle beim Bau und im Betrieb;
 - o Kontrolle der privaten Entwässerungsnetze im Bau- und Betriebszustand;
 - o Sicherstellung der Zugänglichkeit für Unterhaltungszwecke.
- Instandhaltbarkeit.
- Geordneter Betrieb.
- Geordneter Unterhalt als eine Kombination aus vorausschauend geplanten Maßnahmen und ereignisabhängigen Reaktionen, um das System in einem Zustand zu erhalten, der die Betriebsfähigkeit sichert.
- Geordnete Inspektion als Inspektion im konventionellen Sinne oder als selektive Inspektion.

2.2.2 *Kanalisationsverfahren*

Folgende Verfahren sind nach KAINZ ET AL. (2002) bei der Ableitung der Abwässer zu unterscheiden:

1. Mischverfahren

Beim Mischverfahren werden Schmutz- und Regenwässer in einem gemeinsamen Entwässerungssystem abgeleitet. Der erforderliche Abflussquerschnitt wird dabei vom Regenwasser bestimmt, deren Abflussmenge durch eine Mischwasserbewirtschaftung gesteuert werden kann.

2. Trennverfahren

Beim Trennverfahren werden die Schmutzwässer in eigenen Schmutzwasser- und die Regenwässer getrennt in eigenen Regenwasserkanälen abgeleitet.

3. Qualifiziertes Mischverfahren

Beim qualifizierten Mischverfahren wird nicht das gesamte Regenwasser, sondern nur Wasser von stark verschmutzten Oberflächen wie z.B. Lagerplätzen, Straßen oder landwirtschaftlichen Hofflächen in der Kanalisation gefasst und abgeleitet. Das sonstige, gering verschmutzte Regenwasser lässt man an Ort und Stelle versickern oder zum nächsten Vorfluter abfließen.

4. Schmutzwasserkanalisation

Bei der Schmutzwasserkanalisation wird nur das anfallende Schmutzwasser in Schmutzwasserkanälen gefasst und abgeleitet; das Regenwasser wird dabei dem natürlichen Abflussverhalten überlassen. Zu beachten gilt es allerdings, dass es zu keinen widerrechtlichen Anschlüssen von Dachrinnen oder Drainageleitungen an den Schmutzwasserkanal kommen darf.

5. Sonderformen der Kanalisation

In Sonderfällen der Kanalisation erfolgt die Abwasserableitung eines Gebietes nicht durch Freispiegelleitungen (= drucklose Ableitung der Abwässer), sondern es werden die Verfahren der

- a) Druckentwässerung oder der
- b) Unterdruckentwässerung (= Vakuumentwässerung)

angewendet.

2.2.3 Regenwasser

Einen Beitrag zur Problemlösung der Abwasserableitung leistet die konsequente Vermeidung von Abwasser. Analog zu den Zielen der Abfallwirtschaft gilt auch im Bereich des Abwassers:

1. Abwasser vermeiden;
2. Abwasserinhaltsschadstoffe verringern;
3. Abwasserwertstoffe verwerten; und letztendlich
4. Abwasser entsorgen.

Hierbei sind die Ströme von Regenwasser und häuslichem Schmutzwasser getrennt zu betrachten. Eine Ableitung von Regenwasser auch im dünn besiedelten ländlichen Gebiet kann dann erforderlich werden, wenn

- der Boden undurchlässig ist, d.h. keine Versickerung möglich ist,
- der Boden sehr durchlässig ist, sodass es nur zu einem erneuten Andrang an einer anderen Stelle kommt, oder
- erst eine Gerinnestruktur an der Oberfläche geschaffen werden muss.

Sowohl beim Trenn- als auch beim Mischverfahren ist der Regenwasserabfluss (Q_r) maßgebend für die Dimensionierung der Kanäle und somit kostenwirksamer Faktor. Daher kommen folgende Verfahren der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung zur Vermeidung von Regenwasserabflüssen bzw. zur Minimierung der Abflussspitzen zur Anwendung:

- Minimierung versiegelter Flächen, Entsiegelung bzw. Abkoppelung.
- Auffangen, Speichern und Nutzen von Regenwasser.
- Die entwässerungstechnische Versickerung von Regenwasser vor Ort, gekennzeichnet durch planmäßiges und konstruktives Vorgehen, schließt den Wasserkreislauf vor Ort und vermindert den abzuleitenden Teil des auf befestigten Flächen anfallenden Regenwassers:
 - Dezentrale Versickerung gemäß ATV-Arbeitsblatt A 138, oder
 - semizentrale Versickerungsanlagen wie z.B. Mulden-Rigolen-Systeme oder Rigolen-Schacht-Systeme nach DOHMANN (1997).

Die Wirtschaftlichkeit der Regenwasserbewirtschaftung ist im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig:

- Investitionskosten der Regenwassernutzungsanlagen;
- Höhe der kommunalen Trink- und Abwassergebühren;
- Gestaltung der Abwassersatzung, im speziellen der Berechnungsmodus bei der Nutzung von Regenwasser.

2.3 Rechtliche Grundlagen

Die österreichische Siedlungswasserwirtschaft ist in einen umfassenden rechtlichen Rahmen eingebettet. Die Gesetzgebung und Vollziehung in Bezug auf wasserrechtliche Angelegenheiten wird durch Artikel 10 des Bundesverfassungsgesetzes BV-G in den Kompetenzbereich des Bundes gelegt.

Wasserrechtsgesetz

Das Wasserrechtsgesetz WRG 1959 legt in vielen Bereichen nur die Rahmenbedingungen fest.

Die Typengenehmigung wird in § 12c des WRG abgehandelt:

„Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft kann durch Verordnung die Möglichkeit einer Typisierung von Anlagen oder Anlagenteilen vorsehen...“. „...Bei der Typengenehmigung wird die Entsprechung von Type und seriellem Produkt durch Werkskontrollen überprüft.“

Da die Typengenehmigung einer Werkskontrolle und somit eines seriellen Produktes bedarf, ist der „Sparkanal“ kein Typ im Sinne des WRG.

In § 30 WRG finden sich die Definition der Ziele und die Begriffe der Reinhaltung:

„Alle Gewässer einschließlich des Grundwassers sind im Rahmen des öffentlichen Interesses und nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen so reinzuhalten, dass die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet, Grund- und Quellwasser als Trinkwasser verwendet, Tagwässer zum Gemeingebrauche sowie zu gewerblichen Zwecken benutzt, Fischwässer erhalten, Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstige fühlbare Schädigungen vermieden werden können.“

„Unter Reinhaltung der Gewässer wird die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht (Wassergüte), unter Verunreinigung jede Beeinträchtigung dieser Beschaffenheit und jede Minderung des Selbstreinigungsvermögens verstanden.“

Gemäß § 32 Abs. 2 WRG 1959 i.d.g.F. bedürfen Maßnahmen, die zur Folge haben, dass durch Eindringen von Stoffen in den Boden das Grundwasser in mehr als geringfügigem Maß verunreinigt wird, jedenfalls einer wasserrechtlichen Bewilligung. Diese Bewilligungspflicht ist nach Judikatur des Verwaltungsgerichtshofes immer dann gegeben, wenn nach dem natürlichen Lauf der Dinge

mit nachteiligen Einwirkungen auf die Beschaffenheit der Gewässer unmittelbar oder mittelbar zu rechnen ist. Der tatsächliche Eintritt einer Gewässerverunreinigung ist für die Bewilligungspflicht irrelevant.

Somit besteht eine Bewilligungspflicht immer dann, wenn nach den allgemeinen praktischen Erfahrungen mit mehr als einer geringfügigen Einwirkung (physikalisch, chemisch oder biologisch) zu rechnen ist. Das WRG 1959 bietet jedoch keine Definition für „geringfügig“ an; nach der ständigen Rechtsprechung des Verwaltungsgerichtshofes liegt Geringfügigkeit nur bei solchen Einwirkungen vor, die einer zweckmäßigen Nutzung des Gewässers im Sinne des § 30 Abs. 1 nicht im Wege stehen – der Verwendbarkeit des Grundwassers als Trinkwasser.

Nicht geringfügige Einwirkungen sind daher jene, welche entweder für sich allein oder durch Summationseffekte zur Nichtverwendbarkeit des Grundwassers als Trinkwasser führen bzw. welche eine deutliche Annäherung zum jeweiligen Grundwasserschwellenwert darstellen.

Für bestimmte wasserrechtlich bewilligungspflichtige Vorhaben kann das Anzeigeverfahren vorgesehen werden. Bewilligungspflichtige Maßnahmen unterliegen der Untersuchung auf Bewilligungsfähigkeit, wobei die Intensität der durch die Maßnahme bewirkten Grundwasserbelastung im jeweiligen Einzelfall ausschlaggebend ist.

Es ist unmöglich, allgemein und abstrakt typisierte Maßnahmen für die Bewilligungsfreiheit bzw. für die Bewilligungsfähigkeit zu formulieren, da die gleiche Maßnahme in einem Fall nur zu geringfügigen und in einem anderen Fall jedoch zu erheblichen Grundwasserbelastungen führen kann.

Eine mangelhafte Abwasserbeseitigung stellt eine Übertretung des Wasserrechtsgesetzes mit allen Konsequenzen dar, welche im WRG in § 26 „Schadenshaftung“, § 137 „Strafen“ und § 138 „Herstellung des gesetzmäßigen Zustandes“ beschrieben werden.

Steiermärkisches Raumordnungsgesetz

Nach dem Steiermärkischen Raumordnungsgesetz i.d.g.F. dürfen als vollwertiges Bauland nur solche Grundflächen (mit Ausnahmen) festgelegt werden, die eine Anschließung einschließlich der Abwasserbeseitigung mit einer dem Stand der Technik entsprechenden Abwasserreinigung aufweisen oder sich derartige Anlagen in Bau befinden und deren Anschließung keine unwirtschaftlichen öffentlichen Aufwendungen insbesondere für die Abwasserentsorgung erforderlich machen.

Steiermärkisches Baugesetz

Gemäß dem Steiermärkischen Baugesetz ist eine Grundstücksfläche nur dann als Baugrundstück geeignet, wenn eine für den Verwendungszweck der geplanten baulichen Anlage entsprechende Abwasserentsorgung sichergestellt ist.

Steiermärkisches Kanalgesetz

Gemäß dem Steiermärkischen Kanalgesetz 1988 i.d.g.F. LGBl. Nr. 82/1998 besteht eine gesetzliche Anschlusspflicht.

Nach § 4 Kanalgesetz sind die Eigentümer der betroffenen Grundstücke verpflichtet, ihre Regen- und Schmutzwässer in die öffentliche Kanalanlage einzuleiten. Diese Anschlusspflicht erstreckt sich auf alle Bauwerke, deren Anschlusslänge bezogen auf die kürzeste Entfernung vom Haus zum öffentlichen Kanalstrang maximal 100 m beträgt. In diese Anschlusspflicht sind alle Bauwerke eingeschlossen, welche in baulicher Verbindung zum anzuschließenden Bauwerk stehen bzw. diesem eng benachbart sind und denselben Grundeigentümer aufweisen, auch wenn deren kürzeste Entfernung zum Kanalstrang mehr als 100 m beträgt.

Befinden sich die Grundstücke im Bauland (vergleiche § 23 des Steiermärkischen Raumordnungsgesetzes 1974 i.d.g.F.) und wird ein zusammenhängender Baulandbereich durch einen Kanalstrang erschlossen, so entsteht die Anschlusspflicht unabhängig vom Abstand zum Kanalstrang. In diesem Fall hat der Anschlussverpflichtete die Kosten für Hauskanalanlage, Instandhaltung und Reinigung nur für eine Anschlusslänge von maximal 100 m zu tragen.

Für außerhalb des Anschlussverpflichtungsbereiches bestehende oder künftig zu errichtende Bauwerke besteht eine Anschlussverpflichtung dann, wenn der Mehraufwand für die Errichtung der Kanalisation außerhalb des Anschlussverpflichtungsbereiches von der Gemeinde getragen und Bestandteil der öffentlichen Kanalanlage wird.

Ausnahmen von der Anschlussverpflichtung sind von der Baubehörde für Bauten vorübergehenden Bestandes, für untergeordnete Nebengebäude und Bauteile sowie für Bauten mit einer nach den Erfahrungen der technischen Wissenschaften, den Erfordernissen des Umweltschutzes und der Hygiene entsprechenden Schmutzwasserentsorgung zu erteilen, wenn dadurch eine schadlose Entsorgung der Abwässer gewährleistet ist und eine Schädigung öffentlicher Interessen sowie ein Nachteil für die Nachbarschaft nicht entsteht. Der Nachweis des Vorliegens für die Ausnahme von der Anschlussverpflichtung obliegt dem Ausnahmewerber.

Die Verpflichtung zum Anschluss an die öffentliche Kanalisation entfällt, wenn der Anschluss nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten hergestellt werden könnte (z.B. Rutschterrain, Höhenlage).

Der Anschlusszwang kann auch an eine private Kanalanlage, dessen Eigentümer baubehördlich verpflichtet ist, die Einleitung fremder Schmutz- oder Regenwässer zu dulden, ausgesprochen werden.

Die Ausnahmen sind mit Beschränkung auf eine bestimmte Zeitdauer oder gegen Widerruf zu erteilen.

Für die Regelung „Anschlusspflicht im 100 m – Anschlussbereich“ spricht, dass

- + eine klare Kalkulation bei verbindlicher Vorgabe möglich ist, und
- + diese fixe 100 m – Angabe die Kosten für die Hausanschlussleitungen regelt.

Gegen diese Regelung spricht, dass

- dabei keine Rücksichtnahme auf Härtefälle wie z.B. in Form aufwendiger Anschlussleitungen genommen wird.

Die Abwasserentsorgung ist gemäß § 71 der Gemeindeordnung - GemO durch die Gemeinde grundsätzlich kostendeckend zu gewährleisten. Das bedeutet, dass alle Kosten der Abwasserentsorgung durch die Verursacher des Abwassers bzw. durch die Benutzer des Abwassersystems getragen werden müssen.

Ob und zu welchen Teilen die Finanzierung der Abwasserentsorgung in Form von Anschlussbeiträgen oder Abwassergebühren erfolgt, liegt im Ermessen der Gemeinde. Ein gesetzlicher Anspruch auf Fördermittel, die insbesondere vom Bund und den Bundesländern gewährt werden können, besteht nicht.

2.4 Akteure in der Abwasserentsorgung

Die Umsetzung von den regionalen Gegebenheiten angepassten Methoden der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum ist ebenso wie die Durchsetzung anderer technologischer Innovationen und Alternativen nicht nur eine Frage von Technik, Ökonomie und Ökologie, sondern auch ein dynamischer sozialer Prozess, der gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl von Akteuren und Entscheidungsträgern mit ihren jeweiligen Aktionsfeldern.

Folgende Akteure sind nach HAHN (1996) an der Umsetzung der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum beteiligt:

1. Behörden und Verwaltung,
2. Planungsbüros,
3. Gemeinden,
4. Engagierte Bürger (Bürgerinitiativen),
5. Betroffene Bevölkerung,
6. Technische Wissenschaften,
7. Umweltwissenschaften,
8. Politik,
9. Gewerbe und Industrie,
10. Bauwirtschaft,
11. Arbeitsgemeinschaften (ARGE) zum Bau von Kläranlagen sowie Hersteller von (Klein-)Kläranlagen,
12. Einrichtungen zur Vergabe öffentlicher Förderungen – Kommunalkredit Austria AG (= die ehemalige Österreichische Kommunalkredit ÖKK) und
13. Einrichtungen der Finanzierung.

2.4.1 Behörden und Verwaltung

Der Bürgermeister ist für die baurechtlichen Bewilligungen zuständig, während die Bezirksverwaltungsbehörde für wasserrechtliche Verfahren für Einzelanlagen und kleinere Anlagen mit geringerer Ausbaugröße zuständig ist.

Der Landeshauptmann bzw. die jeweiligen Landesbehörden sind u.a. zuständig für Abwasserentsorgungsangelegenheiten von zusammenhängenden Siedlungsgebieten mit mehr als 1.000 Einwohnern.

Bei der jeweiligen Landesbehörde erfolgt die Begutachtung und Befürwortung nach formellen und technisch-wirtschaftlichen Kriterien der wasserrechtlich bewilligten und dem Land zwecks Förderungsansuchen vorgelegten Projekte. Es besteht seitens des Landes auch die Möglichkeit, eine vertiefende Prüfung vorzunehmen. Die Reihung des Projektes in einem Dringlichkeitskatalog – basierend auf einem beim Land aufliegenden Prioritätenkatalog – bestimmt auch die allfällige Landesförderung.

Gemäß dem UMWELTFÖRDERUNGSGESETZ UFG sind vom Land folgende Aufgaben wahrzunehmen:

- Ökologische Prioritätensetzung;
- Festlegung der Grundlagen und des Umfanges für die Variantenuntersuchungen sowie Begutachtung;
- Entgegennahme und technisch-wirtschaftliche Begutachtung der Förderungsanträge;
- Überwachung der Einhaltung der Vergaberichtlinien;
- Prüfungs- und Kontrollaufgaben in der Bauphase;
- Durchführung der Kollaudierung und Bestätigung der Richtigkeit der Abrechnungs- und Kollaudierungsunterlagen.

In der Steiermark ist die Fachabteilung 19c „Siedlungswasserwirtschaft“ als Teil der Abteilung 19 „Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft“ des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung für Förderungen für Einrichtungen zur Trinkwasserversorgung und Reinhaltung der Gewässer mit Maßnahmen zur Abwasserentsorgung und der betrieblichen Abwasserbehandlung zuständig.

Die Fachabteilung 19c ist in Kombination mit den Baubezirksleitungen mit der Durchführung siedlungswasserwirtschaftlicher Förderungen beauftragt. Die jeweiligen Kompetenzen der Landesdienststellen werden in den LANDESDURCHFÜHRUNGSBESTIMMUNGEN FÜR DIE SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT LSW 2000 geregelt.

Der Behörde kommt damit im Aktionsfeld Abwasserentsorgung eine zentrale Bedeutung zu, da

- ihr die Entscheidungskompetenz über (Nicht-)Bewilligung zukommt;
- sie als Planungsorgan einen wesentlichen und richtungsweisenden Einfluss auf die zukünftige Entwicklung rechtlicher und technischer Kriterien ausübt;
- und sie die Aufgabe der Überwachung und Kontrolle der Anlagen (Verbände, Gemeinden, Genossenschaften, Einzelanlagen) wahrnimmt.

2.4.2 Planungsbüros

Die Gemeinden beauftragen Zivilingenieurbüros und technische Büros für Bauwesen und/oder Kulturtechnik sowie Baumeister mit der Erstellung von Studien und Projektierungen für die Abwasserentsorgung der Gemeinde – beginnend beim Projektentwurf über die gesamte Projektdurchführung inklusive Planung und Bauaufsicht. Die Durchführung von Planung und Bauaufsicht kann auch entweder von einem Unternehmen oder einer Fachabteilung oder einem Bauamt der Gebietskörperschaft vorgenommen werden.

In der ersten Phase des Projektablaufs werden die Projektanten durch die Gemeinde bzw. Verband oder Genossenschaft mit der Erstellung eines Einreichprojektes mit Variantenuntersuchungen des definierten Entsorgungsgebietes („Gelbe Linie“) betraut. Im Verfahrensablauf von abwassertechnischen Entsorgungskonzepten hat die Gemeinde die Inangriffnahme der Arbeiten für die Erstellung des Entsorgungskonzeptes der Landesregierung mitzuteilen.

Im Zuge der Einreichplanung werden sämtliche Unterlagen zur Erlangung der notwendigen Bewilligungen und Förderungen erstellt.

Die erforderlichen Einreichunterlagen für Abwasseranlagen bestehen aus:

- Technischem Bericht,
- Grundstücksverzeichnis samt Angabe der Berechtigten und
- Plänen (Übersichtslageplan, Lageplan, Längenprofil und Detailpläne).

Dieses Projekt wird dann bei der Wasserrechtsbehörde eingereicht und von dieser mit Auflagen bewilligt. Das wasserrechtlich bewilligte Projekt bildet die Basis für eine mögliche Förderung und ist dafür beim Land vorzulegen.

Die Detailplanung beinhaltet die Erstellung der Pläne zur Bauausführung und der Ausschreibung bis hin zur Abwicklung der Bauvergabe. Zu den Aufgabebereichen gehören als örtliche Bauaufsicht die Überwachung der Bauausführung in technischer und kaufmännischer Hinsicht sowie die Belange des Planungs- und Baustellenkoordinators gemäß dem Bauarbeitenkoodinationsgesetz.

Der Planer erstellt die für Bürger und Gemeinde nachvollziehbaren Konzepte der Abwasserentsorgung unter Einhaltung von

- Planungsoptimierung hinsichtlich Machbarkeit, Finanzierbarkeit und Notwendigkeit,
- Planungs- und Kostentransparenz,
- Kostenoptimierung und
- zwingend vorgegebenen objektivierten Variantenuntersuchungen.

2.4.3 Gemeinde

Die Hauptaufgabe der Gemeinde besteht aus der langfristigen Planung und Sicherung der kommunalen Entwicklung. Die Abwasserentsorgung stellt einen wichtigen Teil der Infrastruktur sowohl für die Siedlungsentwicklung als auch für die Wirtschaftsförderung dar. Dem Gemeinderat obliegt die formale Entscheidung, welches Projekt zur wasserrechtlichen Bewilligung eingereicht wird.

2.4.4 Engagierte Bürger - Bürgerinitiativen

Vor allem bei Entscheidungen zugunsten „zentraler“ Abwasserentsorgungskonzepte bilden sich Initiativen, die sich als Gruppe für oder gegen ein Projekt stellen und damit Einfluss ausüben.

2.4.5 Betroffene Bevölkerung

Das Interesse der betroffenen Bevölkerung besteht oft in der Forderung der Umsetzung des kostengünstigsten Projektes. Jeder Einzelne ist prinzipiell für die Reinigung des von ihm verursachten Abwassers zuständig. Die Umsetzung und die Entscheidung über die Art der Durchführung liegt aber im Hoheitsbereich der Behörde, während die Verantwortung und die Bezahlung der Kosten beim Bürger liegt. Die Gemeinde handelt im Auftrag des Bürgers bzw. der Bevölkerung, während der Bürger für die Finanzierung der Abwasserentsorgung über Beiträge und Gebühren bzw. Steuern herangezogen wird.

2.4.6 Technische Wissenschaften

Technische Wissenschaften bzw. deren Ergebnisse fließen einerseits indirekt in den Entscheidungsprozess von Gemeinden bezüglich der Abwasserentsorgung ein über das Wissen und Handeln der Sachverständigen und Planer, andererseits über direkten Kontakt mit betroffenen Akteuren.

2.4.7 Umweltwissenschaften

Standen bislang technisch-ökonomische Kriterien im Mittelpunkt der Variantenuntersuchungen, zeichnet sich ein Wandel in Richtung umfassender ökologischer Betrachtung ab. Die Behandlung umweltpolitischer Ziele im Sinne von „sustainable development“ wie z.B. Wasser- und Stoffkreislauf, Klärschlammproblematik und Rohstoff- und Energiebilanzen führt zu verstärkten Einflüssen von Umweltwissenschaften.

2.4.8 Politik

Es stellt die Aufgabe der Politik dar, entsprechende Rahmenbedingungen für die Abwasserentsorgung zu gestalten, wobei die Politik zu versuchen hat, einen Ausgleich zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Interessen, Ansprüchen, Rechten und Pflichten zu schaffen.

Die Rollen- und Aufgabenverteilung bei der Umsetzung von Abwasserprojekten kann für Politik und Verwaltung wie folgt beschrieben werden:

- Koordination und Moderation von Planungsprozessen;
- Beratung und Öffentlichkeitsarbeit;
- Örtliche und überörtliche Raumplanung (landesweite und regionale Entwicklungsprogramme, örtliche Raumordnungsprogramme, Flächenwidmungspläne, Bebauungspläne, generelle Entwässerungsplanung);
- Objektivierung der Thematik Abwasserentsorgung;
- Schaffung eindeutiger Vorgaben und rechtlicher Regelungen (z.B. Abwassergesetz, Raumordnung, Flächenwidmungspläne, Bebauungspläne, Bauordnung, Kanalgebühren, Variantenuntersuchungen, Förderungspolitik, Zuständigkeiten, Verwaltungsablauf, Entscheidungsprozess);
- Entscheidungskompetenz über Bewilligung bzw. Nichtbewilligung von Abwasserprojekten;
- Zielvorgabe, Hinterfragen der Planungsergebnisse und des Mitteleinsatzes in Bezug auf Effizienz; und
- Überwachung und Kontrolle der Anlagen.

2.4.9 Gewerbe und Industrie

Gewerbe und Industrie sind insoweit involviert, wenn sie als Indirekteinleiter in die öffentliche Kanalisation einleiten. In ländlichen Gebieten werden Gewerbe (außer Bau- und Baunebengewerbe) und Industrie selten als Akteur auftreten.

2.4.10 Bauwirtschaft

Insgesamt besteht nach HAHN (1996) ein Finanzbedarf von ca. 17 bis 18 Mrd. Euro für den Bereich Abwasserentsorgung hinsichtlich Vollentsorgung, die einen Anschlussgrad an die öffentliche Kanalisation von österreichweit 85 % bis 90 % vorsieht, für die Kanalstandhaltung und -sanierung sowie für die Anpassung bestehender Anlagen an den Stand der Technik (Ausgangsbasis für HAHN = 1996).

Nach STEINER (2002) beträgt der Investitionsbedarf für die Siedlungswasserwirtschaft für Gesamt-Österreich bis zum Jahr 2010 ca. 15 Mrd. Euro, wovon 10 Mrd. Euro auf den Kanalbau und den Bau von Kläranlagen bzw. Erweiterungen fallen (Ausgangsbasis für STEINER = 2002).

Für die Steiermark besteht nach Angabe von WENGER (2002) für die kommunale Abwasserentsorgung ein Investitionsbedarf von mehr als 700 Mio. Euro, für die kommunale Wasserversorgung von mehr als 200 Mio. Euro. Diesem gesamten Investitionsbedarf bis 2010 steht jedoch die Notwendigkeit der Konsolidierung der öffentlichen Haushalte gegenüber.

Die laut WENGER (2002) für die Steiermark erforderliche Investitionssumme von mehr als 700 Mio. Euro für die kommunale Abwasserentsorgung gliedert sich in:

- 67 % für Neuerrichtung von Abwasserentsorgungsanlagen: = 470 Mio. Euro,
- 20 % für Sanierung: = 140 Mio. Euro,
- 13 % für Anpassungsmaßnahmen: = 90 Mio. Euro.

Aus dem Vergleich nach KOSZ und BRÖTHALER (1996) zwischen den volkswirtschaftlichen Bruttoeffekten durch privaten Konsum einerseits und Investitionen in die Siedlungswasserwirtschaft (Wasserver- und Abwasserentsorgung) andererseits wird deutlich, dass aufgrund des im Vergleich zur Siedlungswasserwirtschaft hohen Importanteils des privaten Konsums eine Investition in die Wasserver- und Abwasserentsorgung der österreichischen Volkswirtschaft mehr nützt.

2.4.11 Arbeitsgemeinschaften zum Bau von Kläranlagen bzw. Hersteller von (Klein-)Kläranlagen

Im Bereich der Forschung und der Weiterentwicklung von alternativen Technologien kommt ihnen große Bedeutung zu, sodass Pflanzen- und Kleinkläranlagen zu technischen Alternativkonzepten werden konnten. Die Bedeutung dieser beiden Gruppen im Entscheidungsprozess ist je nach Gemeinde unterschiedlich groß.

2.4.12 Einrichtungen zur Vergabe öffentlicher Förderungen

Die österreichische Siedlungswasserwirtschaft war und ist aufgrund ihrer bestehenden, kommunal dominierten, kleinteiligen Struktur ohne das Instrument der Förderung nicht in der Lage, die heute existierenden Anschlussgrade und die hohen ökologischen Standards im Bereich des Abwasserwesens zu erreichen oder gar weiter auszubauen.

Förderungen werden den Betreibern der Abwasserentsorgungsanlagen von Bund und Ländern in Form von Finanzierungszuschüssen gewährt, damit diese die flächendeckende Entsorgung sichern können, ohne die enormen Investitionskosten in Form von hohen Gebühren an die betroffenen Bürger weitergeben zu müssen.

Die Art und das Ausmaß der öffentlichen Förderungen von Investitionen in die Abwasserentsorgung sind gesetzlich geregelt. Das Förderungsmaß wird als Prozentsatz der förderbaren Investitionskosten, dem Fördersatz in [%], ausgedrückt und errechnet sich nach der FÖRDERUNGSRICHTLINIE FÜR KOMMUNALEN SIEDLUNGSWASSERBAU (FRL) wie folgt:

$$\text{Fördersatz in [\%]} = 100 - \frac{50.000}{13.7603} \cdot \Delta I \cdot \left(\frac{100}{\frac{GK_1}{BA_1} + \frac{GK_2}{BA_2}} \right) - 25 \quad \text{Gleichung 2.2)}$$

Mit: GK₁Gesamtkosten für Abwasserreinigungs- und Schlammbehandlungsanlagen in Euro (gemäß § 2 Abs. 13 FRL)

GK₂Gesamtkosten für Abwasserableitungsanlagen in Euro (gemäß § 2 Abs. 13 FRL)

- BA₁.....Berechnungsanteile für die Abwasserreinigungs- und Schlamm-
behandlungsanlagen (gemäß § 2 Abs. 14 FRL)
- BA₂.....Berechnungsanteile für Abwasserableitungsanteile

$$BA_2 = BA_W + BA_A + BA_B$$
- BA_W.....Berechnungsanteil für Wohnungen
- BA_A.....Berechnungsanteil für Arbeitsstätten
- BA_B.....Berechnungsanteil für parzelliertes und unparzelliertes Bauland
- ? I.....Indexänderung (gemäß § 2 Abs. 15 FRL)

Wenn die Gemeinde einen Entsorgungsbereich in Form der „Gelben Linie“ festgelegt hat und die Abwasserentsorgungsanlage für die Entsorgung dieses Bereiches innerhalb des zugehörigen Betrachtungszeitraumes ersterrichtet wird, liegt der Förderungssatz seitens des Fördergebers Bund zwischen der Untergrenze von 8 % (= Sockelbetrag) und 50 % (= Obergrenze) der förderbaren Investitionskosten zuzüglich Pauschale von maximal 20 % der förderbaren Investitionskosten.

Der Pauschalsatz zusätzlich zur Sockel- und Spitzenförderung pro errichtetem förderbarem Laufmeter Kanal mit Nenndurchmesser DN < 500 wird mit 14.-- Euro angesetzt (= Finanzierungszuschuss des Bundes). Mit diesem Pauschalsatz sind auch Pumpwerke abgegolten. Die förderbare Länge von Hausanschlussleitungen findet in den Pauschalsätzen ebenfalls Berücksichtigung. Sofern die zu entsorgenden Objekte als Einzelanlagen im Sinne der Förderungsrichtlinien zu verstehen sind, können Maßnahmen der Abwasserentsorgung bis 50 EW₆₀ maximal mit einem Pauschalsatz von 20.-- Euro pro förderfähigem Laufmeter Kanal gefördert werden.

Im Bereich von Abwasserentsorgungsanlagen kann im Idealfall des kostenbewussten Förderungsnehmers der Gesamtförderungssatz zwischen 28 % und 70 % betragen. Speziell bei besonders niedrigen spezifischen Baukosten kann der Gesamtfördersatz über den alten Höchstsätzen liegen. Wenn die Steuerkraft-Kopfquote einer Gemeinde den Landesdurchschnitt (Stand Jahr 2000: 618,88 Euro) um mehr als 25 % unterschreitet, ist eine erhöhte Landesförderung möglich. Bei Abwasserentsorgungs-Einzelanlagen = 50 EW kommt es zu einer Förderung nach Pauschalsätzen in Euro, für Einzelanlagen > 50 EW zu einem Förderungsausmaß von bis zu 30 % der förderbaren Investitionskosten.

Die überarbeiteten Förderrichtlinien dienen sowohl der Verwaltungsvereinfachung und Kostenreduktion als auch der Verbesserung der Entsorgungssituation im ländlichen Raum. Der ländliche Raum ist gekennzeichnet durch geringere Anschlussgrade und besitzt daher Aufholbedarf. Zudem weist der ländliche Raum auf Grund der geringeren Anschlussdichte höhere spezifische Kosten pro

Haushalt [€/HA] auf. Um verstärkte Anreize für kostensenkende Maßnahmen zu setzen, wurde die zusätzliche Pauschale für die Neuerrichtung von Abwasseranlagen eingeführt. Der Ausbau der Infrastruktur im ländlichen Raum wird damit gestärkt.

Durch die Novelle wird die Förderung von der zwingenden Darlehensaufnahme entkoppelt. Zur Verwaltungsvereinfachung tragen die Reduktion der vorzulegenden Teil- und Endabrechnungsunterlagen ebenso bei wie weitere Erleichterungen bei der Förderungsabwicklung.

Im Jahr 2000 genehmigte nach STEINER (2002) der Umweltminister die Förderung von 1.748 Projekten in der kommunalen Siedlungswasserwirtschaft, wobei die vergebenen Förderungsmittel zu 90 % Projekten der Abwasserentsorgung zugute kamen. Das Investitionsvolumen von 1,01 Mrd. Euro mit einem Förderbarwert von ca. 360 Mio. Euro ergibt bei 1.332 geförderten Abwasserentsorgungsprojekten einen durchschnittlichen Fördersatz von 35 % für die kommunalen Abwasserentsorgungsprojekte.

Für die Steiermark wurden laut Informationen der FACHABTEILUNG FA 19C (2002) im Jahr 2001 insgesamt 266 Förderungsansuchen positiv erledigt mit Investitionskosten von gesamt 161,9 Mio. Euro und einem gesamten Förderbarwert von 45,4 Mio. Euro. Der mittlere Fördersatz betrug demnach 2001 in der Steiermark 28 %. Von den insgesamt 266 Projekten waren 124 Projekte kommunale Abwasserbeseitigungsanlagen mit Investitionskosten von 142,5 Mio. Euro und einem Förderbarwert von 41,2 Mio. Euro. Weitere 37 Projekte waren Kleinabwasserbehandlungsanlagen (Einzelanlagen) mit Investitionskosten von gesamt 0,9 Mio. Euro bei einem Förderbarwert von gesamt 0,3 Mio. Euro.

Die Förderungen werden über die Kommunalkredit Austria AG abgewickelt. Gegründet als Spezialbank, um österreichischen Gemeinden zinsgünstige langfristige Darlehen zur Verfügung zu stellen, ist die Kommunalkredit Austria AG seit dem Inkrafttreten des UMWELTFÖRDERUNGSGESETZES 1993 auf die Finanzierung und Förderung von kommunalen und betrieblichen Umweltprojekten spezialisiert.

2.4.12.1 Rechtliche Grundlagen für die Vergabe öffentlicher Förderungen

Die rechtlichen Grundlagen über die Vergabe öffentlicher Förderungen werden im UMWELTFÖRDERUNGSGESETZ UFG geregelt. Eine Konkretisierung der im UFG nur grob umrissenen Bestimmungen der Siedlungswasserwirtschaft erfolgt in den FÖRDERUNGSRICHTLINIEN FÜR DIE KOMMUNALE SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT.

2.4.12.1.1 *Umweltförderungsgesetz UFG 1993*

Für die Entscheidung über Förderungsansuchen sowie bei der Erstellung der Förderrichtlinien und Förderprogramme ist eine Kommission in Angelegenheiten der Siedlungswasserwirtschaft eingerichtet.

Die Förderungsart besteht in der Gewährung von Finanzierungszuschüssen. Die Höhe der Förderung kann laut § 20 Abs. 1 UFG in Fördersätzen von bis zu 50 % der förderbaren Kosten oder pauschaliert festgelegt werden.

Mit der Abwicklung der Förderungen wird die Kommunalkredit AG betraut, deren Aufgaben (u.a. Aufbereitung, Prüfung und Übermittlung der Förderungsansuchen, Abschluss der Verträge mit den Förderungswerbern, Abrechnung und Auszahlung der Förderungsmittel, Kontrolle der Einhaltung der Förderungsbedingungen, Vorlage von Rechnungsabschlüssen, Wirtschaftsplänen) vertraglich geregelt sind.

Voraussetzungen für Förderungen gemäß UFG 1993 sind u.a., dass die Maßnahmen den Förderungsrichtlinien, den technischen Richtlinien sowie den Vergabebestimmungen entsprechen und dass andererseits die Finanzierung unter Berücksichtigung der Förderung sichergestellt ist. Ebenso setzt die Förderung voraus, dass die abwassertechnische Maßnahme erst nach Einbringung des Förderansuchens in Angriff genommen wird, dass die Realisierung der Maßnahme von öffentlichem Interesse ist, die wirtschaftliche Zweckmäßigkeit und die ökologische Verträglichkeit mit einer Variantenuntersuchung oder einer Studie belegt sind, dem Förderungswerber eine wasserrechtliche Bewilligung vorliegt, die Bauabschnitte binnen drei Jahren verwirklichtbar sind und die Maßnahme zumindest dem „Stand der Technik“ entspricht. Eine Abweichung vom Stand der Technik ist zulässig, wenn diese seitens der Wasserrechtsbehörde genehmigt wurde. Seit der Novelle 2001 der Förderungsrichtlinie 1999 ist vom Förderungsnehmer spätestens zum Zeitpunkt der Kollaudierung (= amtliche Endüberprüfung) eine Kosten- und Leistungsrechnung zu führen, sowie bei der Ausführung der abwassertechnischen Maßnahmen und bei den eingesetzten Produkten Bedacht auf die Langlebigkeit und die Qualität zu nehmen.

Die Förderansuchen werden von Gemeinden, Verbänden, Unternehmen, physischen oder juristischen Personen bei der Kommunalkredit AG eingebracht, von dieser geprüft und der entsprechenden Kommission vorgelegt. Bei positiver Entscheidung über das Förderansuchen wird ein Förderungsvertrag mit dem Förderungswerber abgeschlossen.

2.4.12.1.2 *Förderungsrichtlinien für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft*

Diese FÖRDERUNGSRICHTLINIEN beinhaltet Bestimmungen über

- den Förderungsgegenstand;
- die förderbaren Kosten. Nicht förderbare Kosten sind Aufwendungen für den laufenden Betrieb (z.B. Betriebsfahrzeuge, Reinigungsgeräte, Werkzeuge), Inneninstallationen, Instandhaltung, Verwaltungs- oder Betriebsgebäude, den Erwerb oder die Freimachung von sonstigen Grundstücken, Anschluss- oder Verbindungsentgelte, Aufsichtstätigkeiten ausgenommen Planungs- und Bauaufsichtsleistungen, Finanzierungen;
- die Voraussetzungen für die Erlangung der Förderung;
- die Verfahren selbst (Ansuchen, Auszahlungsmodus, Berichtslegung, Einstellung und Rückforderung der Förderung, Gerichtsstand).

Begriffsdefinitionen gemäß den Förderungsrichtlinien

In § 2 der Förderungsrichtlinie finden sich zwecks exakter Abgrenzung Begriffsdefinitionen:

„Abwasserableitungsanlagen“

Unter Abwasserableitungsanlagen werden sämtliche Anlagenteile, die zur Sammlung, Weiter- und Ableitung von Schmutz- oder Niederschlagswässern erforderlich sind, verstanden mit Ausnahme von Inneninstallationen. Als Inneninstallationen bezeichnen die Förderungsrichtlinien für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft Anschlusskanäle und Einrichtungen, die mindestens drei Meter innerhalb der Grundstücksgrenze des betroffenen Grundstückes liegen, von dem Abwässer in die Abwasserableitungsanlage eingeleitet werden sollen.

Sollte der Anteil des Anschlusskanals außerhalb des anzuschließenden Objektes mehr als 30 Meter betragen, so werden 30 Meter der Inneninstallation zugerechnet. Nach den Förderungsrichtlinien darf der verbleibende Teil des Anschlusskanals der zu fördernden Anlage zugerechnet werden.

Bei Über- oder Unterdruckableitungen beginnen die Inneninstallationen erst nach dem funktionell dazugehörigen Übergabeschacht.

„Eigenleistung“

Unter Eigenleistungen sind ausschließlich Leistungen des Fördernehmers zu verstehen, wobei diese der Einhaltung gewisser Mindestvoraussetzungen unterliegen. Zwecks Gewährleistung der Funktionsfähigkeit müssen die abwassertechnischen Maßnahmen in quantitativer und qualitativer Hinsicht ordnungsgemäß unter Verantwortung eines dafür Befugten erfolgen. Der Investitionskostenzuschuss ist nicht für Eigenleistungen zu verwenden.

„Förderbare Vorleistungen“

Als förderbare Vorleistungen werden Planungsleistungen und solche materiellen und immateriellen Leistungen definiert, die für eine ordnungsgemäße Planung erforderlich sind (Grundlagen- und Datenerhebung, Untergrunduntersuchungen, Gewässergütebestimmungen, Grund-, Quell- und Oberflächenwasseruntersuchungen). Ebenso zählen der Einkauf von Material, sofern deren Einbau erst nach Erlangen des Förderungsansuchens erfolgt und die Verlegung einzelner Leitungen oder Kanäle zu den förderbaren Vorleistungen.

„Entsorgungsbereich“

Der einmalig festzulegende Entsorgungsbereich der Gemeinde umfasst jenen Bereich, welcher nach der Errichtung aller innerhalb des 25-jährigen Betrachtungszeitraumes vorgesehenen Anlagenteile entsorgt wird. Die Festlegung erfolgt auf der Basis des gültigen Flächenwidmungsplanes und der Entsorgungsbereich der Gemeinde ist mit einer „Gelben Linie“ zu umrahmen.

2.4.12.1.3 Technische Richtlinien für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft 1997

Ziel der TECHNISCHEN RICHTLINIEN ist die Festlegung von technischen, ökologischen und ökonomischen Standards als Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Siedlungswasserwirtschaft. Sie enthalten:

- Grundsätze der Projektierung und Vorleistungen;
- Umfang und Art der Planungsunterlagen, insbesondere der Variantenuntersuchungen;
- Durchführung, Kontrolle, Abrechnung und Endüberprüfung; und
- Betriebs- und Instandhaltungsmaßnahmen sowie die Gewährleistung der Wirksamkeit von Anlagen.

2.4.13 Einrichtungen der Finanzierung

Die Abwasserentsorgung hängt entscheidend von ihrer Finanzierbarkeit ab. Die Abwasserentsorgung ist hoheitliche Aufgabe der Gemeinden. Die Kosten müssen über Einnahmen aus Fördermitteln, Beiträgen, Anschluss- und Benützungsgebühren und Eigenmitteln der Gemeinden vollständig abgedeckt werden.

Während nach BAUER (2001) der Begriff Investition für Mittelverwendung steht, bedeutet Finanzierung Mittelbeschaffung. Finanzierung betrifft dabei die Gesamtheit

der Entscheidungen hinsichtlich der Überbrückung der zeitlichen Diskrepanz in der Kapitalbindung der Investition Abwasserentsorgung.

Die Finanzierung der Investitionen der österreichweiten Abwasserentsorgung in den Jahren 1993 bis 1998 erfolgte dabei gemäß der folgenden Abbildung zu 49 % aus Förderungen (37 % Bundes-, 11 % Landesförderung, 1 % Investitionszuschüsse).

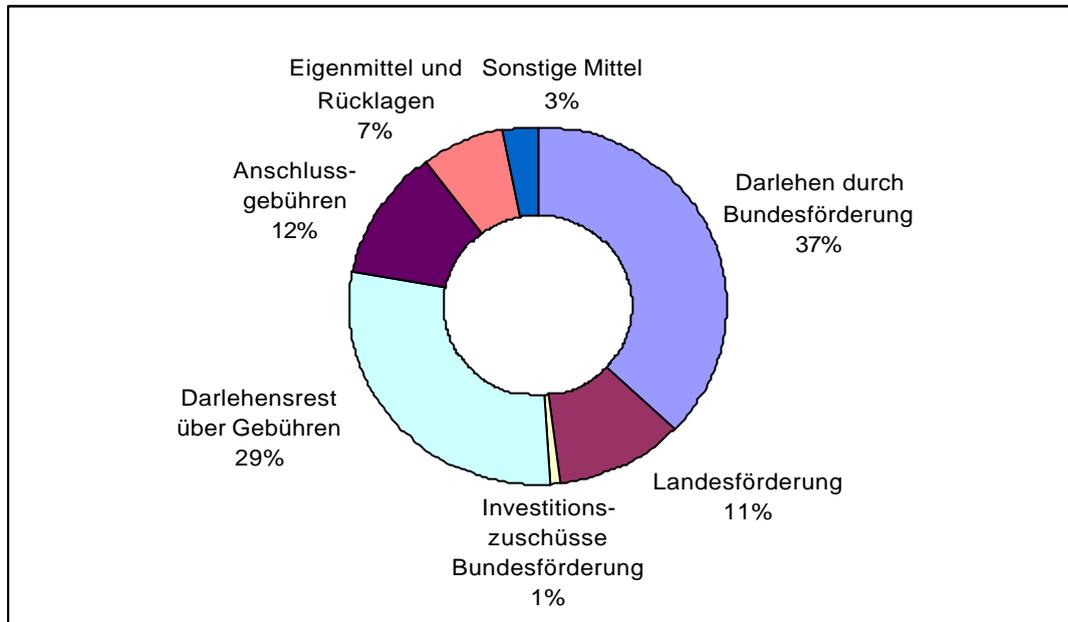


Abbildung 2.3: Finanzierung der Investitionen der Abwasserentsorgung nach Angaben der Kommunalkredit Austria AG 1998.

Die Frage der Finanzierung ist in die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und somit in den Variantenentscheid miteinzubeziehen, da die optimale Lösung unter Abwägung der technischen, der volks- und betriebswirtschaftlichen, der ökologischen und der sozio-kulturellen Kriterien aufzuzeigen ist.

2.4.13.1 Anschluss- und Kanalbenützungsgebühren

Die Abgabenhöhe der Gebühren obliegt gemäß § 8 Abs. 5 des Finanzverfassungsgesetzes und gemäß § 8 des Kanalabgabengesetzes für die Steiermark der Gemeinde. Nur die Gemeinde ist berechtigt, Bescheide auszustellen. Dies trifft vor allem auf die Gebühren und den Anschlusszwang an das öffentliche Kanalnetz zu (100 m – Anschlussverpflichtung).

Die Gemeinde kann über eine Satzung jene Gebühren und Beiträge vom Bürger einfordern, die zur Kostendeckung heranzuziehen sind, sie kann jedoch aus objektiven Gründen zumutbare Grenzen der finanziellen Belastung dabei nicht

überschreiten. Eine objektive Festlegung dieser zumutbaren finanziellen Belastbarkeit ist dabei äußerst schwierig, da immer subjektiv geprägt.

Als maximale finanzielle Belastungsgrenze bezeichnet SCHULZE (1994) einen Wert von zwei Prozent des Haushaltsnettoeinkommens. Die Höhe des durchschnittlichen Haushaltsnettoeinkommens ist einer Veröffentlichung der Statistik Austria entnommen.

In der nachfolgenden Tabelle 2.3 wird gemäß einer prozentuellen Beschränkung des Nettohaushaltseinkommens für die maximale jährliche Belastbarkeit für die Abwasserentsorgung die Bandbreite für die maximalen Abwasserpreise in [€/m³] dargestellt.

Durchschnittliches Monatseinkommen für einen Vierpersonenhaushalt:				untere Grenze		obere Grenze		Einheit
				2.000		3.000		[€/Mo]
maximaler Prozentsatz des Nettoeinkommens für finanzielle Belastungen zufolge Abwasserentsorgung:				1,50	2,00	1,50	2,00	[%]
maximale jährliche finanzielle Belastung:				360	480	540	720	[€/a]
Maximaler Preis für 1 m³ Abwasser:	Durchschnittlicher Wasserverbrauch:	100,00	[l/E*d]	2,47	3,29	3,70	4,93	[€/m ³]
		110,00	[l/E*d]	2,24	2,99	3,36	4,48	[€/m ³]
		120,00	[l/E*d]	2,05	2,74	3,08	4,11	[€/m ³]
		140,00	[l/E*d]	1,76	2,35	2,64	3,52	[€/m ³]

Tabelle 2.3: Maximaler Abwasserpreis in [€/m³] in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Monats-Nettoeinkommen eines Vierpersonenhaushaltes [€/Monat], deren maximale prozentuelle Belastbarkeit und vom durchschnittlichen Wasserverbrauch [l/E*d].

Die Gemeinde ist berechtigt, die Gebühren in Grundgebühren und in Leistungs- bzw. Mengengebühren zu splitten. Die Funktion der Grundgebühr liegt darin, jene Kosten abzudecken, die bei der Abwasserentsorgung unabhängig davon anfallen, in welchem Umfang eine Einrichtung tatsächlich genutzt wird. Die Leistungs- bzw. Mengengebühr ist hingegen verbrauchsabhängig.

2.4.13.1.1 Anschlussgebühren

Gemäß § 4 STEIERMÄRKISCHES KANALGESETZ 1988 i.d.g.F. LGBl. Nr. 82/1998 besteht eine gesetzliche Anschlusspflicht im 100 m-Bereich zu einem öffentlichen Kanal. Die rechtliche Grundlage für Kanalabgaben in Form von Anschlussgebühren bildet das KANALABGABENGESETZ 1955 i.d.g.F. LGBl. Nr. 80/1988, wonach der einmalige Kanalisationsbeitrag für alle Liegenschaften im Gemeindegebiet zu leisten ist, für welche eine gesetzliche Anschlusspflicht an das bereits bestehende öffentliche

Kanalnetz besteht, ohne Rücksicht darauf, ob sie an das Kanalnetz tatsächlich angeschlossen sind oder nicht. Bei Neulegung öffentlicher Kanäle ist der einmalige Kanalisationsbeitrag für alle anschlusspflichtigen Liegenschaften ohne Rücksicht auf ihren tatsächlichen Anschluss zu leisten.

Der Kanalisationsbeitrag ist eine einmalige Abgabe zur Deckung der Kosten für die Errichtung und Erweiterung der öffentlichen Kanalanlage an den Betreiber der Kanalanlage. Abgabepflichtiger ist der Eigentümer der anschlusspflichtigen Liegenschaft bzw. der Eigentümer der anschlusspflichtigen Baulichkeit.

2.4.13.1.2 Kanalbenützungsgebühr

Die rechtliche Grundlage für Kanalabgaben in Form von Kanalbenützungsgebühren bildet das KANALABGABENGESETZ 1955 i.d.g.F. LGBl. Nr. 80/1988.

