



**Abwassermaßnahmen
Forschungsvorhaben
„Infrastrukturkanal aus Betonfertigteilen“**

**Der Infrastrukturkanal
Ein innovatives, nachhaltiges Erschließungskonzept
für Städte und Gemeinden**

Abwassermaßnahmen
Forschungsvorhaben
„Infrastrukturkanal aus Betonfertigteilen“

Der Infrastrukturkanal
Ein innovatives, nachhaltiges Erschließungskonzept
für Städte und Gemeinden

„Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrheinwestfalen gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.“

Projektleiter : Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall

Bearbeiter : Prof. Dr.-Ing. frank Fasel
Dipl.-Ing. Falk Ermert
Cand. Dipl.-Ing. Martin Böhm

Dortmund : Dezember 2007

Bau der Versuchsstrecke im Gänsewinkel in Schwerte



Grundsteinlegung Versuchsstrecke in Schwerte Eckhard Uhlenberg MdL NRW, Prof. Armin D. Rogall



Vorwort

Im Rahmen des vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanzierten und von der BetonMarketing West GmbH sowie verschiedener Firmen unterstützten Forschungsprojektes „Infrastrukturkanal aus Betonfertigteilen“ wurde an der Fachhochschule Dortmund durch Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall, Fachgebiet Baukonstruktion und Baustofftechnologie ein nicht begehbare unterirdischer Leitungsgang für den Einsatz in Wohn- und Mischgebieten entwickelt. Das System vereint dabei die Vorteile bisher bekannter begehbare unterirdischer Leitungsgänge mit einem auf die Anforderungen an die Infrastruktursysteme dieser Gebiete abgestimmten Bauwerks-Querschnitt.

Ziel des Forschungsvorhaben ist es, den Ansatz der Nachhaltigkeit auf die Ver- und Entsorgungseinrichtungen von Wohngebieten zu erweitern und einen kostengünstigen Infrastrukturkanal aus leicht herstellbaren Stahlbeton- und Spannbetonfertigteilen zu entwickeln, in dem alle Ver- und Entsorgungsleitungen in einem System zusammengefasst sind. Dabei soll das neue System wirtschaftlich und machbar sein.

Mit dem Entwurf des Infrastrukturkanals aus Betonfertigteilen wurde ein System entwickelt, dass es ermöglicht, alle bei einer Erschließung von Wohngebieten vorkommenden Medien ökonomisch sinnvoll in einem Bauwerk zu bündeln. Ein mehrmaliges Aufreißen und Verschließen des Straßenkörpers, wie es aufgrund der verschiedenen Gewerke wie Abwasserkanal, Trinkwasserleitung, Telekommunikationsleitungen, Stromleitungen und Leitungen der Gasversorgung sowie der Straßenbeleuchtung nötig ist und in der Regel auch noch von unterschiedlichen Netzbetreibern durchgeführt wird, entfällt.

Der hier vorliegende Forschungsbericht entstand in Zusammenarbeit mit Herrn Professor Dr.-Ing. Frank Fasel vom Studiengang Projektmanagement (Bau) an der Fachhochschule Biberach/Riß, Herrn Dipl.-Ing. Gregor Schmidt, FH-Biberach, Herrn Dipl.-Ing. Falk Ermert, FH-Dortmund, der Stadt Schwerte, der Stadtwerke Schwerte, Stadtentwässerung Schwerte GmbH sowie Beton Marketing West GmbH und den Firmen GEKO und Dohrmann. Für die freundliche Unterstützung bei der Prototypenherstellung soll hier den Firmen Caspar Hessel, Estelit und Doyma. Genauso möchte ich den Mitarbeitern von Stadtentwässerungsbetrieben, Tiefbauämtern und Versorgungsunternehmen der einzelnen Kommunen danken, die durch die Bereitstellung von Kennzahlen einen Vergleich der herkömmlichen Systeme und dem Infrastrukturkanal erst ermöglichten.

Dieses Werk schließt die Forschungsarbeiten am Infrastrukturkanal, einem nicht begehbaren Leitungsgang zur Erschließung von kleineren Wohngebieten mit dem Bau der Versuchstrecke im Gänsewinkel in Schwerte ab.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	1
INHALTSVERZEICHNIS	2
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	8
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	10
1 EINFÜHRUNG	12
2 BEGRIFFE DER VER – UND ENTSORGUNGSSYSTEME BEI DER ERSCHLIEßUNG	14
2.1 Erschließung.....	14
2.2 Konventionelles Erschließungssystem.....	15
2.2.1 Systemkomponenten.....	15
2.2.1.1 Wasserentsorgungsnetze.....	15
2.2.1.2 Wasserversorgungsnetze.....	16
2.2.1.3 Gasversorgungsnetze, Fernwärme.....	17
2.2.1.4 Stromversorgungsnetze.....	18
2.2.1.5 Telekommunikationsnetze.....	19
2.2.2 Gesamtaufbau der einzelnen Komponenten.....	20
2.2.3 Ablauf bei der Erschließung mit dem konventionellem System.....	21
2.3 Nicht begehbbarer Infrastrukturkanal.....	22
2.3.1 Definition.....	22
2.3.2 Systemkomponenten.....	23
2.3.2.1 Vorbemerkung.....	23
2.3.2.2 Betonträger.....	23
2.3.2.3 Maxischacht.....	24
2.3.2.4 Minischacht, Hausanschlussbox.....	25
2.3.2.5 Anschlüsse.....	26
2.3.3 Ablauf bei der Erschließung mit dem Infrastrukturkanalsystem.....	28
2.4 Zusammenfassung.....	29
3 SITUATION DER KOMMUNEN IM BETRIEB DER KANALNETZE	31
3.1 Überalterung der Netze.....	31
3.2 Schäden der Kanalisation.....	32

3.3	Wartungsmethoden und Wartungsturnus.....	33
3.4	Notwendigkeit der Sanierung.....	35
3.5	Strategien zur Kanalnetzverbesserung.....	37
3.6	Investitionsbedarf der Kommunen.....	38
3.7	Zusammenfassung.....	39
4	DARSTELLUNG DER UNTERNEHMENSFORMEN INNERHALB DER KOMMUNEN.....	40
4.1	Die Abwasserentsorgung.....	40
4.2	Der Strommarkt.....	41
4.3	Der Gasmarkt.....	43
4.4	Die Trinkwassermarkt.....	44
4.5	Telekommunikation.....	45
4.6	Zusammenfassung.....	46
5	EMPIRISCHE ERHEBUNG.....	48
5.1	Ziel der Erhebung.....	48
5.2	Vorgehensweise.....	48
5.3	Aufbereitung der Ergebnisse.....	49
6	KOSTEN DER KOMMUNEN BEI DER ABWASSERENTSORGUNG.....	50
6.1	Kostenstruktur.....	50
6.2	Einnahmen durch Abwassergebühren.....	51
6.3	Konventionelle Erschließung.....	53
6.3.1	Investitionskosten.....	53
6.3.2	Betriebskosten.....	54
6.3.3	Sanierungskosten.....	57
6.4	Nicht begehbare Infrastrukturkanal.....	58
6.4.1	Investitionskosten.....	58
6.4.2	Zu erwartende Betriebskosten.....	58
6.4.3	Sanierungskosten.....	61
6.5	Zusammenfassung.....	62
7	KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG NACH LAWA.....	63
7.1	Projektdefinition.....	63
7.2	Beschreibung der Projektalternativen.....	63

7.3 Eignung der Kostenvergleichsrechnung.....	63
7.4 Kostenermittlung.....	63
7.5 Finanzmathematische Aufbereitung.....	65
7.5.1 Kalkulationsparameter.....	65
7.5.2 Durchführung der Kostenumrechnung.....	65
7.5.2.1 Projektkostenbarwerte.....	68
7.5.2.2 Jahreskosten.....	69
7.5.2.3 Sanierungskosten.....	70
7.6 Kostengegenüberstellung.....	71
7.7 Empfindlichkeitsprüfung Zinssatz.....	71
7.8 Gesamtbeurteilung.....	73
7.9 Vergleich der Alternativen unter geänderten Parametern.....	74
7.9.1 Änderung der Nutzungsdauern.....	74
7.9.2 Änderung der Investitionskosten.....	79
7.10 Zusammenfassung.....	81
8 KOSTEN DER VERSORGER.....	83
8.1 Kosten bei der konventionellen Erschließung.....	83
8.1.1 Investitionskosten.....	83
8.1.2 Erneuerungskosten.....	84
8.2 Kosten beim Infrastrukturkanal.....	84
8.2.1 Vorbemerkung.....	84
8.2.2 Investitionskosten.....	84
8.2.3 Erneuerungskosten.....	86
8.2.3.1 Trinkwasser.....	86
8.2.3.2 Gasversorgung.....	86
8.2.3.3 Stromversorgung.....	87
8.2.3.4 Telekommunikation.....	87
8.3 Kostenvergleichsrechnung nach LAWA.....	88
8.3.1 Trinkwasser.....	88
8.3.2 Gasversorgung.....	89
8.3.3 Stromversorgung.....	90
8.3.4 Telekommunikation.....	91
8.4 Zusammenfassung.....	92
9 ERLÖSE DER KOMMUNEN DURCH VERMIETUNG DER RÖHREN.....	93
10 RESÜMEE.....	95
11 LITERATURVERZEICHNIS.....	97