Um die laufenden Kosten der Kanal- und Abwasserreinigungsanlage zu decken, wird die Kanalbenützungsgebühr eingehoben. Die Höhe der Kanalbenützungsgebühr obliegt dem freien Beschlussrecht der Gemeinde. Die Kanalbenützungsgebühren dürfen den Jahresaufwand der Gemeinde für die Instandhaltung und den Betrieb der Kanalanlage einschließlich einer angemessenen Erneuerungsrücklage nicht überschreiten. Zusätzlich können noch die Annuitäten für die Rückzahlung von Darlehen für die Errichtung, die Erweiterung, den Umbau oder die Erneuerung der technischen Einrichtungen der Kanalanlage in der Berechnung berücksichtigt werden.

Jede Gemeinde mit einer öffentlichen Kanalisationsanlage hat eine Kanalabgabenordnung zu erstellen, die folgendes zu enthalten hat:

- Erhebung der Kanalisationsbeiträge;
- Erhebung der Kanalisationsbenützungsgebühren;
- Höhe des Einheitssatzes für die Berechnung der Kanalisationsbeiträge;
- Höhe des Einheitssatzes für die Berechnung der Kanalisationsbenützungsgebühren; und
- Zahlungstermine.

2.4.13.2 Fremdfinanzierung

Förderungen werden den Betreibern der Abwasserentsorgung von Bund und Ländern gewährt, damit eine flächendeckende Abwasserentsorgung gesichert werden kann, ohne die dazu notwendigen beträchtlichen Investitionskosten ausschließlich über die Form hoher Gebühren von der Bevölkerung finanzieren zu müssen.

2.4.13.3 Betreibermodelle

Bei privatwirtschaftlich orientierten Betreibermodellen für das Gebiet der Abwasserentsorgung handelt es sich um Zusammenschlüsse von privaten Firmen und den Gemeinden basierend auf langfristigen Verträgen. Die privaten Firmen sind dabei dem Vertrag entsprechend für Bauleistungen und Finanzierung zuständig und erhalten als Gegenleistung die Einnahmen aus dem laufenden Betrieb. Der Gemeinde obliegt in der Regel die wasserwirtschaftliche Kontrolle und ein Mitspracherecht bei der Gebührengestaltung.

Da der in der Regel auf lange Laufzeit abgeschlossene Vertrag zwischen Gemeinde und Privaten schon im Voraus die Gebühren fixiert, führen verringerte Betriebskosten in der Nutzungsphase zu erhöhten Gewinnen für den privaten Betreiber. Der Betreiber wird durch diesen Gewinnreiz bzw. ökonomischen Druck zur verstärkten Kostenkontrolle und Kostenreduktion gezwungen.

2.4.14 Überblick über die Akteure und die Bau- und Förderungsabläufe in der Abwasserentsorgung

Die folgende Abbildung nach HAHN (1996) gibt einen Überblick über die im Diskussions- und Entscheidungsprozess „Abwasserentsorgung im ländlichen Raum“ beteiligten Akteure und ihre Stellung im Aktionsfeld.

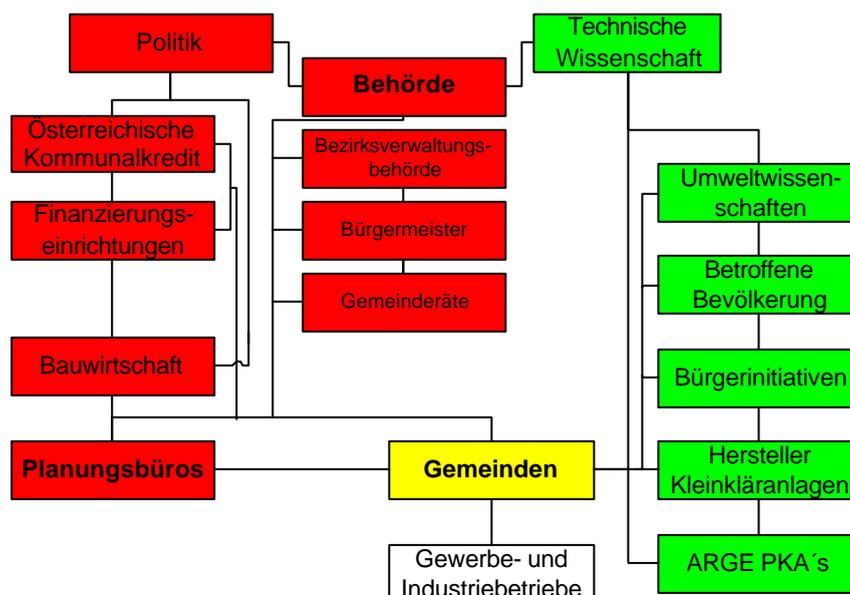


Abbildung 2.4: Übersicht über die Akteure und ihre Stellung im Diskussions- und Entscheidungsprozess „Abwasserentsorgung im ländlichen Raum“ nach HAHN (1996).

Das Beziehungsgeflecht bei der Umsetzung von Abwasserentsorgungsprojekten lässt sich für die drei Phasen der Planung, der Errichtung und des Betriebes wie folgt darstellen.

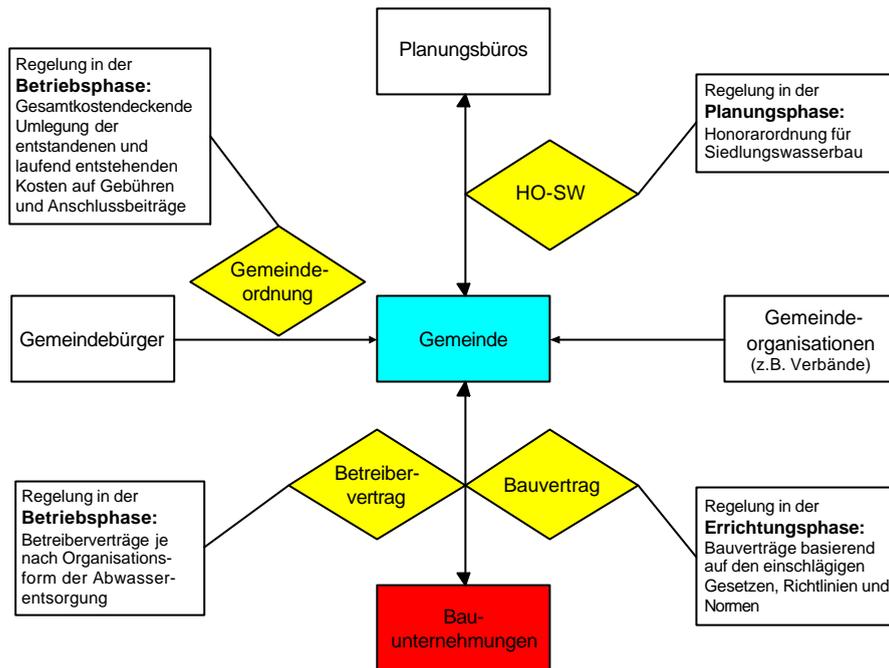


Abbildung 2.5: Beziehungsgeflecht in der Abwasserentsorgung in den drei Phasen Planung, Errichtung und Betrieb.

Die folgende Abbildung nach STEINER (2002) gibt einen schematischen Überblick über den Ablauf bei geförderten Objekten in der Abwasserwirtschaft.

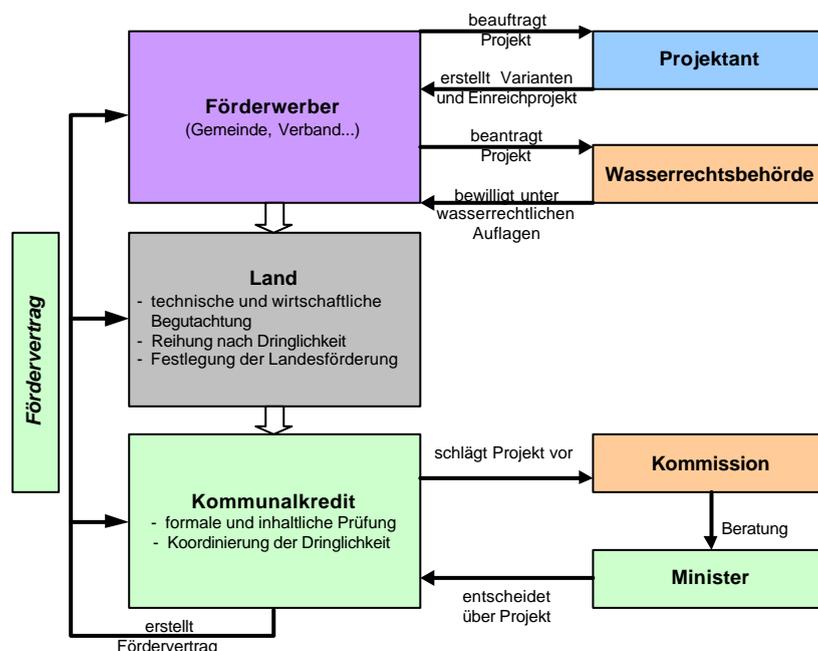


Abbildung 2.6: Ablaufs eines geförderten Abwasserprojektes vom Auftrag des Förderwerbers (i.d.R. Gemeinde) bis zum Fördervertrag zwischen Kommunalkredit, Land und Förderwerber nach STEINER (2002).

3 ABWASSERENTSORGUNG IN LÄNDLICH STRUKTURIERTEN GEBIETEN

Der überwiegende Teil der Bevölkerung lebt in größeren geschlossenen Siedlungen mit verdichteten Bauweisen. Für diese ist eine zentrale Abwasserentsorgung notwendig.

Problematisch ist die Abwasserentsorgung in Streusiedlungsgebieten. Dabei handelt es sich nach LABUT (1997) vor allem um Gebiete mit weniger als 2.000 Einwohnern, die teilweise noch durch relativ ungünstige Vorflutverhältnisse (nur bedingtes Vorhandensein geeigneter Vorfluter, in die ein Kläranlagenablauf eingeleitet werden kann) gekennzeichnet sind.

Hinsichtlich des Anschlussgrades an das öffentliche Netz der Abwasserentsorgung besteht nach HAHN (1996) ein deutliches Stadt–Land – Gefälle. In Städten sind mehr als 95 % der Haushalte an eine Kanalisation angeschlossen. In kleinen Gemeinden dominieren jedoch Einzelanlagen. Daraus ergibt sich für den ländlichen Raum ein deutlicher Aufholbedarf für das Ziel der flächendeckenden Abwasserentsorgung, wobei zu berücksichtigen ist, dass österreichweit lediglich ein durchschnittlicher Anschlussgrad an das öffentliche Kanalisationsnetz von 85 % bis 90 % wirtschaftlich sinnvoll erreichbar ist.

Bei der praktischen Umsetzung der Ziele des Wasserrechts in dünn besiedelten ländlichen Regionen gibt es zwei Hauptlösungsvarianten für die Abwasserentsorgung:

1. Zentrale Lösung:

Die zentrale großtechnische Variante ist gekennzeichnet durch Zusammenleitung der Abwasserströme der zu entsorgenden Region – eine oder auch mehrere Gemeinden, die anschließende Reinigung in einer zentralen Anlage und die Ableitung des Ablaufes aus der Kläranlage in einen möglichst großen, geeigneten Vorfluter.

2. Dezentrale Lösung:

Die dezentrale Abwasserentsorgung erfolgt möglichst nahe am Entstehungsort in kleineren Ortsgruppen oder Einzelkläranlagen, angepasst an die lokalen Gegebenheiten hinsichtlich der Besiedlungsdichte und der Vorflutverhältnisse.

Diese beiden Hauptrichtungen der Abwasserentsorgung haben sowohl Vor- als auch Nachteile hinsichtlich ihrer technologischen, ökonomischen, ökologischen und organisatorischen Kriterien.

Die in der Steiermark vorherrschende Siedlungsstruktur verleitet dazu, Einzelobjekte mit dezentralen Abwasserreinigungsanlagen auszustatten, wobei vielfach geeignete Vorfluter zur Einleitung der biologisch gereinigten Abwässer nicht vorliegen. Für die Ableitung gereinigter Abwässer bei fehlender Vorflut sind nach SUETTE (1997) folgende Möglichkeiten denkbar:

Abwasserableitung, Abwasserabfuhr, Abwasserableitung in Vorflutgräben bzw. kleine Vorfluter, Abwassereinbringung in den Untergrund, Abwasserausbringung auf den Boden durch Verrieselung, Abwasserausbringung auf den Boden durch Verregnung oder Abwassernutzung.

Neben ungünstig in Streulage liegenden Einzelobjekten erzeugt auch die Abwasserentsorgung von Ortschaften an sensiblen, d.h. kleinen bzw. zeitweise trockenfallenden Fließgewässern Probleme. Stellen nicht ständig wasserführende Gerinne die einzig „Vorflut“ dar, ist bei einer Vielzahl kleiner und kleinster Ortschaften die Frage geeigneter Kläranlagenstandorte abzuklären und daraus resultierend die Entscheidung über klein- oder großräumige Entsorgungskonzepte zu treffen.

Die Eignung eines Kläranlagenstandortes hängt im Wesentlichen davon ab, ob es mit vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand möglich ist, die aus den örtlichen Vorflutverhältnissen resultierenden Anforderungen an die Abwasserreinigung zu erfüllen. Dabei ergibt sich des öfteren immissionsbedingt die Notwendigkeit, Reinigungsmaßnahmen zu setzen, die über das per Emissionsverordnungen erlassene Ausmaß hinausgehen.

Andererseits kann im Rahmen einer umfassenden Einzelfallbetrachtung die Genehmigung zur Einleitung gereinigter Abwässer in zeitweise trockenfallende Gerinne erteilt werden, wenn der Nachteil erhöhter Immissionen durch den Vorteil eines geschlossenen Wasserkreislaufes oder den Vorteil einer erhöhten Wasserführung – dies kann die Existenz des Gewässers sichern – kompensiert wird.

Aus § 32a WRG ist erkennbar, dass nicht jede Einbringung von Schadstoffen in das Grundwasser verboten ist, sondern qualitative Beeinträchtigungen differenziert nach Herkunft und nach Qualität in Kauf genommen werden müssen. Eine Einbringung häuslicher Abwässer in den Boden (Verrieselung, Versickerung, Verregnung u.ä.) in Bereichen nutzbarer Grundwasservorkommen, insbesondere in wasserrechtlich sensiblen Gebieten wie Schutz- und Schongebieten oder Grundwassersanierungsgebieten, ist aus der Sicht des nachhaltigen Gewässerschutzes abzulehnen. Gegen die Errichtung und den Betrieb von Verrieselungsanlagen im Nahbereich von Vorflutern spricht vor allem die durch die Verrieselung bewirkte ständige Beaufschlagung des Bodens und des Grundwassers, ohne dabei die direkte Möglichkeit von Steuerungsmöglichkeiten zu besitzen.

3.1 Methoden der Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten

Im Folgenden werden die verschiedenen Methoden der Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die alternativen Abwasserentsorgungsmethoden.

Es gibt dabei erstens den Weg der zentralen Abwasserentsorgung mit der flächendeckenden Sammlung der anfallenden Abwässer, ihrer Ableitung und anschließender Reinigung in einer zentralen Abwasserreinigungsanlage.

Der zweite Weg ist der der dezentralen Abwasserentsorgung. Dabei werden die Abwässer an Ort und Stelle des Anfalls gesammelt und in dezentralen Anlagen gereinigt.

Besondere Aufmerksamkeit wird im Folgenden auf die beiden Methoden „Schmutzwasserkanalisation nach ÖNORM B 2503“ und „Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25“ gelegt, welche beide von einer flächendeckenden Sammlung der anfallenden Schmutzwässer mitsamt Ableitung und anschließender Behandlung in einer zentralen Abwasserreinigungsanlage ausgehen.

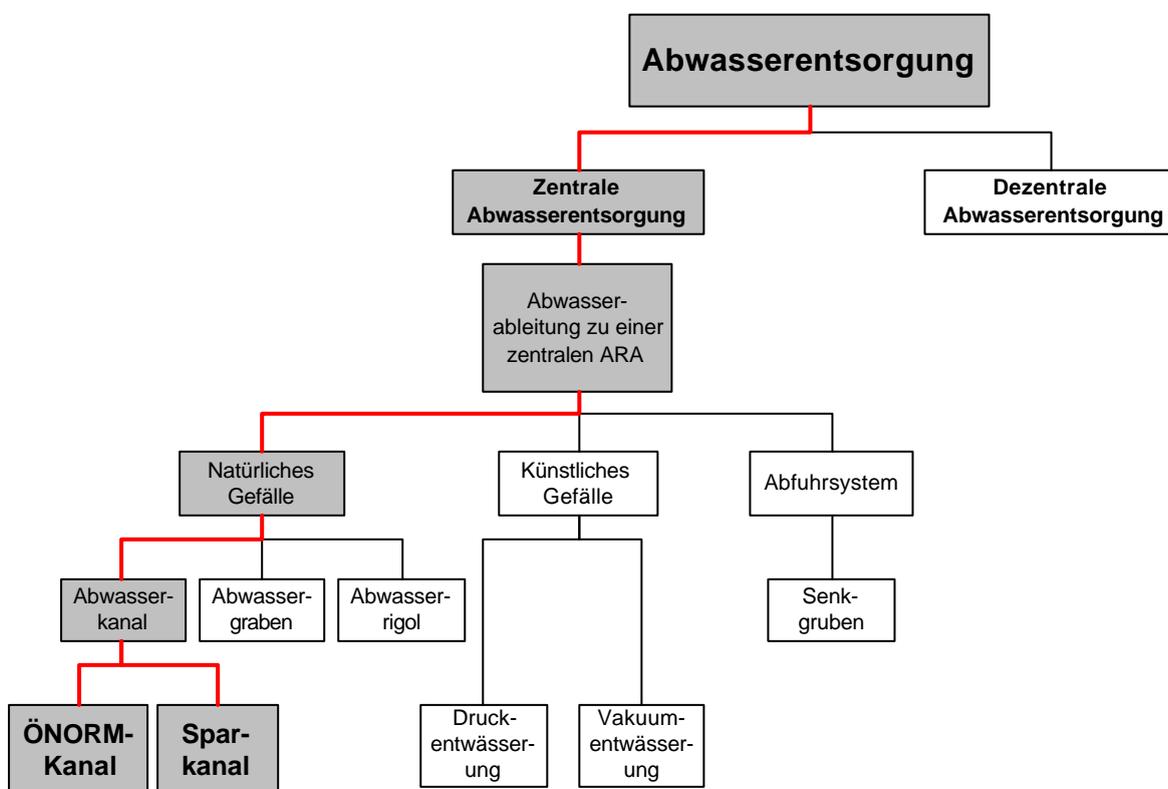


Abbildung 3.1: Übersicht über die Alternativen der Abwasserentsorgung.

3.1.1 Qualifiziertes Trennsystem – Schmutzwasserkanalisation nach ÖNORM B 2503

Die Bestimmungen der ÖNORM B 2503 „Ortskanalanlagen (Straßenkanäle) – Richtlinien für die Ausführung“ - Ausgabe 01.09.1992 stellten das Regelwerk für die konventionelle Schmutzwasserkanalisation dar. In dieser Norm fanden sich die maßgebenden Definitionen, Regelungen und Anforderungen für die Herstellung von Abwasserkanalisationen, die unter dem Begriff „konventionelle Schmutzwasserkanalisation“ im Gegensatz zum „Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25“ einzuordnen sind.

Der Ersatz dieser ÖNORM B 2503 - Ausgabe 01.09.1992 erfolgte 1999 durch die ÖNORM B 2503 „Kanalanlagen – Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung“ – Ausgabe 01.02.1999.

Für die nachfolgende Darstellung der im Vergleich zum „Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25“ unterschiedlichen Definitionen, Regelungen und Anforderungen wird daher auf die älteren Bestimmungen der ÖNORM B 2503 – Ausgabe 01.09.1992 Bezug genommen.

Die am 01.02.1999 in Kraft getretene ÖNORM B 2503 „Kanalanlagen – Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung“ - Ausgabe 01.02.1999 ist zusammen mit den ÖNORMEN 1610 „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen“, EN 476 „Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und –leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme“, und den ÖNORMEN EN 752 Teil 1 bis Teil 7 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ anzuwenden.

In diese neuen Regelwerke fanden vereinfachende und investitionskostenminimierende Bestimmungen zufolge dem ÖWAV – Regelblatt 25 „Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten“ bereits Aufnahme.

Aus diesem Grund wird für das Kapitel „Qualifiziertes Trennsystem – Schmutzwasserkanalisation nach ÖNORM B 2503“ noch auf die ältere, bereits außer Kraft getretene ÖNORM B 2503 – Ausgabe 01.09.1992 Bezug genommen und kurz in den wesentlichsten Punkten dargestellt.

3.1.1.1 Kanalisationsverfahren

Im dünn besiedelten ländlichen Raum erfolgt die konventionelle Abwasserab-
leitung gemäß ÖNORM B 2503 nach dem Verfahren der Schmutzwasser-
kanalisation, wobei das Regenwasser dem natürlichen Abflussgeschehen über-

lassen wird. Bei technischer und wirtschaftlicher Realisierbarkeit ist das Abwasser eines zusammenhängenden Gebietes in einer (zentralen) Abwasserreinigungsanlage zu reinigen.

Die flächendeckende Sammlung und Ableitung der im ländlichen Gebiet anfallenden Schmutzwässer erfolgt in der Regel in einem als Verästelungsnetz ausgebildeten, unterirdisch verlegten Rohrsystem mit durchgehendem Gefälle, in dem das Wasser mit freiem Spiegel (d.h. drucklos) abfließt. Die Trassenführung für die Kanalisationsleitungen ist daher, um Druckrohrleitungen zu vermeiden und drucklos abführen zu können, auch an das natürliche Geländegefälle gebunden.

3.1.1.2 Trassenführung

Für alle in einem Entwässerungsgebiet schon vorhandenen und künftigen Objekte muss die Möglichkeit eines Kanalanschlusses gegeben sein. Abwasser soll der Reinigungsanlage auf möglichst kurzem Weg zugeführt werden. Die Kanäle sind wie alle öffentlichen unterirdischen Einbauten nach Möglichkeit auf öffentlichem Grund (Straßen und Plätze) zu führen. Bei der Planung der Kanalisation muss auf vorhandene Straßeneinbauten wie z.B. Wasserleitungen, Fernwärme, Gasleitungen oder Stromversorgungsleitungen Rücksicht genommen werden.

3.1.1.3 Schächte

Schächte als Bestandteil der Kanalanlage dienen der Begehung, Überwachung, Reinigung und Lüftung. Schächte sind bis zur Unterkante der Schachtabdeckung wasserdicht auszuführen.

Nicht beschließbare Kanäle (= lichte Höhe = 1.000 mm) sind zwischen den Schächten geradlinig auszuführen. Der Abstand der Schächte durfte gemäß ÖNORM B 2503 Ausgabe 01.09.1992 bei nicht schließbaren Kanälen 50 Meter nicht überschreiten. Gemäß ÖNORM B 2503 - Ausgabe 01.09.1992 mussten in nicht schließbaren Kanälen bei Richtungsänderungen und bei Gefällsbrüchen Schächte angeordnet werden.

3.1.1.4 Kanaldimensionierung

Für die Kanaldimensionierung gilt nach ÖNORM B 2503 - Ausgabe 01.09.1992:

Der Querschnitt der Kanäle ist bei Vollfüllung nach dem maximalen Berechnungsabfluss zu bemessen. Die Nennweite DN soll jedoch für Schmutz-

wasserkanäle mindestens DN 200 betragen. Im Regelblatt 11 wird jedoch für Schmutzwasserkanäle ein Mindestdurchmesser von DN 250 empfohlen.

Als Vergleich dazu gilt für die Kanaldimensionierung nach der neuen, modifizierten ÖNORM B 2503 - Ausgabe 01.02.1999:

Der Querschnitt der Kanäle ist grundsätzlich bei Vollfüllung nach dem Bemessungsabfluss zu bestimmen. Die optimalen Nennweiten der Kanalstränge für Rohabwasser sind unter Berücksichtigung einer zukünftigen Entwicklung (Flächenwidmung), der benötigten Schleppkraft und der vorgesehenen Reinigungs- und Kontrollgeräte festzulegen, dürfen jedoch für Rohabwasser DN 150 nicht unterschreiten.

3.1.1.5 Gefälle der Kanäle

Das Gefälle der Kanalstränge muss so groß sein, dass bei allen Betriebszuständen ein ablagerungsfreier Betrieb sichergestellt ist. Da der Abfluss im Kanalnetz in Fließrichtung zunimmt, kann das Gefälle der Kanalsohle hin zur ARA stetig abnehmen. Die Mindestgefälle sind daher speziell in den Anfangssträngen (= Stränge mit den kleinsten Abflussmengen) einzuhalten.

Als Mindestwert für das Gefälle von Straßenkanälen gilt für Anfangsstränge ein Kanalsohlengefälle I_{So} von: $I_{So, \text{ mind}} = 0,3 \%$ bis $1,5 \%$

Für Hausanschlusskanäle ist ein Mindestgefälle von $I_{\text{hind}} = 1,5 \%$ für Rohrdurchmesser = DN 200 sowie ein Maximalgefälle von $I_{\text{max}} = 5,0 \%$ einzuhalten.

3.1.1.6 Tiefenlage

Abwasserkanäle sind so tief zu verlegen, dass sie frostfrei liegen. Da nach der ÖNORM B 2533 Wasserversorgungsleitungen höher zu führen sind als Abwasserkanäle, ergibt sich daher in der Regel eine Scheitelüberdeckung von etwa 1,80 m, die größer ist als die zufolge Frostsicherheit erforderliche Überdeckung von mindestens 0,80 m (je nach örtlicher Gegebenheit). Die ÖNORM B 2503 - Ausgabe 01.09.1992 sieht für die Verlegetiefe vor, dass nach Möglichkeit Keller und tiefliegende Räume im freien Gefälle entwässert werden können. Sind Kellergeschosse im freien Gefälle zu entwässern, ergibt sich eine erforderliche Tiefenlage für Straßenkanäle von häufig 2,5 m bis 3,5 m.

Die für die zu entwässernden Grundstücke und Objekte maßgebliche Rückstauenebene wird von der zuständigen Behörde festgelegt und ist daher vorgegeben.

3.1.2 Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25

Das ÖWAV - Regelblatt 25 „Abwasserentsorgung in dünn besiedelten Gebieten“ basierend auf den „Richtlinien zur Abwasserentsorgung im ländlichen Raum“ enthält die Bestimmungen, die mit dem Begriff „Sparkanal“ in Verbindung gebracht werden.

Darin sind wesentliche Erleichterungen beim Kanalbau gegenüber der ÖNORM B 2503 enthalten, mit denen eine deutliche Senkung der Kanalbaukosten möglich ist.

Aufgrund der im Vergleich zu den Betriebskosten sehr hohen Investitionskosten für Abwasserableitungsanlagen ist eine maximale Reduzierung der Investitionskosten bei minimaler Beeinträchtigung des anschließend ordnungsgemäß zu erfolgenden Kanalisationsbetriebes von hohem betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Interesse.

3.1.2.1 Allgemeines – Einleitung und Hinweise

Erklärtes Ziel im Sinne des Gewässerschutzes ist eine weitestgehend flächendeckende Entsorgung und Reinigung der anfallenden Abwässer unter wirtschaftlich tragbaren und für den Gewässerschutz akzeptablen Bedingungen.

Durch den Einsatz vereinfachter Bauweisen bei der Errichtung der Kanalisationsanlagen und wartungsfreundlicher und betriebssicherer Reinigungssysteme soll den Grundsätzen einer wirtschaftlich sinnvollen und dennoch technisch einwandfreien Abwasserentsorgung im ländlichen Raum entsprochen werden.

3.1.2.2 Kanalisationsverfahren

Die oberste Priorität liegt in der Sammlung aller häuslichen und betrieblichen Abwässer mittels Schmutzwasserkanalisation und anschließender Reinigung der Abwässer in einer zentralen Abwasserreinigung.

3.1.2.3 Trassenführung

Kernpunkt ist die angepasste Trassenführung der Kanalisation, die auf eine polygonale Trassenführung verzichtet und stattdessen auch eine nichtlineare Trassenführung in unbefestigten Flächen ermöglicht. Voraussetzung sind dann entsprechende dauerhafte Markierungen, damit bei Inspektions- und Reparaturarbeiten der Kanal leicht gefunden werden kann. Diese nichtlineare Trassierung wird ermöglicht durch die Kanalinspektion mittels Kanalfernsehen.

Zwischen Schächten sind horizontale Richtungsänderungen von maximal 45° möglich.

Die Trassenwahl erfolgt unter Berücksichtigung der Tiefenlage, möglichst kurzer Hausanschlussleitungen und Verlegung in unbefestigten Flächen vor allem in Privatgrund. Eine Verlegung der Kanäle entlang oder im Bereich von Straßen oder Feldwegen ist kostenintensiver, während bei einer Verlegung in Grünflächen oder entlang Bächen auf ökologische Randbedingungen (Vegetation, ufernahe Zonen) zu achten ist. Ein Verlauf entlang von Feldstraßen oder Straßen ist nach SCHWALLER (1996) aus ökologischer Sicht unbedenklich.

Gewünscht ist die Verlegung über nicht öffentliches Gut (weil privates Gut in der Regel unbefestigt ist), in dünn besiedelten Gebieten hauptsächlich über Äcker und andere landwirtschaftlich genutzte Flächen. Voraussetzung dafür ist die Einbindung der Hauseigentümer bei Hausanschlussleitungen, die Einbindung der Grundstückseigentümer bei Trassierungsfestlegung und die Einbeziehung öffentlicher Stellen bei der Variantenuntersuchung, Materialwahl und Vorgehensweise bei exponierten Bereichen. Bei der Kanalverlegung auf Privatgrund anstelle auf befestigten Straßen erhält der Grundbesitzer eine Entschädigung, die auch in die förderfähigen Kosten eingerechnet wird.

Die Einwilligung aller privaten Grundstücksbesitzer entlang der geplanten Kanaltrasse ist vor der Verlegung des Sparkanals erforderlich. Eine einzige Nichteinwilligung eines betroffenen privaten Grundstücksbesitzers bewirkt Umplanungen, Umtrassierungen und somit erhöhten Zeit- und Kostenaufwand.

Bedingt durch den erhöhten planerischen Aufwand durch sensiblere Trassenwahl und der optimalen Ausschöpfung der Planungsgrundlagen wie z.B. Trassierungsform, Schachtabstände und Verlegetiefe ist beim Sparkanal mit höheren Planungskosten als üblich zu rechnen.

3.1.2.4 Schächte

Bei Dimensions- und Materialänderungen sind Schächte anzuordnen. Richtungsänderungen, die nur durch Formstücke vorgenommen werden können, sind grundsätzlich in Schächten auszuführen. Zwischen den Schächten sind horizontale und vertikale Richtungsänderungen nur in dem Maß gestattet, als es den halben maximal zulässigen Abwinkelungen in Rohrverbindungen entspricht. Zwischen zwei Schächten darf maximal eine ausgerundete Richtungsänderung bis 45° mit Formstücken erfolgen.

Hinsichtlich der Schächte sind die ÖNORM B 2504 „Schächte für Entwässerungsanlagen“ und die ÖNORM EN 1917 „Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Faserbeton und Stahlbeton“ zu beachten.

Aufgrund der Trassenführung des Sparkanals in Äckern und sonstigen landwirtschaftlich genutzten Flächen ergibt sich ein Problem bei der Schachtausführung. Da Äcker im Wandel der Jahre eine variable Landschaftsoberfläche aufweisen, müssten die Schachtdeckel mindestens 50 cm tief eingegraben werden, um so dem Besitzer des Ackers eine ungehinderte Bebauung zu ermöglichen, ohne dass bei der Bearbeitung mit landwirtschaftlichen Geräten Schäden am Schacht oder am Fahrzeug auftreten können.

Vergrabene Schächte widersprechen jedoch der Forderung nach jederzeitiger freier Zugänglichkeit und erschweren die Auffindbarkeit z.B. zu Reinigungszwecken.

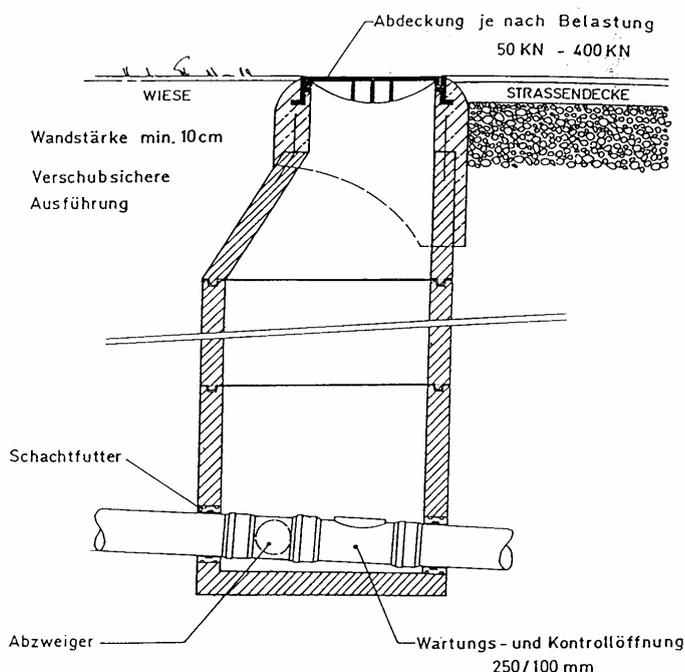


Abbildung 3.2: Wartungs- und Kontrollschacht mit Vereinigung für den Sparkanal in wasserdichter Ausführung gemäß ÖWAV - Regelblatt 25.

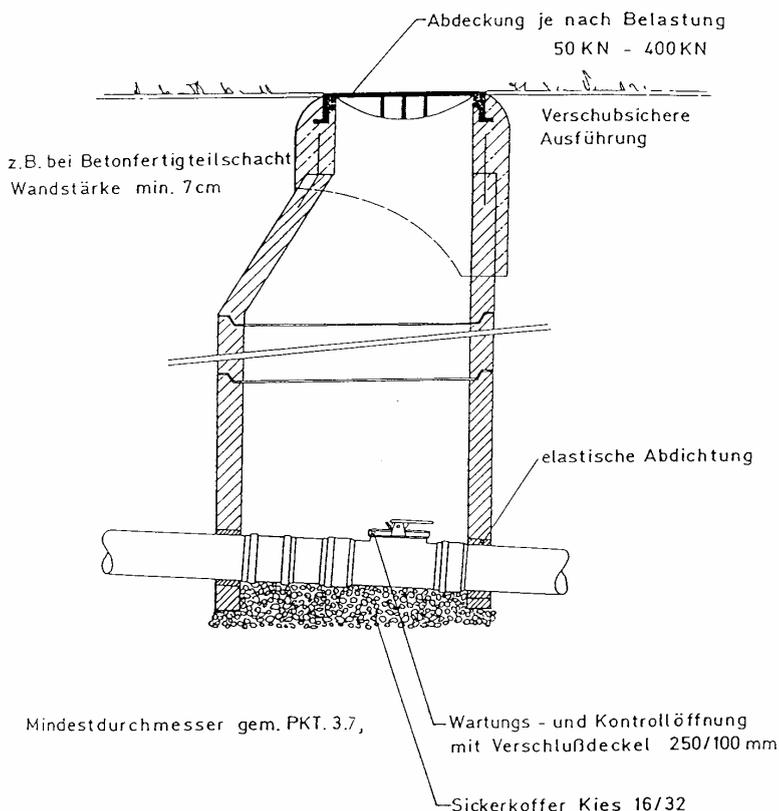


Abbildung 3.3: Wartungs- und Kontrollschacht für den Sparkanal in nicht wasserdichter Ausführung gemäß ÖWAV - Regelblatt 25.

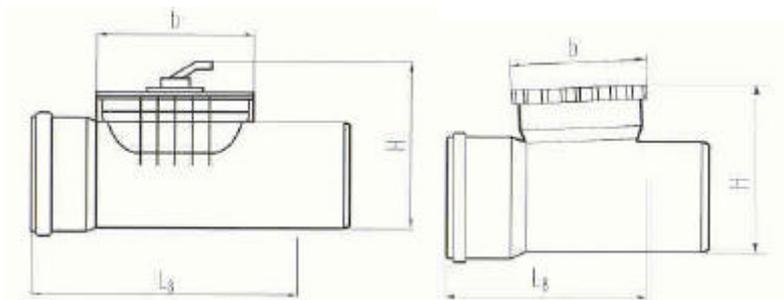


Abbildung 3.4: PVC Serie Hart – Kanalrohrsystem der Fa. PIPELIFE: Formstücke der Steifigkeitsklasse SN4.

links: Einhand-Putzstück Putzöffnung innen 250 * 100 mm

rechts: Putzstück mit Schraubdeckel für DN 100 bis DN 200.

Wartungs- und Kontrollschächte (= Revisionsschächte) sind in Haupt- und Nebenleitungen mit DN = 200 in der Regel in Maximalabständen von 150 m anzuordnen. Bei DN > 200 mm können die Schachtabstände auf 200 m erhöht werden.

Der maximale Schachtabstand beträgt somit 150 m bis 200 m. Dies betrifft vor allem Transportleitungen, da in den bebauten Ortslagen auch in ländlichen Gebieten die Einmündung von Nebenkanälen die Schachtabstände bestimmen.

Der größere Schachtabstand bedingt aufwendigere Reinigung, weil ein höherer Druck zur Entfernung der Ablagerungen erforderlich ist. Höherer Spüldruck bewirkt eine stärkere Beanspruchung des Rohr- und Dichtungsmaterials.

- Im ständig grundwasserfreien Bereich werden die Schächte nicht wasserdicht ausgeführt, sondern die Kanalisationsleitung verläuft als geschlossenes Gerinne durch den nicht wasserdicht ausgeführten Schacht.
- Im Grundwasserbereich sind die Schächte wasserdicht auszuführen.

In den Schächten sind als Formstücke in der geschlossenen Abwasserleitung Putzstücke für Wartung und Kontrolle eingebaut - siehe Abbildung 3.4.

Diese Inspektionsöffnungen eignen sich für Wartung und Inspektion, da TV-Kameras und Spüldüsen eingeführt werden können, bereiten aber bei der Beseitigung von Ablagerungen Probleme.

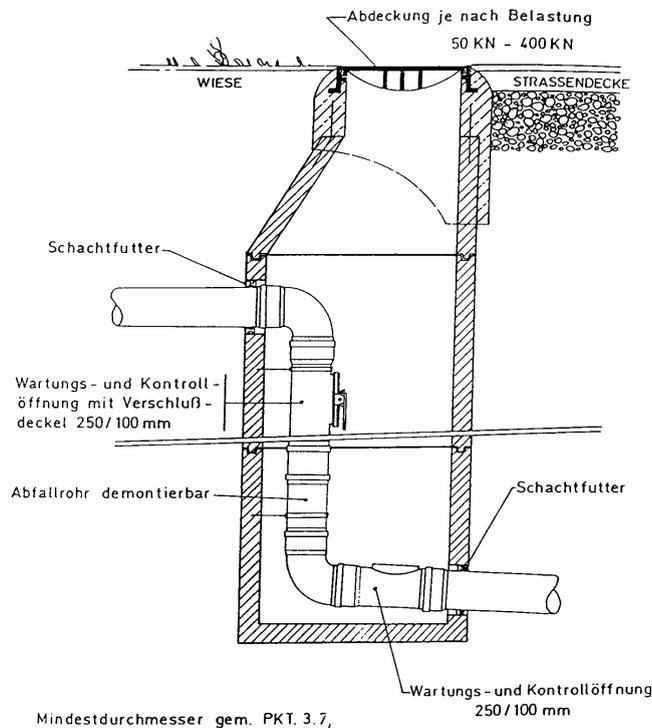


Abbildung 3.5: Absturzschacht in wasserdichter Ausführung für den Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25.

3.1.2.5 Freispiegelleitung

In der Kanalisationsleitung herrscht Freispiegelabfluss - i.e. ein druckloser Abfluss durch die Schwerkraft - mit Teilfüllung bei durchgehendem Gefälle.

3.1.2.6 Kanalrohrdurchmesser und Mindestgefälle

Im Vergleich zu den konventionellen Kanälen mit Mindestdurchmesser von DN 200 bis DN 250 für Schmutzwasser beträgt der Mindestdurchmesser beim Sparkanal DN 150 für Rohabwasser.

Dieser verkleinerte Rohrdurchmesser wirkt sich bei kleinen Abflussverhältnissen günstig auf die Abflusshydraulik in Form erhöhter Abflussgeschwindigkeiten aus. Das Mindestgefälle beim Sparkanal beträgt 1,0 %, bei Richtungsänderungen zwischen den Schächten wird ein Mindestgefälle von 2,0 % analog zu den Hausanschlussleitungen empfohlen.

Im Vergleich dazu beträgt der Mindestdurchmesser für Schmutzwasserkanäle gemäß dem ATV-Handbuch „Planung der Kanalisation“ 200 mm.

Freispiegelleitungen ¹⁾	Mindestnennweite	Mindestgefälle
Leitungen für Rohabwasser	DN 150	1,00%
Hausanschlussleitung ²⁾	DN 150	2,00%
Leitungen für mechanisch geklärtes Abwasser ³⁾	DN 100	1,00%
Leitungen für biologisch gereinigtes Abwasser ⁴⁾	DN 80	0,50%

Tabelle 3.1: Mindestkanaldurchmesser und Mindestgefälle für Freispiegelkanäle beim Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25.

- Ad 1) Neben der Möglichkeit der Freispiegelkanalisation ist die Möglichkeit vorhanden, Druck- oder Vakuumentwässerung anzuwenden.
- Ad 2) Die Einmündungen von Hausanschlussleitungen sind grundsätzlich in Schächten oder über Absturzpfefen vorzunehmen. In Sonderfällen kann der Hausanschluss auch über Druckentwässerung mit kleineren Durchmessern erfolgen.
- Ad 3) Die Ableitung von mechanisch geklärtem Abwasser sollte wegen der Probleme durch Primärschlamm und angefaultem Abwasser nur in Ausnahmefällen (z.B. überdurchschnittlich lange Hausanschlussleitung) erfolgen.
- Ad 4) Bei Unterschreitung des angegebenen Mindestgefälles sind Vorkehrungen zur Vermeidung bzw. periodische Entfernungen allfälliger Ablagerungen zu treffen (z.B. Spüleinrichtungen).

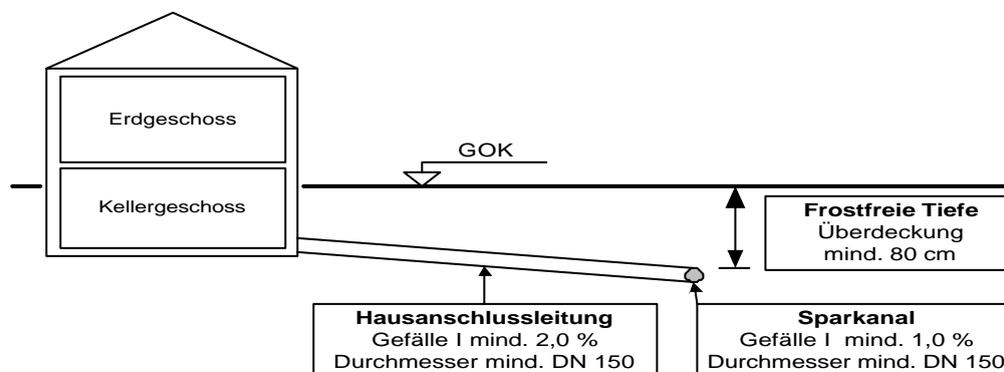


Abbildung 3.6: Einhaltung der technischen Anforderungen hinsichtlich Mindestgefälle, Mindestdurchmesser und Verlegetiefe für Hausanschlussleitung und für Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25.

Derrohrhydraulische Nachweis der Fließgeschwindigkeit gemäß dem ÖWAV - Regelblatt 5 „Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen“ ist für alle Leitungen notwendig.

3.1.2.7 Einmündungen

Einmündungen von Nebenleitungen in Hauptleitungen sind grundsätzlich in Schächten vorzunehmen. Bei Hausanschlussleitungen sollte die Einmündung entweder über einen Schacht in der Hauptleitung oder über einen Abzweiger mit freistehender Absturzpfeife (= Hausanschlusspfeife) erfolgen.

Somit entfällt bei Hausanschlüssen mittels Hausanschlusspfeifen der für Kontrollzwecke vorgesehene Schacht bei Hauseinleitungen.

Es ist zu beachten, dass die maßgebliche Rückstauenebene im Verstopfungsfall sehr hoch liegen kann. Dabei stellt die Rückstauenebene jene Höhe dar, unter der innerhalb der Grundstücksentwässerung besondere Maßnahmen gegen Rückstau zu treffen sind.

In der folgenden Abbildung 3.7 ist eine freistehende Absturzpfeife für einen Hausanschluss abgebildet.

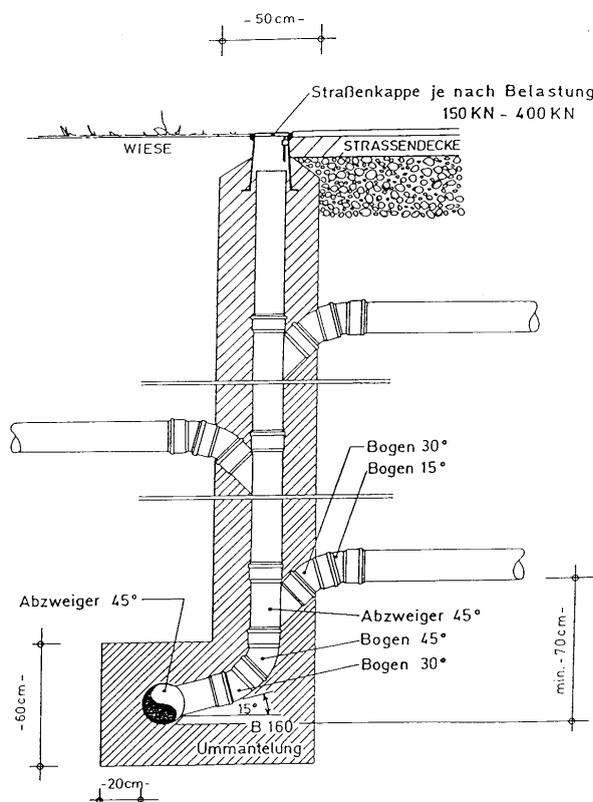


Abbildung 3.7: Hausanschluss mit freistehender Absturzpfeife für den Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25.

3.1.2.8 Rohrmaterialien

Kanalrohre sind chemischen, mechanischen und physikalischen Beanspruchungen ausgesetzt, die in unterschiedlicher Intensität und in schwer abzuschätzender Wechselwirkung und Gleichzeitigkeit auftreten. Bei der Auswahl der Werkstoffe und Verbindungen sind die entsprechenden ÖNORMEN zu beachten.

So haben sich Kunststoffrohre in den kommunalen Rohrnetzen für ländliche Gebiete seit Jahrzehnten bewährt. Die Vielfalt der verfügbaren Kunststoffrohre beschränkt sich für das Einsatzgebiet Erdverlegung auf die Thermoplasten PVC-U (Polyvinylchlorid unplasticized – weichmacherfreies PVC), PP (Polypropylen) und PE-HD (Polyäthylen hoher Dichte).

Kunststoffrohre PVC-U erdverlegt

Ein gängiges, weil kostengünstiges und dennoch den Ansprüchen genügendes Rohrmaterial für die Erdverlegung ist PVC-U „Weichmacherfreies Polyvinylchlorid“ Anwendungsbereich UD.

Die Kennzeichnung UD bedeutet sowohl die Eignung für Abwasserleitungen außerhalb von Gebäuden (U) als auch geeignet für die Verlegung innerhalb von Gebäuden (D).

Für die Verwendung des Rohrmaterials PVC-hart im Kanalbau sprechen folgende Vorteile:

- + Kostengünstig - eine Übersicht über die Kosten für Kanalrohre aus PVC-U Reihe UD SN4 findet sich in der folgenden Tabelle 3.2,
- + Dichtheit (sowohl das Rohr selbst als auch die Verbindung durch die angeformte Steckmuffe mit Lippendichtung),
- + Korrosionsbeständigkeit,
- + kaum Inkrustationen weil hydraulisch glatt,
- + einfache Verlegetechnik,
- + Formstücke für verschiedene Anforderungen z.B. Öffnungen, Bögen, Muffen, Abzweiger, Schachtanschlussstücke, Anschlussstücke für andere Rohrwerkstoffe,
- + alle gängigen Rohrdurchmesser,
- + niedriges Gewicht (z.B.: PVC-Hart SN4 Kanalrohr: DN 150 ? 2,9 kg/lfm, DN 200 ? 4,4 kg/lfm, DN 250 ? 7,7 kg/lfm),
- + Witterungsunabhängigkeit bei der Montage,

+ hohe Nutzungsdauer (ND):

Laut LAWA kann von durchschnittlichen Nutzungsdauern von 40 Jahren bis 60 Jahren ausgegangen werden, während die Europäische Organisation für technische Zulassungen (EOTA) im „Guidance Paper F – Durability and the construction products directive“ sowie die Rohrhersteller (Fa. PIPELIFE, Fa. REHAU) bis zu 100 Jahre als durchschnittlich zu erwartende Lebenserwartung angeben. Für die praktische Anwendung im Kanalbau sind diese Werte jedoch auf ND = 50 Jahre abzumindern, da Einflüsse aus Transport, Lagerung, Verlegung, Materialversprödung und dem Wechselspiel Rohr – Boden sich ungünstig auf die Nutzungsdauer auswirken.

Die Nachteile des Rohrmaterials PVC-Hart sind:

- Geringe Scheiteldruckfestigkeit,
- Empfindlichkeit gegen Bodensetzungen und Verkehrsbelastung,
- geringe Resistenz gegen Abrieb aufgrund ihrer geringen Härte,
- die auf maximal zwei Jahre beschränkte Frei-Lagerzeit aufgrund der UV-Bestrahlung,
- Kerbempfindlichkeit,
- Erfordernis der Steinfreiheit der Rohrbettung und
- Materialversprödung.

Das Rohrsystem und seine Bettung sind so auszulegen und bei Bedarf auch statisch zu berechnen, dass Verformungen bzw. Durchmesseränderungen von maximal 10 % nicht überschritten werden.

Straßenkanalrohr Kunststoff PVC-U Reihe UD erdverlegt SN4 (rotbraun) mit angeformter Steckkupplung und Lippendichtring (gemäß ÖNORM EN 1401-1)					Preisvergleich bei Einsatz eines kleineren Durchmessers Basis: DN 250 = 100 %	
		DN 150	DN 200	DN 250	DN 200	DN 150
		[€/Stk.]	[€/Stk.]	[€/Stk.]		
		incl. USt.	incl. USt.	incl. USt.	[%]	[%]
Vollwandrohr	1 m	12,20	19,00	25,30	-25	-52
	2 m	23,00	34,60	43,30	-20	-47
	3 m	31,80	49,70	---	---	---
	5 m	50,10	76,70	99,00	-23	-49
Bogen	15°	8,20	17,30	43,70	-60	-81
	30°	7,90	17,10	45,10	-62	-82
	45°	7,70	17,00	47,70	-64	-84
	67°	11,00	29,00	---	---	---
	87°	10,80	34,50	64,10	-46	-83
Überschiebmuffe		8,00	15,40	25,60	-40	-69
Muffenstopfen		7,20	13,10	19,80	-34	-64
Putzstück mit Kunststoffdeckel		86,30	96,00	122,00	-21	-29
Putzstück mit Schraubdeckel		40,00	57,70	---	---	---
Ersatzlippendichtring		2,30	3,50	4,90	-29	-53
Einfach- abzweiger 45°	DN 150/100/45 bzw. DN 200/100/45	15,30	30,60	---	---	---
	DN 150/150/45 bzw. DN 200/150/45 bzw. DN 250/150/45	17,80	32,00	39,00	-18	-54
	DN 250/200/45	---	---	40,00	---	---
Übergangs- rohr	DN 150/125 bzw. DN 200/125	9,80	12,70	---	---	---
	DN 200/150	---	12,70	---	---	---
	DN 250/150	---	---	39,00	---	---
	DN 250/250	---	---	40,00	---	---
Arithmetischer Mittelwert (nicht gewichtet) für die Preisentwicklung in Prozent bei Einsatz eines kleineren Durchmessers im Vergleich zu DN 250: Basis: DN 250 = 100 %					-37	-62

Tabelle 3.2: Übersicht über die Preise für Kanalrohre aus Kunststoff PVC-U Reihe UD erdverlegt Steifigkeitsklasse SN4 sowie über die Preisentwicklung bei Verwendung eines kleineren Durchmessers (DN 200 bzw. DN 150) anstelle des konventionellen Kanalrohrdurchmessers von DN 250 mit der Preisbasis DN 250 = 100 % (Quelle: Firmenpreise inklusive Umsatzsteuer Fa. PIPELIFE).

3.1.2.9 Verlegetiefe

Hinsichtlich der Minimierung der Investitionskosten wird eine minimale Verlegetiefe angestrebt. Die Verlegung der Rohrleitung hat dabei in frostfreier Tiefe zu erfolgen.

In der Regel genügt für ost-, süd- und weststeirische Verhältnisse eine Mindestüberdeckung von 80 cm bis 100 cm, damit Hebungs- und Setzungsschäden zufolge Frost- und Tauscheinungen vermieden werden und dadurch die Nutzungsdauer erhalten bleibt. In Ausnahmefällen kann von einer frostfreien Verlegetiefe abgegangen werden, wenn u.a. Wärmedämmmaßnahmen getroffen werden.

Eine Überdeckung – nur bedingt durch Frostfreiheit – von 0,80 m bis 1,00 m bewirkt beim Sparkanal mit einem Minstdurchmesser von DN 150 für Schmutzwasser häufig eine Grabentiefe t_{Gr} kleiner als 1,25 m.

Diese Grabentiefe t_{Gr} ergibt sich wie folgt:

Grabentiefe t_{Gr}		minimal [m]	maximal [m]
Scheitelüberdeckung t_S (bedingt durch Frostsicherheit):		0,80	1,00
Rohraußendurchmesser	für DN 150: 0,16 m	0,16	
	für DN 200: 0,20 m		0,20
allfälliges künstliches Auflager: Dicke der unteren Bettungsschicht gemäß den geltenden Anforderungen wie ÖN EN 1610		0,00	0,10
minimale und maximale Grabentiefe t_{Gr} beim Sparkanal:		0,96	1,30

Tabelle 3.3: Erforderliche Grabentiefe beim Sparkanal.

Dieser Aspekt ist für den Bauablauf, den Baufortschritt und damit für die Baukosten besonders wichtig, da erst ab einer Grabentiefe $t_{Gr} > 1,25$ m gemäß den geltenden Normen unabhängig vom anstehenden Boden gepölzt werden muss.

Andererseits sollte der Kanal so tief verlegt werden, dass die Hausanschlussleitung (= Grundleitung) unterhalb der übrigen Versorgungsleitungen für Wasser, Strom und Gas liegt. Bei landwirtschaftlich genutzten Flächen soll eine Mindestüberdeckung von einem Meter eingehalten werden, damit Beschädigungen durch Bodenbearbeitung vermieden werden.

Bei größeren Verlegetiefen ergibt sich ein überproportionaler Investitionskostenanstieg zufolge Erdarbeiten, Verbauarbeiten, Wiederherstellung, erschwerten Arbeitsbedingungen in Form von Grundwasser, erhöhten Arbeitszeitrichtwerten und verlängerten Herstellungszeiten.

Die im Vergleich zum konventionellen Kanal mit Verlegetiefen von etwa 2,0 m bis 2,5 m seichte Verlegung des Sparkanals in frostfreier Tiefe mit nur etwa 0,8 m Mindestüberdeckung bedingt, dass der Anschlussnehmer Abwasser aus tieferliegenden Objekten (z.B. Keller) nicht im freien Gefälle entwässern kann, sondern auf eigene Kosten das Abwasser mittels Abwasserhebeeinrichtungen bis über die Rückstauenebene des öffentlichen Kanals anheben muss.

Statik kontinuierlich gelagerter, eingebetteter flexibler Kanalrohre aus PVC-U

RABL (1990) führte statische Berechnungen von Sparkanälen in ländlichen Gebieten sowohl nach den österreichischen Normen ÖNB 5012-1 „Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen im Siedlungs- und Industrierwasserbau – Grundlagen“, ÖNB 5012-2 „Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen im Siedlungs- und Industrierwasserbau – Lastannahmen und Nachweise“ als auch nach dem deutschen Arbeitsblatt ATV-A 127 der Abwassertechnischen Vereinigung durch.

Die wesentlichsten Materialeigenschaften des Rohres stellen dabei die Festigkeiten und Elastizitätsmodule in Ring- und Längsrichtung (Kurzzeit- und Langzeitwerte) sowie die Wichte bzw. Gewicht pro Längeneinheit dar.

Es wurden verschiedene Einbaubedingungen untersucht, die zusammen mit den unterschiedlichen Bauausführungen zu Einbaufällen zusammengefasst werden:

- Einbaufall 1 (EF1): Lagenweises Verfüllen und Verdichten gegen den gewachsenen Boden mit Nachweis des Verdichtungsgrades;
- Einbaufall 2 (EF2): Lagenweises Verfüllen und Verdichten gegen den gewachsenen Boden ohne Nachweis des Verdichtungsgrades;
- Einbaufall 3 (EF3): Lagenweises Verfüllen und Verdichten gegen einen leichten Grabenverbau oder gleichzeitiges Verfüllen und Entfernen eines schweren Grabenverbaues oder Verfüllen ohne Verdichtung gegen einen gewachsenen Boden.

Die Untersuchung von RABL (1990) ergab, dass eine Überdeckung von 1,0 m für alle untersuchten Bodengruppen und Einbaufälle ausreichend ist. Bei Verkehrslasten mit Fahrzeugen = 6,0 Tonnen werden sowohl die Sicherheiten als auch die zulässigen Verformungen eingehalten.

Um Verkehrsbelastungen mit Fahrzeugen > 6,0 Tonnen bei ausreichender Sicherheit gewährleisten zu können, sind die qualitativ hochwertigen Einbaufälle EF1 oder EF2 notwendig. Dies ist dann notwendig, wenn mit erhöhten Verkehrslasten zufolge z.B. landwirtschaftlichen Fahrzeugen (Traktor mit Anhänger) zu rechnen ist.

3.1.2.10 Bauausführung

Für die Bauausführung sind die technischen und rechtlichen Bestimmungen entsprechend dem Vertragswerk sowie die Verlegevorschriften einzuhalten.

3.1.2.10.1 Rohrgrabensicherung

Die Wände von Kanalgräben müssen

- eine Abböschung entsprechend der Standfestigkeit des anstehenden Bodens haben oder
- durch einen Grabenverbau (z.B. stählerne Kanaldielen, Grabenverbauplatten) gestützt werden.

Kanalwände mit lotrechten Wänden, die nicht in standfestem Fels ausgehoben werden, müssen bei Aushubtiefen von mehr als 1,25 m gepölzt werden. Bei geringerer Standfestigkeit des Bodens, Bauwerkslasten u.ä. ist schon bei geringerer Tiefe zu pölzen. An beiden Seiten der Künette ist ein mindestens 50 cm breiter lastfreier Schutzstreifen einzuhalten.

3.1.2.10.2 Rohrgraben und Verfüllung

Die Sohlzone (SZ) besteht aus der unteren und der oberen Bettung und ist entsprechend dem Gefälle aus steinfreiem, verdichtbarem Material herzustellen.

Die untere Bettung ist entsprechend dem Gefälle der Kanalisation herzustellen und zu verdichten. Die Dicke der unteren Bettung muss den anstehenden Bodenverhältnissen angepasst werden und in der Regel bei normalen Verhältnissen mindestens 10 cm, bei Fels oder dichtgelagerten Böden mindestens 15 cm betragen. Die untere Bettung ist Teil des Rohrauflegers und soll eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Spannung gewährleisten. Zwecks Vermeidung von Linien- und Punktauflegungen sind bei den Muffen Aussparungen bzw. das Unterstopfen der Leitung notwendig. Die obere Bettung als Teil des Rohrauflegers ist sorgfältig zu verdichten. Nach der Rohrmontage sind die seitlichen Zwickel in der Rohrzone (RZ) zu verfüllen und von Hand zu verdichten. Die Überdeckungszone (ÜZ) als Teil der Leitungszone (LZ) muss im verdichteten Zustand eine Stärke von mindestens 15 cm über dem Rohrscheitel (mindestens 10 cm über der Muffenverbindung) aufweisen. Die Hauptverfüllung in der Wiederverfüllungszone (WZ) erfolgt lagenweise und erst ab einer Mindestüberdeckung von 30 cm über dem Rohrscheitel mechanisch.

Der Zweck der ordnungsgemäßen Verfüllung und Verdichtung liegt in der Lagefixierung der Kanäle, der Minimierung der Setzungen und dem Schutz vor Beschädigungen infolge ungünstig wirkender Erddruck- und Auflastverteilungen.

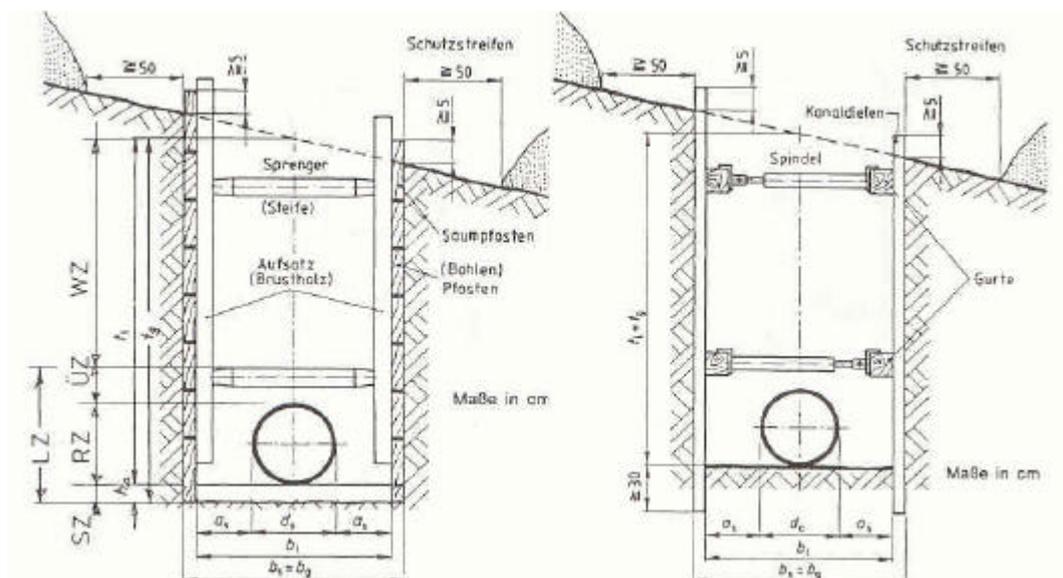


Abbildung 3.8: Grabenverbau mit Darstellung der verschiedenen Zonen nach RENNER ET AL. (1998).

Links: waagrechter Verbau; rechts: senkrechter Verbau
 SZ....Sohlzone bestehend aus unterer und oberer Bettung
 RZ ...Rohrleitungszone
 ÜZ ...Überdeckungszone
 LZ....Leitungszone: $LZ = SZ + RZ + ÜZ$
 WZ...Wiederverfüllungszone
 t_{Gr} Grabentiefe: $t_{Gr} = SZ + RZ + ÜZ + WZ = LZ + WZ$

Im ländlichen Raum kann von diesen hohen und damit zeit- und kostenintensiven Bestimmungen der Rohrbettung und Verfüllung dann abgewichen werden, wenn Setzungen und geringfügige Lageänderungen tolerierbar sind, wie es in der Regel bei unbefahrenen Grundstücken der Fall ist. Im Freiland kann auf eine setzungsfreie Grabenverfüllung sowie auf die Sandeinbettung (mit Ausnahme bei statischer Erfordernis) verzichtet werden.

3.1.2.11 Lüftung und Druckentlastung

Im Kanal muss gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 mindestens alle 500 m eine Be- und Entlüftungsmöglichkeit gegeben sein in der Form, dass das Eindringen von Oberflächenwasser und Fremdstoffen vermieden wird und ihre Funktion auch bei maximaler Schneelage gegeben ist.

Die Be- und Entlüftung kann über entsprechende Schachtabdeckungen, Hausanschlüsse oder eigene Lüftungsrohre erfolgen. Dabei soll es zu keiner unzumutbaren Belästigung der Anrainer kommen.

3.1.2.12 Kontrolle und Wartung

Die ordnungsgemäße Herstellung der Kanalanlage ist durch eine fachkundige Bauaufsicht laufend zu überwachen.

Nach Abschluss der Verlegung sind geeignete Untersuchungen durchzuführen:

- Sichtprüfung: Richtung und Höhenlage, Verbindungen, Beschädigungen und Deformationen, Anschlüsse;
- Dichtheit;
- Leitungszone und Hauptverfüllung.

Alle Kanalstränge, inklusive der Hausanschlussleitungen und der Schächte in wasserdichter Ausführung, sind einer Dichtheitsprüfung nach ÖN B 2503 zu unterziehen.

Die Kanalanlage ist gemäß ÖWAV – Regelblatt 22 „Kanalwartung und Kanalerhaltung“ zu kontrollieren und zu reinigen. Über sämtliche Kontroll- und Wartungsarbeiten ist ein Protokoll zu führen, festgestellte Mängel sind zu beheben.

Für Sparkanäle ist durch einen erhöhten Wartungsaufwand zufolge der kleineren Rohrdurchmesser, der schwierigeren Reinigung bedingt durch die größeren Schachtabstände und dem nichtlinearen Verlauf zwischen den Schächten mit im Vergleich zum konventionellen Schmutzwasserkanal gemäß ÖNORM B 2503 erhöhten Betriebskosten zu rechnen.

3.1.2.13 Gegenüberstellung Konventioneller Kanal - Sparkanal

VERGLEICH	Konventioneller Kanal	Kanal in "Sparbauweise" Sparkanal
Grundlage:	ÖN B 2503	ÖWAV Regelblatt 25
Kanalisations- verfahren:	Trennsystem	Schmutzwasserkanalisation
	Sammlung und Ableitung des Regenwassers in eigenen Kanälen	nur Sammlung der häuslichen und betrieblichen Schmutzwässer; keine Regenwasserableitung
Trassen- führung:	polygonale Trassenführung, linienförmiger Verlauf zwischen den Schächten	Nichtlineare Trassenführung zwischen den Schächten
		zwischen den Schächten ist eine horizontale Richtungsänderung von max. 45° durch Formstücke (z.B. 3 mal 15°-Bögen) erlaubt
	Verlegung auf öffentlichem Gut	Verlegung auf privatem Grund
Schächte:	Verlegung entlang Straßen i.d.R. in befestigten Flächen	Verlegung durch landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Äcker, Wiesen und Grünflächen i.d.R. in unbefestigten Flächen
	maximaler Schachtabstand 40 m - 50 m	maximaler Schachtabstand - für DN = 200: 150 m - für DN > 200: 200 m
	wasserdichte Ausführung	im Grundwasserbereich: - wasserdichte Ausführung nicht im Grundwasserbereich: - nicht wasserdichte Ausführung, sondern geschlossene Gerinneführung durch den Schacht mit Inspektionsöffnung
	offenes Gerinne zwischen den Schächten	geschlossenes Gerinne durch den i.d.R. nicht wasserdichten Schacht
Mindestdurchmesser für Schmutzwasser roh (unbehandelt):	DN 200 bis DN 250	Hausanschluss - im Schacht (nicht zwingend) oder über - Hausanschlusspfeife
		DN 150 mit Gefälle $I = 1,0 \%$
Mindestdurchmesser für vorbehandeltes Schmutzwasser:	-----	1) mechanisch geklärtes Abwasser - DN 100 mit Gefälle $I = 1,0 \%$ 2) biologisch gereinigtes Abwasser - DN 80 mit Gefälle $I = 0,5 \%$
Kanalrohrmaterial:	unterschiedlich	PVC-U
Kanaltiefe:	Kriterium = Anschlussmöglichkeit ? Verlegetiefe t $t > 2,0 \text{ m bis } 2,5 \text{ m}$	Kriterium = Frostsicherheit ? Mindestüberdeckung $h_{\bar{u}}$ $h_{\bar{u}} = 80 \text{ cm bis } 100 \text{ cm}$

Tabelle 3.4: Gegenüberstellung der Schmutzwasserkanalisation gemäß ÖNORM B 2503 „Konventioneller Kanal“ mit dem „Sparkanal“ gemäß ÖWAV - Regelblatt 25 .

3.1.2.14 STEINKA – Stufenentwässerung

Als Vergleich zu den in Österreich gebräuchlichen Methoden für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten, dünn besiedelten Gebieten sei kurz auf das „STEINKA“ – Konzept nach DAUER (1994) verwiesen. Das aus Schleswig-Holstein stammende Konzept der „STEINKA“ – Stufenentwässerung sieht zwecks Kostenminimierung folgende vier Hauptziele vor:

- Begrenzung der Tiefenlage auf 2,0 m unter Gelände durch Anwendung einer Stufenentwässerung mit Kleinpumpwerken, wo das Abwasser angehoben wird und dann in freiem Gefälle weiterfließt.
- Angepasste Linienführung der Kanaltrasse durch Verzicht auf polygonale Trassenführung. Zwischen den Kontrollschächten sind gekrümmte Kanalabschnitte möglich. Die Kanäle werden möglichst nicht in befestigten Fahrbahnbereichen verlegt, damit der Bauaufwand durch Aufnehmen und Wiederherstellen der Befestigungen vermieden wird.
- Vereinfachung der Kontrollbauwerke in Sammlern und Hausanschlussleitungen durch den Ersatz von drei Viertel aller Kontrollschächte durch Kontrollrohre. Ein Kontrollrohr besteht aus einem senkrecht auf den Sammler gesetzten Rohr der Nennweite DN 150 (i.d.R. aus Kunststoff), welches kurz unterhalb der Erdoberfläche endet und von einer Straßenkappe abgedeckt und geschützt wird.
- Reduzierung des Sammler-Mindestquerschnittes auf DN 150. Durch den verkleinerten Abflussquerschnitt ist aufgrund erhöhter Abflussgeschwindigkeiten mit geringerem Auftreten von Ablagerungen zu rechnen.

Die folgenden drei Abbildungen 3.9, 3.10 und 3.11 geben die Grundprinzipien der „STEINKA“ – Abwasserableitung für ländliche Gebiete wieder.

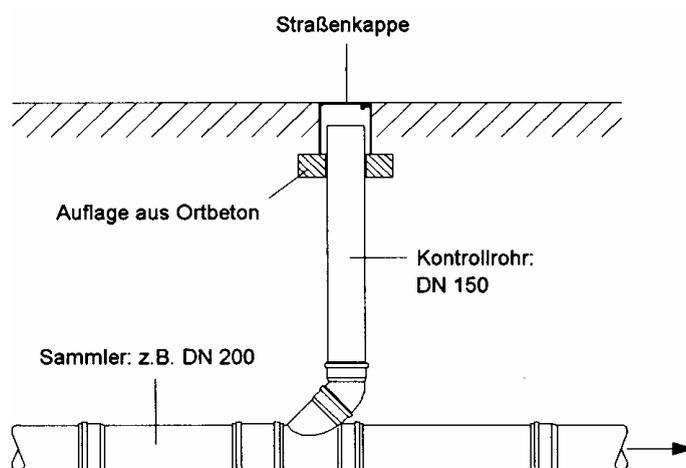


Abbildung 3.9: „STEINKA“ – Sammler-Kontrollrohr nach DAUER (1994).

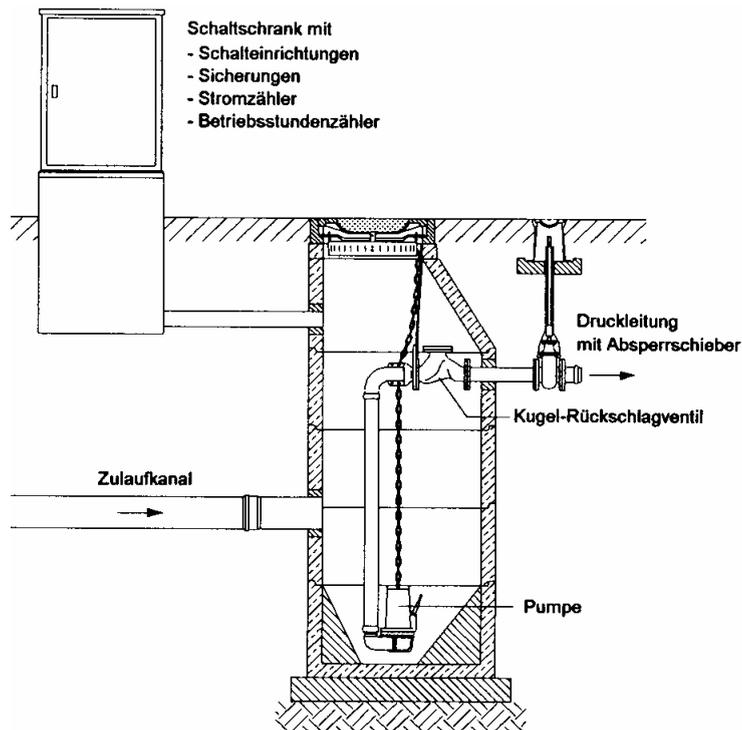


Abbildung 3.10: „STEINKA“ – Schmutzwasserpumpstation nach DAUER (1994).

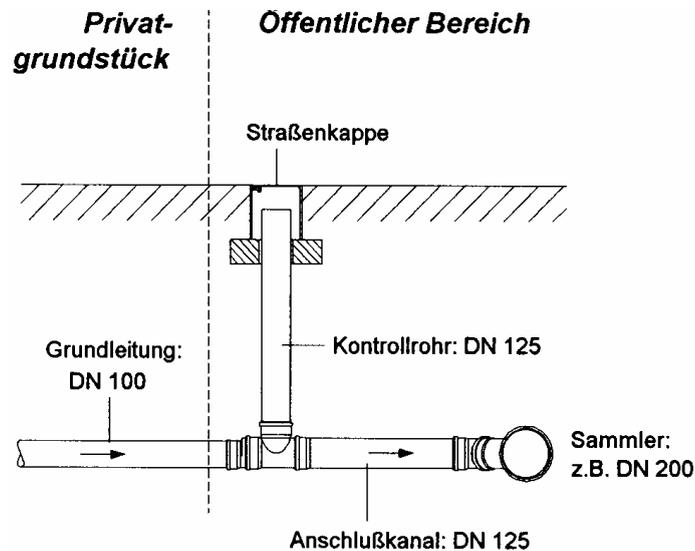


Abbildung 3.11: „STEINKA“ – Grundstücks-Kontrollrohr nach DAUER (1994).

Durch die vorabgenannten vier Entwurfskriterien hat das System „STEINKA“ analog zum Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 stark reduzierte Investitionskosten bei minimal erhöhten Betriebskosten für die Kleinpumpwerke im Vergleich zu einer konventionell ausgeführten Kanalisation.

3.2 Entscheidungskriterien

Anhand des Kapitels „Entscheidungskriterien“ wird ein allgemeiner Überblick über die Erstellung eines Abwasserentsorgungskonzeptes samt den Entscheidungskriterien und Einflussfaktoren für und gegen bestimmte Lösungsstrategien gegeben.

3.2.1 *Ablauf der Erstellung eines Abwasserableitungskonzeptes*

Die Erstellung eines Konzeptes für die Abwasserableitung kann in mehrere Teilschritte untergliedert werden, die sich methodisch unterscheiden, jedoch zeitlich nicht trennbar sind.

- Sichtung des vorhandenen Materials und bestehender Unterlagen;
- Erarbeitung der notwendigen Grundlagen für die Beurteilung der Region hinsichtlich natürlicher Gegebenheiten und des Einflusses des Menschen;
- Erhebung derzeitiger und zukünftiger politischer und planerischer Aktivitäten der einzelnen Gemeinden;
- Quantitative und qualitative Beschreibung der aktuellen Ist-Situation;
- Erhebung der anthropogenen Einflüsse auf die Gewässer zum aktuellen Zeitpunkt und Abschätzung der Veränderung durch die vorgeschlagenen Maßnahmen;
- Wirtschaftlichkeitsuntersuchung gemäß den „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der LAWA (1998) samt abschließender Sensitivitätsanalyse und Gesamtbeurteilung;
- Quantitatives Bewertungssystem auf der Basis technischer, betriebswirtschaftlicher, volkswirtschaftlicher und ökologischer Kriterien („sustainable development“);
- Ausarbeitung der verschiedenen technischen und organisatorischen Lösungsmöglichkeiten mit anschließender Variantenstudie und Empfehlung des Lösungsvorschlages samt Begründung;
- Ausarbeitung der endgültigen Lösungsvariante für die Abwasserentsorgung.

3.2.2 *Entscheidungskriterien und Einflussfaktoren für oder gegen bestimmte Lösungsstrategien*

Im Folgenden werden die relevanten Entscheidungskriterien und Einflussfaktoren für oder gegen eine bestimmte Entscheidungsstrategie dargestellt. Es handelt sich dabei um

1. die technologische Komponente;
2. die ökonomische Komponente;
3. die ökologische Komponente; und
4. die sozio-kulturelle Komponente.

Die Reihung von 1. Technologie über 2. Ökonomie über 3. Ökologie zur 4. sozio-kulturellen Komponente erfolgt nicht willkürlich, sondern begründet sich darin, dass für eine weitere wirtschaftliche Betrachtung die Erfüllung der Anforderungen hinsichtlich Abwasserentsorgungstechnik und technischer Realisierbarkeit unbedingt Voraussetzung ist.

Ebenso gilt als Voraussetzung für eine weiterführende ökologische Betrachtung die Einhaltung der ökonomischen Grundprinzipien wie Sparsamkeit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz. Erst bei Einhaltung der ersten drei Kriterien – Technologie, Ökonomie und Ökologie - kommen sozio-kulturelle Kriterien als Entscheidungsargumente in Frage.

Die Bewertung der einzelnen Kriterien und welche Bedeutung im Entscheidungsprozess den einzelnen Argumenten beigemessen wird, ist von teilweise subjektiven Gewichtungen und Wertungen der Entscheidungsträger und Akteure abhängig.

Das Finden der optimalen Lösungsvariante für die Abwasserentsorgung samt anschließender Realisierung dieser Methode stellt somit einen sozialen Prozess dar, der z.B. nach HAHN (1996) mit Hilfe der „Diffusions - Theorie“ beschrieben werden kann. Die „Diffusions – Theorie“ versucht, die Verbreitung neuer Ideen, Produkte oder Praktiken zu erklären.

Die Einführung neuer alternativer Technologien, wie auch die Abwasserentsorgung mittels der Methode „Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25“ eine darstellt, erfolgt demnach in folgenden fünf Stufen:

- 1) Erkenntnis;
- 2) Überzeugung;
- 3) Entscheidung;
- 4) Umsetzung; und schließlich
- 5) Bestätigung.

Die in der Abwasserentsorgung involvierten Akteure mit ihren unterschiedlichen Zielen, Interessen, Werten, Machtpositionen und Einflussgrößen können Innovationen annehmen oder ablehnen und stellen daher einen wichtigen Faktor im Entscheidungsprozess der Abwasserentsorgung dar.

3.2.2.1 Technologische Komponente

Generell ist voranzusetzen, dass die Verfahren der Abwasserentsorgung entsprechend den gesetzlichen Grundlagen und Rahmenbedingungen dem Stand der Technik entsprechen müssen.

Die Kriterien der technologischen Komponente bei der Abwasserableitung sind wie folgt:

- Funktionsfähigkeit und Funktionssicherheit,
- Wasserdichtheit (sowohl gegen Infiltration als auch gegen Exfiltration),
- Kontrollierbarkeit,
- Instandhaltbarkeit,
- geordneter Betrieb,
- geordneter Unterhalt,
- geordnete Inspektion,
- Betriebssicherheit,
- Störungsanfälligkeit,
- Flexibilität hinsichtlich Erweiterungen,
- Ressourcenverbrauch,
- Flächenbedarf,
- Einhaltung der Emissions- und Immissionsgrenzwerte,
- bewährte und vertraute Technik und
- Realisierbarkeit - rasche Umsetzbarkeit für zu entsorgende Gebiete.

3.2.2.2 Ökonomische Komponente

Im Vergleich zur technischen Beurteilung kommt bei der ökonomischen Betrachtung die monetäre Bewertung der baulichen, technischen und organisatorischen Leistungen hinzu.

Das übergeordnete Ziel bei der Suche nach der optimalen Abwasserableitungsvariante ist es, ein bestimmtes, definiertes Umweltziel mit minimalem Kostenaufwand zu erreichen, wobei auch Umwegrentabilitäten, in anderen Bereichen

entstehende Zusatzkosten und langfristig über die auf der Einnahmenseite anfallenden Gebühren hinaus nicht gedeckte Kosten zu berücksichtigen sind.

Die Kostenermittlung muss umfassend sein, d.h. dass sämtliche anfallenden Kosten erfasst werden müssen. Dazu gehören Investitionskosten wie Grund- und Aufschließungskosten, Kosten für Vorarbeiten, Planung, und Infrastruktur, Bau- und Reinvestitionskosten und laufende Kosten wie Personal-, Sach-, Energie-, Entsorgungs- und Instandsetzungskosten.

3.2.2.2.1 Betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Betrachtungsweise

Bei der Durchführung von Wirtschaftlichkeitsvergleichen ist zwischen der betriebswirtschaftlichen und der volkswirtschaftlichen Betrachtung zu unterscheiden. In Abhängigkeit davon, ob es sich um eine betriebswirtschaftliche oder volkswirtschaftliche Betrachtungsweise handelt, sind Förderungen und Zuschüsse von Dritten zu berücksichtigen bzw. außer Betracht zu lassen.

Die Abwasserableitung als Teil der kommunalen Abwasserentsorgung stellt eine volkswirtschaftliche Aufgabe mit Nutzen für die gesamte Gesellschaft dar. In diesem Sinne ist eine volkswirtschaftliche Betrachtung erforderlich. Das bedeutet, dass Zuschüsse, Beihilfen oder Förderungen seitens des Bundes oder der Länder die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten nicht verringern können und so auch nicht das Ergebnis zugunsten der geförderten Varianten verzerren.

Aus Sicht des betriebswirtschaftlich denkenden Kanalisationsbetreibers z.B. der Gemeinde verringern jedoch Förderungen, Zuschüsse oder zinsbegünstigte Darlehen die Gesamtkosten und sind damit für den Kanalisationsbetreiber von unmittelbarer Relevanz und daher einzurechnen. Förderungen reduzieren die Gesamtkosten und verschieben die Bewertung zugunsten dieser geförderten Varianten.

Ein weiterer Aspekt hinsichtlich der Wirtschaftlichkeitsvergleiche ist die Eigenleistung. Unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen sind Eigenleistungen möglich. Gerade in ländlich strukturierten Gebieten besteht ein hohes Maß an Zusammenhalt, an Eigenengagement und Eigenverantwortlichkeit, die zu einem höheren Anteil an Eigenleistungen bei Abwasserableitungsprojekten führen als in größeren Siedlungseinheiten.

Werden Bauleistungen von einer Bauunternehmung erbracht, so gibt es dafür einen marktmäßigen Preis, der sich als der Angebotspreis zufolge der Kalkulation

der Bauunternehmung darstellt. Für Eigenleistungen im Rahmen der Errichtung einer Abwasserableitungsanlage hingegen stellt sich die Frage, wie diese Eigenleistungen zu bewerten sind.

Volkswirtschaftlich betrachtet sind nach POSCH (1994) für diese Eigenleistungen Opportunitätskosten anzusetzen. Es werden dabei Preise eingesetzt, die auf den Nutzen aufbauen, der in der Arbeitszeit zur Errichtung der baulichen Anlage anderweitig erzielt worden wäre.

Diese Eigenleistungen sind in die Ökonomiebetrachtungen miteinzubeziehen. Dabei ergibt sich das Problem der unterschiedlichen Bewertung der Kosten jener Anlagen, die nach dem Vergabegesetz (Bundesvergabegesetz, Steiermärkisches Landesvergabegesetz) vergeben werden und jenen, die auf Grund von Eigeninitiative und Eigenleistung entstehen.

Unterschiede in der Höhe der anzusetzenden Opportunitätskosten ergeben sich daraus, welche alternative Tätigkeit und damit welcher Preis einzusetzen ist:

- Der Stundenlohn für eine gewisse Kategorie gemäß dem Kollektivvertrag für das Bauwesen (z.B. Angelernter Bauarbeiter, Hilfsarbeiter) oder
- der Wert für eine Arbeitsleistung anstelle von Freizeit.

Dieser Ansatz für die Bewertung von Eigenleistungen gilt nicht nur für die Herstellung einer Kanalisationsanlage, sondern auch für die Wartung und Kontrolle derselben.

Kostenansätze unter Berücksichtigung von Eigenleistungen sind unter der Voraussetzung einheitlicher Annahmen für alle Varianten möglich.

Da Eigenleistungen in den Kostenvergleichsrechnungen in der Regel mit niedrigen Stundenlöhnen angesetzt werden, stellt ein erhöhter Anteil an Eigenleistungen bei Abwasserableitungsprojekten eine Reduktion der Investitionskosten (bei Erbringung der Eigenleistung im Zuge der Kanal-Herstellung) und eine Reduktion der Betriebskosten (bei Erbringung der Eigenleistung im Zuge des laufenden Betriebes) dar. Diese Reduktion der Gesamtkosten begünstigt in der Kostenvergleichsrechnung Projekte mit hohem Eigenleistungsanteil.

3.2.2.2 *Kostendeckung volkswirtschaftlicher Produktionskosten*

Die volkswirtschaftlichen Produktionskosten der öffentlichen Wasserver- und Abwasserentsorgung in Österreich betragen zufolge Untersuchungen von KOSZ und BRÖTHALER (1996) inklusive kalkulatorischer Verzinsung zwischen 3,50.-- €/m³ und 4,60.-- €/m³ kommunaler Wasserentnahme. Diesen volkswirtschaftlichen Kosten stehen als Einnahmen jedoch Gebühren von nur etwa 2,20.-- €/m³ bis 2,50.-- €/m³ kommunaler Wasserentnahme gegenüber.

Aus dieser Gegenüberstellung nach KOSZ und BRÖTHALER (1996) wird ersichtlich, dass die (einmalig oder wiederholt) angefallenen Kosten (im weiteren Sinne Investitionskosten) und die laufend anfallenden Kosten (im weiteren Sinne Betriebskosten) nur rund zur Hälfte durch die Gebühren gedeckt werden.

3.2.2.2.3 *Zeitlicher Verlauf der Kostenbeeinflussung in der Abwasserableitung*

Die nachfolgende Abbildung 3.12 vermittelt einen Eindruck über den zeitlichen Verlauf der Beeinflussbarkeit der Kosten im Verlauf der Durchführung eines Abwasserableitungsprojektes, beginnend beim Vorentwurf und der Konzeptplanung über den Entwurf, die Genehmigung bis hin zur Bauausführung.

Es ist ersichtlich, dass in den frühesten Phasen des Bauprojektes die maximale Kosteneinsparung erzielbar ist. In den beiden Planungsstadien „Grundlagen-ermittlung“, und „Vorplanung und Konzeption“ (= Vorentwurf) ist das maximale Potential für eine Gesamtkostenersparnis gegeben. In den daran anschließenden Phasen der „Entwurfs- und Genehmigungsplanung“ sowie der „Ausführungs- und Detailplanung“ ist bereits deutlich weniger Kostenbeeinflussung möglich. In den Projektphasen „Genehmigung“, „Ausschreibung und Vergabe“ und „Bauausführung“ sowie in der „Betriebsphase“ (= Nutzungsdauer) sind nur geringfügige Gesamtkosteneinsparungen erreichbar. Der Wiederanstieg der Kostenbeeinflussbarkeit in der Betriebsphase, erzielt durch Betriebsoptimierung, gilt für Bauprojekte wie z.B. Kläranlagen.

Eine sorgfältige, umfangreiche und abgestimmte Planung vermeidet nachträgliche Änderungen am Bauwerk oder sogar Baufehler. Durch eine gute generelle Entwurfsplanung können erhebliche Projektgesamtkosten eingespart werden. In der Baudurchführung können die Projektkosten nur noch in geringem Ausmaß beeinflusst werden, obwohl in der Bauphase rund 90 % der Gesamtprojektkosten entstehen.

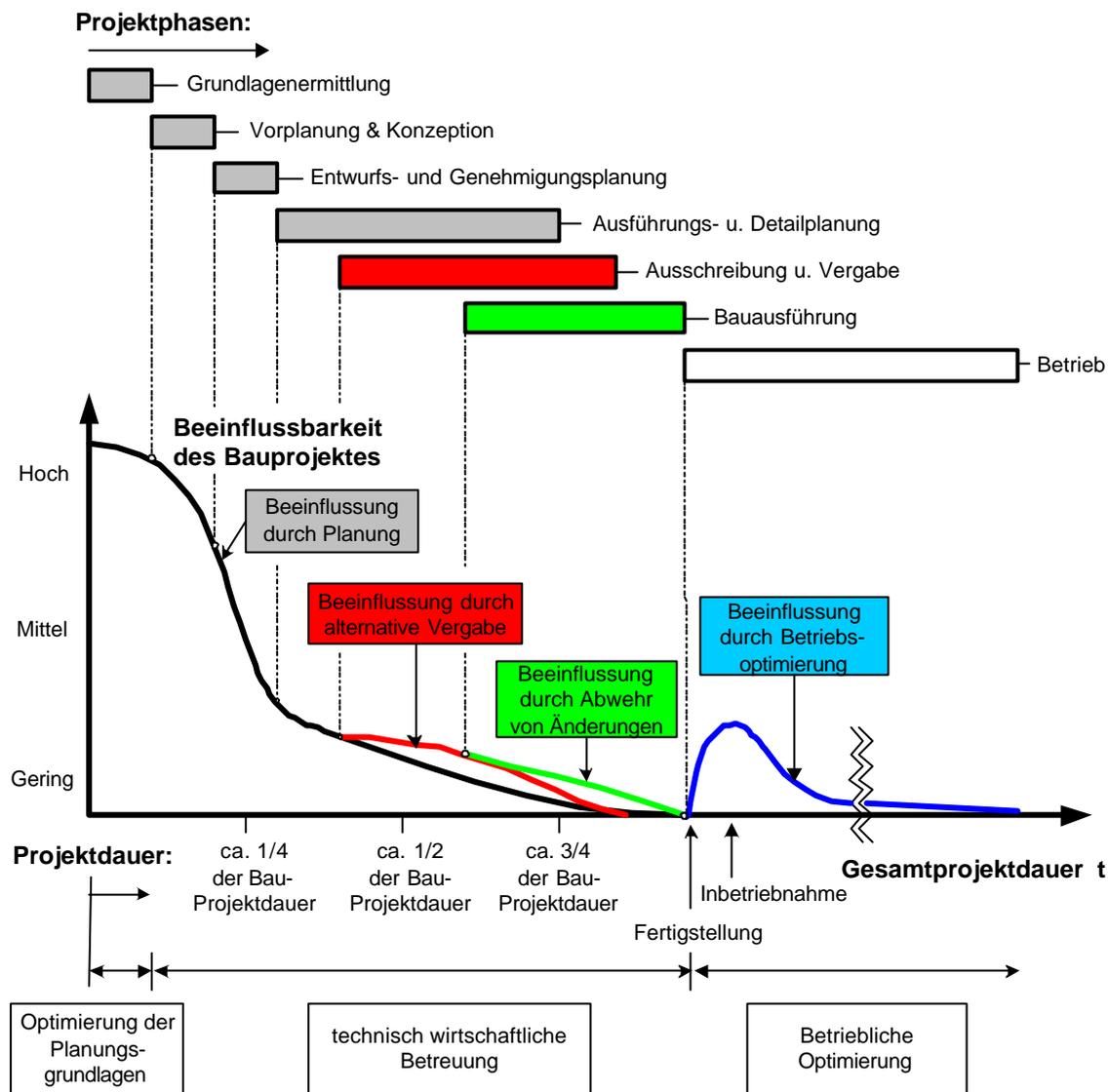


Abbildung 3.12: Beeinflussbarkeit der Kosten in Abhängigkeit vom fortgeschrittenen Stadium des Bauprojektes (Projektphasen) nach BOHN (1993) und ORTH und KNOLLMANN (1995).

3.2.2.2.4 Möglichkeiten der Kosteneinsparung

Zur Kosteneinsparung bestehen im Bereich der Abwasserableitung nach PECHER (1992) und RUDOLPH (1990) folgende Möglichkeiten:

1) Planung

Dabei gelten die vorab angeführten Argumente: Der Zeitpunkt, wann kostenlenkend eingegriffen wird, ist entscheidend für die Höhe der Kostenersparnis. Je früher Maßnahmen zwecks Gesamtkosteneinsparung getroffen werden, desto effizienter sind sie.

2) Innovationen

Darunter fallen Entwicklungen neuer Verfahren und Techniken bei der Planung und Herstellung von Kanälen, aber auch für den Kanalbetrieb. Beispiele für Innovationen sind:

- Entwicklung neuartiger Bauverfahren zur Erstellung von Kanälen wie Rohrvortrieb, Bohrvortrieb und Fräsverfahren;
- Entwicklung von Verfahren zur Dichtheitsprüfung bestehender Kanäle;
- Entwicklung neuartiger automatischer Kanalreinigungsverfahren;
- Entwicklung „neuer Entwässerungsverfahren“ wie z.B. dem Sparkanal.

3) Rückstufung gesetzlicher Forderungen

Eine Rückstufung gesetzlicher Forderungen, die sich im Laufe der Zeit immer mehr verschärft haben, würde ein Abgehen vom hohen derzeitigen Niveau der Siedlungswasserwirtschaft bedeuten, was nicht im Interesse der Allgemeinheit liegen kann.

4) Verzögerung der erforderlichen Investitionen

Das Vermeiden von Investitionen stellt auf kurze Sicht die beste Strategie zur Kostenminimierung dar. Das Hinausschieben notwendiger Maßnahmen führt jedoch längerfristig – und das Ziel muss eine nachhaltige Entwicklung sein – zu höheren Gesamtkosten und hat damit einen gegenteiligen Effekt.

5) Kostenverlagerung auf den Anschlussnehmer

Wenn die Kanäle in einer geringen Tiefe, z.B. nur Einhaltung der Mindestüberdeckung gemäß Frostfreiheit, verlegt werden, ist der Anschlussnehmer gezwungen, Abwasser aus tieferliegenden Objekten mittels Abwasserhebeeinrichtungen auf das Niveau des öffentlichen Kanals anzuheben.

Bei einer dezentralen Versickerung des Regenwassers von Dachflächen auf Privatgrundstücken sind die Baukosten für die Versickerungsanlagen und deren Betriebskosten im vollen Umfang von den Anschlussnehmern zu tragen, während die Herstellungskosten für den öffentlichen Kanal aufgrund des kleineren Querschnittes verringert werden.

6) Verringerung der kalkulatorischen Kosten

Die Gesamtgebühren für den betroffenen Anschlussnehmer können dadurch vermindert werden, dass für die kalkulatorische Abschreibung die Herstellungskosten anstelle der aufgrund der Kostenentwicklung ca. doppelt so hohen Wiederbeschaffungswerte angesetzt werden.

Eine Erhöhung des Ansatzes für die betriebswirtschaftliche Nutzungsdauer reduziert ebenfalls die kalkulatorischen Kosten.

Die Wahl eines moderaten Zinssatzes, der dem Prinzip der Kostendeckung entspricht und nicht Kapitalgewinne erzielt, dient ebenfalls der Gesamtkostenminimierung und damit einer Gebührenreduktion.

3.2.2.2.5 Nutzeffekte einer nachhaltigen Wasserwirtschaft aus volkswirtschaftlicher Sicht

Die Messbarkeit des volkswirtschaftlichen Nutzens einer nachhaltigen Wasserwirtschaft ist nach KOSZ und BRÖTHALER (1996) nur beschränkt möglich. Die Antwort, welchen Nutzeffekt abwassertechnische Maßnahmen für den Menschen haben und welche volkswirtschaftliche Rentabilität daraus abgeleitet werden kann, ist mithilfe folgender Elemente einer Kosten-Nutzen-Analyse nach KOSZ und BRÖTHALER (1996) zu ermitteln.

KOSTEN	NUTZEN
Ressourcenentzug der österreichischen Volkswirtschaft in Form von:	Wasser als Produktionsfaktor für die gesamte Volkswirtschaft hinsichtlich der
- Investitionskosten	- quantitativen,
- Reinvestitionskosten	- regionalen und
- Betriebskosten	- qualitativen Verfügbarkeit
- Externe Kosten der Errichtung und des Betriebes der abwassertechnischen Anlagen	- Ersparnis an (alternativen) Sanierungskosten sowohl jetzt als auch zukünftig
	- monetär nicht bewertbarer Wert der Stabilität von Ökosystemen
	- monetär nicht bewertbarer Wert an Erholung und Freizeit
	- monetär nicht bewertbarer Wert hinsichtlich ästhetischer und emotionaler Komponenten (z.B. Landschaftsbild)

Tabelle 3.5: Überblick über wesentliche Kosten- und Nutzenkomponenten einer volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse für Maßnahmen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft nach KOSZ und BRÖTHALER (1996).

3.2.2.3 Ökologische Komponente

Das Hauptproblem der heutigen Abwasserentsorgung ist die Veränderung der natürlichen Nährstoff- und Wasserkreisläufe. Dies ist im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung durch den Bau flächendeckender Abwasserentsorgungsanlagen mitsamt Kläranlagen mit immer höher werdenden Reinigungsleistungen nicht zu lösen.

Die Abstimmung der Abwasserreinigung auf das Selbstreinigungsvermögen von Wasser und Boden sowie die Minimierung des Ressourcenverbrauches stehen im Vordergrund. Ökologie im Bereich der Abwasserentsorgung bedeutet, genutztes

Wasser mit minimalem Ressourcenverbrauch wieder in den natürlichen Wasserkreislauf zurückzuführen. Das Ziel, den natürlichen Wasserkreislauf und den Nährstoffkreislauf in den ländlichen Gebieten weitestgehend zu schließen, bedeutet, dass Abwässer und Klärschlamm, soweit vertretbar, vor Ort bleiben.

Diese Anforderung von ökologisch orientierten Abwasserentsorgungsmaßnahmen steht einer Zentralisierung der Abwasserentsorgung und somit der Abwasserableitung entgegen.

Folgende qualitative Ziele sind im Sinne einer ökologischen Abwasserentsorgung anzustreben:

- Aufrechterhaltung natürlicher Nährstoff- und Wasserkreisläufe;
- eine optimale Nutzung des Selbstreinigungsvermögens sowohl von den Gewässern als auch von den Böden;
- Minimierung des Ressourcenaufwandes für die Aufrechterhaltung der Selbstreinigungskräfte von Gewässern und Böden;
- Minimierung der Umweltbelastungen beim Bau und beim Betrieb von Abwasserentsorgungsanlagen hinsichtlich Energieverbrauch, Chemikalienverbrauch, Rohstoffverbrauch, Flächenversiegelung u.ä.;
- Minimierung des Abwasseranfalles und
- Minimierung der Schadstoffbelastung der Abwässer.

Eine „übermäßige“ Reinigung verspricht keinen ökologischen Nutzen und keine positiven Umwelteffekte, da sie dem Selbstreinigungseffekt der Natur entgegensteht. Überzogene Abwasserentsorgungs- und -reinigungsmassnahmen verursachen ganz im Gegenteil einen erhöhten Ressourcenverbrauch und damit eine Kostensteigerung.

Aus obengenannten Zielen für eine ökologisch orientierte Abwasserentsorgung lässt sich ableiten, dass allein aus dem Anschlussgrad privater Haushalte an eine öffentliche Kanalisation noch kein Rückschluss auf eine ökologisch sinnvolle Abwasserentsorgung zu ziehen ist. Entscheidend im Sinne der Ökologie ist vielmehr der Grad der Überschreitung der Selbstreinigungspotentiale von Gewässern und Böden.

Selbstreinigungsvermögen des Wassers

Der biologische Abbau von Schmutzstoffen in Gewässern erfolgt in vielerlei Hinsicht analog zu den Prozessen, die in Abwasserreinigungsanlagen angewandt werden. Ebenso wie in Kläranlagen wird der Hauptteil der organischen Schmutzstoffe in Gewässern durch Oxidationsvorgänge durch Bakterien abge-

baut, sofern ausreichend gute Bedingungen für Sauerstoffeintrag in das Gewässer gegeben sind (aerobe Verhältnisse).

Das Selbstreinigungsvermögen der Gewässer wird dabei umso weniger ausgenutzt, je stärker die Konzentration der eingeleiteten Abwässer ist. Das Ausmaß an Gewässerschäden, verursacht durch die Einleitung von Abwässern, ist daher nicht alleine von der Gesamtmenge verschmutzter Abwässer abhängig, sondern auch von der räumlichen Verteilung der Bevölkerung, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft im betrachteten Entsorgungsgebiet.

3.2.2.3.1 *Ökologische Kriterien*

Die ökologischen Ziele, die es mit einem Minimum an Kosten zu erreichen gilt, sind zu definieren. Dabei kann eine begrenzte Beeinträchtigung eines Teilsystems in Kauf genommen werden, wenn dadurch weder rechtliche Bestimmungen verletzt oder natürliche Strukturen zerstört werden noch eine gesamtheitliche Störung der Wasser- und Stoffflüsse auftritt.