ANLAGEN.....100

Abbildungsverzeichnis

DECKBLATT

3D- Ansicht des Infrastrukturkanals, Quelle: FH- Bochum

1 EINFÜHRUNG

2 BEGRIFFE DER VER – UND ENTSORGUNGSSYSTEME BEI DER ERSCHLIEßUNG

Abb. 2.1	vereinfachte Darstellung der einzelnen Sparten.....	20
Abb. 2.2	Aufbau und Abdichtung des Systems, Quelle: Dipl.-Ing. F. Ermert.....	27
Abb. 2.3	Sicht ins innere des Schachtes, mit Sparten, Quelle: Dipl.-Ing. F. Ermert.....	27
Abb. 2.4	Mehrspartenhouseinführung, Quelle: Präsentation des Infrastrukturkanals auf den Ulmer Betontagen 2005 von Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall und Dipl.-Ing. Falk Ermert.....	28

3 SITUATION DER KOMMUNEN IM BETRIEB DER KANALNETZE

Abb. 3.1	Altersverteilung der Kanäle im Jahr 2001, nach ATV-DVWK Umfrage.....	31
Abb. 3.2	Prozentuale Verteilung der Zustandsklassen innerhalb der untersuchten Kanalnetze, nach ATV-DVWK Umfrage.....	36
Abb. 3.3	eingesetzte Sanierungsverfahren der Kommunen, laut ATV-DVWK Umfrage.....	38

4 DARSTELLUNG DER UNTERNEHMENSFORMEN INNERHALB DER KOMMUNEN

Abb. 4.1	Unternehmensformen in der der Abwasserentsorgung nach angeschlossenen Einwohnern, gemäß Marktdaten 2003 von BGW und ATV-DVWK.....	40
Abb. 4.2	Unternehmensformen in der der Abwasserentsorgung nach Anzahl der Betriebe, gemäß Marktdaten 2003 von BGW und ATV-DVWK.....	40
Abb. 4.3	Verteilung der Stromanbieter in Deutschland, Internet: Knell [Energemarkt]..	42
Abb. 4.4	Unternehmensformen der kommunalen Versorgungsunternehmen, Internet: Knell [Energemarkt].....	42
Abb. 4.5	Gesamtstruktur des deutschen Gasmarktes, Internet: Knell [Energemarkt]....	43
Abb. 4.6.	Konzernstruktur Stadtwerke Augsburg, eigene Darstellung.....	47

5 EMPIRISCHE ERHEBUNG

6 KOSTEN DER KOMMUNEN BEI DER ABWASSERENTSORGUNG

Abb. 6.1	Kostenstruktur der Abwasserentsorgung 2002 nach BGW und ATV-DVWK...	52
Abb. 6.2	Niederschlagsverteilung in Deutschland.....	54

7 KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG NACH LAWA

Abb. 7.1	Zeitstrahl: Investitionskosten konventionelle Erschließung, eigene Darstellung.....	68
Abb. 7.2	Zeitstrahl: Jahreskosten konventionelle Erschließung, eigene Darstellung..	68
Abb. 7.3	Zeitstrahl: Sanierungskosten konventionelle Erschließung, eigene Darstellung.....	69
Abb. 7.4	Zeitstrahl: Investitionskosten Infrastrukturkanal, eigene Darstellung.....	69
Abb. 7.5	Zeitstrahl: Jahreskosten Infrastrukturkanal, eigene Darstellung.....	69
Abb. 7.6	Zeitstrahl: Sanierungskosten Infrastrukturkanal, eigene Darstellung.....	69