Das Ausmaß des zulässigen ökologischen Gefährdungspotentials einer abwassertechnischen Maßnahme sowie seiner Vor- und Nachteile gilt es zu bestimmen. Die Beurteilung darüber ist abhängig von der Wahl des Betrachtungsraumes und der Beurteilungsgrenzen: Nicht jede geringfügige Überschreitung von Grenzwerten, nicht jedes Versickern von gereinigtem Abwasser hat jenes Gefährdungspotential, wie es andere Verursacher z.B. die Düngung in der Landwirtschaft, die Versiegelung von Flächen oder Bachbegradigungen darstellen.

3.2.2.3.2 *Ökologische Beeinträchtigungen*

Umweltbeeinträchtigungen, welche von der Abwasserkanalisation ausgehen, lassen sich nach SCHLÜTER und KÜGELGEN (1996) einteilen in

- a) baubedingte Beeinträchtigungen,
- b) anlagenbedingte Beeinträchtigungen und
- c) betriebsbedingte Auswirkungen

auf den Naturhaushalt Luft und Boden, auf die Gewässer und auf das Landschaftsbild.

Ad a) Baubedingte Beeinträchtigungen

Hierunter sind die zeitlich begrenzten Auswirkungen zu verstehen, die von der Bautätigkeit ausgehen.

Während der Bauphase sind Beeinträchtigungen vor allem durch Bodenbewegung und den Einsatz von Baumaschinen zu erwarten:

- Beseitigung der Vegetation kann zum Verlust landschaftsprägender, seltener Naturausstattung führen mit nachteiligen Auswirkungen auf die Tierwelt – Verlust von Lebensräumen;
- Bodenaushub, -bewegung und -lagerung stellen Eingriffe in den Naturhaushalt dar;
- Aushub und Wiederverfüllung der Gräben bzw. Künetten können den Wasserhaushalt des Bodens nachteilig verändern – unerwünschte Drainagewirkung durch die Kanalisationsleitung, Grundwasserabsenkungen;
- Unterquerungen von Wasserläufen können Störungen der Gewässer-Biozöosen bewirken;
- Beeinflussung der Güteklassen der Gewässer;
- Dotation von Gräben und kleinen Wasserläufen;
- Luftverschmutzung, Lärmbelastung und Bodenerschütterung bzw. Bodenverdichtung durch die Baumaschinen und Baufahrzeuge;
- Baustellenverkehr;
- Beanspruchung und Beeinträchtigung von Flächen in der freien Landschaft durch z.B. Einrichtung von Bauhöfen, Baustellen u.a.;
- Entnahme bzw. Verlust von Gehölzen, Beschädigung der Fauna (Stämmen, Wurzeln), Verschmutzungen.

Ad b) Anlagenbedingte Beeinträchtigungen

Dies sind die dauerhaften Auswirkungen des fertiggestellten Bauwerkes:

- Drainagewirkung der Kanalisationsleitungen;
- Beeinflussung der Güteklassen der Gewässer;
- Dotation von Gräben und kleinen Wasserläufen;
- Unterquerte Bäche leiden unter geringer Wasserführung zufolge Versickerung;
- Beeinträchtigungen des Grundwasserstandes und der Grundwasser-Strömungsrichtung;
- Veränderung des Landschaftsbildes durch bleibende Bauwerke;

- Inanspruchnahme von Flächen auf Dauer durch Betriebsgebäude, Lagerflächen, Betriebswege, Zufahrtsstraßen kann zu Verlust an Biotopen führen.

Ad c) Betriebsbedingte Beeinträchtigungen

Hierbei handelt es sich um diejenigen Auswirkungen, die durch den Betrieb der Anlage verursacht werden:

- Undichtigkeiten in den Kanalisationsleitungen verursachen bei tiefliegenden Grundwasserständen Abwasseremissionen in die Umgebung und verschmutzen Boden und Grundwasser;
- Undichtigkeiten in den Kanalisationsleitungen verursachen bei hochliegenden Grundwasserständen Grundwasserinfiltrationen in die Kanalisation und erzeugen damit eine Drainagewirkung;
- Beeinflussung der Güteklassen der Gewässer;
- Dotation von Gräben und kleinen Wasserläufen;
- Beeinflussung der Durchflussmenge des Vorfluters.

Methodik und Bewertung der tatsächlich zu erwartenden Beeinträchtigungen

Die Methodik der Erfassung beruht auf dem Beziehungssystem „Verursacher – Betroffener“. Die Erfassung und Bewertung der Umweltbeeinträchtigungen erfolgt im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP), die für bestimmte Bauvorhaben ab einer bestimmten Größenordnung rechtlich vorgeschrieben sind.

Es lassen sich nach SCHLÜTER und KÜGELGEN (1996) folgende Methoden für die Erfassung und Bewertung der tatsächlich zu erwartenden Umweltbeeinträchtigungen unterscheiden:

- Verbal-argumentative Bewertung,
- Nutzwertanalyse,
- Ökologische Nutzwertanalyse, und
- Punktbewertungssystem.

In der folgenden Tabelle 3.6 findet sich ein Musterblatt nach SCHWALLER (1996) für die Bewertung des Kriteriums der „ökologischen Verträglichkeit“.

Kriterium der ökologischen Verträglichkeit												
Variante:		Parameter										
		Beeinflussung der Güteklasse	Beeinflussung Fläche ARA	Beeinflussung Fläche Kanaltrasse	Beeinflussung Grundwasser	Beeinflussung Q Vorfluter	Dotation der Gräben	Beeinflussung der Vegetation	Bodenaushub Bodenlagerung	Flächenverbrauch	Landschaftsbild	Abwasseremissionen
Skalierung												
optimal = ausschließlich ökologische Vorteile	1											
sehr gut = mehrere ökologische Vorteile	1 - 2											
gut = einige ökolog. Vorteile	2											
neutral = neutral	2 - 3											
schlecht = einige ökologische Nachteile	3											
sehr schlecht = mehrere ökologische Nachteile	3 - 4											
nicht vorhanden =ausschließlich ökologische Nachteile	4											
Gewichtung	hoch											
	mittel											
	gering											

Tabelle 3.6: Musterblatt nach SCHWALLER (1996) für die Bewertung des Kriteriums „Ökologische Verträglichkeit“.

3.2.2.4 Sozio-kulturelle Komponente

Die Abwasserwirtschaft ist geprägt durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Positionen und Interessen der beteiligten Akteure.

Der klassische Ablauf bei der Abwasserentsorgung ist gekennzeichnet durch eine „Top Down“ – Strategie, bei der der direkt betroffene Abwassererzeuger, i.e. der Bürger, kaum miteinbezogen wird. Eine gegenteilige „Bottom Up“ – Strategie hat ihren Ausgangspunkt meist in einer Ablehnung der vorerst vorgeschlagenen Variante, basierend auf Widerstand von Einzelpersonen oder Gruppen, die sich eigenständig mit der Problematik beschäftigen und um deren Lösung bemühen.

Die Akzeptanz der Bürger ist dann gegeben, wenn Entscheidungen direkt mit den Betroffenen und den relevanten Entscheidungsträgern erarbeitet und nach einer konstruktiven Zusammenarbeit, Kommunikation und Weitergabe von Information zwischen Behörden, Planern, Betroffenen und sonstigen Akteuren getroffen werden.

Kriterien der sozio-kulturellen Komponente

Die folgende Auflistung der im Entscheidungsprozess „Abwasserableitung“ zu behandelnden Aspekte verdeutlicht den Einfluss sozio-kultureller Komponenten:

- Misstrauen gegen eigenverantwortliche Lösungen, welche oftmals zu Missbräuchen verleiten;
- Eigenengagement und Verantwortlichkeit des Einzelnen;
- Vertrautheit mit Projekten;
- „Best case“ - Szenario der eigenen Seite wird dem „worst case“ - Szenario der Gegenseite gegenübergestellt;
- Konfliktmanagement ist erforderlich, da Vertreter einer Gegeninitiative als Verhinderer und Störenfriede betrachtet werden;
- Die zentrale Lösung wird gerne als Weg des geringsten Widerstandes gegangen;
- Machtverteilung im Prozess;
- Die Kontinuität bewährter Technik und Vorgangsweise wird Innovationen entgegengestellt;
- Lösung nur durch Fachexperten und/oder durch Einbeziehung der örtlichen Entscheidungsträger und der Betroffenen; und
- Delegation der Verantwortlichkeit an externe Strukturen wie z.B. Verbände im Gegensatz zur Eigenverantwortlichkeit z.B. bei dezentralen Anlagen.

3.3 Kanalisationsbetrieb

Die kostenintensiven Investitionen für den Bau von Abwasserentsorgungseinrichtungen bedürfen eines ordnungsgemäßen Betriebes. § 50 WRG verpflichtet zur Erhaltung und zum Betrieb in ordnungsgemäßem Zustand. Dies ist im Regelfall nur möglich, wenn entsprechend qualifiziertes und ausgebildetes Personal eingesetzt und die entsprechende Ausstattung (Geräte, Einrichtungen und Räumlichkeiten) zur Verfügung gestellt wird. Eine entsprechende Organisation der Betriebsführung ist für einen wirtschaftlichen Kanalisationsbetrieb unabdingbar.

Als konkurrierende Ziele, die ein Kanalisationssystem zu erfüllen hat, gelten:

- Maximierung der Anlagenverfügbarkeit,
- Minimierung der Gewässerbelastung und
- Minimierung der Betriebskosten.

3.3.1 Begriffsdefinitionen

„Mittlere Nutzungsdauer“

Die mittlere Nutzungsdauer ist der statistische Erwartungswert der Nutzungsdauer für einzelne Kanalisationsleitungsgruppen.

„Technische Nutzungsdauer“

Die technische Nutzungsdauer wird aus entsorgungstechnischen Gründen begrenzt. Sie liegt in der Regel deutlich über der betriebswirtschaftlichen Nutzungsdauer.

„Betriebswirtschaftliche Nutzungsdauer“

Die Begrenzung der betriebswirtschaftlichen Nutzungsdauer erfolgt im Zuge der kalkulatorischen Bewertung der Gesamtkosten (Investitions-, Kapital-, Betriebs- und Instandsetzungskosten).

„Instandhaltung“

Unter Instandhaltung werden alle Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, zur Vermeidung von Betriebsstörungen, zur Reduktion von Schadensfällen sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-

Zustandes verstanden. Diese Maßnahmen schließen außerdem die Abstimmung der Instandhaltungsziele mit den Unternehmenszielen und die Festlegung entsprechender Instandhaltungsstrategien mit ein.

„Instandhaltungsstrategien“

Es werden dabei folgende drei Vorgehensweisen unterschieden:

- „Feuerwehrstrategie“:
Anlagen werden erst als Reaktion auf eine Störung instandgesetzt. Dies führt einerseits zu negativen Auswirkungen für die Umwelt und verursacht andererseits wegen der umgehend notwendigen Maßnahmen höhere volkswirtschaftliche Kosten. Dagegen wird wenig Geld und Arbeit in organisatorische Tätigkeiten, Inspektion und Wartung investiert.
- Präventivstrategie:
Es werden periodisch vorbeugende Wartungsarbeiten und Rehabilitationsarbeiten durchgeführt.
- Inspektionsstrategie:
Die Notwendigkeit einer Wartung wird durch eine Inspektion ermittelt.

Bei den letzten beiden Strategien entstehen Anforderungen an den Kanalnetzbetreiber bei der Festlegung der Intervalle.

In der Praxis wird eine Kombination aus Präventiv- und Inspektionsstrategie angewendet. Ein Vergleich der drei Instandhaltungsstrategien hinsichtlich ihrer Zielerfüllungsgrade ist nur schwer möglich, da aussagekräftige, längerfristige Erfahrungen fehlen. Auch bedingt durch die Heterogenität der Kanalanlagen ist ein Vergleich schwer machbar.

Die folgende Tabelle 3.7 gibt einen qualitativen Überblick über die Erfüllung der drei konkurrierenden Ziele des Kanalisationsbetriebes.

Strategie	Zielerfüllungsgrade in Abhängigkeit von der Instandhaltungsstrategie		
	Feuerwehrstrategie	Präventivstrategie	Inspektionsstrategie
Ziele			
Maximierung der Anlagenverfügbarkeit	gering	hoch	hoch
Minimierung der Gewässerbelastung	hoch	gering	gering
Minimierung der Betriebskosten	hoch	mittel	gering

Tabelle 3.7: Erfüllung der drei konkurrierenden Ziele des Kanalisationsbetriebes bei Einsatz verschiedener Instandhaltungsstrategien nach HAUSSMANN (1997).

Die folgende Abbildung 3.13 gibt einen Überblick über die im Kanalisationsbetrieb zu tätigen Maßnahmen.

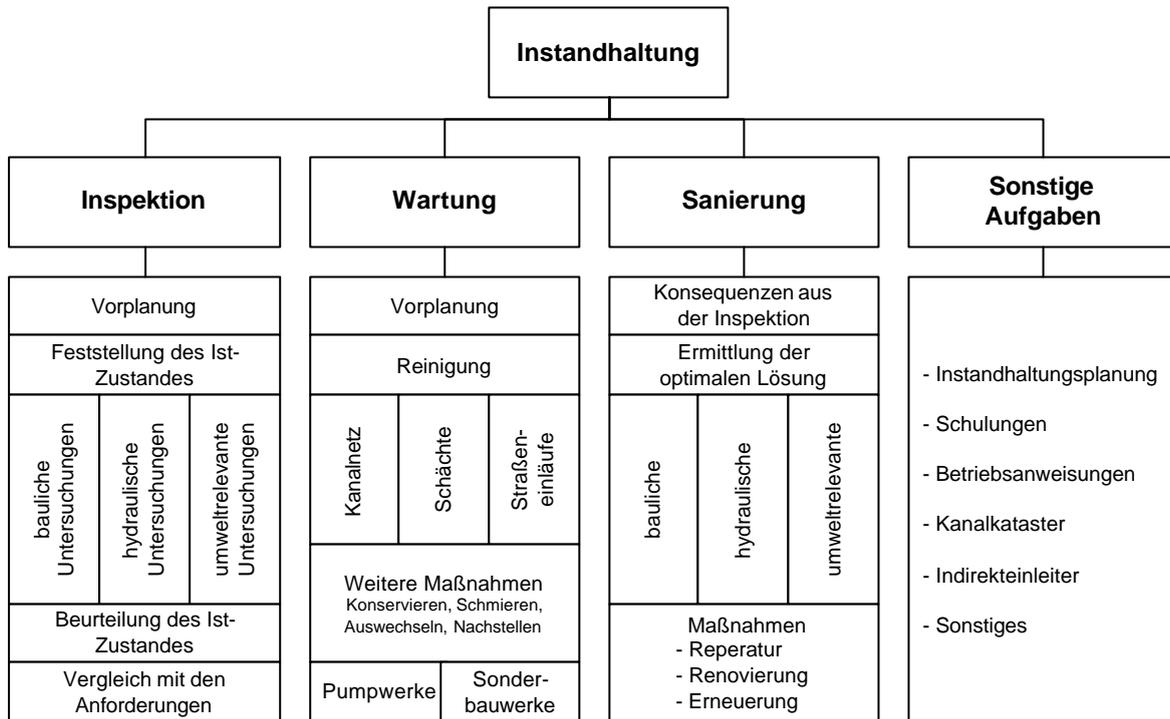


Abbildung 3.13: Tätigkeiten der Instandhaltung nach ERTL und FESSL (2001).

„Inspektion“

Als Inspektion gelten alle Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes der Kanalisationsanlagen. Die Tätigkeiten der Inspektion werden unabhängig vom Alter der Kanalisationsleitung durchgeführt.

„Wartung“

Als Wartung gelten alle Maßnahmen zur Bewahrung der Funktionsfähigkeit der Kanalisationsanlagen. Die Tätigkeiten der Wartung werden unabhängig vom Alter der Kanalisationsleitung durchgeführt.

Laut ÖNORM EN 752-7 soll die Wartung sicherstellen, dass

- die Betriebsbereitschaft und –fähigkeit des gesamten Systems gewährleistet ist,
- der Betrieb sicher, umweltverträglich und wirtschaftlich ist, und
- bei Ausfall eines Systemteiles die Betriebsfähigkeit anderer Teile möglichst nicht beeinträchtigt wird.

„Instandsetzung“

Unter Instandsetzung werden alle Maßnahmen zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der Kanalisationsanlagen verstanden. Maßnahmen der Instandsetzung werden anlassbezogen getätigt.

„Reinigung“

Kanalisationsleitungen sind wegen des Gefahrenpotentials ausgehend von Ablagerungen regelmäßig zu reinigen. Im ländlichen Gebiet ist der Wasserverbrauch im Vergleich zu größeren Siedlungsgebieten geringer. Ein Absinken des ohnehin schon geringen Abwasseranfalles induziert damit eine verringerte Schleppkraft und verursacht dadurch zwangsläufig Ablagerungen, längere Aufenthaltszeiten und Geruchsbelästigungen.

„Sanierung“

Unter Sanierung wird die Ertüchtigung einer vorhandenen Kanalisationsleitung zwecks Erhaltung oder Verbesserung der Funktionsfähigkeit bzw. Wiederherstellung des Soll-Zustandes verstanden.

„Erneuerung“

Unter Erneuerung wird die Neu-Verlegung aufgrund der Schadensanfälligkeit oder die Umlegung aufgrund anderer Fremdmaßnahmen verstanden.

„Reparatur“

Unter Reparatur wird die Schadensbehebung durch eine Einzelmaßnahme verstanden. Werterhöhende Reparaturen, die über die laufenden Instandsetzungsmaßnahmen hinausgehen, müssen aktiviert und im Sinne des Arbeitsblattes ATV-A 133 „Erfassung, Bewertung und Fortschreibung des Vermögens kommunaler Entwässerungsanlagen“ als Vermögenszugang verbucht werden.

„Schaden“

Als Schaden wird eine lokale unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit verstanden, die in der Regel mit Undichtigkeit und somit mit Abwasseraustritt oder Grundwassereintritt (Fremdwasser) verbunden ist.

Kanalschäden sind die Folge entweder von

- chemischen Einwirkungen, insbesondere bei zementgebundenen Baustoffen durch schädliches Abwasser oder Schwefelwasserstoff,

- mechanischer Beanspruchung infolge Abrieb durch im Abwasser mitgeführten Sand im Bereich der Kanalsohle,
- statischer und/oder dynamischer Überlastung (z.B. verursacht durch zu geringe Überdeckung),
- falscher und/oder schlechter Lagerung,
- punktueller Überlastung,
- nicht fachgerecht eingesetzter Stützen oder
- Verschleiss bzw. Korrosion.

Undichte Kanäle führen zu

- Verunreinigungen des Grundwassers durch unzulässige Abwasseremission in das umgebende Erdreich oder Grundwasser (wenn der Grundwasserspiegel tiefer liegt als die Kanalsohle);
- Grundwassereintritt in den Kanal und damit zu einer Überlastung der Kanäle, Pumpanlagen oder Kläranlagen;
- Einschwemmungen von Erdreich in den Kanal, dadurch zur Bildung von Hohlräumen und zum Geländeeinbruch; oder
- Verwurzelungen bis zum vollkommenen Verschluss des Abflussquerschnittes.

„Schadensrate“

Die Schadensrate ist die jährliche Anzahl an Schäden je km Kanalisationsleitung.

„Ist-Zustand“

Der Ist-Zustand ist der zu einem gegebenen Zeitpunkt festgestellte Zustand eines Bauwerkes oder einzelner Teile.

„Soll-Zustand“

Der Soll-Zustand ist der für den jeweiligen Fall geforderte Zustand des Bauwerkes.

„Sollzustandsabweichung“

Das ist die Nichtübereinstimmung zwischen Ist-Zustand und Soll-Zustand einer Betrachtungseinheit zu einem gegebenen Zeitpunkt.

„Abnutzung“

Abnutzung ist der Abbau des Abnutzungsvorrates infolge physikalischer, chemischer, biologischer und/oder biochemischer Einwirkungen.

„Sonstige Aufgaben“

Neben den drei Hauptaufgaben Inspektion, Wartung und Sanierung hat der Kanalbetreiber noch weitere Aufgaben und Anforderungen für einen funktionierenden Kanalbetrieb zu erfüllen:

- Ermittlung des Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarfs und Vorhaltung der Fahrzeuge und Gerätschaften;
- Aufgabenverteilung zwischen Eigen- und Fremdpersonal;
- Aufstellen von Betriebs- und Dienstanweisungen (Arbeitnehmerschutz);
- Führung des Kanalkatasters;
- Aus- und Weiterbildung des Betriebspersonals;
- Sicherheit und Gesundheitsschutz;
- Indirekteinleiter-Kontrolle;
- Rattenbekämpfung;
- Beratung und Unterstützung anderer Dienststellen;
- Einsätze bei Schadstoffeinleitungen und
- Instandhaltung des Betriebshofes.

Die drei Hauptmaßnahmegruppen der Instandhaltung – Inspektion, Wartung und Sanierung – sind trotz unterschiedlicher Zielformulierungen eng miteinander verbunden und verfließen ohne direkte Grenzen ineinander.

Die oben angeführten einzelnen Tätigkeiten der Instandhaltung können vom Abwasserentsorgungsunternehmen selbst oder von Fremdfirmen durchgeführt werden. Die Tätigkeiten Inspektion und Wartung werden dabei in der Regel mit eigenem Personal selbst vom Abwasserentsorgungsunternehmen durchgeführt. Reparaturen und kleinere Rehabilitationen werden ebenfalls selbst durchgeführt. Größere Rehabilitationsmaßnahmen werden an Bauunternehmungen vergeben.

3.3.2 *Erforderliche Tätigkeiten in der Betriebsphase einer Kanalisation*

In der Betriebsphase der Kanalisation sind gemäß ÖWAV – Regelblatt 22 „Kanalwartung und Kanalerhaltung“ folgende Tätigkeiten durchzuführen:

1. Kanalüberprüfung;
2. Reinigung und Wartung;
3. Kanalerhaltung und Kanalreparatur.

3.3.2.1 Reinigung und Wartung

Kanalreinigung und Kanalwartung dienen der Erhaltung des Soll-Zustandes. Die Wartungsmaßnahmen umfassen folgende Tätigkeiten:

- Reinigung (Entfernen von Fremdstoffen, Ablagerungen, Wurzeleinwuchs...),
- Konservierung als Schutzmaßnahme,
- Schmieren (Zuführen von Schmierstoffen),
- Ergänzen (Nachfüllen von Hilfsstoffen),
- Auswechseln (Ersetzen von Hilfsstoffen und Kleinteilen) und
- Nachstellen (Beseitigen einer Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand).

Durch planmäßiges Durchführen der Wartungsmaßnahmen kann die Nutzungsdauer von Kanalisationen, wie in folgender Abbildung 3.14 ersichtlich, verlängert werden.

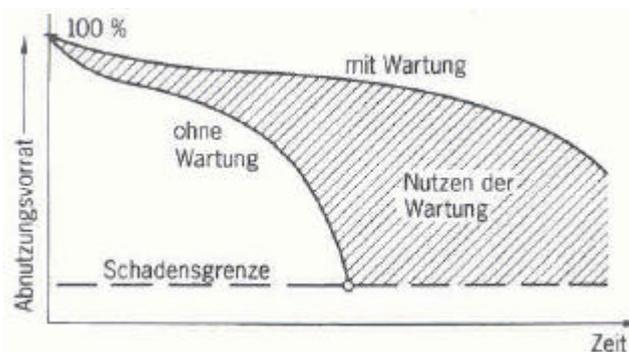


Abbildung 3.14: Verlängerung der Nutzungsdauer von Kanalisationsanlagen durch ordnungsgemäße Wartung nach ERTL und FESSL (2001).

Gemäß dem ÖWAV – Regelblatt 22 „Kanalwartung“ wird für Kanäle der Zeitraum für Kanalreinigung und Kanalwartung bei normalen Betriebsbedingungen (Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,5 m/s und 1,0 m/s) mit einmal jährlich festgelegt. Ein Großteil der Aufgaben betrifft dabei die Reinigung der Kanalisation.

3.3.2.1.1 Reinigungsbedarf

Zentraler Ausgangspunkt für eine Optimierung ist die Bestimmung des tatsächlichen Reinigungsbedarfs. Der Reinigungsbedarf ergibt sich als

$$\text{Reinigungsbedarf} = \frac{\text{Reinigung}}{\text{Zeiteinheit } t} \quad \text{Gleichung 3.1)}$$

Die tatsächliche Notwendigkeit der Reinigung ergibt sich aus der Prüfung und Bewertung dreier konkurrierender Forderungen bzw. Randbedingungen. Diese drei konkurrierenden Forderungen führen zu sich gegensätzlich entwickelnden Reinigungsintervallen.

Diese drei Forderungen lauten, gereiht nach ihrer Bedeutung:

- a) Erhalt der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalisation;
- b) Erfüllung der rechtlichen Rahmenbestimmungen betreffend Reinigung und
- c) Optimierung i.e. Minimierung der Reinigungskosten.

Ad a) Erhalt der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalisation

Bei Niederschlagsereignissen können auch bei Schmutzwasserkanalisationen die auftretenden erhöhten Abflüsse zufolge Fremdwasser (durch Be- und Entlüftungsöffnungen in den Schachtabdeckungen eindringendes Regenwasser bei ÖNORM – Kanälen) den Charakter einer Spülung annehmen und Ablagerungen vollständig oder teilweise erodiert werden.

Mit zunehmendem Alter der Ablagerungen steigen die kohäsiven Kräfte an, sodass sich ein neues Gleichgewichtsverhältnis auf höherem Ablagerungsniveau ergibt. Solche verfestigte Ablagerungen, die im Rahmen des ordnungsgemäßen Betriebes der Kanalisation nicht mehr erodiert werden, führen zu einer dauerhaften Verringerung des durchströmbaren Kanalquerschnittes und reduzieren somit die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanals. Damit verbunden ist ein unzulässig steigendes Überflutungsrisiko.

Der tatsächliche Reinigungsbedarf betrifft somit die Erfüllung der Anforderung „Erhalt der hydraulischen Leistungsfähigkeit“.

Ad b) Erfüllung der rechtlichen Rahmenbestimmungen betreffend Reinigung

Die Europäische Norm EN 752-7 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 7: Betrieb und Unterhalt“ definiert die Reinigung als Aufgabe des Unterhalts des Betriebes der Kanalisation mit dem Ziel des verstopfungsfreien Betriebes und der Begrenzung von Überflutungshäufigkeiten.

Die ÖNORM EN 752-2 legt eine zulässige Überflutungshäufigkeit von einmal in zehn Jahren für ländliche Gebiete fest. Als Vergleich dazu wird für Wohngebiete eine zulässige Überflutungshäufigkeit von einmal in 20 Jahren festgelegt.

Das Arbeitsblatt ATV-A 147 Teil 1 „Betriebsaufgaben und Intervalle“ der Abwassertechnischen Vereinigung benennt 2,0 bis 0,1 [1/a] als Reinigungshäufigkeiten für Kanalisationen. Bei günstigen Abflussverhältnissen ohne Ablagerungen kann laut ATV-A 147 jedoch vollständig auf Reinigung verzichtet werden.

Über die gesetzlichen Vorschriften und technischen Regelwerke hinaus besteht für die Betreiber der Kanalisation die allgemeine Sorgfaltspflicht. Diese Sorgfalt-

pflicht leitet sich aus dem (öffentlich-rechtlichen) Benutzungsverhältnis zwischen dem Kanalisationsbetreiber und dem angeschlossenen Hauseigentümer ab. Im Falle einer Überschwemmung verursacht durch mangelhafte Wartung bzw. Reinigung des Kanalnetzes hat der betroffene Hauseigentümer Anspruch auf Schadenersatz, sofern nicht explizit Entgegenstehendes in den Benutzungsverträgen zwischen Betreiber und Hauseigentümer vereinbart ist.

Ad c) Optimierung i.e. Minimierung der Reinigungskosten

Die ökonomische Forderung, die Reinigungskosten zu minimieren, bedeutet einen gezielten Einsatz vorhandener Ressourcen zur Verbesserung der Reinigungstätigkeit im Kanalisationsnetz. Das Ziel lautet somit: Minimale Reinigungskosten bei Einhaltung der technischen Anforderung „Erhalt der hydraulischen Leistungsfähigkeit“.

Eine Verlängerung des Reinigungsintervalls verursacht geringere Reinigungskosten, aber auch eine Verschlechterung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch die Abminderung des durchströmbaren Kanalquerschnittes. Ablagerungen verfestigen (= Sedimentierung) sich umso mehr, je größer der Reinigungsintervall ist. Das bedeutet für den Reinigungsvorgang an sich, dass das Lösen der verfestigten Ablagerungen zu einem erhöhten Energieaufwand führt als das Lösen löslicher, weil unverfestigter Ablagerungen. Diese für das Lösen der Ablagerungen erforderliche Energie ist aber nicht in beliebiger Höhe für die Reinigung aufbringbar. Bis zu einer gewissen Druckhöhe kann diese Energie, resultierend aus dem Impuls des aus der Hochdruckdüse austretenden Spülwasserstrahles, gesteigert werden. Ab einer Druckstufe, abhängig vom jeweiligen Rohrmaterial, ist jedoch mit Schäden an der Kanalisation infolge hoher Spüldrücke zu rechnen.

Anstelle den Spüldruck zu erhöhen, besteht die Möglichkeit, die Einwirkungsdauer des Spülwassers zu verlängern, damit die erforderliche Reinigungswirkung erzielt werden kann. Eine Verlängerung des Spülzeitraumes resultiert aber gleichzeitig in einem erhöhten zeitlichen Aufwand: Der Leistungswert „Laufmeter Kanalreinigung je Zeiteinheit“ sinkt. Dadurch steigen die Vorhaltekosten für Fahrzeug und Personal, welche zunächst durch die erhöhten Reinigungsintervalle erwartungsgemäß sinken.

Die Optimierungsproblematik kann wie folgt beschrieben werden:

- Sehr kurze Reinigungsintervalle führen zu hohen Kosten, weil sehr häufig gereinigt wird.
- Sehr lange Reinigungsintervalle führen zu hohen Kosten, weil der Zeitaufwand je Reinigungseinheit aufgrund der anfallenden Verfestigungen der Ablagerungen und deren zeitaufwendigeren Beseitigung sehr hoch ist.

- Mittlere Reinigungsintervalle führen in der Regel zu minimierten Kosten für die Reinigung.

Eine optimierte Betriebsführung erlaubt eine wirtschaftliche Kanalreinigung und Kanalinspektion und zugleich die Einhaltung der gestellten Qualitätsanforderungen an den Kanalisationsnetzstatus wie Betriebssicherheit, Aufrechterhaltung der vollen Abflussleistung, Vermeidung von Verstopfungen sowie Minimierung von Geruchsbelästigung. Daten aus der Kanalreinigung und Kanalinspektion bilden die Basis für diesen interaktiven Prozess der optimierten Betriebsführung.

Die Analyse der Kosten, die durch die Reinigung anfallen, bezieht sich auf den Laufmeter der zu reinigenden Haltung.

Für die Darstellung des qualitativen Reinigungskostenverlaufes einer Kanalhaltung werden folgende Eingangsparameter getroffen:

Eingangswerte:		Einheit
Haltungslänge	50	[lfm]
Nenndurchmesser DN	300	[mm]
Rohrmaterial	Kunststoff	[-]
Vorhaltekosten Personal + Gerät	105	[€/h]
Kosten für die Räumgutentsorgung	45	[€/to]
Reinigungshäufigkeit	variabel	[1/a]

Tabelle 3.8: Eingangsparameter für die Ermittlung des qualitativen Reinigungskostenverlaufes nach KRÄMER und SCHOLZ (2002).

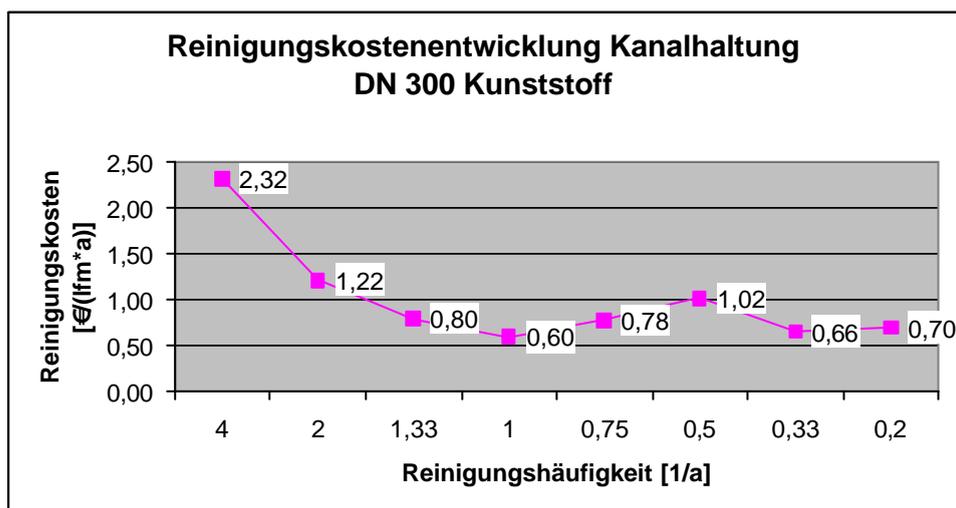


Abbildung 3.15: Qualitativer Verlauf der jährlichen Reinigungskosten für einen Schmutzwasserkanal DN 300 aus Kunststoff PVC in [Euro pro Laufmeter Kanalhaltung und Jahr] in Abhängigkeit von der Reinigungshäufigkeit [1/a] nach KRÄMER und SCHOLZ (2002).

Aus obiger Abbildung 3.15 ist ersichtlich, dass mit anfänglich abnehmender Reinigungshäufigkeit [1/a] die jährlichen Reinigungskosten sinken.

Nach Erreichen der minimalen Reinigungskosten von Euro 0,60.- pro Laufmeter Kanal und Jahr bei einer Reinigungshäufigkeit von einmal Reinigung pro Jahr steigen die Reinigungskosten bei weiter sinkender Reinigungshäufigkeit wieder an. Der zusätzliche Aufwand, der für das Reinigen der verfestigten Ablagerungen aufgebracht werden muss, übersteigt die Kostenvorteile, die sich aus der verminderten Anzahl der Reinigungen pro Jahr ergeben.

Die bei Abnahme der Reinigungshäufigkeit auf unter 0,5-mal Reinigung pro Jahr auftretende Kostensenkung ist auf Einhaltung der Funktionsfähigkeit der Kanalhaltung und auf Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen zu hinterfragen.

Im Ablauf der Prozesse „Bedarfsplan“ – „Arbeitsplan“ – „Reinigungsdurchführung“ – „Datenerhebung“ – „Datenauswertung“ wird durch die Ergänzung der Bestandsdaten um haltungsbezogene Betriebsdaten ein geschlossener dynamischer Kreislauf erzeugt, der dem Kanalnetzbetreiber Informationen über die Optimierung des Reinigungsaufwandes und Hinweise für die zukünftige Planung liefert.

In der folgenden Abbildung 3.16 ist der Kreislauf des betrieblichen dynamischen Optimierungsprozesses zur Reinigung von Kanalisationen schematisch dargestellt.

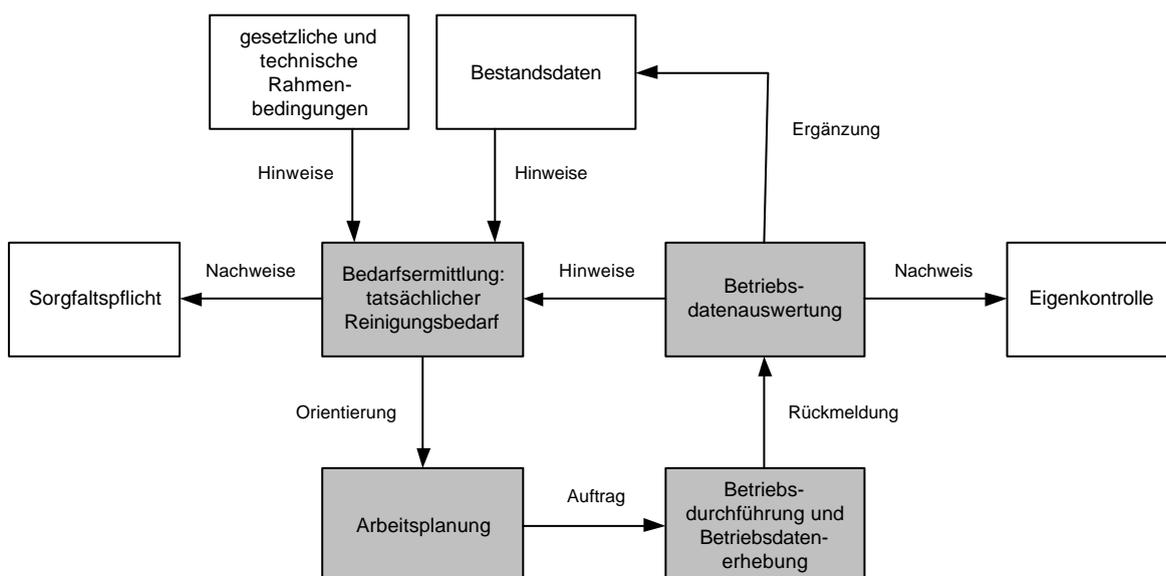


Abbildung 3.16: Der betriebliche dynamische Optimierungsprozess zur Reinigung von Kanalisationen nach KRÄMER und SCHOLZ (2002).

3.3.2.1.2 *Reinigungsintervalle*

Im Allgemeinen sollen die Zeiträume für die Kanalreinigung gemäß ÖWAV – Regelblatt 22 „Kanalwartung und Kanalerhaltung“ in Abstimmung auf die Betriebserfahrungen wie folgt festgelegt werden:

- Einmal jährliche Reinigung für Kanäle mit normalen Betriebsbedingungen, i.e. Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,5 m/s und 1,0 m/s; und
- Dückerreinigung bei Auftreten einer spürbaren Leistungsminderung.

3.3.3 *Kostengruppen der Betriebskosten*

Die Betriebskosten der Abwasserentsorgung lassen sich für Kostenvergleiche gemäß LAWA auf folgende drei Gruppen reduzieren:

1. Personalkosten einschließlich Personalnebenkosten und Verwaltungskosten,
2. Sachkosten (Betriebsmittel, Hilfsmittel, Materialkosten für Inspektion, Wartung, Reparatur und Instandhaltung u.ä.) und
3. Energiekosten (Strom, Öl, Gas).

4 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Unter Wirtschaftlichkeit wird das Verhältnis der Leistungen zu den spezifischen Kosten verstanden. Die Aufgabe der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Abwasserentsorgung besteht darin, herauszufinden, durch welche Projektalternative die als notwendig vorgegebene und für alle Alternativen gleiche Zielsetzung mit den geringsten Kosten erreicht werden kann.

4.1 Optimaler Zentralisierungsgrad der Abwasserentsorgung

Um das Ziel minimaler Gesamtkosten für die Abwasserentsorgung erreichen zu können, ist es notwendig, den Zentralisierungsgrad zu optimieren.

Kostengünstige naturnahe Abwasserreinigungsverfahren sind aufgrund ihres hohen Flächenverbrauches nur in kleinen und somit dezentralen Abwasserentsorgungskonzepten ökonomisch und ökologisch sinnvoll umsetzbar.

Für die Ermittlung des optimalen Zentralisierungsgrades sind wiederum die drei Bestandteile der Abwasserentsorgung

- der Abwassertransport,
- die Abwasserreinigung und
- die Klärschlamm Entsorgung

zu berücksichtigen.

Kostenvorteile der zentralen gegenüber der dezentralen Abwasserentsorgung resultieren i.d.R. aus den Größenvorteilen der zentralen technischen Abwasserreinigung. Je mehr Abwässer in einer Kläranlage gereinigt werden können, desto preiswerter kann dies erfolgen. Der Größenvorteil der zentralen Abwasserreinigung ergibt sich aus den mit der Anlagengröße sinkenden Grenzkosten.

Es ist jedoch zu untersuchen, ob die Größenvorteile aufgrund der erhöhten Abwassermenge nicht durch steigende spezifische Abwassertransportkosten kompensiert werden. Das Gleiche gilt auch für die Entsorgungskosten des Klärschlammes, die einen unmittelbaren Bestandteil der ganzheitlichen ordnungsgemäßen Abwasserentsorgung darstellen. Die spezifischen Kosten der Klärschlamm Entsorgung bei zentraler Abwasserentsorgung sind in der Regel höher als bei der dezentralen Variante. Werden Abwässer unterschiedlicher Herkunft durch die Zentralisierung der Abwasserentsorgung vermischt, kann der

Klärschlamm nicht mehr landwirtschaftlich verwertet werden, sondern muss deponiert oder verbrannt werden. Die dadurch höheren Kosten der zentralen Klärschlamm Entsorgung kompensieren damit die Größensparnisse der zentralen Abwasserreinigung teilweise oder zur Gänze.

Die zusätzlichen Transportkosten – Kosten zufolge vergrößerter Kanalnetze und Überleitungen zwischen Ortschaften (Transportkanäle) – kompensieren je nach Kanalpreis und Kanallänge die Größensparnisse aus einer zentralen Abwasserreinigung. Große Entfernungen zwischen vielen kleineren Orten erhöhen die Kosten für eine zentrale Abwasserentsorgung sehr stark, da die Kosten für das Kanalnetz den größten Kostenbestandteil bei der Abwasserentsorgung bilden.

Die Abwassertransportkosten K_{Transp} sind abhängig von der Kanallänge l_K und den spezifischen Kanalkosten k_{Kanal} .

$$K_{\text{Transp}} = k_{\text{Kanal}} \cdot l_K \quad \text{Gleichung 4.1)}$$

mit: K_{Transp} ...[€]Abwassertransportkosten
 k_{Kanal} ... [€/lkm].....spezifische Kanalkosten
 l_K [m].....Kanallänge

Die Kanalkosten k_{Kanal} sind wiederum abhängig von u.a. folgenden Parametern:

- Kanallänge l_K [m];
- regionale Struktur (ländlich strukturiertes Gebiet, zusammenhängendes Siedlungsgebiet, Stadtrandgebiet, Stadtgebiet, Ballungszentren);
- Kanalisationsverfahren (Trennsystem oder Mischsystem) bzw. Abwasserart (Schmutzwasser, Regenwasser);
- Abwassermenge x_{Abw} [m³];
- Bodenbeschaffenheit einerseits in Bezug auf den Aushub (Bodenklassen gemäß ÖNB 2205), andererseits in Bezug auf die Verwendbarkeit als Verfüllmaterial;
- Verwendetes Rohrmaterial und Rohrdurchmesser;
- Verlegetiefe t [m];
- Verlegemethode bzw. Bauweise: Konventionelle offene Kanalbauweise (Künette), grabenlose Verlegung von Kanälen (Bodenverdrängung, Bohrverfahren), Grabenfräse, Sprengpflug (für kleine Rohrdurchmesser);
- Topographie;
- Verlegeort: Geländeform bzw. Geländeneigung als ebenes, hügeliges oder bergiges Gelände;
- Verlegeort: Verlegung der Kanäle in befestigten oder in unbefestigten Flächen (öffentliche Straßen, Wege und Plätze versus private, landwirtschaftlich genutzte Flächen bzw. Freiland);
- Siedlungsdichte [E/km²];

- Ortsdichte [Ortanzahl / km²]: Die Ortsdichte ergibt die durchschnittliche Entfernung zwischen den Ortschaften im betrachteten Gebiet;
- durchschnittlicher Schachtabstand [m] bzw. Schachttanzahl [Stk./ lfm Kanal];
- Hausanschlüsse (HA) je Laufmeter Kanal [HA/ lfm Kanal]. Der österreichische Durchschnittswert ohne Wien liegt nach Angaben der FACH-ABTEILUNG FA 19C (1999) bei 2,1 Hausanschlüssen pro 100 Laufmeter Kanal, der steirische Wert liegt mit 1,5 HA/100 lfm Kanal am untersten Ende;
- Länge der Hausanschlussleitungen [m];
- Tiefenlage der Grundleitungen bzw. der Hausanschlussleitungen;
- Anteil an Eigenleistungen;
- Allgemeines Preisniveau hinsichtlich zeitlicher Unterschiede: In Phasen der Hochkonjunktur ist mit erhöhten Preisen zu rechnen, während in Regressionsphasen die Angebote der Bauunternehmungen, aber auch Angebote des Baunebengewerbes und Preise für Bauprodukte niedriger sind;
- Allgemeines Preisniveau hinsichtlich regionaler Unterschiede: In der Obersteiermark ist im Vergleich zur Südoststeiermark mit höheren Preisen zu rechnen.

$$K_{\text{Transp}} = f(l_k, k_{\text{Kanal}})$$

$$k_{\text{Kanal}} = f(x_{\text{Abw}}, l_k, \text{Topographie, Bodenbeschaffenheit, t, Verlegemethode....})$$

Hinsichtlich der Zentralisierung der Abwasserentsorgung wird davon ausgegangen, dass sich die Abwassermenge x_{Abw} durch die Einbeziehung zusätzlicher Ortschaften erhöht. Bei gleichen geographischen Verhältnissen, etwa gleich großen Ortschaften und annähernd gleichen Entfernungen zwischen den Ortschaften erhöht sich die Abwassermenge x_{Abw} in gleichem Umfang wie die Überleitungslänge l_{Kanal} ($\partial x_{\text{Abw}} = \partial l_{\text{Kanal}}$).

Die Durchschnittskosten des Abwassertransportes ergeben sich wie folgt:

$$DK_{\text{Kanal}} = \frac{k_{\text{Kanal}} \cdot l_{\text{Kanal}}}{x_{\text{Abw}}} \quad \text{Gleichung 4.2)}$$

Mit: DK_{Kanal} .. [€/m³ Abwasser].....Durchschnittskosten des Abwassertransportes
 k_{Kanal}[€/lfm Kanal]Kanalkosten je Laufmeter Kanal
 l_{Kanal}[m].....Kanallänge in Meter
 x_{Abw} [m³].....Abwassermenge in m³

Mit steigender Kanallänge l_{Kanal} steigen proportional die Durchschnittskosten DK_{Kanal} für den Abwassertransport bei konstanter Abwassermenge. Übersteigen ab einer Kanallänge $l_{\text{Gr,Kanal}}$ die Durchschnittskosten DK_{Kanal} die Größensparnisse zufolge der zentralen Abwasserreinigung, wird die dezentrale Variante

kostengünstiger. Bei dieser „Schwellenkanallänge“ $l_{Gr,Kanal}$ verläuft die ökonomische Grenze zwischen der zentralen und der dezentralen Abwasserentsorgung.

Ab Entfernungen größer der Schwellenkanallänge $l_{Gr,Kanal}$ ist die Errichtung einer eigenen dezentralen Abwasserreinigungsanlage ökonomisch besser.

$$\begin{array}{l}
 \text{Kosten der dezentralen Abwasserreinigung} \\
 - \text{Kosten der zentralen Abwasserreinigung} \\
 \hline
 = \text{Größenersparnis der zentralen Abwasserreinigung} \\
 - \text{zusätzliche Überleitungskosten / Abwassertransportkosten} \\
 - \text{höhere Klärschlammmentsorgungskosten} \\
 \hline
 = \pm \text{Ersparnis der zentralen Abwasserentsorgung}
 \end{array}$$

Einsparungspotential in der Abwasserentsorgung besteht sowohl für den Bereich der Abwasserableitung i.e. für den Abwassertransport im Kanal, als auch für den Bereich der Abwasserreinigung mitsamt der Klärschlammbehandlung.

Der Anteil der Transportkosten an den Gesamtkosten der Abwasserentsorgung wird dabei sehr unterschiedlich eingeschätzt. Nach SEYLER (1993) bewegt sich das Verhältnis der Kosten für die Abwasserableitung zu den Kosten für die Abwasserreinigung bei 50 % zu 50 %. Nach PECHER (2000) sind ca. zwei Drittel bis drei Viertel der Investitionskosten der Abwasserableitung zuzuordnen.

Die Abwasserentsorgung setzt sich aus den drei wesentlichen Phasen

- Abwassertransport (= Abwassersammlung),
- Abwasserreinigung (in der ARA) und
- Klärschlammbehandlung (bzw. Klärschlammmentsorgung)

zusammen.

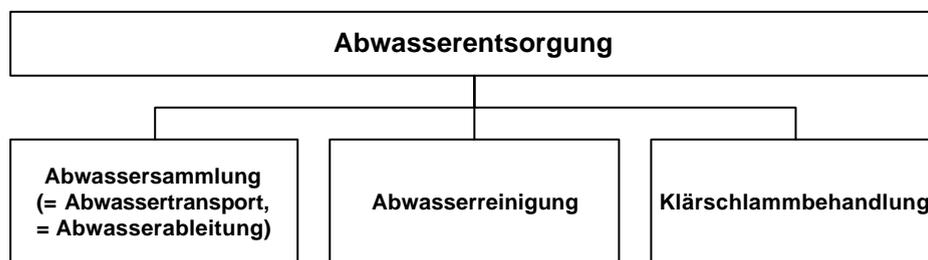


Abbildung 4.1: Teile bzw. Phasen der Abwasserentsorgung.

Der qualitative Zusammenhang der anteiligen Kosten für Abwasserableitung mittels Kanalisation einerseits und andererseits der Abwasserreinigung und Rückstandsbehandlung ist in Abbildung 4.2 dargestellt:

Der dargestellte Wert eines 80 %-igen Anteils der Kanalisation an den gesamten Investitionskosten ergibt sich aus ausgewerteten, gesammelten Daten sowie aus Angaben aus der Literatur nach PECHER (2000) und DICHTL (1995).

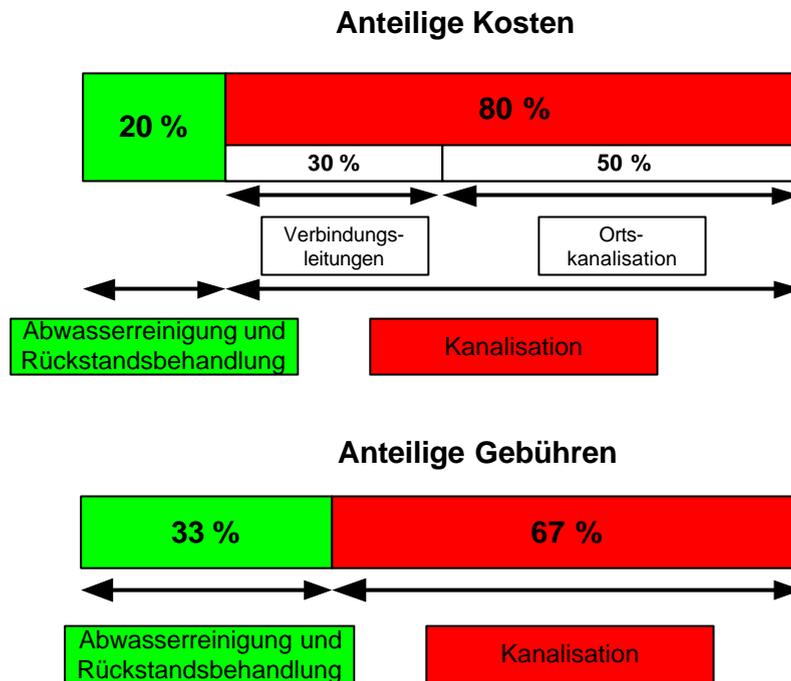


Abbildung 4.2: Anteil der Abwasserreinigung und Rückstandsbehandlung (mitsamt Klärschlammmentsorgung) einerseits und Anteil der Kanalisation (Ortskanalisation und Verbindungsleitungen) andererseits an den Investitionskosten und an den Gebühren nach PECHER (2000) und nach DICHTL (1995).

Bei den Investitionskosten beträgt nach PECHER (2000) der Anteil der Kanalisation etwa 75 % an den gesamten Investitionskosten und der der Abwasserreinigung nur etwa 25 %. Daher ist vor allem die Abwasserableitung zu optimieren.

4.2 Kostenrechnung

Vorweg ist anzumerken, dass bei aller Parallelität zwischen privatem und öffentlichem Sektor sowie bei kommunalem Wettbewerb um Einwohner und Unternehmer (= Steuerzahler) der Erfolg einer kommunalen Verwaltung gemäß gesetzlicher Definition nicht in erster Linie der wirtschaftliche Erfolg ist, sondern die Aufgabenerfüllung – Abwasserentsorgung als hoheitliche kommunale Aufgabe. Sie hat jedoch unter der Bedingung eines wirtschaftlichen Mitteleinsatzes zu erfolgen.

Grundlage jeder Kosten- oder Investitionsrechnung sind die Erlöse und Kosten, die mit der Investition verbunden sind. Dabei sind bei den Erlösen auch jene Kosten zu berücksichtigen, die durch die Investition vermieden werden.

4.2.1 Unterscheidungsmerkmale von Kosten

Kosten können nach DEYHLE (1990) anhand von drei Merkmalen unterschieden und eingeteilt werden.

- *Kostenstruktur*: Nach der Kostenstruktur unterscheidet man variable Kosten und Fixkosten.

Variable Kosten sind von der Beschäftigung abhängig. Mit Beschäftigung wird die Auslastung einer Produktionseinheit bezeichnet. Ist die Beschäftigung gleich Null, das heißt, es findet keine Beschäftigung statt, sind auch die variablen Kosten gleich Null.

Fixkosten sind von der Beschäftigung unabhängig. Fixkosten fallen auch dann an, wenn keine Produktion stattfindet.

- *Beeinflussbarkeit*: Nach der Kostenbeeinflussbarkeit unterscheidet man kurzfristig und langfristig beeinflussbare Kosten.
- *Zurechenbarkeit*: Nach der Kostenzurechenbarkeit unterscheidet man Einzel- und Gemeinkosten.

Einzelkosten können dem einzelnen Produkt direkt zugeordnet werden. Gemeinkosten können hingegen dem einzelnen Produkt nicht direkt zugeordnet werden. Eine Möglichkeit der Zuordnung der Gemeinkosten zum jeweiligen einzelnen Produkt ist die Verrechnung über Zuschlagsätze, deren Basis die Einzelkosten sind.

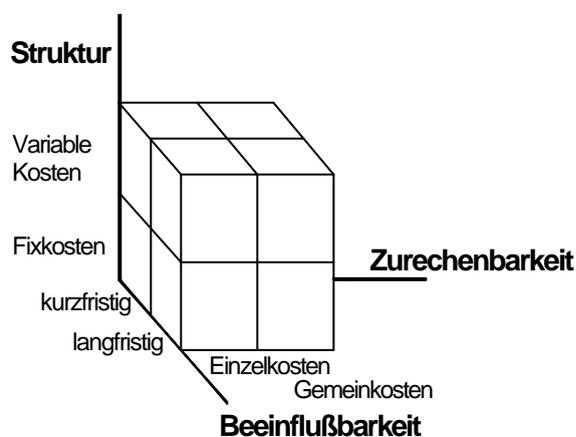


Abbildung 4.3: Kostenwürfel nach DEYHLE (1990).

4.2.1.1 Kosteneinteilung

Die Kostenarten werden einerseits in

- Investitionskosten,
- Reinvestitionskosten und
- Betriebskosten (= laufende Kosten)

und andererseits in

- variable Kosten und
- fixe Kosten

eingeteilt.

Die jährlichen Gesamtkosten einer Anlage werden in der Terminologie der Abwassertechnik nach BOHN (1993) meist als Jahreskosten oder als durchschnittliche jährliche Nutzungskosten bezeichnet. Die Jahreskosten enthalten alle regelmäßig oder unregelmäßig anfallenden Kosten während der Investitions- und der Betriebsphase.

Die Jahreskosten setzen sich aus den Kapitalkosten und den Betriebs- und Instandhaltungskosten zusammen.

Die Kapitalkosten unterteilen sich wiederum in die jährlichen kalkulatorischen Kosten für Abschreibung und Verzinsung.

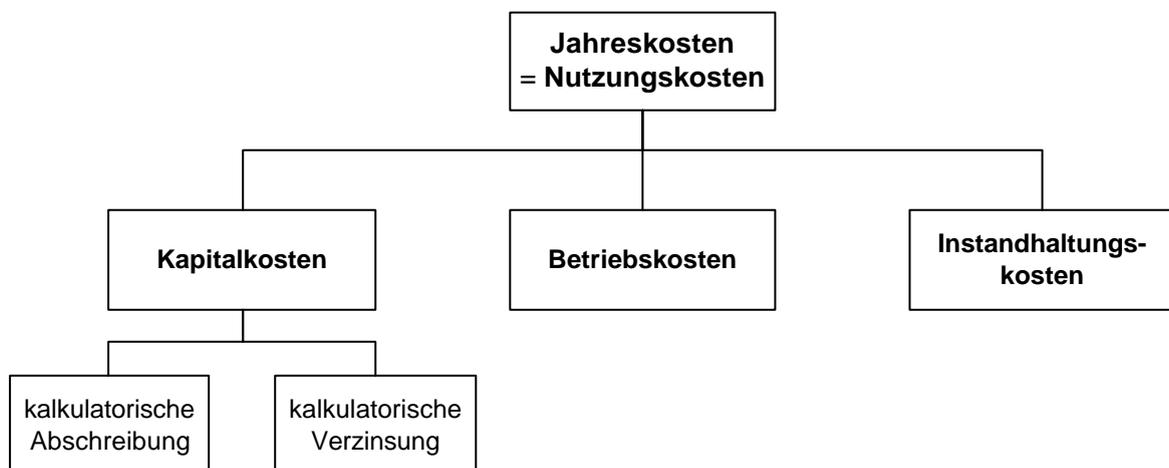


Abbildung 4.4: Hauptbestandteile der Jahreskosten (= Nutzungskosten) abwassertechnischer Anlagen nach BOHN (1993).

Das investierte Kapital wird mit den Investitions- bzw. Anschaffungskosten für die Investition gleichgesetzt. Die Investitionskosten enthalten die Baukosten und sämtliche Baunebenkosten wie z.B. Planungskosten.

Die Abschreibungen als Kosten des Kapitaleinsatzes ohne Verzinsung können als fiktive jährliche Ersatzinvestition zur Erhaltung des Systems in einem Zustand, der hinsichtlich des Werts und der Funktionsfähigkeit dem bei der Systemerstellung entspricht, interpretiert werden. Bei Bewertung des Kapitalbestandes zu höheren Wiederbeschaffungskosten ist eine entsprechende Werterhöhung zu berücksichtigen.

Die kalkulatorischen Abschreibungen, die den regelmäßigen Werteverzehr der kommunalen Abwasserentsorgungsanlagen darstellen, werden über die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer der Anlagen bestimmt. Da grundsätzlich linear abgeschrieben wird (d.h. in gleichbleibenden Raten), werden die kalkulatorischen Abschreibungen umso geringer, je länger die Nutzungsdauer ist. Nach Empfehlungen der LAWA liegt die Nutzungsdauer von Kanälen zwischen 50 und 80 Jahren. Im Vergleich dazu liegt die Nutzungsdauer von Kläranlagen zwischen 25 und 40 Jahren.

Die kalkulatorischen Zinsen dienen der Gemeinde als Ersatz für sogenannte Opportunitätskosten. Die Gemeinde hätte die in die Abwasserentsorgung investierten Mittel auch anderswertig anlegen können, um auf diese Weise eine Verzinsung des Anlage- und Umlaufvermögens zu erreichen.

Für die Ermittlung des Kapitaleinsatzes wird eine kalkulatorische Verzinsung von real 3 % p.a. angenommen.

Abschreibungen und Zinsen stellen keine konstante Zahlenreihe dar, sondern nehmen über die Nutzungsdauer ab, bis sie am Ende den Wert Null erreichen. Üblich ist eine lineare Abschreibung mit den Anschaffungs- oder Herstellkosten als Basis.

Die Betriebskosten bzw. laufende Kosten wiederum können in Unterhaltungs- bzw. Bewirtschaftungskosten und in Personalkosten unterteilt werden.

Der durchschnittliche relative Kostenanteil an den Abwassergebühren in der Bundesrepublik Deutschland beträgt nach PECHER (1992):

- Personalkosten 15 %
- Unterhaltungskosten 25 %
- Kalkulatorische Kosten 60 %

Daraus ist die große Bedeutung der Kapitalkosten ersichtlich, sodass der Ansatz der Nutzungsdauer als bestimmender Faktor für die Kapitalkosten entscheidend ist.

4.2.2 **Besonderheiten bei Abwasserkanälen**

Im Bereich der Abwasserkanäle gibt es bei Kostenrechnungen nachfolgende Besonderheiten, die es zu berücksichtigen gilt:

- Projekte der Abwassertechnik binden erhebliche Finanzmittel über einen langen Zeitraum. Dies geschieht zum einen durch Investitionen mit sehr langer Lebensdauer und zum anderen durch die erforderlichen Betriebskosten während der langen Projektlaufzeit. Die durchschnittliche Nutzungsdauer von Abwasserkanälen ist zum Teil um ein Vielfaches höher als bei anderen Investitionsgütern und variiert in Abhängigkeit vom Rohrmaterial.
- Anlagen zur Abwasserentsorgung werden für längere Zeithorizonte geplant. Die Kapazität der Anlagen wird in der Regel schon im Erstentwurf so konzipiert, dass genügend Kapazität für die zu erwartende maximale Auslastung zur Verfügung steht. Um für zukünftige Kanalanschlüsse an die Ortskanalisation gerüstet zu sein, werden Prognosen über die zukünftige Auslastung angestellt, die von einer linearen Zunahme geringer Intensität ausgehen. Die Abwasserentsorgungsanlagen weisen daher fast während des gesamten Planungszeitraumes Überkapazitäten aus, wodurch aus der Sicht des Finanzierenden Investitionskapital über lange Zeiträume unproduktiv gebunden ist.
- Bei bereits bestehenden Kanalnetzen sind oftmals nicht alle notwendigen Daten für eine genaue Berechnung der betriebswirtschaftlichen Kennwerte vorhanden.
Erstens werden genaue Rohrnetzaufzeichnungen (insbesondere Schadensaufzeichnungen) erst seit einiger Zeit durchgeführt und zweitens erweisen sich ältere Aufzeichnungen heute als unvollständig, da z.B. die Schadensursache oder die für die Reparatur aufgewendeten Arbeitsstunden oder Materialkosten fehlen.
- Investitionen in Rohrleitungsnetze verursachen sehr hohe einmalige Ausgaben bei der Anschaffung. Ist das Kanalrohr verlegt, die Künette verfüllt und die ursprüngliche Oberflächenbeschaffenheit wiederhergestellt, sind die laufenden Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung vergleichsweise gering. Erst mit zunehmendem Alter des Kanalnetzes oder des einzelnen Abwasserstranges steigen die Kosten für die Instandhaltung aufgrund häufiger auftretender Schadensfälle wieder an.
- In der Abwasserentsorgung sind koordinierte Baumaßnahmen gemeinsam mit der Wasserversorgung oder dem Straßenbau bzw. der Straßenerneuerung üblich.

- Insbesondere im Umweltförderungsgesetz UFG wird auf den Grundsatz der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit Wert gelegt.
- Zur Beurteilung von verschiedenen Alternativen eines Abwasserentsorgungsprojektes sind Investitionsrechnungen durchzuführen, die sich in Kostenvergleichsrechnungen und in Kosten-Nutzen-Untersuchungen gliedern. Da bei den zu untersuchenden Varianten im allgemeinen der Nutzen aller zu vergleichenden Varianten als in etwa gleich groß angesehen werden kann, wird die Investitionsrechnung auf eine reine Kostenvergleichsrechnung beschränkt. Nicht monetär bewertbare Faktoren werden ergänzend beurteilt.
- Erhöhte Investitionskosten bedingen in der Regel geringere Betriebskosten und vice versa. Einsparungen bei den Investitionskosten durch Anwendung der Methode „Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25“ schlagen sich im Vergleich zum konventionellen Kanal nach ÖNORM B2503 in erhöhten Betriebskosten nieder.

4.2.3 Begriffsdefinitionen

„Kostenrechnung“

Die Kosten- und Leistungsrechnung ist nach MERGEN (1995) ein Informationssystem zur Dokumentation der wirtschaftlichen Aktivitäten nach außen sowie Entscheidungsfindung nach innen. Modernes Rechnungswesen zielt dabei - für den öffentlichen Bereich genauso wie für den privaten – auf Controlling ab.

Controlling ist das Bindeglied zwischen Informationsgewinnung aus dem Rechnungswesen, v.a. aus der Kostenrechnung, und der Informationsverwendung durch das Management. Controlling ist die, an den politisch und rechtlich vorgegebenen Zielen ausgerichtete, Realisierung von auf die Verwaltung übertragenen Führungsaufgaben, die der Informationsbeschaffung und Informationsverarbeitung dienen zum Zweck der Planerstellung, der Koordination und der Kontrolle.

„Ein- und Auszahlungen, Einnahmen und Ausgaben, Erträge und Aufwendungen“

In der Kosten- und Leistungsrechnung lassen sich nach BAUER (2001) folgende vier Begriffspaare unterscheiden:

- a) Die liquiden Mittel werden in den *Ein- und Auszahlungen* sowie im daraus resultierenden Zahlungssaldo erfasst.
- b) Die Werte der veräußerten und zugegangenen Güter werden als *Einnahmen* und *Ausgaben* bzw. im Finanzsaldo erfasst.

- c) Die Eigenkapitaländerungen werden über die die Gütererstellung repräsentierenden *Erträge* und die den Güterverzehr repräsentierenden *Aufwendungen* erfasst.
- d) *Kosten* zeigen die periodenbezogenen ordentlichen Werte der verzehrten Güter zum Zweck der betrieblichen Leistungserstellung und Leistungsverwertung, *Leistungen* beinhalten die periodenbezogen ordentlichen Werte der erstellten Güter, wobei die Kosten und Leistungen jeweils mengen- und wertbezogen sind.

Von besonderer Bedeutung ist die Abgrenzung von Aufwendungen und Kosten, die der folgenden Abbildung 4.5 entnommen werden kann.

Aufwendungen	
neutrale Aufwendungen: - periodenfremd - betriebsfremd - außerordentlich	betriebliche ordentliche Aufwendungen
	aufwandsgleiche Kosten
	kalkulatorische Kosten
Kosten	

Abbildung 4.5: Aufwendungen und Kosten nach BAUER (2001).

„Kostendegression“

Unter Kostendegression wird der Rückgang der spezifischen Kosten oder der Einheitskosten bei zunehmendem Produktionsumfang verstanden. Dieses Phänomen der Kostendegression ist bei den unterschiedlichen Kostenarten verschieden stark ausgeprägt. Investitionskosten zeigen eine höhere Degression als Betriebskosten. In der Abwassertechnik ist dabei die Kostendegression vor allem bei der Abwasserreinigung augenscheinlich: Die spezifischen Kosten der Abwasserreinigung je Einwohnergleichwert in [€/EGW] fallen bei steigender Ausbaugröße der ARA stark ab.

„Kostenplanung“

Die Kostenplanung ist die Zusammenfassung aller Maßnahmen der Kostenermittlung, der Kostenkontrolle und der Kostensteuerung. Die Kostenplanung begleitet kontinuierlich alle Phasen der Baumaßnahmen während der Planung und Ausführung und befasst sich systematisch mit den Ursachen und Auswirkungen der Kosten.

4.3 Berechnungsverfahren

In der Abwassertechnik hat es sich eingebürgert, von der Wirtschaftlichkeit eines Vorhabens oder von einem Wirtschaftlichkeitsvergleich bereits zu sprechen, auch wenn lediglich die Kosten betrachtet und verglichen werden. Zu einem Wirtschaftlichkeitsvergleich gehören jedoch auch die Einnahmen aus einer Investition sowie monetär bewertbare Nutzen und Schäden. Für einen vollständigen Vergleich sind zusätzlich auch monetär nicht bewertbare Nutzen und Schäden einzubeziehen, wie dies bei einer Kosten-Nutzen-Analyse erfolgt.

Um unterschiedliche Abwasserentsorgungsverfahren hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit vergleichen zu können, sind die im Zeitraum unterschiedlich anfallenden Kosten zeitgleich zu wichten. Der Zeitpunkt einer Zahlung beinhaltet einen Wert und der Zinssatz kann als Maßstab für diesen Wert betrachtet werden. In Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wird der Zinssatz nicht nur für Darlehen angesetzt, bei denen tatsächlich Zinszahlungen fällig werden, sondern auch für das eigene eingesetzte Kapital. Durch den Einsatz des eigenen Kapitals für ein bestimmtes Projekt wird es anderen Nutzungen entzogen und damit auch der Möglichkeit, durch alternative Nutzungen neues Einkommen zu schaffen. Erst der Bezug aller anfallenden Kosten auf einen Zeitpunkt mittels der Kapitalwertmethode und die Einbeziehung der Kostenentwicklung über die gesamte Laufzeit bzw. Nutzungsdauer des Projektes erlaubt einen realistischen Variantenvergleich alternativer Methoden der Abwasserentsorgung.

Im Folgenden werden die Grundlagen eines Wirtschaftlichkeitsvergleiches nach SEICHT (2001) und LAWA (1998) unter Berücksichtigung des Faktors Zeit betrachtet. Hierzu gehören die Prämissen und Randbedingungen des Vergleiches sowie finanzmathematische Umrechnungen, die der Herstellung der Vergleichbarkeit der zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten dienen.

4.3.1 *Dynamische Kostenrechnungsverfahren*

4.3.1.1 *Kapitalwertmethode nach LAWA (1998)*

Bei dieser Methode werden die Lebenszykluskosten der zu vergleichenden alternativen Abwasserentsorgungsmethoden durch eine Bewertung mit einem dynamischen Kostenrechnungsverfahren, der Kapitalwertmethode, ermittelt. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass alle Folgekosten – sowohl Ausgaben

als auch Einnahmen, die dem jeweiligen Abwasserentsorgungsverfahren bis zum Ende der Nutzungsdauer zugerechnet werden können, mit ihren Barwerten in die Bewertung der Investition eingerechnet werden. Bei dieser Methode werden alle zukünftigen Kosten mit einem kalkulatorischen Zinssatz auf den Zeitpunkt ihrer Investition abgezinst. Der Wert einer Kostengröße zum Bezugszeitpunkt nennt man Barwert dieser Zahlung. Die Summe der Ausgaben für ein Projekt ist der Projektkostenbarwert.

Für alle während der Lebensdauer eines Projektes erwarteten Zahlungen bzw. Kosten wird deren Barwert zu einem gemeinsamen Bezugszeitpunkt berechnet. Summiert man die einzelnen Barwerte auf, so ergibt sich für jede Projektalternative deren barer Wert zum Bezugszeitpunkt in Form des Projektkostenbarwertes (PKBW) bzw. Kapitalwertes.

Bei der Anwendung der Kapitalwertmethode ist jedoch zu beachten:

- Varianten mit Bauteilen unterschiedlicher Nutzungsdauer können nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden.
- Nicht monetär bewertbare Faktoren bleiben unberücksichtigt.
- Daten der Kostenvergleichsrechnung können nicht unmittelbar für Finanzplanung oder Gebühren- und Beitragsberechnung herangezogen werden.
- Bei Alternativen mit gleichem Investitionszeitpunkt, aber unterschiedlicher Nutzungsdauer, sind Reinvestitionen zu berücksichtigen. Mit Hilfe dieser Reinvestitionen ist es möglich, den scheinbaren Vorteil kurzlebiger Alternativen zu vermeiden; der Kalkulationszeitraum ergibt sich als kleinstes gemeinsames Vielfaches der Einzelnutzungsdauer.
- Vor dem Bezugszeitpunkt anfallende Zahlungen müssen aufgezinst (= akkumuliert), nach dem Bezugszeitpunkt anfallende Zahlungen müssen abgezinst (= diskontiert) werden.
- Förderungen werden in den Kostenvergleichsrechnungen nicht berücksichtigt, da es sich dabei um reine Transferleistungen handelt.
- Nutzengleichheit ist bei der Kostenvergleichsrechnung zwingend erforderlich; ansonsten ist der Weg der Kosten-Nutzen-Untersuchung mit Monetarisierung aller Zielerfüllungsgrade einzuschlagen.

4.3.1.1.1 *Ablauf der Kostenvergleichsrechnung*

Eine Kostenvergleichsrechnung für Abwasserableitungsprojekte läuft im Wesentlichen in folgenden Schritten ab:

- **Kostenermittlung:**
Die zu errichtenden Bauteile werden in die Gruppen Hauskanalisationen, Transportleitungen (getrennt nach Freispiegel- und Druckleitung) und Pumpwerke zusammengefasst.
- Für die Ermittlung der Kostenfunktionen werden folgende Hilfsmittel verwendet:
Fertig abgerechnete Projekte, Firmenausschreibungen, vorhandene Kostenfunktionen aus Regressionsrechnungen und Literaturangaben.

Bei der Ausarbeitung von Varianten ist von einheitlichen Annahmen für alle Varianten auszugehen. Es ist möglichst von Schätzkosten auf der Basis aktueller Ausschreibungsergebnisse in der jeweiligen Region auszugehen. Dabei sind Vorgaben der Länder zu berücksichtigen. Die Fachabteilung FA 19c des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung verwendet Standard-Kostensätze für Herstellungs- und jährliche Betriebskosten. Dabei dienen Faktoren für „Region“, „Schwierigkeit“ und „Eigenleistung“ jeweils für die Objekte „Kanal“, „Pumpwerk“, „Druckleitung“ und „Abwasserreinigungsanlage“ der Korrektur allfälliger Abweichungen von den Standardwerten.

Bei den Kosten ist immer eine Schwankungsbreite gegeben. Um diese Schwankungen zu berücksichtigen, werden für jede Kostenart die angenommenen durchschnittlichen Kosten (Erwartungswert) mit einer Bandbreite versehen. Daher finden sich in der Kostenvergleichsrechnung neben durchschnittlichen Kosten immer auch minimale und maximale Kosten.

Kostenansätze unter Berücksichtigung von Eigenleistungen sind unter Einhaltung der Voraussetzung einheitlicher Annahmen für alle Varianten möglich.

Kennzeichnend für die Kostenfunktionen ist deren degressiver Verlauf: Je öfter ein Element gebaut wird, d.h. je größer die Mengeneinheit [ME] ist, desto günstiger werden die Herstellkosten pro Einheit [€/ME] und in der Regel auch die Betriebskosten pro Einheit [€/ME].

- Finanzmathematische Aufbereitung der Kosten;
- Kostengegenüberstellung;
- Sensitivitätsanalysen (= Empfindlichkeitsprüfung) und die abschließende
- Gesamtbeurteilung und Interpretation der Ergebnisse.

Genauigkeit für die Ermittlung der Kostenfunktionen

Die Gesamtkosten eines Kanalisationsprojektes setzen sich nach BOHN (1993) aus einer Vielzahl voneinander (mehr oder weniger) unabhängiger Kostenelemente (i.a. Leistungspositionen) zusammen, die sich jeweils durch Multiplikation der Element-Einheitspreise in [€/ME] (z.B. [€/lfm], [€/m²], [€/m³], [€/h]) und der Elementmengen in [ME] (z.B. [lfm], [m²], [m³], [h]) ergeben.

Die Aussagesicherheit der Kostenermittlung wird dadurch erreicht, dass zum einen den Kostenelementen Elementmengen zugeordnet sind und zum anderen der Detaillierungsgrad der Kostenermittlungen eine aus statistischer Sicht hohe Genauigkeit erwarten lässt. Die Gesamtinvestitionskosten setzen sich aus Kosten einzelner Elemente und letztendlich aus einzelnen Teilleistungen zusammen. Betrachtet man die für die Elemente kostenrelevanten Einflüsse, so ist nach Mengenansätzen und nach Kostenansätzen zu unterscheiden:

$$GK \pm f_{GK} = \sum_{i=1}^n (M_i \pm f_{M_i}) \cdot (EP_i \pm f_{EP_i}) \quad \text{Gleichung 4.3)}$$

Mit: GK.....[€].....Gesamtkosten der Investition
 M_i..... [ME].....Mengenansatz des Elementes bzw. der Teilleistung
 EP_i.... [€/ME] ...Einheitspreis des Elementes bzw. der Teilleistung
 f_{GK}..... [%]mittlerer Fehler der Gesamtkosten
 f_{M_i}..... [%]mittlerer Fehler der Mengenansätze
 f_{EP_i} [%]mittlerer Fehler der Einheitspreise: mit f_{EP_i} » f_{M_i}
 n [-]Anzahl der Elemente

Die Gesamtkosten der Investition oder von Teilen der Investition unterliegen bis zur Abrechnung des Projektes gewissen Unsicherheiten, die zu Abweichungen zwischen den Gesamtkosten aus den jeweiligen Kostenermittlungen und den tatsächlich anfallenden Kosten führen. Diese Unsicherheiten resultieren vor allem aus den einzelnen Kostenansätzen für die Elementkosten.

Die möglichen Fehler bei den Mengenansätzen spielen beim Bau kommunaler Abwasserableitungsanlagen durch die erforderlichen, den Kostenermittlungen vorausgehenden technischen Berechnungen und Bemessungen im Verhältnis zu den Unsicherheiten bei den Kostenansätzen eine vernachlässigbar kleine Rolle.

Die Streubreite der voraussichtlichen Gesamtkosten wird daher vor allem durch die den Kostenermittlungen zugrundeliegenden Kostenansätze bestimmt.

Eine verlässliche allgemein gültige Angabe über die Bandbreite der Investitionskosten bei Kanalisationen ist praktisch nicht möglich, da die örtlichen Verhältnisse und Voraussetzungen sowie die notwendigen Baumaßnahmen derart unterschiedlich sind, sodass sie nicht allgemein vergleichbar sind.

Entscheidend für die Kostenvergleichsrechnung ist der Barwert der Investitions- und Reinvestitionskosten und der Barwert der jährlichen Betriebskosten.

Der Bezugszeitpunkt ($t = 0$), auf den sämtliche Kosten auf- bzw. abgezinst werden, ist frei wählbar, wenn keine Unterscheidung zwischen Sollzinsen - für bereits vor dem Bezugszeitpunkt getätigte Zahlungen, und Habenzinsen - für künftige nach dem Bezugszeitpunkt anfallende Zahlungen, getroffen wird. Jedoch wird der Bezugszeitpunkt meist mit dem Beginn der Investitionsphase oder mit der Fertigstellung des Bauwerkes angesetzt.

Der Barwert der am Ende des Jahres anfallenden Kostengröße (z.B. Investitionskosten IK, Reinvestitionskosten RK, Betriebskosten bzw. Laufende Kosten LK) ergibt sich durch Multiplikation dieser nominalen Kostengröße (IK, RK, LK) mit dem entsprechenden Diskontierungsfaktor DFAK bei einem Zahlungszeitpunkt nach dem Bezugszeitpunkt bzw. Akkumulationsfaktor AFAK bei einem Zahlungszeitpunkt vor dem Bezugszeitpunkt.

In der Abbildung 4.6 werden die Grundbegriffe der dynamischen Kostenvergleichsrechnung schematisch dargestellt.

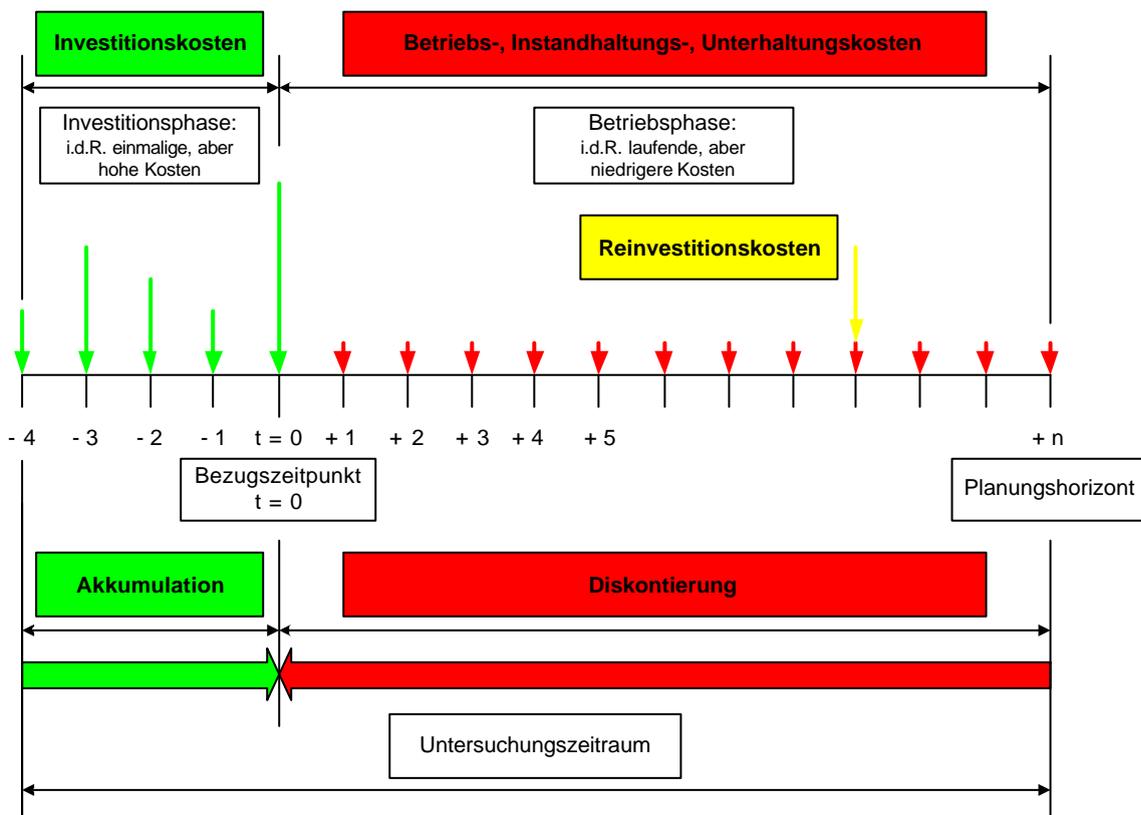


Abbildung 4.6: Veranschaulichung von Grundbegriffen für die dynamische Kostenvergleichsrechnung.

4.3.1.1.2 Diskontierungsfaktor

- a) Diskontierungsfaktor DFAKE für eine einmalige, nach dem Bezugszeitpunkt anfallende Zahlung: z.B. für einmalige Investitionskosten (IK) oder einmalige Reinvestitionskosten (RK)

$$B = Z \cdot q^{-n} = Z \cdot DFAKE \quad \text{Gleichung 4.4)}$$

$$DFAKE = q^{-n}$$

- Mit: B.....[€]Kapitalwert einer einmaligen nach dem Bezugszeitpunkt anfallenden (= zukünftigen) Zahlung Z
 Z.....[€]zukünftige einmalige Zahlung
 q.....[-].....Zinsfaktor: $q = 1 + i$
 i.....[%]Zinssatz
 n.....[a]Jahre
 DFAKE ..[-].....Diskontierungsfaktor für eine einmalige, nach dem Bezugszeitpunkt anfallende Zahlung Z:
 DFAKE < 1,00.

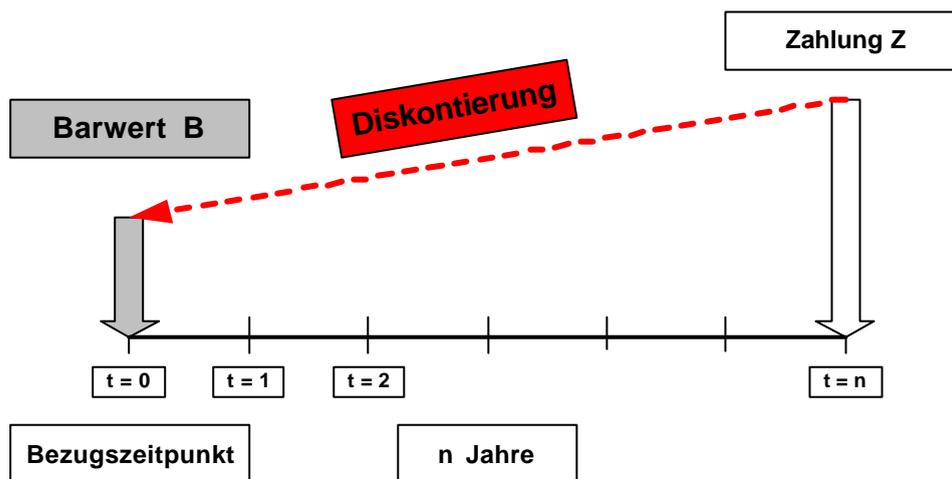


Abbildung 4.7: Diskontierungsfaktor DFAKE für eine einmalige zukünftige Zahlung Z: Die Abzinsung der Zahlung Z zum zukünftigen Zeitpunkt $t = n$ auf den Bezugszeitpunkt $t = 0$ ergibt den Kapitalwert B.

- b) Diskontierungsfaktor DFAKR für eine nach dem Bezugszeitpunkt anfallende gleichförmige jährliche Kostenreihe z.B. für die laufend anfallenden Betriebskosten (LK)

$$B = Z \cdot \frac{q^n - 1}{i \cdot q^n} = Z \cdot DFAKR \quad \text{Gleichung 4.5)}$$

$$DFAKR = \frac{q^n - 1}{i \cdot q^n}$$

Mit: B.....[€]Kapitalwert einer nach dem Bezugszeitpunkt anfallenden
(= zukünftigen) gleichförmigen Zahlungsreihe Z

Z.....[€/a]zukünftige Zahlungsreihe

q.....[-].....Zinsfaktor: $q = 1 + i$

i.....[%]Zinssatz

n.....[a]Jahre

DFAKR..[-].....Diskontierungsfaktor für eine nach dem Bezugszeitpunkt
anfallende (= zukünftige) gleichförmige Zahlungsreihe Z.

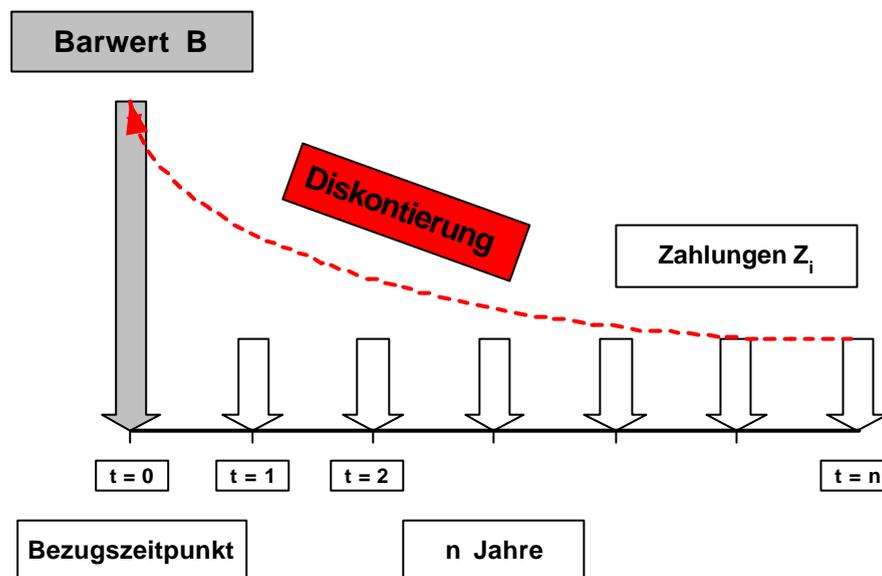


Abbildung 4.8: Diskontierungsfaktor DFAKR für eine zukünftige gleichförmige Zahlungsreihe: Die Abzinsung der Zahlungen Z_i zum Zeitpunkt $t = 1$ bis $t = n$ auf den Bezugszeitpunkt $t = 0$ ergibt den Barwert B der Zahlungsreihe Z_i .

- c) Diskontierungsfaktor DFAKRP für eine nach dem Bezugszeitpunkt anfallende mit p Prozent gleichmäßig ansteigende jährliche Kostenreihe z.B. für die laufend anfallenden Betriebskosten (LK)

Wird die Entwicklung einer Kostenreihe durch eine jährliche konstante Steigerungsrate p charakterisiert, so spricht man von einer progressiv steigenden Reihe. Diese Kostenprogression lässt sich in dem Umrechnungsfaktor zur Barwertberechnung mitberücksichtigen. Der auf den Nullpunkt bezogene Barwert einer jährlich um p Prozent steigenden Kostenreihe ergibt sich durch Multiplikation der Ursprungskostengröße (mit dem Preisstand zu diesem Zeitpunkt) mit dem Diskontierungsfaktor für Reihenprogression DFAKRP.

$$B = Z \cdot \left[(1+p) \cdot \frac{(1+i)^n - (1+p)^n}{(i-p) \cdot (1+i)^n} \right] = Z \cdot DFAKRP \quad \text{Gleichung 4.6)}$$

$$DFAKRP = \left[(1+p) \cdot \frac{(1+i)^n - (1+p)^n}{(i-p) \cdot (1+i)^n} \right]$$

- Mit: B.....[€]Kapitalwert einer nach dem Bezugszeitpunkt anfallenden (= zukünftigen) mit p Prozent gleichmäßig steigenden Zahlungsreihe Z
- Z.....[€/a]zukünftige Zahlungsreihe
- q.....[-].....Zinsfaktor: $q = 1 + i$
- i.....[%]Zinssatz
- p.....[%]jährliche konstante Steigerungsrate p: Reale Preissteigerungsrate für Betriebskosten wasserwirtschaftlicher Anlagen liegen im Bereich von 0–2 % p.a.
- n.....[a]Jahre
- DFAKRP[-].....Diskontierungsfaktor für eine nach dem Bezugszeitpunkt anfallende (= zukünftige) mit p Prozent gleichmäßig ansteigende Zahlungsreihe Z.

Analog zur Diskontierung der nach dem Bezugszeitpunkt ($t_i > t = 0$) anfallenden Zahlungen sind Zahlungen, die vor dem Bezugszeitpunkt ($t_i < t = 0$) anfallen, aufzuzinsen bzw. akkumulieren (Akkumulation). Für eine Zahlung zum Bezugszeitpunkt ($n = 0, t = 0$) ergibt sich ein Akkumulationsfaktor von Eins. Eine im Bezugszeitpunkt anfallende nominale Kostengröße entspricht somit unmittelbar ihrem Barwert.

- d) Akkumulationsfaktor AFAKE für eine einmalige vor dem Bezugszeitpunkt anfallende Zahlung

$$B = Z \cdot q^n = Z \cdot AFAKE \quad \text{Gleichung 4.7)}$$

$$AFAKE = q^n$$

- Mit: B.....[€]Kapitalwert einer n Jahre vor dem Bezugszeitpunkt stattgefundenen vergangenen Zahlung Z
- Z.....[€]Zahlung
- q.....[-].....Zinsfaktor: $q = 1 + i$
- i.....[%]Zinssatz
- n.....[a]Jahre
- AFAKE ..[-].....Akkumulationsfaktor für eine einmalige vor dem Bezugszeitpunkt stattgefundenen vergangene Zahlung Z.
- AFAKE > 1,00

- e) Akkumulationsfaktor AFAKR für eine vor dem Bezugszeitpunkt anfallende gleichförmige jährliche Kostenreihe

$$B = Z \cdot \frac{q^n - 1}{i} = Z \cdot AFAKR \quad \text{Gleichung 4.8)}$$

$$AFAKR = \frac{q^n - 1}{i}$$

- Mit: B.....[€]Kapitalwert einer vor dem Bezugszeitpunkt anfallenden gleichförmigen Zahlungsreihe Z
 Z.....[€/a]gleichförmige Zahlungsreihe
 q.....[-].....Zinsfaktor: $q = 1 + i$
 i.....[%]Zinssatz
 n.....[a]Jahre
 AFAKR..[-].....Akkumulationsfaktor für eine vor dem Bezugszeitpunkt anfallende, gleichförmige Zahlungsreihe Z.

4.3.1.1.3 Zinssatz

Der Zinssatz drückt den Wert des Faktors Zeit aus und dient dem Vergleich von Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen. Mit Hilfe des Zinssatzes werden Zahlungen bzw. Beträge in gleichwertige Beträge zu anderen Zeitpunkten umgerechnet.

Ein heute zu leistender Betrag B ist einem nach n Jahren bei einem Zinssatz von i % zu leistendem Betrag der Höhe Z gleichwertig, wenn gilt:

$$Z = \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n \cdot B = q^n \cdot B \quad \text{Gleichung 4.9)}$$

$$B = q^{-n} \cdot Z \quad \text{Gleichung 4.10)}$$

- Mit: B.....[€]Kapitalwert (= Barwert) einer zukünftigen in n Jahren stattfindenden Zahlung Z
 Z.....[€]Zahlung
 q.....[-].....Zinsfaktor: $q = 1 + i$
 i.....[%]Zinssatz
 n.....[a]Jahre

Die Inflation bezeichnet den Anstieg des allgemeinen Preisniveaus bei gleichem Wert der Güter. Der Wert eines bestimmten Betrages nimmt über die Zeit mit der Inflationsrate ab, d.h. es findet eine Geldentwertung statt. Der Wert eines

bestimmten Betrages B vermindert sich jährlich um den Inflationsfaktor $r_{\text{Inflation}}$. Für n Jahre gilt bei einem Inflationsfaktor r :

$$Z = r^{-n} \cdot B \quad \text{Gleichung 4.11)}$$

Mit: B[€]Kapitalwert einer Zahlung Z
 Z[€]Zahlung
 r [-].....Inflationsfaktor
 n[a].....Jahre

Interessiert man sich für den Wert einer nach einem bestimmten Zeitraum zu leistenden Zahlung, so sind die beiden Faktoren Zins (Zinsfaktor $q = i/100$) und Inflation (Inflationsfaktor r) miteinander zu verknüpfen.

Ein Betrag B steigt über einen Zeitraum von n Jahren durch die Zahlungen von Zinsen, gleichzeitig verliert er jedoch durch die Inflation. Damit ergibt sich:

$$Z = \frac{q^n}{r^n} \cdot B \quad \text{Gleichung 4.12)}$$

Der Barwert B einer zukünftigen Zahlung Z nach n Jahren ergibt sich wie folgt:

$$B = \left(\frac{q}{r} \right)^{-n} \cdot Z \quad \text{Gleichung 4.13)}$$

Mit: B[€]Kapitalwert einer zukünftigen in n Jahren stattfindenden Zahlung Z
 Z[€]Zahlung
 q [-].....Zinsfaktor $q = 1 + i$
 i [%]Zinssatz
 r [-].....Inflationsfaktor
 n[a].....Jahre

Der Quotient (q/r) gibt den um die Inflation bereinigten Zinsfaktor an. Er stellt den realen Zins (= Realzins) im Gegensatz zum nominalen Zins dar.

Bei Wirtschaftlichkeitsvergleichen ist der tatsächliche Wert der einzelnen Zahlungen von Interesse und nicht der nominale und durch Inflation verfälschte Preis. Der Einfluss der Inflation muss deshalb durch das konsequente Rechnen entweder mit nominalen Werten oder mit realen Größen eliminiert werden.

Im ersten Fall wird mit dem nominalen Zins und dem tatsächlichen Preis der einzelnen Güter unter Berücksichtigung der Inflation gerechnet; im zweiten Fall werden der Realzinssatz und die einzelnen Zahlungen ohne Einfluss der Inflation, also unter Annahme von konstanten Preisen, angesetzt. Beide Rechnungsarten

ergeben das gleiche Ergebnis. In der Praxis wird jedoch die Rechnung mit realen Größen bevorzugt, weil für zukünftige Zahlungen nicht erst deren nominaler Wert infolge der Inflation ermittelt werden muss. Es können vielmehr für den gesamten Untersuchungszeitraum konstante Preise angesetzt werden.

Die Berechnung mit realem Zins und realen Kosten bzw. Preisen erfordert jedoch eine einheitliche Inflationsrate $i_{\text{Inflation}}$. Diese Voraussetzung ist nicht mehr erfüllt, wenn sich verschiedene Kostengruppen wie z.B. Betriebskosten oder Investitions- oder Reinvestitionskosten mit unterschiedlichen Preissteigerungsraten entwickeln.

Für diesen in der Abwasserentsorgung häufig auftretenden Fall unterschiedlicher Preissteigerungen ist die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung mit nominalen Größen oder individuellen Realzinssätzen für die jeweiligen Kostengruppen durchzuführen. Dafür müssen dann die unterschiedlichen Inflationsraten für den gesamten Betrachtungszeitraum realistisch prognostiziert werden.

Für die Berechnung des in der Kapitalwertmethode verwendeten realen Kapitalmarktzinssatzes i_{real} werden ein nominaler Kalkulationszinssatz i_{nom} in der Höhe der Sekundärmarktrendite und die Inflationsrate i_{Infl} in der Höhe des Baupreisindex herangezogen.

$$i_{\text{real}} = \left(\frac{1 + i_{\text{nom}}}{1 + i_{\text{Infl}}} \right) - 1 \quad \text{Gleichung 4.14)}$$

Mit: i_{real} [%]realer Kalkulationszinssatz
 i_{nom} [%]nominaler Kapitalmarktzinssatz
 i_{Infl} [%]Inflationsrate = Baupreisindex

Bei einem derzeitigen nominalen Kapitalmarktzinssatz von $i_{\text{nom}} = 4,5 \%$ und einer Inflationsrate von $i_{\text{Infl}} = 1,5 \%$ errechnet sich daraus ein realer Kalkulationszinssatz von $i_{\text{real}} = 3,0 \%$.

Baupreisindex

Der Baupreisindex ist eine Messzahl, die die Entwicklung der Baupreise angibt und der Ermittlung vergleichbarer Preiswerte dient. Ein Index ist eine statistische Messziffer, die sich ergibt, wenn der Wert für einen bestimmten Zeitpunkt (z.B. 1990) gleich 100 gesetzt wird und die zu vergleichenden Werte dazu in Verhältnis gesetzt werden.

Aktualisierung von Kostendaten

Grundlage für die Kostenansätze für die Kostenvergleichsrechnung sind bereits fertig abgewickelte, abgerechnete vergleichbare Kanalbaumaßnahmen. Damit infolge der zeitlichen Baupreisentwicklung diese Daten auf den Preisstand des der Kalkulation zugrundeliegenden Basisjahres umgerechnet werden können, wird folgende Gleichung für die Preisumrechnung älterer Kostenangaben verwendet:

$$\text{Kosten}_{2003} = \text{Kosten}_{1995} \cdot \frac{\text{Baupreis} - \text{Index}_{2003}}{\text{Baupreis} - \text{Index}_{1995}} \quad \text{Gleichung 4.15)}$$

Der für die Kostenvergleichsrechnung herangezogene Zinssatz bezieht sich nach BONSTINGL (2002) ausdrücklich auf die Beurteilung der langfristigen Wirtschaftlichkeit wasserwirtschaftlicher Infrastrukturmaßnahmen. Da der Zinssatz eine zukunftsbezogene Größe ist, können statistische Zahlenangaben zwar hilfreich, aber niemals ausreichend sein.

Über die Höhe des bei der Beurteilung technischer Infrastrukturmaßnahmen anzusetzenden Zinssatzes wurden im Rahmen der Vorschreibung des Bundesverkehrswegeplanes zum 01.01.1986 umfangreiche wirtschaftswissenschaftliche Untersuchungen angestellt. Aufgrund der daraus gewonnenen Erkenntnisse erfolgte in Abstimmung zwischen Bund und Ländern die Festlegung eines Standardwertes für den Zinssatz von real drei Prozent p.a. Der dort verwendete Zinssatz ist uneingeschränkt auf wasserwirtschaftliche Projekte übertragbar. Diese Leitlinien empfehlen daher, den Kostenvergleichsrechnungen einen langfristigen Zinssatz von real drei Prozent p.a. zugrunde zu legen.

Die Wahl der Zinssätze hat entscheidenden Einfluss auf den Barwert der Lebenszykluskosten eines Investitionsobjektes. Daher ist eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen, damit der Einfluss von Abweichungen der angenommenen Eingangparameter auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung festgestellt werden kann.

- Durch einen niedrigen Zinssatz i_{real} haben die zukünftigen Folgekosten (laufende Betriebskosten) mehr Einfluss auf die Lebenszykluskosten, da sich ein hoher Diskontierungsfaktor DFAKR für zukünftige gleichförmige Kostenreihen ergibt. Der Kapitalwert der zukünftigen Folgekosten errechnet sich aus der Multiplikation der nominalen Kostenreihe mit diesem hohen DFAKR. Daher resultiert die große Bedeutung der zukünftigen Folgekosten (Betriebskosten bzw. Laufende Kosten LK) bei einem niedrigen Zinssatz i_{real} .
- Bei einem hohen Zinssatz i_{real} ist der Einfluss zukünftiger Zahlungen geringer, da sich ein niedriger DFAKR ergibt.

Die Unterschiede durch die Variation des Zinssatzes i_{real} sind in der folgenden Tabelle 4.1 für Nutzungsdauern $n = 30$ Jahre und $n = 50$ Jahre dargestellt.

Diskontierungsfaktor für gleichförmige Kostenreihen: DFAKR($i;n$)		Nutzungsdauer n in Jahren [a]	
		30	50
realer Zinssatz: i_{real} in [%]	2,00	22,40	31,42
	2,50	20,93	28,36
	3,00	19,60	25,73
	3,50	18,39	23,46
	4,00	17,29	21,48
Diskontierungsfaktorunterschied ? DFAKR: ? DFAKR ($n = 30$ a) bzw. ($n = 50$ a) in Prozent zwischen $\max i_{\text{real}} = 4,00$ % und $\min i_{\text{real}} = 2,00$ % Basis: DFAKR ($i = 4,00$ %) = 100 %		30	46

Tabelle 4.1: Einfluss der Variation des Zinssatzes i_{real} auf die Bedeutung der zukünftigen Folgekosten (Laufende Kosten LK).