Abb. 7.7	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;70), eigene Darstellung.....	75
Abb. 7.8	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;75), eigene Darstellung.....	77
Abb. 7.9	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;50),(3;75), eigene Darstellung.....	78
Abb. 7.10	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;50),(3;60), eigene Darstellung.....	79
Abb. 7.11	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;60), eigene Darstellung.....	80
Abb. 7.12	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;70) bei neu berechneten IK, eigene Darstellung.....	82
Abb. 7.13	zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;60) bei neu berechneten IK, eigene Darstellung.....	83

8 KOSTEN DER VERSORGER

Abb. 8.1	Projektkostenbarwerte (3;50),(3;60) der Trinkwasserleitungen, eigene Darstellung.....	90
Abb. 8.2	Investitionskostenbarwerte (3;25),(3;30) der Gasleitungen, eigene Darstellung.....	91
Abb. 8.3	Investitionskostenbarwerte (3;30),(3;35) der Stromleitungen, eigene Darstellung.....	92
Abb. 8.4	Investitionskostenbarwerte (3;20),(3;25) der Telekommunikationsleitungen, eigene Darstellung.....	93

9 ERLÖSE DER KOMMUNEN DURCH VERMIETUNG DER RÖHREN

10 RESÜMEE

11 LITERATURVERZEICHNIS

ANLAGE

Anlage 1	Betonträger, Quelle: FH- Bochum.....	103
Anlage 2	Maxischacht, Anfangsschacht, Quelle: FH- Bochum.....	104
Anlage 3	Maxischacht, Kreuzungsschacht, Quelle: FH- Bochum.....	106
Anlage 4	Minischacht, mit einseitigem Anschluss, Quelle: FH- Bochum.....	108
Anlage 5	Minischacht, mit zweiseitigem Anschluss, Quelle: FH- Bochum.....	110
Anlage 6	Hausanschlussbox, Quelle: FH- Bochum.....	112
Anlage 7	Gesamtaufbau Infrastrukturkanal, Quelle: FH- Dortmund.....	114
Anlage 8	Anschlüsse, Minischacht - HA- Box - Hauswand, Quelle: FH-Dortmund.....	115
Anlage 9	Anschluss Betonfertigteil, Quelle: FH- Dortmund.....	116

Tabellenverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	
2	BEGRIFFE DER VER – UND ENTSORGUNGSSYSTEME BEI DER ERSCHLIEßUNG	
3	SITUATION DER KOMMUNEN IM BETRIEB DER KANALNETZE	
4	DARSTELLUNG DER UNTERNEHMENSFORMEN INNERHALB DER KOMMUNEN	
5	EMPIRISCHE ERHEBUNG	
6	KOSTEN DER KOMMUNEN BEI DER ABWASSERENTSORGUNG	
Tab. 6.1	Umfrage Abwassergebühren, eigene Darstellung.....	53
Tab. 6.2	Niederschlagswerte ausgesuchter Städte, eigene Darstellung.....	54
Tab. 6.3	Neubaukosten konventioneller Kanal, aus Umfrage, eigene Darstellung.....	55
Tab. 6.4	Betriebskosten konventioneller Kanal, aus Umfrage, eigene Darstellung.....	56
Tab. 6.5	Sanierungskosten konventioneller Kanal, aus Umfrage, eigene Darstellung.....	59
7	KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG NACH LAWA	
8	KOSTEN DER VERSORGER	
Tab. 8.1	Investitionskosten für Versorgungsleitungen der konventionellen Erschließung, aus Umfrage, eigene Darstellung.....	85
Tab. 8.2	Erneuerungskosten für Versorgungsleitungen der konventionellen Erschließung, aus Umfrage, eigene Darstellung.....	86
Tab. 8.3	Investitionskosten der Versorgungsleitungen beim Infrastrukturkanal, nach Kalkulation DEW, eigene Darstellung.....	87
Tab. 8.4	Anteil Tiefbaukosten an den Investitionskosten der Versorgungsleitungen beim Infrastrukturkanal, nach Kalkulation DEW, eigene Darstellung.....	87
Tab. 8.5	Kalkulation Erneuerungskosten Trinkwasserleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von F. Fasel, eigene Darstellung.....	88
Tab. 8.6	Kalkulation der Erneuerungskosten Gasleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von F. Fasel, eigene Darstellung.....	88
Tab. 8.7	Kalkulation der Erneuerungskosten Stromleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von F. Fasel, eigene Darstellung.....	89
Tab. 8.8	Kalkulation der Erneuerungskosten Telekommunikationsleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von F. Fasel, eigene Darstellung.....	89
9	ERLÖSE DER KOMMUNEN DURCH VERMIETUNG DER RÖHREN	
10	RESÜMEE	
11	LITERATURVERZEICHNIS	