- Niedrige Zinssätze i_{real} begünstigen investitionskostenintensive Alternativen, da sich ein hoher Diskontierungsfaktor DFAKR ergibt. Da bei hohen Investitionskosten die Betriebskosten entsprechend geringer sind, werden für das Ziel eines minimalen Gesamtkostenbarwertes Projektalternativen mit höheren Investitionskosten aber dafür geringeren laufenden Kosten bevorzugt.
- Hingegen begünstigen höhere Zinssätze (es errechnet sich dabei ein niedriger DFAKR) solche Projekte, bei denen höhere laufende Kosten zu erwarten sind wie z.B. beim Sparkanal. Die Summe aus geringen Investitionskosten und dem Produkt „Hohe Laufende Kosten“ mal niedriger DFAKR erreicht dann einen minimalen Gesamtkostenbarwert.

Der Einfluss des Zinssatzes ist mittels Durchrechnen mit unterschiedlich hohen realen Kalkulationszinssätzen i_{real} von

- $i_{\text{real, min}} = 2,00$ % bis
- $i_{\text{real, max}} = 5,00$ %

darzustellen.

Für die Vergleichsrechnung sollen nach SCHOENENBERG (1988) grundsätzlich inflationsbereinigte Preissteigerungsraten bzw. der Realzinssatz verwendet werden. Diese Grundsätze werden in den LEITLINIEN ZUR DURCHFÜHRUNG VON KOSTENVERGLEICHSCHEUNGEN DER LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER LAWA (1998) berücksichtigt. Die LAWA empfiehlt ebenso wie SCHULZE (1994) als Realzinssatz i_{real} den Standardwert von 3,00 % p.a..

In der folgenden Abbildung wird sowohl der Einfluss des Zinssatzes i_{real} als auch der Einfluss des Zahlungszeitpunktes t auf den Betrag des Barwertes einer einmaligen Zahlung Z , die in n Jahren nach dem Bezugszeitpunkt erfolgt, dargestellt. Der Barwert B der einmaligen Zahlung Z errechnet sich dabei anhand der vorab angeführten Formel für einmalige zukünftige Zahlungen wie folgt:

$$B = Z \cdot \text{DFAKE}(i;n) = Z \cdot q^{-n} = Z \cdot (1 + i_{\text{real}})^{-n}$$

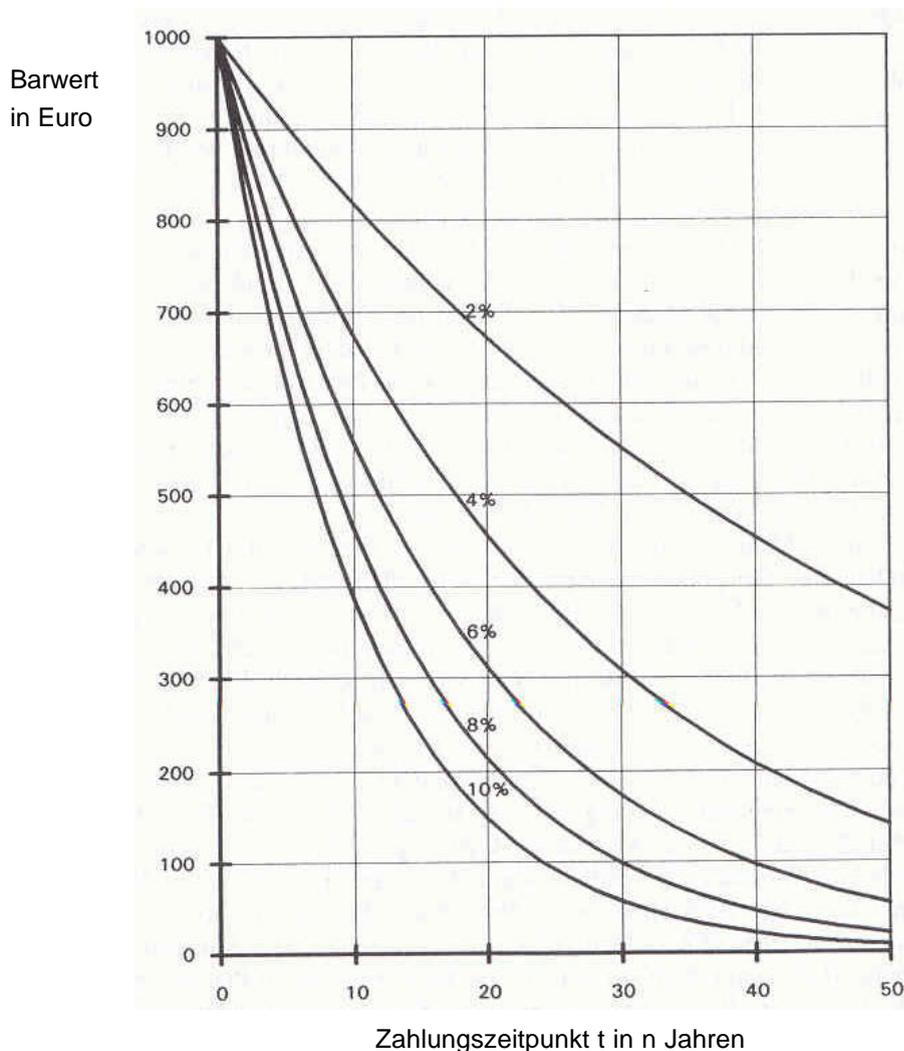


Abbildung 4.9: Barwert B einer zukünftigen Zahlung Z von 1.000.-- Euro in Abhängigkeit vom Zahlungszeitpunkt t in n Jahren [a] und dem Zinssatz i_{real} in [%] nach ORTH und KNOLLMANN (1995).

4.3.1.1.4 Nutzungsdauer

Von ebenfalls genauer zu untersuchender Wichtigkeit ist die Kenntnis der Lebensdauer bzw. die Nutzungsdauer der Investitionsobjekte, weil diese ebenfalls direkt in die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung eingeht. Denn es sind nicht nur die Anschaffungskosten allein von wirtschaftlicher Bedeutung, sondern immer mehr auch die Folgekosten und die daraus resultierenden Lebenszykluskosten.

Für einzelne Bauteile existieren statistische Erhebungen über deren Nutzungsdauer, jedoch treten viele Einflussfaktoren auf, die diese beeinträchtigen.

Einflussfaktoren für die Nutzungsdauer sind vor allem:

- Rohrmaterial sowie die Dichtelemente,
- Baujahr,
- Bauweise,
- Qualität der Bauausführung und
- Wartung bzw. Instandhaltung.

Der Begriff der Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer einer abwassertechnischen Anlage wie z.B. eines Kanals ist nach PECHER (2002) eine statistische Zufallsgröße, die einen Erwartungswert und eine Wahrscheinlichkeitsdichte besitzt.

Die statistische Auswertung von Schadensdaten aus der TV-Inspektion ergibt jeweils Zustandsklassen für den Kanalabschnitt und erlaubt die Ableitung von „Überlebensfunktionen“ für den Übergang von vorher definierten Zustandsklassen. Besteht nun ein Zusammenhang zwischen einer Zustandsklasse und dem zuvor definierten Zustand für den Versagensfall, kann daraus die Wahrscheinlichkeitsfunktion für die Nutzungsdauer eines Kanals abgeleitet werden.

Dieses Alterungsmodell, basierend auf Zustandsverschlechterungen der Kanäle, ist als Kohortenüberlebensmodell in der Literatur bekannt und existiert für Kanalnetze nach PECHER (2002).

Jedem Alter ist für einen bestimmten Zustand eine gewisse Wahrscheinlichkeit zugeordnet. Bei einer mittleren Nutzungsdauer von z.B. 60 Jahren bedeutet dies, dass 50 % aller Kanäle bereits vor dem Erreichen des Alters von 60 Jahren versagen und somit saniert oder erneuert werden müssen, während die restlichen 50 % der Kanäle auch nach der prognostizierten Nutzungsdauer noch funktionsfähig sind.

Der übliche Ansatz einer Reinvestition erst nach Ablauf der angenommenen mittleren Nutzungsdauer entspricht daher nicht dem tatsächlichen Kostenanfall. Vielmehr ist in jedem Betriebsjahr mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit einem Reinvestitionsbedarf in Abhängigkeit vom Alterungsverhalten der abwassertechnischen Anlagen zu rechnen. Aufgrund der statistischen Wahrscheinlichkeit eines Versagens bereits vor Erreichen der mittleren Nutzungsdauer ergibt sich nach PECHER (2002) bei entsprechender Einbeziehung dieses Risikos, dass qualitativ hochwertigere Bauausführungen, die in der Regel mit höheren Investitionskosten erzielbar sind, Vorteile in der exakten Lebenszyklusgesamtkostenanalyse erlangen.

Die Nutzungsdauer ist keine im Voraus exakt festgelegte Zeitspanne, sondern kann durch das Abwasserentsorgungsunternehmen bestimmt werden. Dies geschieht sowohl in der Bauphase als auch in der Betriebsphase durch entsprechend intensive Instandhaltungstätigkeiten, wodurch die Nutzungsdauer verlängert werden kann. Die betriebswirtschaftliche Nutzungsdauer ist daher keine allein technische, konstruktions- oder herstellungsbedingte Größe, sondern wird auch vom betriebswirtschaftlichen Aufwand für die Instandhaltung bestimmt.

In der Technik wird zufolge WAGNER (2000) die Zeitabhängigkeit von Ausfällen mit der Ausfallrate beschrieben. Die Ausfallrate beschreibt die Anzahl der Ausfälle bezogen auf die in Betrieb befindlichen Elemente pro Zeiteinheit. Als typische Funktion zur Beschreibung des Ausfallsverhaltens von technischen Elementen, wie sie Kanalisationsanlagen darstellen, ist die sogenannte „Badewannenkurve“ bekannt. Diese Kurve stellt im Anfangsbereich das Ausfallsverhalten in Folge von Produktionsschwächen bzw. -fehlern wie z.B. Verlegefehler oder mangelhafte Verdichtung und im Endbereich das Ausfallsverhalten durch altersbedingte Ausfälle bedingt durch Verschleiß und Abnutzung dar.

In der folgenden Abbildung 4.10 ist der zeitliche Verlauf der Ausfallrate in Form der „Badewannenkurve“ nach WAGNER (2000) dargestellt.

In Phase 1 kommt es zu Ausfällen bedingt durch Fehler bei der Herstellung der Kanäle. Der steile Verlauf der Ausfallsfunktion zeigt die Bedeutung der Qualität im Rohrleitungsbau sowie die Bedeutung der Abnahmeprüfung des Kanalisationsbauwerks. Die Steilheit der Kurve in Phase 2 sowie deren zeitliche Dauer sind abhängig vom Instandhaltungsaufwand für die Kanalisation und sind daher durch betriebliche Maßnahmen steuerbar. Die in Phase 3 erhöhte Ausfallrate ergibt sich aus der beschränkten Nutzungsdauer der Kanalisationsbauteile.

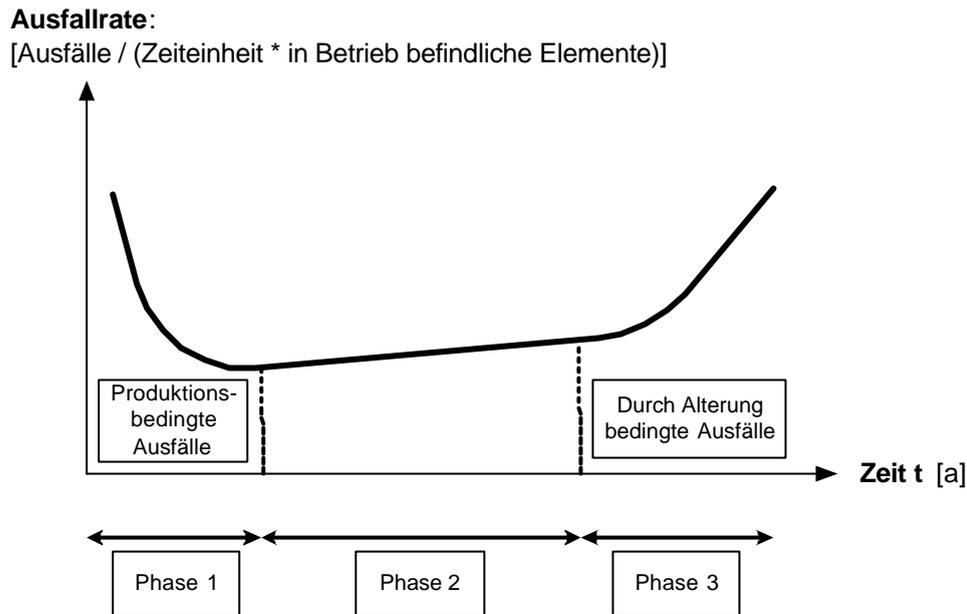


Abbildung 4.10: Ausfallrate von Abwasserkanälen, dargestellt durch die „Badewannenkurve“ nach WAGNER (2000).

Der Zweck, wofür die Nutzungsdauer herangezogen wird, spielt eine große Rolle.

a) Nutzungsdauer bei der steuerlichen Berechnung

Diese Betrachtungsweise ist gekennzeichnet durch das Interesse von Unternehmen, Anschaffungskosten von Anlagen und Gütern möglichst dann steuerlich geltend zu machen (d.h. abzuschreiben), wenn im gleichen Geschäftsjahr mit hohen Gewinnen zu rechnen ist, um die Steuerlast insgesamt zu reduzieren. Aus Sicht der Unternehmer sind daher möglichst hohe Abschreibungssätze, d.h. niedrige Nutzungsdauern, besonders vorteilhaft. Demgegenüber steht das Interesse des Staates, möglichst hohe Steuereinnahmen zu erzielen, sodass die Sätze für die Berechnung der steuerlichen Abschreibungen in Tabellen vorge-schrieben sind.

b) Nutzungsdauer bei der Vermögensbewertung

Zweck einer Vermögensbewertung kann z.B. die Bestimmung des aktuellen Verkehrswertes einer Anlage sein. Basis dafür ist die vermeintliche technische Restnutzungsdauer des konkreten Anlagenteiles und wird abgeleitet aus der statistischen Auswertung einer Vielzahl vergleichbarer Wirtschaftsgüter bei zweckentsprechender und ordnungsgemäßer Nutzung.

c) Nutzungsdauer als Grundlage für die Gebührenkalkulation

Zweck der entsprechenden Wahl der Nutzungsdauer bei der Gebührenkalkulation ist eine gewünschte Vergleichmäßigung der vom Anschlussnehmer zu entrichtenden Abwassergebühren. Durch die Abschreibung der neu in Betrieb genommenen Einrichtungen der Abwasserentsorgung über einen längeren Zeitraum wird vermieden, dass in Jahren mit hohen Investitionskosten (z.B. durch die Erweiterung der Kläranlage oder den Bau eines neuen Sammlers) sprunghafte Gebührenanstiege bzw. im Folgejahr entsprechende Gebührenabschläge entstehen. Daher sind für die Gebührenkalkulation diejenigen niedrigeren Nutzungsdauern heranzuziehen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auch erreicht werden, nicht aber die mittleren Nutzungsdauern.

d) Nutzungsdauer für Kostenvergleichsrechnungen

Grundlage für die Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen ist die betriebsgewöhnliche wirtschaftliche Nutzungsdauer einer Maßnahme. Diese Nutzungsdauer ist dadurch gekennzeichnet, dass nach Erreichen der wirtschaftlichen Nutzungsdauer die dann anfallenden Kosten den noch erzielbaren Nutzen übersteigen, obwohl rein technisch eine längere Nutzungsdauer möglich wäre.

Als Grundlage für die Kostenvergleichsrechnung werden die Anhaltswerte für Nutzungsdauern gemäß der Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, 1998) herangezogen.

Die folgenden Tabellen 4.2 und 4.3 enthalten eine nach den baulichen Anlagen und Maßnahmen differenzierte, an der Lebensdauer der Hauptanlagen orientierte Zusammenstellung der im Regelfall ansetzbaren Standard-Nutzungsdauern ohne die projektindividuell festzulegende Investitionsphase.

Bei Abwasseranlagen wird üblicherweise die Berechnung für 30 Jahre und für 50 Jahre vorgenommen. Der Untersuchungszeitraum für die Standardvariante gemäß Fachabteilung FA 19a des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung hat 50 Jahre zu umfassen. Der maßgebliche Zeitpunkt für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wird von der Fachabteilung FA 19a mit 30 Jahren festgelegt.

Anlagenteil		durchschnittliche Nutzungsdauer in Jahren	
Kanäle	Material		
	Steinzeug	80 - 100	
	Beton und Stahlbeton	50 - 70	
	Kunststoffe	PVC-hart	40 - 60
		Glasfaserverstärkte K.	40 - 60
		PE	40 - 60
	Faserzement	50 - 70	
	Stahl	50 - 70	
Duktiles Gusseisen	50 - 70		
Kanalisationsschächte		50	
Druckrohrleitung		28 - 50	
Pumpwerke	Baulicher Teil	25 - 40	
	Maschinenbaulicher Teil	8 - 12	
	Schneckenpumpen	14 - 20	
	Sonstige Pumpen	8 - 12	
	Elektrischer Teil	8 - 12	
Kläranlage	Baulicher Teil	25 - 40	
	Maschinenbaulicher Teil	10 - 40	
	Elektrischer Teil	10 - 40	
Gebäude, befestigte Flächen		38 - 80	

Tabelle 4.2: Durchschnittliche Nutzungsdauer in Jahren [a] von abwassertechnischen Anlagen gemäß den „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, 1998) und nach Rücksprache mit Rohrherstellern.

Anlagenteil		Nutzungsdauer in Jahren	Kostenaufteilung in Prozent
Kanal		50	100
Pumpschacht	Baulicher Teil des Pumpwerkes	30	60
	Maschinell-elektrischer Teil	10	40
Pumpleitung		50	100

Tabelle 4.3: Nutzungsdauer für Kanalisationsanlagen sowie deren Kostenaufteilung gemäß der Standardvariante für Variantenuntersuchungen in der Siedlungswasserwirtschaft der Fachabteilung FA 19a.

4.4 Investitionskosten

Gemäß der Richtlinie der LAWA (1998) sowie nach dem Merkblatt zur Variantenuntersuchung Version 4.0 der FACHABTEILUNG FA 19A (2002) werden Investitionskosten, Reinvestitionskosten und laufende Betriebskosten für Instandhaltung und Unterhaltung unterschieden.

Dabei stellen die Investitionskosten, die auch Anlage- oder Herstellungskosten genannt werden, jene einmalig aufzubringenden Kosten dar, die zur Erstellung und zum Erwerb der Anlagen einmalig aufgewendet werden.

4.4.1 Kostengliederung nach ÖNORM B 1801

Gemäß ÖNORM B 1801-1 „Kosten im Hoch- und Tiefbau“ erfolgt die Kostengliederung in Kostenbereiche, dargestellt in Tabelle 4.4.

Diese ÖNORM B 1801-1 ist anzuwenden für die Ermittlung, Gliederung und Darstellung von Kosten für Baumaßnahmen des Hoch- und Tiefbaues in allen Phasen der Objekterrichtung, von der Grundlagenermittlung bis zur Inbetriebnahme. Für die Anwendung im Tiefbau sind die in dieser ÖNORM angeführten Gliederungsarten dem jeweiligen Objekt angepasst entsprechend zu ergänzen.

Kostenbereich	Zusammenfassung von Kostenbereichen			
0 Grund				Gesamtkosten
1 Aufschließung				
2 Bauwerk-Rohbau	Bauwerkskosten	Baukosten	Errichtungskosten	
3 Bauwerk-Technik				
4 Bauwerk-Ausbau				
5 Einrichtung				
6 Außenanlagen				
7 Honorare				
8 Nebenkosten				
9 Reserven				

Tabelle 4.4: Zusammenfassung von Kostenbereichen für den Hoch- und Tiefbau gemäß der ÖNORM B 1801-1 „Kosten im Hoch- und Tiefbau – Kostengliederung“.

Die ÖNORMEN B 1801-1 „Kosten im Hoch- und Tiefbau – Kostengliederung“ und B 1801-2 „Kosten im Hoch- und Tiefbau – Objektdatei - Objektnutzung“ schlagen eine Kostengliederung gemäß folgender Abbildung vor:

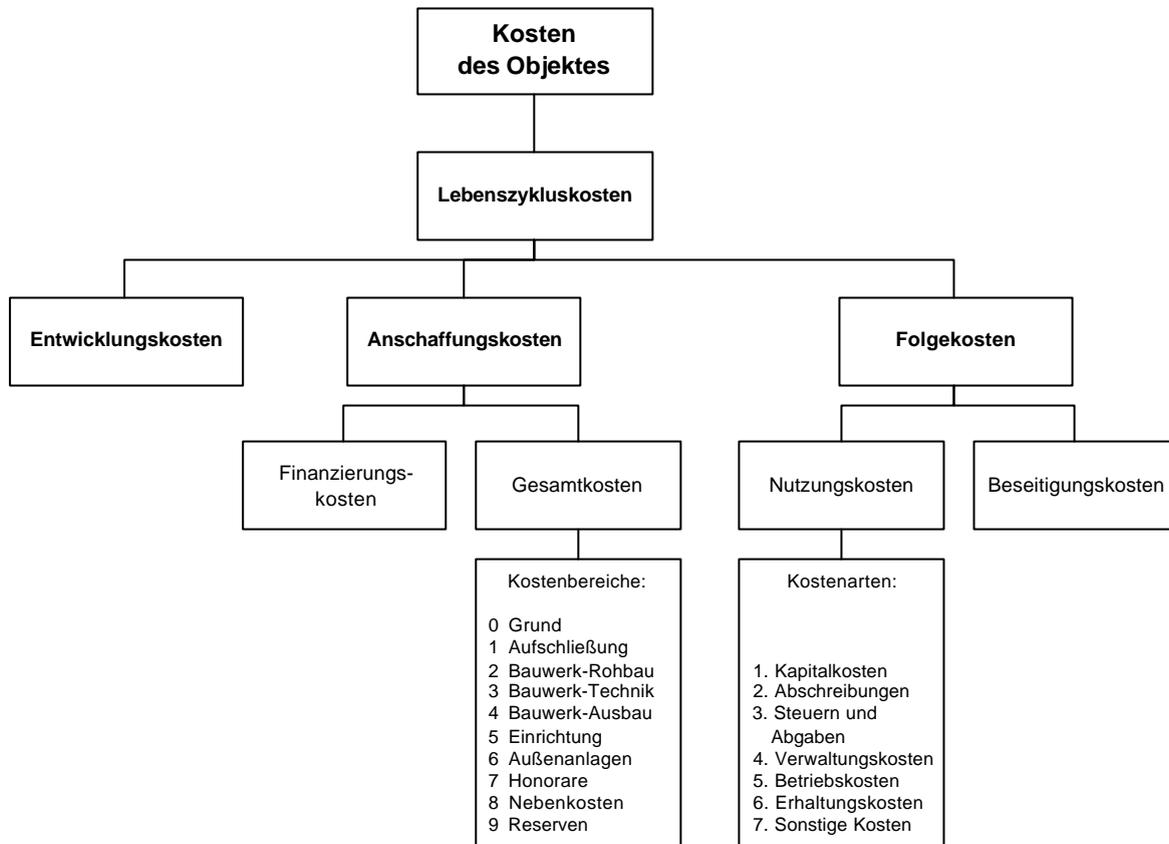


Abbildung 4.11: Kostengliederung gemäß den ÖNORMEN B 1801-1 und B 1801-2 „Kosten im Hoch- und Tiefbau“.

Die Finanzierungskosten werden durch den Zinssatz in der Kapitalwertmethode berücksichtigt.

Mit den Nutzungskosten werden jene Kosten erfasst, die während der Nutzungsdauer des Objektes entstehen.

Die Erhaltungskosten setzen sich aus Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten zusammen. Unter Instandhaltung werden dabei einfache, immer wiederkehrende Maßnahmen, die der Erhaltung der Funktionstauglichkeit dienen, verstanden, wie z.B. Ausbesserungs- und Reparaturarbeiten. Im Gegensatz dazu sind Instandsetzungen größere Sanierungsmaßnahmen, die die Funktionstauglichkeit verlängern, wie z.B. der Austausch von Bauteilen.

Während sich die Anschaffungskosten aus den Einheitspreisen der Bauunternehmer vergleichbarer Projekte ermitteln lassen, stellt die Ermittlung der Folgekosten eine schwierige Aufgabe dar, da Kosten prognostiziert werden müssen und eine Prognose des zukünftigen Erhaltungsbedarfs notwendig ist.

In den Investitionskosten sind folgende Kosten zu berücksichtigen:

- Kosten für Grunderwerb;
- Planungskosten;
- Baukosten;
- Reinvestitionskosten, wenn diese Reinvestitionskosten nicht als eigene Kostengruppe geführt werden.

Die Abwasserableitungskosten bzw. Kanalkosten für den Abwassertransport hängen sehr stark von folgenden örtlichen Gegebenheiten ab:

- Geographische Verhältnisse,
- topographische und hydrologische Verhältnisse,
- Verlegung auf freien Feldflächen oder unter verbautem Gelände,
- Fluss-, Bahn- oder Straßenunterquerungen, sonstige Kreuzungsbauten,
- Abwassermenge,
- Verlegetiefe,
- Verlegungsmethode,
- Siedlungsdichte in [E/ha] bzw. Anschlussdichte an den öffentlichen Kanal in [E/lfm Kanal] bzw. [EGW/lfm Kanal],
- Hausanschlüsse (HA) je Laufmeter Kanal,
- Verhältnis Anteil Anschlusskanal und Anteil Transportkanal,
- Erdaushub inklusive Baugrubensicherung und Verbau,
- Aufbruch und Wiederherstellung der Oberfläche,
- Kanalrohr und Verlegung, insbesondere Rohrmaterial und Rohrbettung,
- Ausführung der Schächte, ob Ortbeton oder Fertigteil, ob wasserdicht oder nicht wasserdicht sowie Anzahl der Kontrollbauwerke (Schächte),
- anstehende Bodenverhältnisse,
- Deponierung von Erdaushub / Straßenaufbruch oder Wiedereinbau möglich,
- Grundwasserhaltung (Drainagen, Absenkbrunnen oder keine Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig),
- kreuzende oder tangierende Leitungen wie z.B. Telefon, Strom, Wasser, Gas,
- Sicherung von Gebäuden und Bauteilen,
- zeitlicher Aspekt (Phase der Degression oder Hochkonjunktur), und
- der Bauwirtschaft zurechenbare Einflussfaktoren (z.B. Spekulationsangebote).

Aufgrund dieser Vielzahl an Einflussparametern differieren Angaben über die Investitionskosten für Abwasserableitungen. Aus den zur Verfügung stehenden Daten konnte daher kein allgemein repräsentativer Durchschnittswert für Investitionskosten für „Den Laufmeter Sparkanal“ bzw. für „Den Laufmeter Konventioneller Kanal“ ermittelt werden.

4.4.2 Kostenermittlung von Bauleistungen nach ÖNORM B 2061

Die Kostenermittlung von Bauleistungen erfolgt anhand der ÖNORM B 2061 „Preisermittlung für Bauleistungen“. Es werden Durchschnittswerte für die verschiedenen Entsorgungssysteme angegeben, die bei abweichenden Voraussetzungen und kostenbeeinflussenden Faktoren wie z.B. schlechten Bodenverhältnissen, Grundwasserandrang, Entschädigungen u.a. nach oben und nach unten abweichen können.

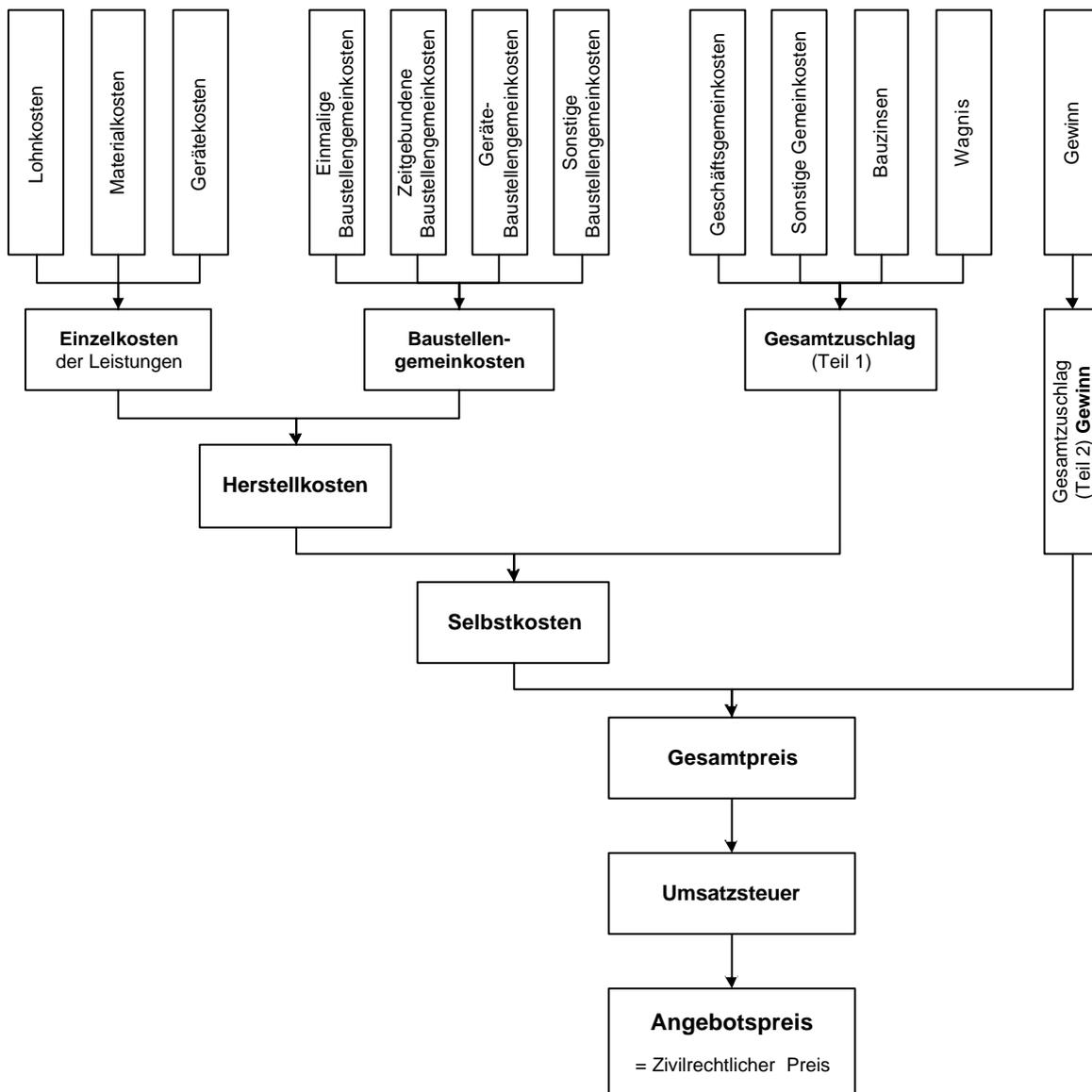


Abbildung 4.12: Aufbau der Kosten- und Preisermittlung nach der ÖNORM B 2061 „Preisermittlung für Bauleistungen“.

Die ÖNORM B 2061 „Preisermittlung für Bauleistungen“ unterscheidet zwei Arten der Preisermittlung:

1. die Kostenkalkulation; und
2. die Preiskalkulation.

Die Ergebnisse sind jeweils die Einheits- und Pauschalpreise, welche keine Umsatzsteueranteile enthalten.

Die Kosten werden durch die Beaufschlagung der Gesamtzuschläge zum Preis. Dabei sind folgende Kosten die Zuschlagsträger für den Gesamtzuschlag:

- Lohnkosten,
- Gehaltskosten,
- Materialkosten,
- Gerätekosten und
- Fremdleistungskosten.

Der Gesamtzuschlag kann je Zuschlagsträger unterschiedlich hoch sein und setzt sich wie folgt zusammen:

- Geschäftsgemeinkosten,
- Sonstige Gemeinkosten,
- Bauzinsen,
- Wagnis und
- Gewinn.

Der Gesamtpreis ergibt sich als die Summe der Produkte aus Einheitspreisen mal ausgeschriebener Menge und Summe der Pauschalpreise (Gesamtpreis = Summe der Positionspreise).

Der Gesamtpreis bildet die Basis für die Umsatzsteuer.

Der Angebotspreis (= zivilrechtlicher Preis) ergibt sich aus der Addition der Umsatzsteuer zum Gesamtpreis.

4.5 Reinvestitionskosten

Die Reinvestitionskosten stellen gemäß dem Merkblatt zur Variantenuntersuchung Version 4.0 der FACHABTEILUNG FA 19A (2002) und auch nach SAURER (1993) jene einmalig aufzubringenden Kosten dar, die zur Erneuerung von Anlagen einmalig aufgewendet werden müssen.

Da sich ein Projekt aus verschiedenen Bauwerken und Bauteilen mit unterschiedlich langer durchschnittlicher Nutzungsdauer zusammensetzt, sind innerhalb des Untersuchungszeitraumes einzelne Anlagenteile zu ersetzen und folglich die daraus resultierenden Reinvestitionskosten in den Kostenvergleich aufzunehmen.

Mit Hilfe dieser Reinvestitionen ist es möglich, den scheinbaren Vorteil „kurzlebiger“ Alternativen zu vermeiden. Der Kalkulationszeitraum ergibt sich als kleinstes gemeinsames Vielfaches der Einzelnutzungsdauer.

Zufolge den Ansätzen für die Kostenbarwertmethode nach der Standardvariante gemäß dem Merkblatt zur Variantenuntersuchung Version 4.0 der FACHABTEILUNG FA 19A (2002) sowie zufolge Besprechungen und Auswertung der zur Verfügung stehenden Unterlagen sind weder für den Bauteil „Kanal“ noch für den Bauteil „Pumpleitung“ Reinvestitionen erforderlich; es kann für diese beiden Bauteile eine Nutzungsdauer von $ND = 50$ Jahre angenommen werden.

Für den Bauteil „Pumpschacht: Baulicher Teil“ ist aufgrund seiner kürzeren Nutzungsdauer von $ND = 25$ Jahre eine einmalige Reinvestition nach diesen 25 Jahren erforderlich gemäß der Standardvariante der Fachabteilung FA 19a.

Für den Bauteil „Pumpschacht: Maschineller Teil“ ist aufgrund seiner kürzeren Nutzungsdauer von $ND = 10$ Jahre eine erste Reinvestition nach 10 Jahren und eine zweite Reinvestition nach 20 Jahren anzusetzen bei einem Untersuchungszeitraum von 30 Jahren gemäß der Standardvariante der Fachabteilung FA 19a.

4.6 Betriebskosten

Die für Betrieb, Wartung, Instandhaltung und Überwachung von Kanalisationsanlagen erforderlichen finanziellen Aufwendungen werden gemäß dem Merkblatt zur Variantenuntersuchung Version 4.0 der FACHABTEILUNG FA 19A DES AMTES DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2002) als „Laufende Kosten“ (LK) bzw. Betriebskosten bezeichnet.

5 VARIANTENVERGLEICH

Der Variantenvergleich erfolgt für die vier Bewertungskriterien

- technische Realisierbarkeit,
- Ökonomie,
- Ökologie und
- sozio-kulturelle Komponente

mittels einer Nutzwertanalyse, damit die nicht-monetären Faktoren der Technik, Ökologie und der sozio-kulturellen Komponente Eingang finden.

Die Ökonomie gliedert sich dabei in eine Kostenvergleichsrechnung nach der Kostenbarwertmethode einerseits nach volkswirtschaftlicher Betrachtung und andererseits nach betriebswirtschaftlicher Betrachtung. Beim Kostenvergleich erfolgt lediglich eine Gegenüberstellung der monetär bewertbaren Faktoren.

Das Prinzip der Nutzwertanalyse besteht in der Aufgliederung des Vergleichs in Teilziele. Da im Normalfall nicht alle Ziele als gleich vorrangig empfunden werden, werden sie mit Zielgewichten, das sind Multiplikatoren zwischen Null und Eins, versehen, mit denen jedes Ziel gewichtet werden kann.

Es wird für jede zu untersuchende Alternative bewertet, in welchem Ausmaß jedes einzelne Teilziel erreicht wird. Alle diese Zielerreichungsgrade werden mit der Zielgewichtung multipliziert, sodass für jedes Projekt ein Nutzwert ermittelt wird. Das Projekt mit dem höchsten Gesamtnutzwert stellt für die geforderten Ziele die optimal erreichbare Variante dar, die dann auszuwählen ist.

Eine Nutzwertanalyse ist wie folgt aufgebaut:

1. Problemformulierung;
2. Erfassung der Ziele: Bei der Festlegung der Zielvorgaben aufgrund gesetzlicher und nicht-gesetzlicher Bestimmungen sind Muss-Ziele und Kann-Ziele zu definieren;
3. Erfassung der Nebenbedingungen;
4. Erfassung der Alternativen – in diesem Fall der „Konventionelle Schmutzwasserkanal“ gemäß ÖNORM B 2503 und der „Sparkanal“ gemäß ÖWAV – Regelblatt 25;
5. Zielerreichungsanalyse: Festlegung eines Gewichtungsfaktors für jedes Ziel, um der unterschiedlichen Bedeutung und Priorität der Ziele gerecht zu werden;
6. Ermittlung der Zielerreichung jeder einzelnen Variante hinsichtlich jedes Teilzieles;

7. Gewichtung dieser Zielerreichungsgrade;
8. Ermittlung des Gesamtnutzwertes jeder Variante durch Summierung der gewichteten Zielerreichungen in Bezug auf jedes der Teilziele;
9. Reihung der Varianten nach den errechneten Nutzwerten.

Das Ausmaß der Zielerreichung wird mit Punkten bzw. mit Zielerreichungsgraden belegt. Im Vorhinein wird eine denkbare maximale Zielerreichung mit der Maximalpunktzahl von 100 bzw. 100 % belegt. Dann wird von jeder Variante festgehalten, zu wie viel Prozent sie dieses Ziel erfüllt.

Die jeweilige Höhe des Zielerreichungsgrades für Unterziele, aber auch für die vier Hauptziele „Technologie“, „Ökonomie“, „Ökologie“ und „sozio-kulturelle Komponente“ werden durch die persönliche Gewichtung der Unterziele durch den Variantenuntersucher beeinflusst.

Entscheidend ist jedoch nicht der exakte, absolute Prozentsatz je Zielerreichungsgrad, sondern das Verhältnis der Zielerreichungsgrade der zu vergleichenden Varianten „ÖNORM - Kanal“ und „Sparkanal“ zueinander.

Die Zielgewichtungen finden durch repräsentative Befragungen von Experten, Entscheidungsträgern und Betroffenen statt. Dabei wird die Summe der Zielgewichte mit der Zahl 1 (= 100 %) angegeben.

5.1 Technische Realisierbarkeit

Das Entscheidungskriterium „Technologie“ wird der Übersichtlichkeit halber zuerst verbal argumentativ beschrieben und anschließend in einer Übersichtstabelle – Tabelle 5.1 - dargestellt.

Die Zielerreichungsgrade der beiden Varianten „ÖNORM – Kanal“ und „Sparkanal“ für die einzelnen Unterziele der technischen Realisierbarkeit werden in Übereinstimmung mit den bestehenden Richtlinien und Anweisungen sowie nach Absprache mit Vertretern von Abwasserverbänden festgelegt. Eine exakte Definition für das Ausmaß des jeweiligen Zielerreichungsgrades ist aufgrund des Fehlens von standardisierten (verpflichtend einzuhaltenden) Vorschriften nicht gegeben. Somit ist immer der Einfluss der eigenen subjektiven Bewertung vorhanden. Diese „Subjektivität“ wird durch das Einhalten von in der Abwasserentsorgungstechnik gängigen Wertvorstellungen minimiert, kann jedoch nie zur Gänze ausgeschlossen werden.

5.1.1 **ÖNORM – Kanal**

Die technische Realisierbarkeit ist beim „Konventionellen Schmutzwasserkanal“ gemäß ÖNORM B 2503 einwandfrei gegeben aufgrund dessen bereits seit langer Zeit angewandten und daher technisch erprobten und bewiesenen Technologie. Sämtliche Anforderungen an eine Kanalisation gemäß ÖNORMEN 752 Teil 2 werden in der Regel eingehalten. Der ÖNORM – Kanal repräsentiert den Stand der Technik bezogen auf die Abwasserleitung.

Gemäß der folgenden Tabelle 5.1 erreicht der ÖNORM - Kanal für die Nutzwertanalyse bezogen auf das gesamte Kriterium „Technologie“ einen Zielerreichungsgrad von insgesamt 94 %.

Die Differenz von 6 % auf das Optimum von 100 % ist erklärbar durch die Möglichkeit, mittels innovativer Methoden das derzeit existierende, technisch einwandfrei funktionierende System der Abwasserableitung mittels Kanälen gemäß der ÖNORM B 2503 noch weiter zu verbessern. Ein Nachteil der konventionellen Kanäle im Vergleich zum Sparkanal besteht beim Abflussverhalten minimaler Abwassermengen. Hier wirkt sich der größere Rohrdurchmesser des ÖNORM – Kanals ungünstig auf den Zielerreichungsgrad aus.

Dieser Gesamtzielerreichungsgrad für die Technologie wird bestimmt von den Teilzielerreichungsgraden für „Funktionsfähigkeit & Wasserdichtheit (Fkt.) = 91 %“, „Erreichen der Nutzungsdauer (ND) = 95 %“, „Statik = 95 %“ und „Betrieb = 96 %“.

5.1.2 **Sparkanal**

Bezüglich des Kriteriums der technischen Realisierbarkeit besteht beim Sparkanal das Problem der Verstopfungsgefahr aufgrund der missbräuchlichen Verwendung der Abwasserkanalisation zur Abfallentsorgung. Nachteilig wirkt sich der kleinere Rohrdurchmesser auf das Abflussverhalten bei maximalem Abfluss (Q_{\max}) aus, woraus sich auch eine größere Gefahr an Rückstau, Überlastung bzw. Überflutung ergibt. Als Vorteil hinsichtlich der Hydraulik erweist sich der kleinere Rohrdurchmesser des Sparkanals bei der Abfuhr minimaler Abwassermengen (Q_{\min}).

Die Zielvorgabe einer maximalen Investitionskosteneinsparung wird beim Sparkanal anhand einer „billigen Bauweise“ zu erreichen versucht. Resultat einer solchen Bauweise sind niedrige Verlegequalitäten. Ungenauigkeiten in der Lage, Richtungs- und Höhenabweichungen, Knickpunkte, Verlegefehler, vor allem aber mangelhafte Bettung, Verfüllung und Verdichtung können Ausgangspunkte für

später im Betrieb auftretende Schäden sein, die sich in einer Erhöhung der laufenden Kosten für Wartung, Betrieb und Instandhaltung der Kanalisation zu Buche schlagen.

Resultat dieser einzelnen Mängel und Fehler ist eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, dass die geplante, betriebsgewöhnliche, wirtschaftliche Nutzungsdauer der Kanalisation nicht erzielt wird. Dadurch erzielt der Sparkanal für das Teilziel „Erreichen der geforderten Nutzungsdauer“ nur 50 %. Im Vergleich dazu erzielt der ÖNORM – Kanal für dieses Teilziel 95 %.

Ein wesentliches Hilfsmittel zur Investitionskostenminimierung beim Sparkanal ist die Vergrößerung des Schachtabstandes auf bis zu 200 m sowie der Ersatz der Hausanschlussschächte durch freistehende Absturzpfeifen.

Bedingt durch diese Reduktion der Schachttanzahl verschlechtern sich die Arbeitsbedingungen für Reinigung und Inspektion. Die Arbeitsleistung wird aufgrund der geschlossenen Rohrleitung, die nur durch die Putzöffnung Einsicht und „Zutritt“ zum Abwasser selbst erlaubt, erschwert und bewirkt in der Regel einen geringeren Reinigungsgrad. Durch den vergrößerten Schachtabstand ist bei der Hochdruckreinigung außerdem ein erhöhter Spüldruck notwendig, der bei ungenauer Dosierung und Abstimmung auf das Sedimentationsverhalten der Ablagerungen bzw. deren Verfestigungsgrad neue Schäden an der Kanalisation bewirken kann oder bereits bestehende Mängel ausweitet und den Kanalzustand verschlechtert.

Die geringere Anzahl an Schächten – erstens durch den vergrößerten Schachtabstand, zweitens durch den Ersatz der Hausanschlussschächte durch die Absturzpfeifen, verringert die Kontroll- und Absperrmöglichkeiten sowohl in der Bau- als auch in der Betriebsphase.

Die geringe Verlegetiefe mit einer minimalen Überdeckung von ca. 80 cm bewirkt nur in unbefahrenen Flächen des Freilandes eine sichere statische Situation. In unbefahrenen Privatflächen werden die zulässigen Verformungen und Spannungen nicht überschritten. Als problematisch erweist sich jedoch die Situation bei Befahren mit höheren Verkehrslasten wie z.B. landwirtschaftlichen Geräten oder auch Lastkraftwagen, die auf Privatgrundstücke zuliefern. Dabei wirkt sich ein minimaler Rohrdurchmesser noch günstig auf die statische Lastabtragung aus. Diese positive Wirkung des kleineren Rohrdurchmessers wird jedoch durch die beim Sparkanal aus Kostengründen praktizierte minimale Verlegetiefe überkompensiert.

Auch das Problem der Statik resultiert aus dem Ziel der Investitionskosteneinsparungen beim Sparkanal, die zu einer „billigen“ Bauweise verleiten. Mangelhafte, nicht entsprechend den Anforderungen der Regelwerke sowie entsprechend den Empfehlungen der Rohrhersteller ausgeführte Verdichtung sowie Wiederver-

füllung des Kanalgrabens stellen die primäre Ursache für zukünftige Schäden an der Kanalisationsleitung dar.

Für die Teilziele der Kontrolle in der Betriebsphase, der Zugänglichkeit sowie der Instandhaltung und des geordneten Betriebes wirkt sich die Verlegung des Sparkanals auf Privatgrund nachteilig aus im Vergleich zum in öffentlichen Flächen verlegten konventionellen ÖNORM – Kanal.

Aufgrund der kürzeren Erfahrungswerte – der erste Sparkanal wurde Ende der 80-iger Jahre errichtet, ergibt sich ein weiterer Nachteil für den Sparkanal, sowohl was den Bau der Kanäle, als auch was den Betrieb der Kanalisation betrifft. Vor allem für die Betriebsphase sind beim Sparkanal noch nicht ausreichend auswertbare Datenmengen vorhanden, damit daraus ein geordneter und zielgerichteter Kanalisationsbetrieb abgeleitet werden kann hinsichtlich Inspektionsfristen, Sedimentationsverhalten, Reinigungsbedarf u.dgl..

Die Auswertung der derzeit zur Verfügung stehenden Daten hinsichtlich der Zielerreichungsgrade für die Technologie lässt jedoch eindeutig die Aussage treffen, dass beim Sparkanal aufgrund der minimierten Investitionskosten eine deutlich negative Auswirkung auf die technischen Aspekte in der Betriebsphase festzustellen ist.

Diese Grundaussage, dass niedrige Investitionskosten Erschwernisse hinsichtlich der technischen Betriebsführung der Kanalisationsanlagen bewirken, ist auch aus der nicht so umfangreichen Datenmenge ableitbar.

Für eine höhere, dann generell gültige Aussagekraft sind jedoch zukünftig noch Auswertungen laufender Betriebserfahrungen notwendig.

Generell ist der Zielerreichungsgrad für das Teilziel „Betrieb“ aufgrund der bautechnisch bedingten Erschwernisse beim Sparkanal deutlich geringer als beim konventionellen ÖNORM – Kanal.

Entsprechend den oben angeführten Nachteilen erreicht der Sparkanal für die Nutzwertanalyse bezogen auf das gesamte Kriterium „Technologie“ insgesamt einen Zielerreichungsgrad von 59 %, dargestellt in der nachfolgenden Tabelle 5.1.

Dieser Gesamtzielerreichungsgrad für die Technologie wird bestimmt von den Teilzielerreichungsgraden für „Funktionsfähigkeit & Wasserdichtheit (Fkt.) = 76 %“, „Erreichen der Nutzungsdauer (ND) = 50 %“, „Statik = 50 %“ und „Betrieb = 59 %“.

Technologie		Zielerreichungsgrad in %	
Anforderungen an Kanal		ÖNORM-K.	Sparkanal
Funktionsfähigkeit	Hydraulik: min Q	80	95
	Hydraulik: max Q	100	75
	Ausschluss der Gefahr der Überlastung	90	75
	Schutz von Gesundheit und Leben der Öffentlichkeit	95	95
	Schutz von Gesundheit und Leben des Betriebspersonals	95	85
	Minimierung der Gefahr von Ablagerungen	90	80
	Minimierung der Gefahr von Verstopfungen	95	50
	Schutz des Vorfluters	95	85
	Ausschluss der Gefährdung angrenzender Bauten	75	95
	Anschlusskontrolle	100	50
Wasserdichtheit		90	50
Zielerreichungsgrad Funktionsfähigkeit + Wasserdichtheit ¹⁾		91	76
Erreichen der geforderten Nutzungsdauer		95	50
Zielerreichungsgrad Erreichen der geforderten Nutzungsdauer ¹⁾		95	50
Statik		95	50
Zielerreichungsgrad Statik ¹⁾		95	50
Kontrolle und Kontrollierbarkeit	in der Bauphase	100	70
	in der Betriebsphase	95	50
Zugänglichkeit		95	70
Instandhaltbarkeit		95	60
Geordneter Betrieb		95	50
Erfahrungswerte hinsichtlich Bau		100	60
Erfahrungswerte hinsichtlich Betrieb		95	50
Zielerreichungsgrad Betrieb ¹⁾		96	59
gemittelter Zielerreichungsgrad für das gesamte Kriterium "Technologie" ²⁾		94	59

Tabelle 5.1: Zielerreichungsgrade für das Entscheidungskriterium „Technologie“ für den ÖNORM–Kanal (gemäß ÖNORM B 2503) und für den Sparkanal (gemäß ÖWAV – Regelblatt 25):

Ad 1) aufgesplittet in die vier Teilzielerreichungsgrade „Funktionsfähigkeit + Wasserdichtheit (Fkt.)“, „Erreichen der geforderten Nutzungsdauer (ND)“, „Statik“ und „Betrieb“.

Ad 2) gemittelter Zielerreichungsgrad für das gesamte Kriterium „Technologie“, zusammengesetzt aus obigen vier Kriterien.

5.2 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung erfolgt unter Heranziehung der Kostenbarwertmethode unter Berücksichtigung von Investitions-, Reinvestitions- und Betriebskosten. Zwecks der besseren Vergleichbarkeit von Projekten muss eine Kostenvergleichsrechnung zumindest eine Variantenberechnung enthalten, die auf der Basis der „Standard-Ansätze“ gemäß dem Merkblatt 4.0 der FACHABTEILUNG FA 19A DES AMTES DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2002) berechnet wird.