Grundlagen

Anlage 10	Berechnung Projektkostenbarwerte (3;60),(3;70), Entsorgung, eigene Darstellung.....	117
Anlage 11	Berechnung Projektkostenbarwerte (2;60),(2;70), Entsorgung, eigene Darstellung.....	119
Anlage 12	Berechnung Projektkostenbarwerte (5;60),(5;70), Entsorgung, eigene Darstellung.....	121
Anlage 13	Berechnung Projektkostenbarwerte (3;60),(3;75), Entsorgung, eigene Darstellung.....	123
Anlage 14	Berechnung Projektkostenbarwerte (3;50),(3;75), Entsorgung, eigene Darstellung.....	125
Anlage 15	Berechnung Projektkostenbarwerte (3;50),(3;60), Entsorgung, eigene Darstellung.....	127
Anlage 16	Berechnung Projektkostenbarwerte (3;60),(3;60), Entsorgung, eigene Darstellung.....	129
Anlage 16	Berechnung Projektkostenbarwerte Neu (3;60),(3;70), Entsorgung, eigene Darstellung.....	131
Anlage 17	Berechnung Projektkostenbarwerte Neu (3;60),(3;60), Entsorgung, eigene Darstellung.....	133
Anlage 18	Berechnung Investitionskostenbarwerte (3;50),(3;60), Trinkwasser, eigene Darstellung.....	135
Anlage 19	Berechnung Investitionskostenbarwerte (3;25),(3;30), Gas, eigene Darstellung.....	136
Anlage 20	Berechnung Investitionskostenbarwerte (3;30),(3;35), Strom, eigene Darstellung.....	137
Anlage 22	Berechnung Investitionskostenbarwerte (3;20),(3;25), Telekommunikation, eigene Darstellung.....	138

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
AöR	Anstalt des öffentlichen Rechts
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
bar	Bar
BauGB	Baugesetzbuch
BauO	Bauordnung
d	Tag
DEW	Dortmunder Energie und Wasser
DFAKE	D iskontierungs F Aktor für eine E inzelzahlung
DFAKR	D iskontierungs F Aktor für gleichförmige Kosten R eihen
DN	Nenn- Durchmesser
E/ha	Einwohner pro Hektar
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EW	Einwohner
pH- Wert	pondus Hydrogenii - Wert
ff.	Ferner folgend
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ha	Hektar
HA- Box	Hausanschlussbox
HD	Hochdruck
i	Zinssatz
IK	Investitionskosten

IKBW	Investitionskostenbarwert
l	Liter
KVR	Kostenvergleichsrechnung
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LBO	Landesbauordnung
LK	laufende Kosten
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
mbar	Millibar
MD	Mitteldruck
mm	Millimeter
n	Betrachtungszeitraum
ND	Niederdruck
NRW	Nordrhein- Westfalen
p.a.	pro Jahr
PE	Polyethylen
PVC	Polyvinylchlorid
SK	Sanierungskosten
Tab.	Tabelle
TK	Telekommunikation
vH	von Hundert (Prozent)
VPE	vernetztes Polyethylen

1 EINFÜHRUNG

Nachhaltig Bauen!

Laut Definition des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen bedeutet dies:

„Nachhaltiges Bauen strebt für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden - von der Planung, der Erstellung über die Nutzung und Erneuerung bis zum Rückbau – eine Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen sowie eine möglichst geringe Belastung des Naturhaushalts an.“¹

Wie der Leitfaden aussagt, soll der Verbrauch von Energie und Ressourcen möglichst gering gehalten werden. Zu den Ressourcen sind auch die Kosten zu zählen. Kosten entstehen bei der Planung, bei der Herstellung und in weitaus größerem Maße beim Betreiben von Gebäuden und Bauwerken. Aus dieser Feststellung lässt sich ableiten, dass die Nachhaltigkeit durch die genaue Auswahl von Techniken und Materialien in der Planung, und durch die Einsparung von Kosten im Betrieb, ihren Vollzug findet.

Ziel des Forschungsvorhabens soll auch die Untersuchung der Kostenbilanzen der Kommunen in der Herstellung und im Betrieb der unterschiedlichen Erschließungsformen sein. Dabei sind vor Allem die Ausgaben und zu einem gewissen Teil auch die Einnahmen der Kommunen berücksichtigt.

Zur Untersuchung steht auf der einen Seite die Erschließung auf die bisher gebräuchliche konventionelle Weise wie man sie bei jedem Neubaugebiet vorfindet. Auf der anderen Seite soll das neu entwickelte System - der nicht begehbare Infrastrukturkanal - auf seine Wirtschaftlichkeit für die Kommunen analysiert werden.

Desweiteren ist im Forschungsvorhaben untersucht worden, wie sich die geringen, höheren Investitionskosten der Kommunen für den Infrastrukturkanal gegenüber den Ausgaben im Betrieb darstellen und ob sich das neue System somit als eine adäquate Alternative in Bezug auf Ressourcen und Kosten im Gegensatz zur konventionellen Erschließung präsentiert.

Hierzu wurde eine Umfrage bei den Kommunen und den regionalen Versorgungsunternehmen über Kosten, die beim Neubau und beim Unterhalt von Ver- und Entsorgungsnetzen entstehen, innerhalb der Diplomarbeit von Gregor Schmidt durchgeführt. Diese Kosten der bisher gebräuchlichen Erschließung werden mit den Kosten des nicht begehbaren Infrastrukturkanals mittels passender Instrumentarien auf ihre monetären Abweichungen hin verglichen. Darüber hinaus sollen mögliche Einnahmequellen für die Kommunen wie zum Beispiel die Vermietung einzelner Infrastrukturkanalröhren an Versorgungsunternehmen ermittelt werden.²

In diesem Forschungsbericht werden nur die Kosten untersucht, die in der Erschließung von Neubaugebieten entstehen. Dies hat den Grund, dass der Infrastrukturkanal in der ersten Forschungsphase nur für die Erschließung von

¹ Siehe Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2001 S.1

² Quelle Diplomarbeit Gregor Schmidt, FH-Biberach

Neubaugebieten entwickelt wurde (Durchmesser der Röhren) und in einem Pilotprojekt in Schwerte erstmalig zum Einsatz kommt.

In einer abschließenden Zusammenfassung wird die gesamte Forschungsarbeit noch einmal kurz und prägnant aufgearbeitet, und ein Ausblick auf die mögliche weitere Forschungsvorhaben in diesem Themengebiet geworfen.

2 BEGRIFFE DER VER- UND ENTSORGUNGS-SYSTEME

2.1 ERSCHLIEßUNG

Grundvoraussetzung für Bauland, unerheblich welcher Kategorie, ist die Tatsache, dass das zuvor als Bauerwartungsland ausgewiesene Areal erschlossen wird. Hierbei wird zwischen der technischen Erschließung, sowie der Erschließung für den Straßenverkehr unterschieden. Die Erschließungslast liegt in der Regel bei der für das Bauland zuständigen Kommune³.

Unter der technischen Erschließung versteht man die notwendigen Anschlüsse an das Ver- und Entsorgungsnetz zur Nutzbarkeit eines Grundstückes. Diese beinhalten auf der Entsorgungsseite den Anschluss an das Abwasserkanalnetz und auf der Versorgungsseite die Anbindung an das Trinkwasser-, Gas- und Stromnetz.

Die Erschließung für den Straßenverkehr beinhaltet sämtliche Einrichtungen, die zum Befahren oder zur Verbesserung der Wohnlichkeit eines Neubaugebietes dienen. Hierzu zählen neben Straßen, auch Gehwege, Plätze, Parkflächen, Grünanlagen und Anlagen zum Schutz gegen schädliche Umwelteinwirkungen⁴, wie z.B. Lärmschutzanlagen (Lärmwall).

Die Kosten für die straßenmäßige Erschließung von Baugebieten, inklusive der Entwässerung und der Beleuchtung der oben aufgeführten Einrichtungen, werden in der Regel zu 90% auf die Grundstückseigentümer, entsprechend der Grundstücksgröße und der Nutzung, umgelegt. Die Gemeinde hat mindestens 10% der anfallenden Kosten zu tragen⁵. Da der Kommune außer den 10%, keine weiteren finanziellen Belastungen entstehen, gilt die Erhebung von Erschließungsbeiträgen durch die Gemeinde, als Folgekosten für die Grundstückseigentümer, als nicht zulässig.⁶

Im Gegensatz zur straßenmäßigen Erschließung, kommen auf den Nutzer der Anlagen der technischen Erschließung regelmäßige Beiträge zu. Diese Beiträge werden nicht durch das BauGB, sondern durch die Satzungen der Kommunen innerhalb des Kommunalabgabengesetzes der einzelnen Bundesländer geregelt. Hierunter fallen folgende Beiträge:

- Entwässerungsbeitrag
- Wasserversorgungsbeitrag
- Baukostenzuschüsse der Versorgungsbetriebe

Beim Entwässerungs- und Wasserversorgungsbeitrag handelt es sich um einen Vorteilsbeitrag zum Ausgleich der Nutzbarkeit des Grundstückes, der an die Gemeinde zu entrichten ist. Für Strom und Gas werden natürlich auch die gängigen Gebühren der Versorgungsbetriebe umgelegt und erhoben.