Dieses Merkblatt stellt eine Grundlage für die Durchführung von Variantenuntersuchungen bei jenen Projekten dar, die zur Förderung im Rahmen der geltenden Gesetze und Bestimmungen von Bund und Ländern eingereicht werden.

Die Standardansätze, basierend auf dem Merkblatt 4.0 der Fachabteilung FA 19a, sind den nachfolgenden Tabellen 5.2 und Tabelle 5.3 zu entnehmen.

Änderungen der Ansätze für die Kostenfunktionen, für die Nutzungsdauern, für die Preisentwicklungen und für die Zinssätze sind dort erforderlich, wo aufgrund technischer und örtlicher Randbedingungen eine wesentliche und nachvollziehbare Abweichung zu erwarten ist.

Aufgrund des Verhältnisses

$$\frac{\text{Investitionskosten IK}}{\text{Jährliche Betriebskosten LK}} \gg 1$$

erschiene es auf den ersten Blick logisch, dass die Entscheidung auf der Basis der Investitionskosten (IK) zu treffen wäre, wengleich auch die Bedeutung der Betriebskosten (LK) nicht unterschätzt werden darf. Faktum ist der zahlenmäßig große Unterschied zwischen den Herstellungskosten (= Investitionskosten IK) und den jährlichen Betriebskosten (= laufende Kosten LK).

Entscheidend ist jedoch der Kostenbarwert der Investitions-, der Reinvestitions- und der jährlichen Betriebskosten, errechnet mit Hilfe der Kapitalwertmethode unter Berücksichtigung des zeitlichen Anfalles aller Kosten (Akkumulation bereits getätigter Zahlungen und Diskontierung zukünftiger Kostenreihen).

Durch die Berücksichtigung der zeitlichen Komponente des Anfalles der Kosten sinkt das Verhältnis

$$\frac{\text{Kostenbarwert der Investitionskosten}}{\text{Kostenbarwert der jährlichen Betriebskosten}}$$

je nach Kanalisationsprojekt auf ein Größenverhältnis von ca. 1 : 1 bis 6 : 1.

Als Eingangswerte für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung werden folgende Daten benötigt, die in Kapitel 4 „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ genau erläutert wurden.

- 1) Kostenfunktionen bzw. Kostenansätze
- 2) Realzinssatz
- 3) Preissteigerungsrate
- 4) Nutzungsdauer

5.2.1 Wirtschaftlichkeitsdaten für ÖNORM – Kanal und Sparkanal

Die Kostenfunktionen bzw. Kostenansätze hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten sowie die Nutzungsdauern für den „ÖNORM – Kanal“ für die Kostenvergleichsrechnung finden sich in den nachfolgenden Tabellen 5.2 und Tabelle 5.3.

Die Kostenfunktion für die Investitionskosten beim ÖNORM – Kanal ergibt sich nach der Auswertung vorhandener Daten als „Investitionskosten für einen Laufmeter Kanal errichtet gemäß der ÖNORM B 2503“, ausgedrückt in Euro pro Laufmeter ÖNORM – Kanal [€/lfm].

Die Kostenfunktion bzw. der Kostenansatz für die laufenden Kosten (= Betriebskosten) beim ÖNORM – Kanal ergibt sich nach der Auswertung vorhandener Daten als „laufende Kosten für einen Laufmeter Kanal pro Jahr, der gemäß der ÖNORM B 2503 errichtet wurde“, ausgedrückt in Euro pro Laufmeter ÖNORM – Kanal und Jahr [€/lfm*a].

Die Investitionskosten ergaben sich aus Ausschreibungen und aus bereits fertig abgerechneten, hinsichtlich regionaler und topographischer Parameter ähnlich gearteten Abwasserkanalisationsprojekten sowie aus Umfrageergebnissen bei Abwasserverbänden, Technischen Büros und Zivilingenieurbüros und Bauunternehmungen. Die Betriebskosten ergaben sich aus den Kostenrechnungssystemen von Abwasserverbänden und –genossenschaften sowie aus Umfrageergebnissen bei Zivilingenieurbüros sowie dem Land Steiermark.

Für die Ermittlung der Investitionskosten und Betriebskosten wurden neun Abwasserkanalisationsprojekte untersucht, die mehrheitlich gemäß den Anforderungen der ÖNORM B 2503 errichtet wurden. Dabei wurden diese neun Projekte aus zeitlichen Gründen nicht zur Gänze untersucht, sondern nur vereinzelte Haltungen und Leitungen für Vergleichszwecke herangezogen.

Bei der Auswertung des Datenmaterials stellte sich primär als Problem heraus, dass die Voraussetzungen bezüglich der Vergleichbarkeit der Daten – einerseits ÖNORM – Kanal, andererseits Sparkanal, hinsichtlich der kostenbeeinflussenden Parameter wie

- Topographie,
- Geologie,
- Hydrologie,
- geographische Region,
- anstehende Bodenverhältnisse,
- Siedlungsdichte in [Einwohner/km² Entsorgungsgebiet],
- Anschlussdichte in [Hausanschluss/lfm Kanal],
- regionales Preisniveau (das Preisniveau in der Obersteiermark kann nicht mit jenem der Süd- und der Südoststeiermark verglichen werden),
- zeitliches Preisniveau (der Einfluss der Baukonjunktur sowie der allgemeinen Inflation ist mitentscheidend für die Höhe der Investitionskosten)

nur bedingt eingehalten werden. Trotz der Kenntnis um diese Unsicherheit hinsichtlich Vergleichbarkeit und den daraus abgeleiteten Kostenfunktionen wurde mit dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial der Kostenvergleich durchgeführt.

Um diesen Umstand einer eigentlichen Nichtvergleichbarkeit zu berücksichtigen, wurden aus den neun ÖNORM – Projekten für die genauere Betrachtungsweise nur jene fünf für die weitere Betrachtung ausgewählt, bei denen die oben genannten Parameter noch am besten korrelierten. Dabei standen vor allem die Parameter „Topographie“, „Anstehende Bodenverhältnisse“ sowie „Geographische Region“ im Mittelpunkt.

Ein weiteres Problem bei den Eingangsdaten bestand darin, dass die Abwasserprojekte zu unterschiedlichen Zeitpunkten und über unterschiedliche Zeitdauern realisiert worden sind. Dabei war der Umstand gegebenenfalls erforderlicher Vorarbeiten sowie eventueller Vorlaufphasen nicht bekannt.

Die im Kapitel „Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten“ aufgezählten Unterschiede zwischen dem ÖNORM – Kanal und dem Sparkanal sind in der Ausführungspraxis nicht mehr so deutlich erkennbar. Bei mehreren Projekten der Abwasserentsorgung mittels Kanalisation stellte sich heraus, dass ein Teil der Kanalisationsanlage gemäß den Bestimmungen der ÖNORM B 2503, andere Teile jedoch gemäß dem Regelblatt 25 des ÖWAV bautechnisch ausgeführt wurden. Auch aus diesem Grunde musste auf die Auswertung von vorliegendem Datenmaterial verzichtet werden, um keine Verzerrung des Ergebnisses zu erhalten.

Dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial kann aus oben angeführten Gründen keine generelle Gültigkeit für ÖNORM - Kanäle zugerechnet werden. Dazu bedarf es noch weiterer bautechnischer und kostenrechnerischer Unter-

suchungen und Einsichtnahme in die Kostenrechnung von Abwasserverbänden und –genossenschaften.

Als Anhaltspunkte und Kontrolle für die Kostenfunktionen beim konventionellen Schmutzwasserkanal gemäß ÖNORM B 2503 sowohl für die Investitionskosten als auch für die laufenden Kosten wurden einerseits die in der Literatur spärlich vorkommenden Kenngrößen als auch die Standard-Kostenansätze der Fachabteilung FA 19a des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung herangezogen.

Die Kostenfunktionen bzw. Kostenansätze hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten sowie die Nutzungsdauern für den „Sparkanal“ für die Kostenvergleichsrechnung finden sich in den nachfolgenden Tabellen 5.2 und Tabelle 5.3.

Die Kostenfunktion für die Investitionskosten beim Sparkanal ergibt sich nach der Auswertung vorhandener Daten als „Investitionskosten für einen Laufmeter Kanal errichtet gemäß dem ÖWAV – Regelblatt 25“, ausgedrückt in Euro pro Laufmeter Sparkanal [€/lfm].

Der Kostenansatz bzw. die Kostenfunktion für die laufenden Kosten (= Betriebskosten) beim Sparkanal ergibt sich nach der Auswertung vorhandener Daten als „laufende Kosten für einen Laufmeter Kanal pro Jahr, der gemäß dem ÖWAV – Regelblatt 25 errichtet wurde“, ausgedrückt in Euro pro Laufmeter Sparkanal und Jahr [€/lfm*a].

Als Problem beim Sparkanal stellt sich dabei die Betriebsphase heraus. Der Mehrzahl der Abwasserentsorgungsunternehmen sind die laufenden Betriebskosten insgesamt in Euro pro Jahr und umgelegt in Euro pro Laufmeter Kanalisation nicht bekannt. Die zur Verfügung gestellten Daten streuten in einem derart großen Bereich, dass nach kritischer Hinterfragung sowie nach Vergleichen mit Kostenfunktionen aus der Literatur die Kostenfunktionen für die laufenden Kosten (bzw. Betriebskosten) für Sparkanäle nur aus vier Kanalisationsprojekten abgeleitet werden konnten.

Es bedarf speziell für den Bereich der laufenden Kosten in der Abwasserableitung beim Sparkanal noch genauerer Untersuchungen, damit eine allgemein gültige, für die Mehrzahl der als Sparkanäle ausgeführten Abwasserkanalisationen zutreffende Aussage getroffen werden kann.

Da die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und die daran anschließende Nutzwertanalyse auf den zur Verfügung stehenden Kostenansätzen für Investitionskosten und Betriebskosten aufbauen, ist für eine für das Ziel der generellen Vergleichbarkeit der beiden Varianten notwendige Genauigkeit eine um eine Stufe erhöhte Genauigkeit bei den Eingangsdaten erforderlich. Speziell für die Daten zur

Ermittlung der Kostenansätze für die laufenden Kosten beim Sparkanal ist diese erforderliche Genauigkeit jedoch nicht gegeben.

Als Anhaltspunkte und Kontrolle sowohl für die Kostenansätze für die Investitionskosten als auch für die laufenden Kosten wurden einerseits die in der Literatur vorkommenden Kenngrößen als auch die Standard-Kostenansätze der Fachabteilung FA 19a des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung herangezogen.

5.2.2 Standardvariante der Fachabteilung FA 19a

Die Kostenansätze hinsichtlich Investitionskosten und Betriebskosten sowie die Nutzungsdauern für den „Standardkanal“ für die Kostenvergleichsrechnung finden sich in den beiden nachfolgenden Tabellen 5.2 und Tabelle 5.3.

Die Festlegung der Kostenansätze für die Standardvariante der FA 19a erfolgt gemäß dem Merkblatt 4.0 zur Variantenuntersuchung unter folgenden Gesichtspunkten:

- Die Anlagen entsprechen dem Stand der Technik.
- Es werden alle direkt kostenwirksamen Maßnahmen berücksichtigt.
- Die Errichtung der abwassertechnischen Anlagen erfolgt ohne Eigenleistungen, d.h. fachkundige Planung und öffentliche Ausschreibung aller Baumaßnahmen.
- Ein Hausanschluss entspricht vier Einwohnerwerten.
- Die Kostenansätze für den Kanal gelten für eine Tiefenlage von 1,5 m bis 3,0 m, eine mittlere Verbauungsdichte, einen mittleren Schachtabstand von 30 m und ohne wesentliche Erschwernisse zufolge Grundwasser oder des anstehenden Bodens.
- Die regelmäßige Wartung und Kontrolle des Kanalnetzes erfolgt zumindest einmal jährlich.
- Die abwassertechnischen Anlagen sind mit den Einrichtungen ausgestattet, die eine ordnungsgemäße Betriebsführung und Wartung entsprechend den gesetzlichen Rahmenbedingungen ermöglichen.

Diese Standard-Kostenansätze der Fachabteilung FA 19a des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung dienen als Anhaltspunkte und Kontrolle für die Kostenfunktionen beim konventionellen Schmutzwasserkanal und beim Sparkanal sowohl für die Investitionskosten (IK) als auch für die laufenden Kosten (LK).

Investitionskosten IK		[€/lfm Kanal]			
		Minimum	Mittelwert	Maximum	FA 19a Standard
Sparkanal	DN 150	50	58	65	-----
	DN 200	58	68	80	-----
	DN 250	62	76	90	-----
ÖNORM-Kanal	DN 150	82	86	92	85
	DN 200	90	105	122	110
	DN 250	97	112	132	125
Betriebskosten LK		[€/lfm Kanal * a]			
		Minimum	Mittelwert	Maximum	FA 19a Standard
Sparkanal	DN 150	0,40	0,62	1,10	-----
	DN 200	0,36	0,53	0,82	-----
	DN 250	0,33	0,45	0,72	-----
ÖNORM-Kanal	DN 150	0,31	0,40	0,48	0,36
	DN 200	0,30	0,39	0,45	0,36
	DN 250	0,29	0,38	0,45	0,36

Tabelle 5.2: Investitionskosten IK in [€/lfm] und Betriebskosten LK in [€/lfm*a] nach der volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise für den Sparkanal und für den ÖNORM – Kanal.

Aus obiger Tabelle ist die für die Abwasserableitung typische Situation ersichtlich, dass der Vorteil geringerer Investitionskosten mit dem Nachteil erhöhter Betriebskosten „erkauft“ wird und umgekehrt.

Nutzungsdauer		Standardvariante	Alternativvariante	Kostenaufteilung Standard	Kostenaufteilung Alternative
		[a]	[a]	[%]	[%]
Kanalisationsleitung	Freispiegelgerinne + Druckrohrleitung	50	50	100	100
Pumpschacht	baulicher Teil + E-Anschluss	30	25	60	50
	maschineller Teil	10	10	40	50

Tabelle 5.3: Nutzungsdauer und Kostenaufteilung für die Kanalisationsbauteile für Standard- und Alternativvarianten gemäß dem Merkblatt 4.0 für Variantenuntersuchungen der FACHABTEILUNG FA 19A (2002).

In den Tabellen im Anhang werden die durchgeführten Kostenbarwertberechnungen für einen

- ÖNORM - Kanal mit Nenndurchmesser DN 250 sowie für einen
- Sparkanal mit Nenndurchmesser DN 200

dargestellt.

Es wird dabei getrennt in die

1. volkswirtschaftliche Betrachtung, die als Auswertung den Zielerreichungsgrad für das Kriterium „Ökonomie – volkswirtschaftliche Betrachtung“ ergibt, und in die
2. betriebswirtschaftliche Betrachtung, die als Resultat den Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtung“ ergibt.

Die Durchführung der Kostenvergleichsrechnungen erfolgt mit Variation der Eingangsparameter

- Betrachtungszeitraum n : $n = 30$ Jahre bzw. $n = 50$ Jahre.
- Realzinssatz: $i_{\text{real}} = 2,0\%$ bis $5,0\%$.
- Preissteigerungsrate: $p = 0\%$ bis $2,0\%$.
- Nutzungsdauer Kanal: $ND = 50$ Jahre.

Anhand der Tabellen im Anhang (= auszugsweise dargestellte Kostenbarwertberechnungen) ergibt sich für die Ermittlung des Zielerreichungsgrades für das Kriterium „Ökonomie – volkswirtschaftliche Betrachtung“ die folgende Tabelle 5.4.

Gemäß dem Merkblatt 4.0 der Fachabteilung FA 19a ist dabei für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der maßgebliche Zeitpunkt mit 30 Jahren festgelegt.

Zielerreichungsgrad Ökonomie - Volkswirtschaftliche Betrachtung					
				Kostenbarwert - VWL	
Bezeichnung	n [a]	i [%]	p [%]	Sparkanal	ÖN-Kanal
K-30-2-0	30	2	0	535.002	570.533
K-30-2-1	30	2	1	570.104	593.246
K-30-3-0	30	3	0	501.491	548.240
K-30-3-1	30	3	1	530.572	567.057
K-30-3-2	30	3	2	565.426	589.609
K-30-4-0	30	4	0	473.711	527.154
K-30-4-1	30	4	1	497.975	545.448
K-30-4-2	30	4	2	526.900	564.164
K-30-5-0	30	5	0	450.526	514.306
K-30-5-1	30	5	1	470.914	527.498
K-30-5-2	30	5	2	495.086	543.138
mittl. ungewicht.Kostenbarwert				510.701	553.672
theoretische Grenzen		theoretischer Zielerreich.grad		Zielerreichungsgrad - VWL	
				[%]	[%]
min. Barwert	450.000	100%		60	31
max.Barwert	600.000	0%		Sparkanal	ÖNORM-K.

Tabelle 5.4: Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – volkswirtschaftliche Betrachtung“ (VWL) für den ÖNORM – Kanal und für den Sparkanal.

Für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – volkswirtschaftliche Betrachtung“ ergibt sich für den Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 ein Zielerreichungsgrad von 60 %.

Für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – volkswirtschaftliche Betrachtung“ ergibt sich für den konventionellen Schmutzwasserkanal gemäß ÖNORM B 2503 hingegen nur ein Zielerreichungsgrad von 31 %.

Entsprechend des deutlich höheren Zielerreichungsgrades von 60 % für den Sparkanal im Vergleich zu den 31 % für den konventionellen ÖNORM – Kanal ist aus rein volkswirtschaftlichen Gründen der Sparkanal auszuführen.

Aus den Tabellen im Anhang ist ersichtlich, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum (n = 30 Jahre laut FA 19a) der Wert der Betriebskosten eine erhebliche Rolle spielt und bei einem Wirtschaftlichkeitsvergleich nicht vernachlässigt werden darf. Lebenszykluskosten werden nur durch die dynamische Kapitalwertmethode richtig erfasst.

Das Gewicht und somit der Einfluss der Investitionskosten einer Abwasserentsorgungsanlage nimmt dabei mit der Zunahme der Nutzungsdauer deutlich ab.

Im Allgemeinen wird beim Wirtschaftlichkeitsvergleich davon ausgegangen, dass am Ende der Planungszeit kein Restwert mehr besteht. Diese Annahme eines Restwertes von Null entspricht in der Mehrzahl der Fälle einer sinnvollen Annahme, da ein Großteil der Anlagen am Ende des Planungszeitraumes auch seine betriebsgewöhnliche wirtschaftliche Nutzungsdauer erreicht hat. Wenn in einigen Fällen eine längere Nutzungsdauer zwar möglich ist, muss untersucht werden, ob auch aufgrund verfahrenstechnischer Entwicklungen noch eine weitere Nutzung wirtschaftlich ist. Darüber hinaus sind in einigen Fällen sogar anstelle eines Restwertes Kosten für die Beseitigung der Altanlage in Ansatz zu bringen. Dieses Problem des Ansatzes eines eventuellen Restwertes oder von Abbruch- und Beseitigungskosten wird jedoch dadurch minimiert, dass dieser Zeitpunkt der Realisierung des Restwertes oder des Anfalles der Beseitigungskosten weit in der Zukunft liegt und somit durch die Diskontierung stark im Wert gemindert wird.

2) **Betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise des Kriteriums „Ökonomie“**

Analog zur vorab dargestellten volkswirtschaftlichen Betrachtung erfolgt die Ermittlung des Zielerreichungsgrades für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise“. Der Unterschied in der Betrachtungsweise ergibt sich aus den unterschiedlichen Ansätzen für die Verrechnung erlangter Förderungen sowie eingebrachter Eigenleistungen.

Während für die volkswirtschaftliche Betrachtung sämtliche volkswirtschaftlichen Kosten der abwassertechnischen Anlage angesetzt und eingebrachte Eigenleistungen über sogenannte Opportunitätskosten angesetzt werden müssen, wird bei der betriebswirtschaftlichen Betrachtung die Kanalisationsanlage aus der Sicht des Anlagenbetreibers dargestellt.

Daher dürfen die für die Herstellung der Kanalisationsanlage erzielbaren Förderungen durch Bund und Land von den anzusetzenden Kosten in Abzug gebracht werden. Das Problem liegt darin, die zum Zeitpunkt der Variantenuntersuchung noch nicht vorliegenden Förderungen der Höhe nach richtig einzuschätzen. Aufgrund dieser Unsicherheit werden daher nach Rücksprache mit der Fachabteilung FA 19a nur der Mindestfördersatz sowie die Pauschale je Laufmeter förderbarer Kanal gemäß den geltenden Förderungsrichtlinien in Abzug gebracht.

Der Anteil eingebrachter Eigenleistungen wird nach den Erfahrungen befragter Experten beim konventionellen Kanal in einer Größenordnung von maximal 10 % und beim Sparkanal in einer Größenordnung von maximal 25 % angesetzt.

Für die betriebswirtschaftliche Betrachtung ergeben sich somit durch die Annahme

- einer 8 %-igen Sockelförderung,
- der Förderungspauschale von 14.- €/lfm förderbare Kanalleitung,
- einer eingebrachten Eigenleistung von 10 % beim konventionellen ÖNORM – Kanal und
- einer eingebrachten Eigenleistung von 25 % beim Sparkanal

folgende durchschnittliche betriebswirtschaftliche Kostenfunktionen (Index BWL):

1) ÖNORM – Kanal DN 250:

$$\begin{aligned}IK_{BWL} &= 83.- \text{ €/lfm Kanal} \\LK_{BWL} &= 0,34.- \text{ €/lfm Kanal} * a\end{aligned}$$

2) Sparkanal DN 200:

$$\begin{aligned}IK_{BWL} &= 45.- \text{ €/lfm Kanal} \\LK_{BWL} &= 0,47.- \text{ €/lfm Kanal} * a\end{aligned}$$

In den Tabellen im Anhang werden betriebswirtschaftliche Kostenbarwertberechnungen sowohl für einen ÖNORM – Kanal mit Nenndurchmesser DN 250 als auch für einen Sparkanal mit Nenndurchmesser DN 200 dargestellt.

Anhand dieser Tabellen ergibt sich für die Ermittlung des Zielerreichungsgrades für das Kriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtung“ die folgende Tabelle 5.5.

Gemäß dem Merkblatt 4.0 der Fachabteilung FA 19a ist dabei für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der maßgebliche Zeitpunkt mit 30 Jahren festgelegt.

Zielerreichungsgrad Ökonomie - Betriebswirtschaftliche Betrachtung					
				Kostenbarwert - BWL	
Bezeichnung	n [a]	i [%]	p [%]	Sparkanal	ÖN-Kanal
K-30-2-0	30	2	0	363.507	429.414
K-30-2-1	30	2	1	385.296	445.007
K-30-3-0	30	3	0	342.379	413.808
K-30-3-1	30	3	1	360.430	426.726
K-30-3-2	30	3	2	382.065	442.209
K-30-4-0	30	4	0	324.858	400.856
K-30-4-1	30	4	1	340.669	411.635
K-30-4-2	30	4	2	357.874	424.484
K-30-5-0	30	5	0	310.230	390.037
K-30-5-1	30	5	1	322.885	399.094
K-30-5-2	30	5	2	337.890	409.832
mittl. ungewicht.Kostenbarwert				348.008	417.555
theoretische Grenzen		theoretischer Zielerreich.grad		Zielerreichungsgrad - BWL	
				[%]	[%]
min. Barwert	300.000	100%		76	41
max.Barwert	500.000	0%		Sparkanal	ÖNORM-K.

Tabelle 5.5: Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtung“ (BWL) für den ÖNORM - Kanal und für den Sparkanal.

Für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtung“ ergibt sich für den konventionellen Schmutzwasserkanal gemäß ÖNORM B 2503 ein Zielerreichungsgrad von 41 %.

Für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtung“ ergibt sich für den Sparkanal gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 hingegen ein Zielerreichungsgrad von 76 %.

Entsprechend des deutlich höheren Zielerreichungsgrades von 76 % für den Sparkanal im Vergleich zu den 41 % für den konventionellen ÖNORM – Kanal ist aus rein betriebswirtschaftlichen Gründen der Sparkanal auszuführen.

5.3 Ökologie

Gegenstand der ökologischen Untersuchungen ist die Betrachtung der ökologischen Verträglichkeit der beiden Varianten konventioneller ÖNORM – Kanal und Sparkanal.

Gemäß den technischen Richtlinien für die Siedlungswasserwirtschaft müssen Überlegungen zur Klärschlammverwertung bzw. –entsorgung einen integrierenden Bestandteil der Variantenuntersuchungen darstellen.

Bei den beiden Varianten handelt es sich um Abwasserableitungskonzepte für Schmutzwasser. Daher sind für die beiden zu untersuchenden Varianten identische Randbedingungen und Annahmen hinsichtlich des Klärschlammfalles, der Behandlung und Art der Verwertung bzw. der Entsorgung gegeben sowohl hinsichtlich Quantität und Qualität des Klärschlammes als auch hinsichtlich der zu erwartenden Kosten für die Behandlung des anfallenden Klärschlammes. Aus diesem Grund sind die Überlegungen zur Klärschlammverwertung bzw. Klärschlammmentsorgung nicht Bestandteil des Variantenvergleiches.

Umweltbeeinträchtigungen, welche von der Abwasserkanalisation ausgehen, lassen sich einteilen in

- a) baubedingte Beeinträchtigungen,
- b) anlagenbedingte Beeinträchtigungen und
- c) betriebsbedingte Auswirkungen

auf die Gewässer, den Landlebensraum, die Luft und auf das Landschaftsbild.

Die Grundlagen für eine Bewertung des Entscheidungskriteriums „Ökologie“ wurden detailliert im Kapitel „Ökologische Komponente“ dargestellt und basieren auf Vorgaben der FACHABTEILUNG FA 19A (2002) sowie den Ansätzen nach SCHWALLER (1996), SCHLÜTER und KÜGELGEN (1996).

Die Bewertung des Entscheidungskriteriums „Ökologie“ erfolgt mittels einer Bewertungsmatrix für die drei Phasen „Bauphase“, „Anlage“ und „Betriebsphase“ jeweils mit den Unterzielen „Gewässer“, „Landlebensraum“, „Luft“ und „Landschaftsbild“. Diese Unterziele setzen sich zum Teil wiederum aus Teilzielen zusammen.

Die Verteilung der Gewichtung für die einzelnen Wirkungsbereiche „Bauphase“, „Anlage“ und „Betriebsphase“ erfolgt entsprechend den wasserwirtschaftlichen Grundsätzen des Wasserrechtsgesetzes, entsprechend den Zielsetzungen in Gesetzen und Bestimmungen des Landes Steiermark sowie entsprechend den Ergebnissen von Expertenbefragungen.

In der Bewertungsmatrix wird das Produkt aus ökologischer Punkteanzahl und der zugehörigen Gewichtung eingetragen.

Die ökologische Punkteanzahl beträgt dabei:

- 0 Punkteökologisch nicht entsprechend bzw. ausschließlich ökologische Nachteile;
- 1 Punktökologisch sehr schlecht bzw. mehrere ökologische Nachteile;
- 2 Punkteökologisch schlecht bzw. einige ökologische Nachteile;
- 3 Punkteökologisch neutral;
- 4 Punkteökologisch gut bzw. einige ökologische Vorteile;
- 5 Punkteökologisch sehr gut entsprechend bzw. mehrere ökologische Vorteile;
- 6 Punkteökologisch optimal bzw. ausschließlich ökologische Vorteile.

Die Gewichtung wird wie folgt definiert:

- 1wenig bedeutend bzw. geringe Bedeutung nach SCHWALLER (1996);
- 2bedeutend bzw. mittlere Bedeutung nach SCHWALLER (1996);
- 3besonders bedeutend bzw. hohe Bedeutung nach SCHWALLER (1996).

Der für den Zielerreichungsgrad herangezogene Maximalwert errechnet sich aus der Summe der Gewichtungen sämtlicher Kriterien multipliziert mit der maximalen ökologischen Punkteanzahl von theoretisch sechs Punkten.

Die ökologisch „beste“ Variante ist jene mit der höchsten Gesamtpunkteanzahl.

5.3.1 ÖNORM – Kanal

Als charakteristisch für den ÖNORM – Kanal stellt sich ein in der Bauphase geringerer Zielerreichungsgrad heraus, da aufgrund der größeren Verlegetiefe, der daraus resultierenden größeren Grabenbreite, der größeren Anzahl an Schachtbauwerken und der daraus resultierenden längeren Bauzeit mit größeren ökologischen Beeinträchtigungen zu rechnen ist.

Von besonderer Bedeutung ist die beim ÖNORM – Kanal größere Grabentiefe (in der Regel beträgt die Grabentiefe beim ÖNORM – Kanal mehr als zwei Meter) auf das Grundwasser sowie auf den Boden- und Gebietswasserhaushalt, welche dadurch im Vergleich zu geringeren Kanaltiefen stärker negativ beeinflusst werden.

Generell finden bei Kanalisationsarbeiten für ÖNORM – Kanäle umfangreichere und auch zeitlich länger andauernde ökologische Beeinträchtigungen statt durch die erforderlichen Baumaßnahmen wie Bodenaushub, Bodenbewegung, Bodenlagerung, leistungsstärkere Baumaschinen, verstärkter Baustellenverkehr, dadurch verstärkte Luftverschmutzung, Lärmbelästigung und Bodenerschütterung sowie Bodenverdichtung u.a.

Damit erklärt sich der in der nachfolgenden Tabelle 5.6 aufgezeigte geringere Zielerreichungsgrad von ca. 23 % für die Ökologie in der Bauphase.

Auch in der Phase der Anlage selbst sind die negativen Auswirkungen und ökologischen Beeinträchtigungen beim ÖNORM – Kanal größer als beim Sparkanal. Auch hier verursacht der tiefer verlegte Kanal eine stärkere Drainagewirkung, einen Entzug von Wasser aus dem örtlichen Wasserhaushalt, wodurch die Dotation von kleinen Gräben und kleinen Wasserläufen negativ beeinflusst wird sowie der Grundwasserspiegel absinkt. In Extremfällen kann es sogar zu einer Beeinträchtigung der Grundwasserströmung kommen.

Für den ÖNORM – Kanal ergibt sich ein Zielerreichungsgrad von ca. 31 % für die Phase „Ökologie - Anlage“.

Für die „Betriebsphase“ sind jene Auswirkungen entscheidend, die durch den Betrieb, hier vor allem durch eventuell auftretende Schadensfälle verursacht werden. Undichtigkeiten bewirken bei tieferliegenden Grundwasserständen eine Abwasseremission in die Umgebung und damit eine Verschmutzung des anstehenden Bodens und Grundwassers. Bei hochliegenden Grundwasserständen verursachen Undichtigkeiten Grundwasserinfiltrationen in die Kanalisation, damit eine Drainagewirkung und zusätzlich eine verstärkte hydraulische Belastung der Abwasserentsorgungsanlagen wie Kanäle und Pumpen. Durch diesen Anfall von Fremdwasser kommt es zu einem reduzierten Wirkungsgrad der Reinigungsleistung der Abwasserreinigungsanlage.

Die positive Wirkung der Grundwasserinfiltration bei nitratbelasteten Grundwässern durch deren Reinigung in der Abwasserreinigungsanlage wird nicht berücksichtigt, da Kanäle aus Prinzip dicht sein müssen, Grundwassereintritt daher nicht positiv berücksichtigt werden darf.

Undichtigkeiten treten in der Regel bei ÖNORM – Kanälen seltener auf. Deshalb beträgt der Zielerreichungsgrad für die Ökologie in der Betriebsphase beim ÖNORM – Kanal ca. 48 % im Vergleich zu einem Zielerreichungsgrad von ca. 29 % für den Sparkanal.

5.3.2 Sparkanal

In der „Bauphase“ erzielt der Sparkanal aufgrund der geringer ausfallenden Baumaßnahmen und des dadurch geringeren negativen Beeinflussungsgrades auf die Ökologie einen Zielerreichungsgrad von ca. 46 %.

Für den Sparkanal ergibt sich ein Zielerreichungsgrad von ca. 48 % für die Phase „Ökologie - Anlage“.

In der Betriebsphase ist aufgrund des allgemeinen Zieles der Minimierung der Investitionskosten mit einer „billigen Bauweise“ zu rechnen, die oftmals Ursache für spätere Mängel und Schadensfälle ist.

Im Vergleich zum ÖNORM – Kanal treten bei Sparkanälen verstärkt Probleme in der Betriebsphase auf, wodurch der Zielerreichungsgrad hinsichtlich „Ökologie – Betriebsphase“ auf einen Wert von ca. 29 % absinkt.

Die Ergebnisse für die Zielerreichungsgrade hinsichtlich des Entscheidungskriteriums „Ökologie“ sind in der nachfolgenden Tabelle 5.6 dargestellt.

Ökologie			ÖN-K.	Spar-K.	Gewicht.	ÖN-Kanal	Spar-Kanal	Maximalwert
Kriterien								
Bauphase	Gewässer	Grundwasser	1	3	3	21	41	90
		Oberflächengewässer	2	2	2			
		Gebietswasserhaushalt	1	3	3			
	Landlebensraum	Boden	2	3	2			
		Bodenwasserhaushalt	1	2	2			
		Vegetation	1	3	1			
	Luft		2	3	1			
	Landschaftsbild		2	3	1			
Zielerreichungsgrad Ökologie für die Bauphase in %:						23	46	100
Anlage	Gewässer	Grundwasser	1	3	3	26	40	84
		Oberflächengewässer	2	2	2			
		Gebietswasserhaushalt	1	3	3			
	Landlebensraum	Boden	3	3	1			
		Bodenwasserhaushalt	2	3	2			
		Vegetation	3	3	1			
	Luft		3	3	1			
	Landschaftsbild		3	3	1			
Zielerreichungsgrad Ökologie für die Anlage in %:						31	48	100
Betriebsphase	Gewässer	Grundwasser	3	1	3	40	24	84
		Oberflächengewässer	2	2	2			
		Gebietswasserhaushalt	3	1	3			
	Landlebensraum	Boden	3	3	1			
		Bodenwasserhaushalt	3	1	2			
		Vegetation	3	3	1			
	Luft		3	3	1			
	Landschaftsbild		3	3	1			
Zielerreichungsgrad Ökologie für die Betriebsphase in %:						48	29	100

Tabelle 5.6: Zielerreichungsgrade für das Entscheidungskriterium „Ökologie“ für den ÖNORM – Kanal und den Sparkanal jeweils für die Bauphase, die Anlage selbst sowie die Betriebsphase.
mit: ÖN-Kanal = ÖNORM – Kanal gemäß ÖN B 2503
Sparkanal = gemäß ÖWAV – Regelblatt 25
Gewicht. = Gewichtung

5.4 Sozio-kulturelle Komponente

Durch das Zusammenwirken der beteiligten Akteure mit ihren unterschiedlichen Positionen und Interessen kann im Entscheidungsprozess die Durchsetzbarkeit verschiedener Alternativen der Abwasserentsorgung von Widerständen und Ablehnung geprägt sein. Allgemein haben „zentrale“ Abwasserableitungskonzepte in der Form von Kanalisationen in der Regel eine geringe Akzeptanz im Vergleich zu „dezentralen“ kleinstrukturierten Lösungsvorschlägen wie z.B. Kleinkläranlagen oder bepflanzten Bodenfiltern. Ein Zielerreichungsgrad von 100 % wird daher dem theoretischen Fall „Keine Abwasserentsorgung“ zugeordnet. Die Abwasserentsorgungskonzepte „Bepflanzte Bodenfilter“ erzielen als praktisch ausführbare Konzepte einen Bestwert hinsichtlich der sozio-kulturellen Akzeptanz von 50 %.

Konstruktive Zusammenarbeit, Kommunikation und Information zwischen den beteiligten Akteuren ist Voraussetzung für eine entsprechend positive sozio-kulturelle Akzeptanz. Daneben ist der ländliche Raum geprägt von Eigenengagement und Bereitschaft zur Verantwortlichkeit des einzelnen Bürgers. Der Anteil an Eigenleistungen ist im ländlichen Raum größer als in größeren Siedlungsgebieten.

Entscheidend jedoch auch hinsichtlich der sozialen Akzeptanz und Durchsetzbarkeit eines Abwasserprojektes sind dessen ökonomischen Auswirkungen. Der betroffene Bürger verfolgt das Ziel der minimalen finanziellen Belastung. Oftmals stehen dabei die Investitionskosten im Mittelpunkt des Geschehens. Dies ist auch deshalb der Fall, da speziell für innovative Projekte, wie auch der Sparkanal eines darstellt, die notwendigen Betriebserfahrungen fehlen und somit die laufenden Betriebskosten nur schwer abschätzbar sind.

Aus dem Grunde der deutlich geringeren Investitionskosten, aber auch zufolge der in der Regel geringeren Lebenszykluskosten ist dem Sparkanal im Vergleich zum konventionellen ÖNORM - Kanal ein höherer Zielerreichungsgrad zurechenbar. Außerdem besteht beim Sparkanal verstärkt die Möglichkeit für den Bürger, Eigenleistungen einzubringen. Dieser Anteil an eingebrachten Eigenleistungen kann bis zu 25 % betragen. Für die volkswirtschaftliche Betrachtung sind diese eingebrachten Eigenleistungen als Opportunitätskosten anzusetzen.

Auch bei diesem Kriterium „sozio-kultureller Aspekte“ ist kein 100 %-iges objektives Vorgehen möglich, da entsprechende Vorgaben und allgemein gültige Bestimmungen, die es verpflichtend einzuhalten gilt, fehlen. Daher ist auch bei der Bewertung der sozio-kulturellen Komponente der subjektive Einfluss des für die Durchführung der Variantenuntersuchung Verantwortlichen gegeben.

5.4.1 ÖNORM – Kanal

Die Herleitung und das Ergebnis für den Zielerreichungsgrad für den konventionellen ÖNORM – Kanal hinsichtlich des Kriteriums „Sozio-kulturelle Komponente“ finden sich in der nachfolgenden Tabelle 5.7.

Der Zielerreichungsgrad für den konventionellen ÖNORM – Kanal bezüglich der sozio-kulturellen Akzeptanz beträgt 14 %.

5.4.2 Sparkanal

Die Herleitung und das Ergebnis für den Zielerreichungsgrad für den Sparkanal hinsichtlich des Kriteriums „Sozio-kulturelle Komponente“ finden sich in der nachfolgenden Tabelle 5.7.

Der Zielerreichungsgrad für den Sparkanal bezüglich der sozio-kulturellen Akzeptanz beträgt 21 %.

Sozio-Kulturelles Kriterium		Teil-Zielerreichungs-grad in %		Teilzielge-wichtung
		ÖN-Kanal	Sparkanal	
Anforderungen				[%]
Allgemeine Akzeptanz		10	20	5
Kostengünstig	Investitionskosten	10	25	60
	Betriebskosten	25	10	25
Einbringung von Eigenleistung		10	25	10
gewichteter Zielerreichungsgrad für "Sozio-kulturelles Kriterium" in %		ÖN-Kanal	Sparkanal	
		14	21	

Tabelle 5.7: Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Sozio-kulturelle Komponenten“ für den ÖNORM – Kanal und den Sparkanal.

5.5 Nutzwertanalyse

Die vorab angeführten Kriterien Technologie, Ökologie und die sozio-kulturelle Komponente stellen monetär nicht bewertbare Entscheidungskriterien dar, während die Ökonomie sich auf monetär bewertbare Faktoren beschränkt.

Damit nun diese vier Kriterien gemeinsam in einer Variantenuntersuchung für die zu vergleichenden Varianten behandelt werden können, bedient man sich des Instrumentariums der Nutzwertanalyse.

Die Aufsummation der einzelnen gewichteten Zielerträge je Teilziel ergibt den Gesamtnutzwert. Die Rangfolge der zu untersuchenden Varianten ergibt sich aus der jeweiligen Höhe des Gesamtnutzwertes, ausgedrückt in Punkten.

Über eine Entscheidungsmatrix kann eine Übersicht über die unterschiedlichen Einflüsse und Wirkungen gewonnen werden. Neben den vorab genannten vier Kriterien können je nach Randbedingungen auch noch zusätzliche nicht monetär bewertbare Kriterien in diese Bewertungsmatrix für den Variantenvergleich einfließen wie z.B. kommunalpolitische soziale Auswirkungen.

Im Teilziel „kommunalpolitische Auswirkungen“ sind dann die Folgen auf die Entwicklung in der Kommune bei Anwendung der jeweiligen Variante zu untersuchen. So kann z.B. der Bau langer Sammlerleitungen die Entstehung von Kanaldörfern bewirken. Kleine, dezentrale Anlagen hingegen können zukünftige Bauland-, Industriegebietswidmungen und sonstige wirtschaftliche Entwicklungen begrenzen.

Ein weiteres Beurteilungskriterium für einen umfassende Variantenvergleich stellt die „Rechtliche Situation“ dar, die wiederum in die Unterziele „Konsens“, „Garantien und Haftungen“ und „Förderungen“ unterteilt werden kann.

In der folgenden Tabelle 5.8 ist exemplarisch ein Musterblatt einer Bewertungsmatrix nach STANIA (1996) für einen umfassenden Variantenvergleich mit Hilfe der Nutzwertanalyse dargestellt.

Beurteilungskriterium		Gewichtung	Ist-Zustand und die zu untersuchenden Varianten				
			Ist-Zustand	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4
1. <u>Ökologie</u>	Emissionen						
	Immissionen						
	Störfall						
Summe Ökologie							
2. <u>Grundwasser</u>	Quantität						
	Qualität						
	Störfall						
Summe Grundwasser							
3. <u>Wirtschaftlichkeit</u>	Herstellung						
	Reinvestition						
	Betrieb						
Summe Wirtschaftlichkeit							
4. <u>Technik</u>	Erfahrung						
	Flexibel gegen zukünftige Belastungen						
	Flexibel gegen zukünftige Anforderungen						
Summe Technik							
5. <u>Recht</u>	Konsens						
	Förderung						
	Garantien & Haftung						
Summe Recht							
6. <u>Eigenleistung & Soziales</u>	Herstellung						
	Betrieb						
	soziale Verträglichkeit						
Summe Eigenleistung							
Gewichtete Gesamtsumme							

Tabelle 5.8: Beispiel einer Bewertungsmatrix für den Variantenvergleich in der Nutzwertanalyse nach STANIA (1996).

5.5.1 Nutzwertanalyse mit Gewichtung (a) - Technologie

Die Verteilung der Gewichtung in der Nutzwertanalyse erfolgt anhand der Ergebnisse von Expertenbefragungen (Zivilingenieurbüros, Technische Büros, Fachabteilung FA 19a) sowie unter Heranziehung von Kenngrößen aus der Literatur.

Bei der Gewichtungsverteilung Fall (a) wird die Bedeutung des Entscheidungskriteriums „Technologie“ besonders hervorgehoben durch die hohe Gewichtung mit gesamt ($4 * 10 \% =$) 40 %. Die nächsthöchsten Gewichtungen fallen auf die volkswirtschaftliche Ökonomie mit 25 % und auf die betriebswirtschaftliche Ökonomie mit 15 %.

VARIANTEN- VERGLEICH		ÖNORM	Spar-K.	Gewicht.	ÖNORM	Spar-K.
		Zielerreichungsgrad		(a)	(Zielerr.grad * Gewicht. =) Teilnutzwert	
Kriterien		[%]	[%]	[%]	[Punkte]	[Punkte]
TECHNOL.	Fkt.	91	76	10	9	8
	ND	95	50	10	10	5
	Statik	95	50	10	10	5
	Betrieb	96	59	10	10	6
ÖKONOMIE	VWL	31	60	25	8	15
	BWL	41	76	15	6	11
ÖKOLOGIE	Bau	23	46	6	1	3
	Anlage	31	48	2	1	1
	Betrieb	48	29	8	4	2
SOZIO-K.		14	21	4	1	1
Summe:				100	58	57
					ÖNORM-Kanal	Sparkanal
					Gesamtnutzwert	

Tabelle 5.9: Nutzwertanalyse für die Gewichtungsverteilung Fall (a) mit besonders hoher Gewichtung des Entscheidungskriteriums „Technologie“ als Summe der Teilkriterien „Funktionsfähigkeit (Fkt.)“, „Nutzungsdauer (ND)“, „Statik“ und „Betrieb“.

Zufolge der Nutzwertanalyse bei besonders hoher Gewichtung der Technologie, dargestellt in Tabelle 5.9, sind die Varianten „Sparkanal“ gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 mit einem Gesamtnutzwert von 57 Punkten und „Konventioneller Schmutzwasserkanal“ gemäß ÖNORM B 2503 mit einem Gesamtnutzwert von 58 Punkten (annähernd) gleichwertig.

5.6 Sensitivitätsanalyse

Sensitivitätsanalyse ist der Sammelbegriff für Analysen, mit deren Hilfe Einflüsse einzelner Parameter bzw. Annahmen auf das Gesamtergebnis aufgezeigt werden. In einem auf die Nutzwertanalyse folgenden Arbeitsschritt werden aus der Sensitivitätsanalyse jene Informationen erhalten, ob und wie sich die Änderung bestimmter Eingangswerte wie z.B. Gesetzesänderungen, Preissteigerungen, geänderte Nutzungsdauern, Massenänderungen oder auch die Umgewichtung bestimmter Werte und Ziele auf das Gesamtergebnis auswirkt.

In der Sensitivitätsanalyse darf jedoch immer nur ein Beurteilungsinput gleichzeitig variiert werden, da ansonsten unklar ist, welche Abänderung das Ergebnis verändert.

Die Sensitivitätsanalyse dient auch der Bestimmung desjenigen Projektes, das nicht unbedingt in einem oder in allen Kriterien das Beste ist, sondern welches in einer Reihe von Zielen als einziges gewisse Mindestanforderungen erfüllt. Die letztendlich auszuführende Variante soll in möglichst allen wichtigen Aspekten positive Resultate bzw. in möglichst wenigen Kriterien negative Folgen aufweisen. Erfüllen mehrere Varianten das formulierte Limit, sind die Mindestanforderungen schrittweise so stark anzuheben, bis nur noch ein Projekt übrig bleibt, das allen Kriterien gerecht wird.

Eine Sensitivitätsanalyse für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ist deshalb durchzuführen, damit ersichtlich wird, ob und in welchem Ausmaß sich das Ergebnis der ökonomischen Bewertung ändert.

Durch die getrennte Variation der Eingangsparameter

- Nutzungsdauer ND in [a],
- kalkulatorischer Realzinssatz i_{kalk} in [%],
- Preissteigerungsrate p in [%] und
- Kostenansätze – sowohl für die Investitionskosten in [€/lfm Kanal] als auch für die Betriebskosten in [€/lfm Kanal * a]

wird die Stabilität der Lösung untersucht.

Kritische Werte ergeben sich dann, wenn die ursprünglich kostengünstigste und damit wirtschaftlich beste Alternative bei Veränderung der Eingangsdaten dieselbe Kostenhöhe erzielt wie eine zuvor ungünstigere Alternative.

Darüber hinaus ist eine Sensitivitätsanalyse für die Nutzwertanalyse in der Form anzustellen, dass eine Variation der Gewichtungen der vier Entscheidungskriterien „Technologie“, „Ökonomie“, „Ökologie“ und „sozio-kulturelle Komponenten“ erfolgt.

5.6.1 Nutzwertanalyse mit Gewichtung (b) - Ökonomie

Für die Verteilung der Gewichtung Fall (b) wird die Bedeutung des Entscheidungskriteriums "Technologie" zurückgestuft.

Diese Minderung der Wichtigkeit der Technologie erfolgt gemäß der geltenden Fachmeinung, dass der Sparkanal aufgrund seiner Grundlage in Form des ÖWAV – Regelblattes 25 dem „Stand der Technik“ entspricht. Dies steht auch im Einklang mit der Erfüllung der Forderung des Wasserrechtsgesetzes WRG 1959 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 90/2000 nach „einer Abwasserentsorgung gemäß dem Stand der Technik“ zur Erlangung der wasserrechtlichen Bewilligung (§ 12a WRG).

ÖNORMEN sowie die Regelblätter des ÖWAV sind allgemeine technische oder rechtliche Richtlinien in Form von grundsätzlich unverbindlichen Empfehlungen. Diese technischen Richtlinien besitzen allein keine rechtliche Wirkung, außer wenn sie explizit in Gesetzen und Verordnungen benannt werden. Die ÖNORMEN und Regelblätter des ÖWAV haben jedoch in der Praxis eine große Bedeutung, da sie von der Mehrheit der Fachleute als anerkannte Regeln der Technik (a.R.d.T.) anerkannt werden und den Stand der Technik (S.d.T.) repräsentieren.

Entsprechend dieser Fachmeinung wird die Gewichtung der Technologie von gesamt ($4 * 10 \% =$) 40 % auf ($2 * 9 \% + 2 * 7 \% =$) 32 % reduziert.

Dem volkswirtschaftlichen Kriterium wird entsprechend der Anwendung in der Praxis mit 30 % ein um 5 % größeres Gewicht zugeteilt. Die restlichen drei Prozent werden auf das betriebswirtschaftliche Kriterium und auf die Ökologie in der Betriebsphase aufgeteilt.

Diese Gewichtungsverteilung Fall (b), dargestellt in Tabelle 5.10, bedeutet eine hohe Gewichtung der volkswirtschaftlichen Ökonomie mit 30 %.

Während der Gesamtnutzwert für den konventionellen ÖNORM – Kanal um fünf Punkte von 58 auf 53 Punkte deutlich absinkt, bleibt der Gesamtnutzwert für den Sparkanal konstant bei 57 Punkten.

Der nunmehr verringerte Gesamtnutzwert beim ÖNORM - Kanal ist durch die Minderung der Gewichtung des Kriteriums „Technologie“ - hoher Zielerreichungsgrad des ÖNORM – Kanals hinsichtlich des Kriteriums „Technologie“, zusammengesetzt aus dessen vier Teilzielen, zu erklären.

VARIANTEN- VERGLEICH		ÖNORM	Spar-K.	Gewicht.		ÖNORM	Spar-K.		
		Zielerreichungsgrad		(a)	(b)	(Zielerr.grad * Gewicht. =) Teilnutzwert			
Kriterien		[%]	[%]	[%]	[%]	[P.]	[P.]	[P.]	[P.]
TECHNOL.	Fkt.	91	76	10	9	9	8	8	7
	ND	95	50	10	9	10	9	5	5
	Statik	95	50	10	7	10	7	5	4
	Betrieb	96	59	10	7	10	7	6	4
ÖKONOMIE	VWL	31	60	25	30	8	9	15	18
	BWL	41	76	15	17	6	7	11	13
ÖKOLOGIE	Bau	23	46	6	6	1	1	3	3
	Anlage	31	48	2	2	1	1	1	1
	Betrieb	48	29	8	9	4	4	2	3
SOZIO-K.		14	21	4	4	1	1	1	1
Summe:				100	100	58	53	57	57
						ÖNORM- Kanal	Spar- kanal		
						Gesamtnutzwert			

Tabelle 5.10: Nutzwertanalyse für die Gewichtungsverteilung Fall (b) mit hoher Gewichtung des Entscheidungskriteriums „volkswirtschaftliche Ökonomie“.