³ Es wird auf § 123 (1) BauGB verwiesen

⁴ Bezieht sich auf § 127 (2) BauGB

⁵ Siehe § 129 (1) BauGB

⁶ Vgl. Müller [Erschließung] 1981 S.18

Zusätzlich wird aber ein Baukostenzuschuss für den tatsächlichen Anschluss an das Versorgungsnetz gefordert⁷.

2.2 KONVENTIONELLES ERSCHLIEßUNGSSYSTEM

2.2.1 Systemkomponenten

2.2.1.1 Wasserentsorgungsnetze

Die Wasserentsorgung von Schmutzwasser und Niederschlagswasser, allgemein als Grundstücksentwässerung bezeichnet, ist beim Neubau von Ortsentwässerungen heutzutage nur noch als vollkommene Entwässerung zulässig. Dies bedeutet, dass das Schmutzwasser aus dem häuslichen, gewerblichen oder auch industriellen Gebrauch, sowie das auf Gebäudeoberflächen (Dach), oder in Gebäudenähe (Drainagen) anfallende Regenwasser, vollständig und permanent abgeführt werden muss⁸. Hierzu kommt das durch die Entwässerung der versiegelten, straßenmäßigen Erschließung anfallende Oberflächenwasser. Je nach Gemeinde kann eine Versickerung für das auf dem Grundstück anfallende Regenwasser gefordert werden.

Das gesamte anfallende Wasser wird durch die Kanalisation (technische Erschließung) abgeleitet. Fachlich ist hierbei zwischen dem Kanal, der in der Straße verlegten Kanalisation, und den Leitungen, der auf dem Grundstück und im Haus verlegten Kanalisation, zu unterscheiden.

Der Verlauf von Schmutzwasser vom anfallenden Punkt bis zur Kläranlage zeigt sich folgendermaßen:

Über die Leitungen im Haus gelangt das Abwasser durch den Übergabepunkt (wasser- und gasdichte Wanddurchführung) in den Abwasserhausanschluss, und von dort in das öffentliche Netz. Der Hausanschluss bezeichnet die Verbindungsleitung zwischen dem Revisionsschacht auf dem Grundstück und dem öffentlichem Kanal⁹. Über die Ortskanalisation gelangt das Abwasser entweder im Mischverfahren - Abwasser und Regenwasser werden in einem gemeinsamen Kanal geführt - oder im Trennverfahren - hierbei wird Abwasser und Regenwasser in getrennten Kanälen abgeleitet - in die an das Kanalnetz angeschlossene Kläranlage¹⁰. Beim Trennverfahren ergibt sich der Vorteil, dass das Regenwasser direkt in einen Vorfluter (Fluss, Bach, See,...) geleitet werden kann, da die beim Schmutzwasser notwendige Reinigung von Schmutzstoffen, im Klärwerk entfällt. Man spricht bei dem Kanalnetz eines Neubaugebietes von Nebensammlern, die an die Hauptsammler anschließen, welche für den weiteren Transport des Abwassers und des Regenwassers in die Kläranlage verantwortlich sind.

⁷ Müller [Erschließung] 1981 S.48 - 49

⁸ Siehe Hosang / Bischof [Abwassertechnik] 1989 S.42

⁹ Gemäß Olshausen [VDI-Lexikon] 1991 S.268

¹⁰ Vgl. Olshausen [VDI-Lexikon] 1991 S.305

Die Dimensionierung der Nebensammler richtet sich zum einen nach der Größe des Neubaugebietes und des sich daraus anfallenden Schmutzwassers, berechnet aus dem Trinkwasserverbrauch. Zum anderen wird die angesammelte Regenwassermenge - ermittelt aus der Häufigkeit des Berechnungsregens - der Dimensionierung zu Grunde gelegt. Üblicherweise reichen für die Neubaugebiete Nennweiten mit DN 250–300 beim Mischverfahren und DN 200 (Schmutzwasser), sowie DN 250–300 (Regenwasser) beim Trennverfahren aus. Komplettiert wird die technische Erschließung im Abwasserbereich durch Revisionsschächte in einem Abstand von jeweils 50 Metern und Straßeneinläufen zur Oberflächenentwässerung der Straßen alle 30 Meter¹¹. Dies dient einerseits der Möglichkeit für Arbeiten am Kanal und zum anderen zur vollständigen Entwässerung der versiegelten Oberfläche. Die Bauordnungen der einzelnen Bundesländer äußern sich dazu verschieden.