5.6.2 Nutzwertanalyse mit Gewichtung (c) – maximale Ökonomie

Als „unterer Grenzwert“ für die Bedeutung des gesamten Kriteriums „Technologie“ wird eine minimale Gewichtung von gesamt 26 % (= 8 % + 8 % + 5 % + 5 % für die vier Teilziele der Technologie) angenommen. Die Gewichtung des volkswirtschaftlichen Kriteriums bleibt bei dem angenommenen Maximum von 30 %. Die Gewichtung des betriebswirtschaftlichen Kriteriums wird auf 20 % erhöht, womit sich eine maximale Gesamtgewichtung von 50 % für die Ökonomie (volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Betrachtung) ergibt.

Bei dieser Variation auf eine maximale Bedeutung der Ökonomie erklärt sich der Rückgang des Gesamtnutzwertes für die Alternative „ÖNORM – Kanal“ auf 50 Punkte durch den weiteren Rückgang der Bedeutung des Kriteriums „Technologie“. Der Gesamtnutzwert der Variante „Sparkanal“ hingegen bleibt wiederum konstant bei 57 Punkten (siehe Tabelle 5.11).

VARIANTEN- VERGLEICH		ÖN	Sp.	Gewicht.			ÖNORM			Spar-K.		
		Zielerreichungsgrad		(a)	(b)	(c)	(Zielerreichungsgrad * Gewichtung =) Teilnutzwert					
Kriterien		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
TECHNOL.	Fkt.	91	76	10	9	8	9	8	7	8	7	6
	ND	95	50	10	9	8	10	9	8	5	5	4
	Statik	95	50	10	7	5	10	7	5	5	4	3
	Betrieb	96	59	10	7	5	10	7	5	6	4	3
ÖKONOMIE	VWL	31	60	25	30	30	8	9	9	15	18	18
	BWL	41	76	15	17	20	6	7	8	11	13	15
ÖKOLOGIE	Bau	23	46	6	6	7	1	1	2	3	3	3
	Anlage	31	48	2	2	3	1	1	1	1	1	1
	Betrieb	48	29	8	9	10	4	4	5	2	3	3
SOZIO-K.		14	21	4	4	4	1	1	1	1	1	1
Summe:				100	100	100	58	53	50	57	57	57
							ÖNORM-Kanal			Sparkanal		
Gesamtnutzwert												

Tabelle 5.11: Nutzwertanalyse für die Gewichtungsverteilung Fall (c) mit minimaler Gewichtung des Entscheidungskriteriums „Technologie“ von gesamt 26 % bei maximaler Gewichtung des Kriteriums „volkswirtschaftliche Ökonomie“ von 30 % und maximaler Gewichtung des Kriteriums „betriebswirtschaftliche Ökonomie“ von 20 % (somit: Summe Ökonomie = 50 %).

In der Tabelle 5.11 ist die Sensitivitätsanalyse der Nutzwertanalyse dargestellt. Bei der Verschiebung der Gewichtung vom technologischen Kriterium hin zur Ökonomie ist ein deutlicher Trend des besseren Abschneidens des Sparkanals im Vergleich zum ÖNORM – Kanal feststellbar.

Trotz dieses eindeutigen Trends bedarf jedes einzelne Projekt der Abwasserkanalisation einer genauen Untersuchung der Eingangsparameter und der maßgeblichen Kriterien samt deren Gewichtungen, da der Unterschied im Gesamtnutzwert nicht deutlich genug ausfällt.

Aufgrund der Unsicherheit der Daten für den Bereich der laufenden Kosten (= Betriebskosten) beim Sparkanal ist die Differenz beim Gesamtnutzwert, ausgedrückt in Punkten, für eine allgemein gültige Präferenz des Sparkanals auch bei hoher Gewichtung der ökonomischen Kriterien nicht aussagekräftig genug.

6 SCHLUSSBETRACHTUNG

Für die Abwasserentsorgung in ländlichen, dünn besiedelten Gebieten besteht eine Vielzahl von Lösungsvarianten. Die Methoden reichen von sehr dezentralen Abwasserentsorgungskonzepten mit einer Vielzahl von kleinen, dezentral situierten Abwasserreinigungsanlagen bis hin zu zentralen Abwasserentsorgungskonzepten, bei denen das anfallende Abwasser mittels Sammelsträngen flächendeckend gesammelt und anschließend in einer oder auch mehreren zentralen Abwasserreinigungsanlagen gereinigt wird.

Die in der vorliegenden Arbeit getätigte Einschränkung auf eine flächendeckende Freispiegelkanalisation zum Zwecke der flächendeckenden Abwasserentsorgung für ländlich strukturierte, dünn besiedelte Gebiete behandelt nur einen kleinen Teil der für ländliches Gebiet anwendbaren Abwasserentsorgungskonzepte. Die Aussagekraft bleibt beschränkt auf die Entscheidung zwischen ÖNORM – Kanal und Sparkanal. Für eine generelle Entscheidungsfindung im ländlichen Raum sind auch alternative Abwasserentsorgungsmethoden in Betracht zu ziehen.

Für das Ziel einer flächendeckenden Abwasserableitung mittels Kanalisationen führt das Abgehen von den Bestimmungen der ÖNORM B 2503 „Konventioneller Schmutzwasserkanal“ hin zu einer Anwendung des ÖWAV – Regelblattes 25 „Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten“ zur technisch realisierbaren, wirtschaftlich sehr vorteilhaften Variante „Sparkanal“ als Abwasserableitung für den ländlichen Raum.

Der Variantenvergleich für diese beiden Alternativen der Abwasserableitung – einerseits „ÖNORM – Kanal“, andererseits „Sparkanal“ gemäß ÖWAV – Regelblatt, beinhaltet die für siedlungswasserwirtschaftliche Projekte üblichen Entscheidungskriterien der technischen Realisierbarkeit, der betriebs- und volkswirtschaftlichen Ökonomie, der Ökologie und die sozio-kulturelle Entscheidungskomponente.

Aufgrund der im Rahmen dieser Variantenuntersuchung durchgeführten Sensitivitätsanalyse für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird deutlich, wie sich Veränderungen der Eingangsparameter bei der Berechnung auf den Projektkostenbarwert auswirken. Dabei werden die Parameter

- Kostenansätze für Investitionen, Reinvestitionen und Betriebskosten,
- Entwicklung der Betriebskosten (= Preissteigerungsrate p),
- Entwicklung des Realzinssatzes (i_{real}) und
- Untersuchungszeitraum (n)

variiert, um die Stabilität des Ergebnisses zu untersuchen.

Zufolge der dynamischen Kostenrechnung nach der Kapitalwertmethode erweist sich die Variante „Sparkanal“ gemäß ÖWAV – Regelblatt 25 aufgrund seiner geringeren Lebenszykluskosten als vorteilhafter im Vergleich zur Variante „Konventioneller Schmutzwasserkanal“ gemäß ÖNORM B 2503

Gemäß den geltenden rechtlichen Rahmenbestimmungen ist zusätzlich zur wirtschaftlichen Betrachtung ein umfassender Variantenvergleich erforderlich, der neben dem Hauptkriterium der volks- und der betriebswirtschaftlichen Betrachtung auch die Berücksichtigung der Technologie und der Ökologie umfasst. Diese gemeinsame Betrachtung monetärer und nichtmonetärer Größen erfolgt anhand einer Nutzwertanalyse in Form einer Bewertungsmatrix.

In der Nutzwertanalyse fließen die vier Entscheidungskriterien

- Technologie,
- Ökonomie, getrennt in eine volkswirtschaftliche und in eine betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise,
- Ökologie und
- sozio-kulturelle Aspekte

über gewichtete Zielerreichungsgrade in diese Bewertungsmatrix ein.

Für die beiden Varianten Sparkanal und ÖNORM – Kanal werden die Zielerreichungsgrade für sämtliche Teilziele ermittelt. Dabei ergibt sich für den ÖNORM – Kanal ein sehr hoher Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Technologie“ und ein hoher Wert für das Teilkriterium „Ökologie in der Betriebsphase“. Der Sparkanal punktet hingegen vor allem beim Kriterium „Ökonomie“ sowohl bei der volkswirtschaftlichen als auch der betriebswirtschaftlichen Komponente.

Bei einer sehr hohen Gewichtung des Kriteriums „Technologie“ und bei einer dadurch bedingten geringeren Gewichtung des Kriteriums „Ökonomie“ ergibt die Nutzwertanalyse eine Gleichwertigkeit der beiden Varianten „Sparkanal“ und „ÖNORM – Kanal“.

Bei der Verschiebung der Gewichtung vom technologischen Kriterium hin zu den ökonomischen Kriterien ist ein deutlicher Trend des besseren Abschneidens des Sparkanals im Vergleich zum ÖNORM – Kanal feststellbar.

Dennoch darf daraus keine generell gültige Präferenz zugunsten des Sparkanals geschlossen werden. Vielmehr bedarf jedes einzelne Projekt der Abwasserkanalisation einer genauen Untersuchung der Eingangsparameter und der maßgeblichen Kriterien samt deren Gewichtungen.

Die Problematik der Variantenvergleiche liegt dabei nicht im rechentechnischen Bereich, sondern in der Variation der Eingangsparametergrößen, in den Streuungen dieser Parameter sowie in der Ergebnissicherheit bzw. Ergebnisstabilität der Variantenuntersuchung.

Kritische Werte ergeben sich dann, wenn die ursprünglich beste Alternative bei Veränderung der Eingangsdaten denselben Gesamtnutzen erzielt wie eine zuvor ungünstigere Alternative.

Beim Sparkanal bedarf es daher speziell für den Bereich der laufenden Kosten noch genauerer Untersuchungen, damit eine allgemein gültige, für die Mehrzahl der als Sparkanäle ausgeführten Abwasserkanalisationen zutreffende Aussage für die Kostenfunktion, der entscheidende Bedeutung in der Variantenuntersuchung zukommt, getroffen werden kann.

7 VERZEICHNISSE

7.1 Literaturverzeichnis

- ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG ATV (Hrsg.) (1994): *Handbuch – Planung der Kanalisation*. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 4. Auflage.
- AMBROS, R. (1996): *Systemtheoretische Kritik am gegenwärtigen Lösungsweg – ein postbürokratisches Gegenkonzept. Teil 1: Anwendung mathematischer Optimierungsmethoden in der Variantenrechnung*. In: Wiener Mitteilungen 1996 Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 130 – Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung.
- BAUER, U. (2001): *Kosten- und Erfolgsrechnung*. Skriptum Technische Universität Graz.
- BOHN, T. (1996): *Neuere Erkenntnis bei Planung, Bau, Ausrüstung und Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen*. Institut für Wasserversorgung, Abwasser- und Abfalltechnik, Darmstadt, Band 91.
- BOHN, T. (1993): *Wirtschaftlichkeit und Kostenplanung von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen*. Hrsg.: DREES, G.: Institut für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart, Expert-Verlag, Böblingen.
- BONSTINGL, J. (2002): *Varianteuntersuchung und Kostenvergleich für den Ortskanal von Lechen*. Diplomarbeit, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Technische Universität Graz.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2001): *Internet-Publikation*: <http://www.abwassertechnik.at> Wien.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2001): *Internet-Publikation*: <http://www.lebensministerium.at/publikationen> Wien, November 2001.
- DAUER, L. (1994): *STEINKA – Stufenentwässerung mit einfachem Kanalbau – ein kostengünstiges Entwurfskonzept für Schmutzwasserentsorgungsnetze im ländlichen Bereich und im Außenbereich von Städten*. In: Korrespondenz Abwasser KA Wasserwirtschaft – Abwasser – Abfall Heft 12/1994, Seite 2196 ff.
- DECKER, J. (1997): *Auswirkungen des Fremdwassers auf die Abwasserableitung*. In: Gewässerschutz Wasser, Abwasser, Band 158, Aachen.
- DEYHLE, A. (1990): *Controller Handbuch - Band III*. 3. Auflage, München.

- DICHTL, N. (1995): *Wirtschaftliche Aspekte der Schlammbehandlung und –beseitigung*. In: Wirtschaftlichkeitsfragen in der Abwasserreinigung. Tagungsband 1995 Institut für Siedlungswasserwirtschaft Universität Karlsruhe. Hrsg.: Hahn, H.
- DIETRICH, M. (2000): *Österreichisches Programm für die Entwicklung des ländlichen Raumes*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- DOHMANN, M.; HAMACHER, R. (1997): *Rechtliche und technische Entwicklungen bei der dezentralen Abwasserentsorgung in Deutschland*. In: Abwasserentsorgung bei fehlenden Vorflutern. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft Technische Universität Graz, Band 26, Graz.
- DOUBEK, C. (2001): *Widmungspraxis für Bauland – Zersiedelung*. Studie für die Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK). Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR).
- ERTL, T.; FESSL, R. (201): *Anforderungen an die Betriebsüberwachung in Österreich*. In: Wiener Mitteilungen Wasser – Abwasser – Gewässer 2001, Band 168 – Kanalbetrieb und Niederschlagsbehandlung, BOKU – Wien.
- ERTL, T., KITZBERGER, J. (1999): *Zustandsbewertung von Kanalisationen – Internationaler Überblick*. In: Wiener Mitteilungen Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 154 – Erfassung, Bewertung und Sanierung von Kanalisationen, BOKU Wien.
- FACHABTEILUNG 19A DES AMTES DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (Hrsg.) (2002): *Merkblatt zur Variantenuntersuchung Version 4.0*, Graz, 2002.
- FACHABTEILUNG FA 19c SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT (2002): *Information*. Graz, Jänner 2002.
- FACHABTEILUNG 19C DES AMTES DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (Hrsg.) (1999): *FA 3b - Info Nr. 17 – Juli 1999*. Graz.
- FEHR, G. (1993): *Abwasserentsorgung im ländlichen Raum*. In: Wasserwirtschaft / Wassertechnik, Hefte 02/93 und 03/93.
- HABERL, R.; ERTL, T. (1996): *Stand und Entwicklung der Abwasserentsorgung in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des ländlichen Raumes*. In: Wiener Mitteilungen Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 130 - Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung.
- HAHN, B. (1996): *Einflussfaktoren und Strategien bei der Implementierung von umweltverträglichen Abwasservermeidungs- und –entsorgungskonzepten in ländlichen Regionen – Endbericht*. St. Pölten.

- HAUSSMANN, R. (1997): *Strategien für die Kanalreinigung*. In: GWA Nr. 158, 30. Essener Tagung, 1997.
- KAINZ, H.; KAUCH, E.-P.; RENNER, H. (2002): *Siedlungswasserbau und Abfallwirtschaft*. 1. Auflage, Manz – Verlag, Wien.
- KITZBERGER, J. (2001): *Qualitätsmarke Rohrleitungsbau*. In: Wiener Mitteilungen 2001, Band 168 – Kanalbetrieb und Niederschlagsbehandlung, BOKU – Wien.
- KRÄMER, S.; SCHOLZ, K. (2002): *Bedarfsorientierte Reinigung von Abwasserkanälen – Grundsätze und Perspektiven*. In Korrespondenz Abwasser KA Heft 04/2002 Seite 453 ff.
- KOSZ, M., BRÖTHALER, J. (1996): *Volkswirtschaftliche und finanzwissenschaftliche Aspekte der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Österreich*. In: Wiener Mitteilungen, Band 130, Seite 45 ff.
- KROISS, H., PRENDL, L. (1996): *Einfluss von Fremdwasser auf Planung und Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen*. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz, Band 18.
- LABUT, C. (1997): *Problem und Lösungsansatz bei fehlenden Vorflutern aus Sicht der Behörde*. In: Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft Technische Universität Graz, Band 26 – Abwasserentsorgung bei fehlenden Vorflutern. Graz
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER LAWA (2001): *Der kostengünstige Umgang mit den Regelwerken*. Schwerin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER LAWA (1998): *Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen*. Bayrisches Staatsministerium, München, 6. Auflage.
- MERGEN, M. (1995): *Kostenrechnung aus Sicht der Kommunen*. In: Wirtschaftlichkeitsfragen in der Abwasserreinigung. Tagungsband 1995 Institut für Siedlungswasserwirtschaft Universität Karlsruhe. Hrsg.: Hahn, H.: München.
- MICHALSKA, A.; PECHER, K.-H. (2000): *Betriebliche und kostenmäßige Auswirkung des Fremdwassers auf die Kanalisation und die Kläranlage*. In: Gewässerschutz Wasser, Abwasser, Band 177, Aachen.
- ORTH, H., KNOLLMANN, J. (1995): *Wirtschaftlichkeit in der Abwasserreinigung unter Berücksichtigung der zeitlichen Komponente*. In: Wirtschaftlichkeitsfragen in der Abwasserreinigung. Tagungsband 1995 Institut für Siedlungswasserwirtschaft Universität Karlsruhe. Hrsg.: Hahn, H.: München.

- RUDOLPH, K.-U. (1990): *Technische Maßnahmen zur Kostensenkung – Möglichkeiten während der Planungsphase*. In: Schriftenreihe Wasser und Umwelt, Band 3, Witten.
- PECHER, K. H. (2002): *Nutzungsdauer und Wirtschaftlichkeit von Abwasserkanälen*. In: Korrespondenz Abwasser KA Heft 05/2002 Seite 618 ff., Erkrath.
- PECHER, K.-H. (2000): *Kostengünstige und wirtschaftliche Kanalnetzplanung – Einflussgrößen auf die Abwassergebühren*. Internet-Publikation, Erkrath, www.kanalbau.com/fachart/3/kanalnetz.htm
- PECHER, K.-H. (1992): *Abwassergebühr - quo vadis?* In: Korrespondenz Abwasser KA Heft 05/92 Seite 648, Erfurth.
- PIPELIFE (2000): *Verlegeanleitung und Werknorm für PVC - Kanalrohrsysteme*. Wiener Neudorf.
- POSCH, A. (1994): *Anforderungen an den idealen Variantenvergleich*. In: Ländlicher Raum – Abwasserentsorgung in der Sackgasse? Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz.
- RABL, N. (1990): *Statische Berechnung von Sparkanälen im ländlichen Bereich*. Diplomarbeit, Technische Universität Graz.
- RENNER, H.; ET AL. (1998): *Siedlungswasserbau 2 – Abwasser- und Abfalltechnik*. 6. Auflage, Manz-Verlag, Wien.
- SAURER, B. (2002) - AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, FACHABTEILUNG 19C SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.): *Die Organisation der Steirischen Wasserwirtschaft*. In: Die Steirische Siedlungswasserwirtschaft. Bericht zu 30 Jahre Förderung des Ausbaues der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Steiermark.
- SAURER, B. (1994): *Prioritäten der Abwasserentsorgung in der Steiermark*. In: Ländlicher Raum: Abwasserentsorgung in der Sackgasse? Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz.
- SAURER, B. (1993): *Flächendeckende Abwasserentsorgung – Lösungsvorschläge*. Hrsg.: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion, Fachabteilung 3a, Wasserwirtschaft. Graz.
- SCHARWÄCHTER, D. (2001): *Zuordnung der europäisch genormten Kunststoffrohre für drucklose Anwendungen an die langjährigen Anforderungen der Praxis*. In: Korrespondenz Abwasser KA Heft 3/2001 Seite 309 ff., Marl.
- SCHLÜTER, U.; KÜGELGEN, B. (1996): *Umweltverträglichkeit abwassertechnischer Einrichtungen und deren Erfassung*. In: Wiener Mitteilungen 1996 Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 130 - Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung.

- SCHOENENBERG, H. (1988): *Kosten der Abwasserbehandlung*. In: Gas- und Wasserfach Heft 04/1988.
- SCHULZE, D. (1994): *Ratgeber für die kommunale Abwasserentsorgung – Mercedes- oder Vernunftlösung*. 1. Auflage, Berlin.
- SCHWALLER, A. (1996): *Niederösterreichisches Modell einer gesamtökologischen Beurteilung von Abwasserentsorgungskonzepten*. In: Wiener Mitteilungen 1996 Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 130 – Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung.
- SEICHT, G. (2001): *Investition und Finanzierung*. Linde Verlag, Wien.
- SEYLER, F. (1993): *Analyse der Beiträge und Gebühren für die Abwasserbeseitigung in Bayern – Stand 1991*. In: Korrespondenz Abwasser KA Heft 04/93 Seite 496.
- SPELLIER, K. (1995): *Abwasserableitung im ländlichen Raum*. In: Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 152, Aachen.
- STANIA, K. (1996): *Entscheidungsfindung*. In: Wiener Mitteilungen 1996 Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 130 – Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung.
- STEINER, J. (2002): *Projektentwicklung bei Abwasserableitungsanlagen unter Berücksichtigung der Umweltförderung des Bundes*. Diplomarbeit, Technische Universität Graz.
- SUETTE, G. (1997): *Versickerung und Verrieselung biologisch gereinigter Abwässer*. In: Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft Technische Universität Graz, Band 26 – Abwasserentsorgung bei fehlenden Vorflutern. Graz.
- WAGNER, W. (2000): *Stellenwert der Nutzungsdauer von Abwasseranlagen unter Kostengesichtspunkten*. In: Korrespondenz Abwasser KA Wasserwirtschaft – Abwasser – Abfall Heft 07/2000, Saarbrücken.
- WENGER, K. AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, FACHABTEILUNG 19C SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2002): *Wasserwirtschaft im ländlichen Raum – Herausforderung für die Gemeinden*. In: Die Steirische Siedlungswasserwirtschaft. Bericht zu 30 Jahre Förderung des Ausbaues der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Steiermark.

Normen und Regelwerke

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 1801-1: Kosten im Hoch- und Tiefbau - Kostengliederung*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.05.1995.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 1801-2: Kosten im Hoch- und Tiefbau – Objektdaten – Objektnutzung*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.06.1997.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 2061 – Preisermittlung für Bauleistungen*. Verfahrensnorm. ÖNORM. Ausgabedatum 01.09.1999.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 2503: Ortskanalanlagen (Straßenkanäle) – Richtlinien für die Ausführung*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.02.1992.

Veraltete Ausgabe weil Ersatz durch ÖNORM B 2503 Ausgabe 01.02.1999.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 2503: Kanalanlagen – Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.02.1999. Entwurf. Ausgabedatum 01.09.2002.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 2503/A1: Ortskanalanlagen (Straßenkanäle) – Richtlinien für die Ausführung (Änderung)*. ÖNORM.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 2504: Schächte für Entwässerungsanlagen*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.05.1978.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 5012-1: Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen im Siedlungs- und Industriebau – Grundlagen*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.09.1990.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM B 5012-2: Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen im Siedlungs- und Industriebau – Lastannahmen, rechnerische Nachweise*. Vornorm. Ausgabedatum 01.07.1995.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und –leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.04.1998.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-1: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 1: Allgemeines und Definitionen*. ÖNORM. Ausgabedatum 01.10.1996.

- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-2: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Anforderungen.* ÖNORM. Ausgabedatum 01.12.1996.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-3: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 3: Planung.* ÖNORM. Ausgabedatum 01.12.1996.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-4: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte.* ÖNORM. Ausgabedatum 01.03.1998.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-5: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Sanierung.* ÖNORM. Ausgabedatum 01.03.1998.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-6: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 6: Pumpanlagen.* ÖNORM. Ausgabedatum 01.09.1998.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 752-7: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 7: Betrieb und Unterhalt.* ÖNORM. Ausgabedatum 1998.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *Europäische Norm ÖNORM EN 1295-1: Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen.* ÖNORM. Ausgabedatum 01.03.1998.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen.* Österreichische ÖNORM. Ausgabedatum 01.07.1998.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): *ÖNORM EN 1917: Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Faserbeton und Stahlbeton.* Entwurf. Ausgabedatum 01.05.2000.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV: *Regelblatt 5 – Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen.* Regelblatt, Wien, 1980.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV: *Regelblatt 9 – Richtlinien für die Anwendung von Entwässerungsverfahren.* Regelblatt, Wien, 1981

- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV: *Regelblatt 11 – Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen*. Regelblatt, Wien, 1982.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV: *Regelblatt 21 – Kanalkataster. 2., vollständig überarbeitete Auflage*. Regelblatt, Wien, 1998.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV: *Regelblatt 22 – Kanalwartung und Kanalerhaltung*. Regelblatt, Wien, 1989.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV: *Regelblatt 25 – Abwasserentsorgung in dünn besiedelten Gebieten*. Regelblatt, Wien, 1992.
- Abwassertechnische Vereinigung ATV (Hrsg.): *Arbeitsblatt ATV-A 110 – Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und –leitungen*. Hennef, 1988.
- Abwassertechnische Vereinigung ATV: *Arbeitsblatt A 138: Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser*. ATV-Regelwerk, St. Augustin, 1990.
- Abwassertechnische Vereinigung ATV (Hrsg.): *Arbeitsblatt ATV-A 147 Teil 1 – Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 1: Betriebsaufgaben und Intervalle*. Hennef, 1993.
- Abwassertechnische Vereinigung ATV (Hrsg.): *Arbeitsblatt ATV-A 200 – Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten*. Ausgabe Mai 1997.
- Wasserrechtsgesetz 1959 WRG* Stammfassung BGBl. Nr. 215/1959 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 90/2000.
- Umweltförderungsgesetz UFG 1993* – Bundesgesetz über die Förderung von Maßnahmen in den Bereichen der Wasserwirtschaft, der Umwelt, der Altlastensanierung und zum Schutz der Umwelt im Ausland. Stammfassung BGBl. Nr. 185/1993 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 142/2000.
- Regelblatt für Vergaben im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft*. Wien, September 1998.
- Technische Richtlinien für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft*. Wien, 1997.
- Steiermärkische Landesregierung (Hrsg.): *Steiermärkisches Kanalgesetz 1988* – über die Ableitung von Wässern im bebauten Gebiet für das Land Steiermark Stammfassung LGBl. Nr. 79/1988 i.d.g.F. LGBl. Nr. 82/1998.

Steiermärkische Landesregierung (Hrsg.): *Steiermärkisches Kanalabgabengesetz 1955* – über die Erhebung von Kanalabgaben durch die Gemeinden des Landes Steiermark Stammfassung LGBl. Nr. 71/1955 i.d.g.F. LGBl. Nr. 80/1988.

Steiermärkische Landesregierung (Hrsg.): *Förderungsrichtlinie 2002* - Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung über Richtlinien für die Durchführung der Förderungen von Maßnahmen der Abwasserentsorgung, Stammfassung LGBl. Nr. 50/2002 i.d.g.F. LGBl. Nr. 74/2002.

Steiermärkische Landesregierung (Hrsg.): *Landesdurchführungsbestimmungen für die Siedlungswasserwirtschaft LSW 2000*, Graz, 2000.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Flächendeckende Abwasserentsorgung durch Kombination aus zentralen und dezentralen Abwasserentsorgungsanlagen.....	2-8
Abbildung 2.2:	Kostenfunktion in Abhängigkeit vom Zentralisationsgrad	2-9
Abbildung 2.3:	Finanzierung der Investitionen der Abwasserentsorgung	2-31
Abbildung 2.4:	Übersicht über die Akteure und ihre Stellung im Diskussions- und Entscheidungsprozess „Abwasserab- leitung im ländlichen Raum“	2-34
Abbildung 2.5:	Beziehungsgeflecht in der Abwasserentsorgung in den drei Phasen Planung, Errichtung und Betrieb	2-35
Abbildung 2.6:	Ablauf eines geförderten Abwasserprojektes vom Auftrag des Förderwerbers bis zum Fördervertrag.....	2-35
Abbildung 3.1:	Übersicht über die Alternativen der Abwasserentsorgung	3-3
Abbildung 3.2:	Wartungs- und Kontrollschacht für den Sparkanal in wasserdichter Ausführung	3-9
Abbildung 3.3:	Wartungs- und Kontrollschacht für den Sparkanal in nicht wasserdichter Ausführung	3-10
Abbildung 3.4:	PVC Serie Hart – Kanalrohrsystem.....	3-10
Abbildung 3.5:	Absturzschacht in wasserdichter Ausführung für den Sparkanal	3-11
Abbildung 3.6:	Einhaltung der technischen Anforderungen hinsichtlich Mindestgefälle, Mindestdurchmesser und Verlegetiefe für Hausanschlussleitung und für Sparkanal.....	3-12
Abbildung 3.7:	Hausanschluss mit freistehender Absturzpfeife für den Sparkanal	3-13
Abbildung 3.8:	Grabenverbau mit Darstellung der verschiedenen Zonen	3-20
Abbildung 3.9:	STEINKA – Sammler-Kontrollrohr	3-23
Abbildung 3.10:	STEINKA – Schmutzwasserpumpstation.....	3-24
Abbildung 3.11:	STEINKA – Grundstücks-Kontrollrohr	3-24

Abbildung 3.12: Beeinflussbarkeit der Kosten in Abhängigkeit vom fortgeschrittenen Stadium des Bauprojektes (Bauphasen)	3-31
Abbildung 3.13: Tätigkeiten der Instandhaltung	3-42
Abbildung 3.14: Verlängerung der Nutzungsdauer von Kanalisationsanlagen durch ordnungsgemäße Wartung	3-46
Abbildung 3.15: Qualitativer Verlauf der jährlichen Reinigungskosten für einen Schmutzwasserkanal DN 300 aus Kunststoff PVC in Abhängigkeit von der Reinigungshäufigkeit	3-49
Abbildung 3.16: Der betriebliche dynamische Optimierungsprozess zur Reinigung von Kanalisationen	3-50
Abbildung 4.1: Teile bzw. Phasen der Abwasserentsorgung	4-4
Abbildung 4.2: Anteil der Abwasserreinigung und Rückstandsbehandlung (mitsamt Klärschlammentsorgung) einerseits und Anteil der Kanalisation andererseits an den Investitionskosten und an den Gebühren.....	4-5
Abbildung 4.3: Kostenwürfel.....	4-6
Abbildung 4.4: Hauptbestandteile der Jahreskosten (= Nutzungskosten) abwassertechnischer Anlagen.....	4-7
Abbildung 4.5: Aufwendungen und Kosten	4-11
Abbildung 4.6: Veranschaulichung von Grundbegriffen für die dynamische Kostenvergleichsrechnung	4-16
Abbildung 4.7: Diskontierungsfaktor für eine einmalige zukünftige Zahlung DFAKE	4-17
Abbildung 4.8: Diskontierungsfaktor für eine zukünftige gleichförmige Zahlungsreihe DFAKR	4-18
Abbildung 4.9: Barwert einer zukünftigen Zahlung Z in Abhängigkeit vom Zahlungszeitpunkt t und dem Zinssatz i_{real}	4-25
Abbildung 4.10: Ausfallsrate von Abwasserkanälen, dargestellt durch die „Badewannenkurve“	4-28
Abbildung 4.11: Kostengliederung im Hoch- und Tiefbau.....	4-32
Abbildung 4.12: Aufbau der Kosten- und Preisermittlung	4-34

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Anzahl der Ortschaften in Österreich nach Größenklassen.....	2-6
Tabelle 2.2:	Stand der Abwasserentsorgung in der Steiermark Ende 2001.....	2-10
Tabelle 2.3:	Maximaler Abwasserpreis in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Monats-Nettoeinkommen eines Vierpersonenhaushaltes	2-2
Tabelle 3.1:	Mindestkanaldurchmesser und Mindestgefälle für Freispiegelkanäle beim Sparkanal.....	3-12
Tabelle 3.2:	Übersicht über die Preise für Kanalrohre aus Kunststoff PVC-U Reihe UD erdverlegt Steifigkeitsklasse SN4	3-16
Tabelle 3.3:	Erforderliche Grabentiefe beim Sparkanal.....	3-17
Tabelle 3.4:	Gegenüberstellung der Schmutzwasserkanalisation gemäß ÖNORM B 2503 „Konventioneller Kanal“ mit dem „Sparkanal“ gemäß ÖWAV – Regelblatt 25.....	3-22
Tabelle 3.5:	Überblick über wesentliche Kosten- und Nutzenkomponenten einer volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse für Maßnahmen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft	3-33
Tabelle 3.6:	Musterblatt für die Bewertung des Kriteriums „Ökologische Verträglichkeit“	3-38
Tabelle 3.7:	Erfüllung der drei konkurrierenden Ziele des Kanalisationsbetriebes bei Einsatz verschiedener Instandhaltungsstrategien.....	3-41
Tabelle 3.8:	Eingangsparameter für die Ermittlung des qualitativen Reinigungskostenverlaufes	3-49
Tabelle 4.1:	Einfluss der Variation des Zinssatzes i_{real} auf die Bedeutung der zukünftigen Folgekosten.....	4-24
Tabelle 4.2:	Durchschnittliche Nutzungsdauer in Jahren von abwassertechnischen Anlagen.....	4-30
Tabelle 4.3:	Nutzungsdauer für Kanalisationsanlagen	4-30

Tabelle 4.4:	Zusammenfassung von Kostenbereichen für den Hoch- und Tiefbau.....	4-31
Tabelle 5.1:	Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Technologie“	5-6
Tabelle 5.2:	Investitionskosten (IK) und Betriebskosten (LK) nach der volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise	5-12
Tabelle 5.3:	Nutzungsdauer und Kostenaufteilung für Kanalisationsbauteile	5-12
Tabelle 5.4:	Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – volkswirtschaftliche Betrachtung“	5-14
Tabelle 5.5:	Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Ökonomie – betriebswirtschaftliche Betrachtung“	5-17
Tabelle 5.6:	Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Ökologie“	5-22
Tabelle 5.7:	Zielerreichungsgrad für das Entscheidungskriterium „Sozio-kulturelle Komponenten“	5-24
Tabelle 5.8:	Beispiel einer Bewertungsmatrix für den Variantenvergleich in der Nutzwertanalyse.....	5-26
Tabelle 5.9:	Nutzwertanalyse für die Gewichtungsverteilung Fall (a) mit besonders hoher Gewichtung des Entscheidungskriterium „Technologie“	5-27
Tabelle 5.10:	Nutzwertanalyse für die Gewichtungsverteilung Fall (b) mit hoher Gewichtung des Entscheidungskriteriums „volkswirtschaftliche Ökonomie“	5-30
Tabelle 5.11:	Nutzwertanalyse für die Gewichtungsverteilung Fall (c) mit minimaler Gewichtung des Entscheidungskriteriums „Technologie“ von gesamt 26 % bei maximaler Gewichtung des Entscheidungskriteriums „volkswirtschaftliche Ökonomie“ von 30 % und maximaler Gewichtung des Kriteriums „betriebswirtschaftliche Ökonomie“ von 20 %	5-31

ANHANG

Volkswirtschaftliche Betrachtung		ÖNORM	DN 250	n = 30 a	i = 2,0 %	p = 0 %		
Betracht.zeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	2	[%]	Zinsfaktor		1,02			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,8203	0,6730	0,6095	0,5521	0,4529			
	DFAKR(i,n)		22,3965					
Preissteig.rate p	0	[%]	Preissteig.faktor		1,00			
	DFAKRP(i,p,n)		22,3965					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	112	[€/m]	0	[€/m]	0,38	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	1.300	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	8	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			313.600	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			32.500	[€]				
5. PW-HA:			8.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:	BW-IK		393.410	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	5.973	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	5.428	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	18.218	[€]				
Summe Barwert RK	BW-RK		29.620	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			23.830	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			538	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			582	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			22.396	[€]	P.-Stunden	Leist.		
			35.834	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
5. PW-HA:	PW		16.125	[€]	200	3		
	Energie		9.339	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
6. PW-DN 2000	PW		7.055	[€]	350	6		
	Energie		11.646	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
7. PW-DN 2500	PW		20.157	[€]	500	12		
	Energie							
Summe Barwert LK	BW-LK		147.503	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					570.533	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für ÖNORM – Kanal DN 250 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 2,0 %, p = 0 %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		ÖNORM	DN 250	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 0 %		
Betracht.zeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteig.rate p	0	[%]	Preissteig.faktor		1,00			
	DFAKRP(i,p,n)		19,6004					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	112	[€m]	0	[€m]	0,38	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€m]	0	[€m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€m]	0	[€m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	1.300	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	8	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			313.600	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			32.500	[€]				
5. PW-HA:			8.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:	BW-IK		393.410	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	5.191	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.717	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	15.833	[€]				
Summe Barwert RK	BW-RK		25.741	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			20.855	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			470	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			510	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			19.600	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		31.361	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		14.112	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		8.173	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		6.174	[€]	350	6		
7. PW-DN 2500	PW		10.192	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		17.640	[€]	500	12		
Summe Barwert LK	BW-LK		129.089	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					548.240	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für ÖNORM – Kanal DN 250 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: $n = 30$ a, $i = 3,0$ %, $p = 0$ %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		ÖNORM	DN 250	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 1,0 %		
Betracht.zeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteig.rate p	1	[%]	Preissteig.faktor		1,01			
	DFAKRP(i,p,n)		22,4576					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	112	[€/m]	0	[€/m]	0,38	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	1.300	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	8	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			313.600	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			32.500	[€]				
5. PW-HA:			8.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:	BW-IK		393.410	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]				
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	Nutzungsdauer für PW	baulich	30	[a]
	masch.	50	5.191	[€]		maschinell	10	[a]
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.717	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	15.833	[€]				
Summe Barwert RK	BW-RK		25.741	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			23.895	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			539	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			584	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			22.458	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		35.932	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		16.169	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		9.365	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		7.074	[€]	350	6		
7. PW-DN 2500	PW		11.678	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		20.212	[€]	500	12		
Summe Barwert LK	BW-LK		147.905	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					567.057	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für ÖNORM – Kanal DN 250 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 3,0 %, p = 1,0 %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		ÖNORM	DN 250	n = 30 a	i = 4,0 %	p = 1,0 %		
Betrachtungszeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	4	[%]	Zinsfaktor		1,04			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,6756	0,4564	0,3751	0,3083	0,2083			
	DFAKR(i,n)		17,2920					
Preissteigerungsrate p	1	[%]	Preissteigerungs-faktor		1,01			
	DFAKRP(i,p,n)		19,6759					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	112	[€/m]	0	[€/m]	0,38	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	1.300	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	8	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			313.600	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			32.500	[€]				
5. PW-HA:			8.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:			BW-IK	393.410	[€]			
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	4.528	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.115	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	13.810	[€]				
Summe Barwert RK			BW-RK	22.452	[€]			
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			20.935	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			472	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			512	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			19.676	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		31.481	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		14.167	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		8.205	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		6.198	[€]	350	6		
7. PW-DN 2500	PW		10.231	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		17.708	[€]	500	12		
Summe Barwert LK			BW-LK	129.586	[€]			
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					545.448	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für ÖNORM – Kanal DN 250 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: $n = 30$ a, $i = 4,0$ %, $p = 1,0$ %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		Sparkanal	DN 200	n = 30 a	i = 2,0 %	p = 0 %		
Betrachtungszeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	2	[%]	Zinsfaktor		1,02			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,8203	0,6730	0,6095	0,5521	0,4529			
	DFAKR(i,n)		22,3965					
Preissteigerungsrate p	0	[%]	Preissteigerungs-faktor		1,00			
	DFAKRP(i,p,n)		22,3965					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	68	[€m]	0	[€m]	0,53	[€m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€m]	0	[€m]	0,20	[€m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€m]	0	[€m]	0,20	[€m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	750	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€m*a]
Pumpwerk HA	20	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			190.400	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			18.750	[€]				
5. PW-HA:			20.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:			BW-IK	268.460	[€]			
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	14.933	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	5.428	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	18.218	[€]				
Summe Barwert RK			BW-RK	38.580	[€]			
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			33.236	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			538	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			582	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			22.396	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		89.586	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		40.314	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		9.339	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		3.527	[€]	350	3		
7. PW-DN 2500	PW		11.646	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		16.797	[€]	500	10		
Summe Barwert LK			BW-LK	227.962	[€]			
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					535.002	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für Sparkanal DN 200 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 2,0 %, p = 0 %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		Sparkanal	DN 200	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 0 %		
Betrachtungszeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteigerungsrate p	0	[%]	Preissteigerungs-faktor		1,00			
	DFAKRP(i,p,n)		19,6004					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	68	[€/m]	0	[€/m]	0,53	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	750	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	20	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			190.400	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			18.750	[€]				
5. PW-HA:			20.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:			268.460	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	12.978	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.717	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	15.833	[€]				
Summe Barwert RK			33.528	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			29.087	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			470	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			510	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			19.600	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		78.402	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		35.281	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		8.173	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		3.087	[€]	350	3		
7. PW-DN 2500	PW		10.192	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		14.700	[€]	500	10		
Summe Barwert LK			199.503	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					501.491	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für Sparkanal DN 200 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 3,0 %, p = 0 %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		Sparkanal	DN 200	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 1,0 %		
Betracht.zeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteig.rate p	1	[%]	Preissteig.faktor		1,01			
	DFAKRP(i,p,n)		22,4576					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	68	[€/m]	0	[€/m]	0,53	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	750	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	20	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			190.400	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			18.750	[€]				
5. PW-HA:			20.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:	BW-IK		268.460	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]				
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]		Nutzungsdauer für PW		
	masch.	50	12.978	[€]		baulich	30	[a]
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]		maschinell	10	[a]
	masch.	50	4.717	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	15.833	[€]				
Summe Barwert RK	BW-RK		33.528	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			33.327	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			539	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			584	[€]		Pumpenergie		
4. HA -Kanal DN 200			22.458	[€]		P.-Stunden	Leist.	
5. PW-HA:	PW		89.830	[€]		[h/PW*a]	[kW]	
	Energie		40.424	[€]		200	3	
6. PW-DN 2000	PW		9.365	[€]		[h/PW*a]	[kW]	
	Energie		3.537	[€]		350	3	
7. PW-DN 2500	PW		11.678	[€]		[h/PW*a]	[kW]	
	Energie		16.843	[€]		500	10	
Summe Barwert LK	BW-LK		228.584	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					530.572	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für Sparkanal DN 200 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 3,0 %, p = 1,0 %.

Volkswirtschaftliche Betrachtung		Sparkanal	DN 200	n = 30 a	i = 4,0 %	p = 1,0 %		
Betrachtungszeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	4	[%]	Zinsfaktor		1,04			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,6756	0,4564	0,3751	0,3083	0,2083			
	DFAKR(i,n)		17,2920					
Preissteigerungsrate p	1	[%]	Preissteigerungs-faktor		1,01			
	DFAKRP(i,p,n)		19,6759					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	68	[€/m]	0	[€/m]	0,53	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	32	[€/m]	0	[€/m]	0,20	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	750	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					1,00	[€/m*a]
Pumpwerk HA	20	[Stk.]	1.000	[€/Stk.]	1.000	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	7.270	[€/Stk.]	7.270	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	24.400	[€/Stk.]	24.400	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			190.400	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.480	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			4.160	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			18.750	[€]				
5. PW-HA:			20.000	[€]				
6. PW-DN 2000			7.270	[€]				
7. PW-DN 2500			24.400	[€]				
Summe Barwert IK:			268.460	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	11.320	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.115	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	13.810	[€]				
Summe Barwert RK			29.244	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			29.199	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			472	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			512	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			19.676	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		78.704	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		35.417	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		8.205	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		3.099	[€]	350	3		
7. PW-DN 2500	PW		10.231	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		14.757	[€]	500	10		
Summe Barwert LK			200.271	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					497.975	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für Sparkanal DN 200 nach volkswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 4,0 %, p = 1,0 %.

Betriebswirt. Betrachtung		ÖNORM	DN 250	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 0 %		
Betrachtungszeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteigerungsrate p	0	[%]	Preissteigerungs-faktor		1,00			
	DFAKRP(i,p,n)		19,6004					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	83	[€/m]	0	[€/m]	0,34	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	26	[€/m]	0	[€/m]	0,18	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,18	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	1.300	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					0,85	[€/m*a]
Pumpwerk HA	8	[Stk.]	850	[€/Stk.]	850	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	6.180	[€/Stk.]	6.180	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	20.740	[€/Stk.]	20.740	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			232.400	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.120	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			3.770	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			32.500	[€]				
5. PW-HA:			6.800	[€]				
6. PW-DN 2000			6.180	[€]				
7. PW-DN 2500			20.740	[€]				
Summe Barwert IK:	BW-IK		305.510	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	2.206	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.010	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	13.458	[€]				
Summe Barwert RK	BW-RK		19.674	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			18.660	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			423	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			459	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			4.165	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		15.680	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		7.056	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		8.173	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		6.174	[€]	350	6		
7. PW-DN 2500	PW		10.192	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		17.640	[€]	500	12		
Summe Barwert LK	BW-LK		88.623	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					413.808	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für ÖNORM – Kanal DN 250 nach betriebswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 3,0 %, p = 0 %.

Betriebswirt. Betrachtung		ÖNORM	DN 250	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 1,0 %		
Betracht.zeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteig.rate p	1	[%]	Preissteig.faktor		1,01			
	DFAKRP(i,p,n)		22,4576					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	83	[€m]	0	[€m]	0,34	[€m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	26	[€m]	0	[€m]	0,18	[€m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	29	[€m]	0	[€m]	0,18	[€m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	1.300	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					0,85	[€m*a]
Pumpwerk HA	8	[Stk.]	850	[€/Stk.]	850	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	6.180	[€/Stk.]	6.180	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	20.740	[€/Stk.]	20.740	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			232.400	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.120	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			3.770	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			32.500	[€]				
5. PW-HA:			6.800	[€]				
6. PW-DN 2000			6.180	[€]				
7. PW-DN 2500			20.740	[€]				
Summe Barwert IK:			BW-IK		305.510	[€]		
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	2.206	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.010	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	13.458	[€]				
Summe Barwert RK			BW-RK		19.674	[€]		
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			21.380	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			485	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			526	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			4.772	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		17.966	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		8.085	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		9.365	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		7.074	[€]	350	6		
7. PW-DN 2500	PW		11.678	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		20.212	[€]	500	12		
Summe Barwert LK			BW-LK		101.542	[€]		
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					426.726	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für ÖNORM – Kanal DN 250 nach betriebswirtschaftlichem Ansatz mit: $n = 30$ a, $i = 3,0$ %, $p = 1,0$ %.

Betriebswirtschaft. Betrachtung		Sparkanal	DN 200	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 0 %		
Betracht.zeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteig.rate p	0	[%]	Preissteig.faktor		1,00			
	DFAKRP(i,p,n)		19,6004					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	45	[€/m]	0	[€/m]	0,47	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	26	[€/m]	0	[€/m]	0,18	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,18	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	750	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					0,85	[€/m*a]
Pumpwerk HA	20	[Stk.]	850	[€/Stk.]	850	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	6.180	[€/Stk.]	6.180	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	20.740	[€/Stk.]	20.740	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			126.000	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.120	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			3.770	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			18.750	[€]				
5. PW-HA:			17.000	[€]				
6. PW-DN 2000			6.180	[€]				
7. PW-DN 2500			20.740	[€]				
Summe Barwert IK:	BW-IK		195.560	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	5.516	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.010	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	13.458	[€]				
Summe Barwert RK	BW-RK		22.984	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			25.794	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			423	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			459	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			4.165	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		39.201	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		17.640	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		8.173	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		3.087	[€]	350	3		
7. PW-DN 2500	PW		10.192	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		14.700	[€]	500	10		
Summe Barwert LK	BW-LK		123.836	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					342.379	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für einen Sparkanal DN 200 nach betriebswirtschaftlichem Ansatz mit: $n = 30$ a, $i = 3,0$ %, $p = 0$ %.

Betriebswirt. Betrachtung		Sparkanal	DN 200	n = 30 a	i = 3,0 %	p = 1,0 %		
Betrachtungszeitraum n	30	[a]						
Realzinssatz i	3	[%]	Zinsfaktor		1,03			
	DFAKE(i,10)	DFAKE(i,20)	DFAKE(i,25)	DFAKE(i,30)	DFAKE(i,40)			
	0,7441	0,5537	0,4776	0,4120	0,3066			
	DFAKR(i,n)		19,6004					
Preissteigerungsrate p	1	[%]	Preissteigerungs-faktor		1,01			
	DFAKRP(i,p,n)		22,4576					
	Menge	Einheit	IK	Einheit	RK	Einheit	LK	Einheit
Freispiegel DN 200	2.800	[m]	45	[€/m]	0	[€/m]	0,47	[€/m*a]
Druckleitung DN 50	120	[m]	26	[€/m]	0	[€/m]	0,18	[€/m*a]
Druckleitung DN 63	130	[m]	29	[€/m]	0	[€/m]	0,18	[€/m*a]
HA-IK	25	[Stk.]	750	[€/Stk.]	0	[€/Stk.]		[€/Stk.]
HA-LK: Kanallänge	40	[m]					0,85	[€/m*a]
Pumpwerk HA	20	[Stk.]	850	[€/Stk.]	850	[€/Stk.]	200	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2000	1	[Stk.]	6.180	[€/Stk.]	6.180	[€/Stk.]	417	[€/Stk.*a]
Pumpwerk DN 2500	1	[Stk.]	20.740	[€/Stk.]	20.740	[€/Stk.]	520	[€/Stk.*a]
Energiekosten							0,15	[€/kWh]
Investitionskosten			Barwert-IK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN200			126.000	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			3.120	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			3.770	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			18.750	[€]				
5. PW-HA:			17.000	[€]				
6. PW-DN 2000			6.180	[€]				
7. PW-DN 2500			20.740	[€]				
Summe Barwert IK:			195.560	[€]				
Reinvestitionskosten			Barwert-RK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			0	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			0	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			0	[€]				
4. HA -Kanal DN 200			0	[€]	Nutzungsdauer für PW			
5. PW-HA:	baulich	50	0	[€]	baulich	30	[a]	
	masch.	50	5.516	[€]	maschinell	10	[a]	
6. PW-DN 2000	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	4.010	[€]				
7. PW-DN 2500	baulich	50	0	[€]				
	masch.	50	13.458	[€]				
Summe Barwert RK			22.984	[€]				
Laufende Kosten			Barwert-LK	Einheit				
1. Kanal: Frei DN 200			29.554	[€]				
2. Kanal: Dru DN50			485	[€]				
3. Kanal: Dru DN63			526	[€]	Pumpenergie			
4. HA -Kanal DN 200			4.772	[€]	P.-Stunden	Leist.		
5. PW-HA:	PW		44.915	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		20.212	[€]	200	3		
6. PW-DN 2000	PW		9.365	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		3.537	[€]	350	3		
7. PW-DN 2500	PW		11.678	[€]	[h/PW*a]	[kW]		
	Energie		16.843	[€]	500	10		
Summe Barwert LK			141.887	[€]				
Projektkostenbarwert PKBW: PKBW = BW-IK + BW-RK + BW-LK					360.430	[€]		

Projektkostenbarwertberechnung für einen Sparkanal DN 200 nach betriebswirtschaftlichem Ansatz mit: n = 30 a, i = 3,0 %, p = 1,0 %.