Die Bauordnung von Nordrhein- Westfalen zum Beispiel sagt aus, dass Abwasseranlagen so herzustellen sind, dass sie betriebssicher sind und Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen können. Außerdem sind Abwasserleitungen, soweit erforderlich, zum Reinigen einzurichten¹². Die Landesbauordnung Baden- Württemberg drückt sich mit der Aussage, dass bauliche Anlagen nur errichtet werden dürfen, wenn die einwandfreie Beseitigung des Abwassers und des Niederschlagswassers dauernd gesichert ist, sogar noch deutlicher aus¹³.

2.2.1.2 Wasserversorgungsnetze

Als weiterer Bestandteil der technischen Erschließung zählt die Versorgung mit Frischwasser zum Trinken, Kochen, Waschen, Reinigen, Gießen, usw., dass im Weiteren auch als Trinkwasser bezeichnet wird.

Trinkwasser fällt in Deutschland unter das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz. Aus diesem Grund sind nur einwandfreie und die Gesundheit nicht gefährdende Baustoffe zulässig. Der Einsatz der Materialien richtet sich nach den Bodenbeschaffenheiten, der Wasserqualität, der Temperatur und den jeweiligen im Netz benötigten Druckanforderungen. Als Werkstoffe kommen Gusseisen, Stahl, zementgebundene Werkstoffe und in den letzten Jahren immer mehr Kunststoff zum Einsatz.

Die Versorgung der Verbraucher mit Trinkwasser wird, vereinfacht dargestellt, wie folgt gesichert:

Ausgangspunkt der Wasserversorgung ist die Fassung. Dies kann ein Oberflächengewässer, wie z.B. ein See, ein Bach, ein Fluss, eine Talsperre oder auch eine Stauhaltung sein. Alternativ kann die Versorgung über die Entnahme von Grundwasser durch Brunnen sichergestellt werden¹⁴. Über den Zubringer, zumeist eine Fernleitung (z.B. Bodensee – Stuttgart), gelangt das Wasser von der Entnahmestelle in das Versorgungsgebiet. Das Ortsrohrnetz

¹¹ Hierzu Olshausen [VDI-Lexikon] 1991 S.305

¹² § 45 (1) und (3) BauO NRW

¹³ § 33 (3) LBO Baden-Württemberg

¹⁴ Dazu Damrath [Wasserversorgung] 1992 S.1-5

innerhalb des zu versorgenden Gebietes wird in Haupt- und Versorgungsleitungen unterschieden. Die Versorgungsleitung führt bis an den Hausanschluss. Von dort wird das Wasser auf dem Grundstück des Verbrauchers mittels der Anschlussleitung bis zum Übergabepunkt (siehe Kapitel 2.2.1.1) geführt. Hier findet sich als nächste Installation neben dem Schieber (Absperrventil) der Wasserzähler, der gegen Zählermiete vom Wasserversorgungsunternehmen zu leasen ist. Zusätzlich befindet sich hier üblicherweise ein Filter, um Schwebstoffe und Partikel wie Sand und Rostteile aus dem vorgeschalteten Rohrnetz zurückzuhalten.

Die Verteilung des Trinkwassers erfolgt entweder über ein Verästelungsnetz (Baumstruktur) oder ein Ringnetz (Versorgung des Endverbrauchers auf zwei Wege möglich). Die Entscheidung, welches Netz verwendet wird, hängt von den geographischen Gegebenheiten und der Anzahl der Endverbraucher ab. Als Bemessungsgrundlage der Zubringerleitungen und des Rohrnetzes dient der größte Stundenverbrauch. Der Druck im gesamten Rohrnetz muss so bemessen sein, dass bei jedem Endverbraucher an der Zapfstelle mindestens 1,5 bar jedoch nicht mehr als 3-4 bar Wasserdruck vorhanden sind. Zusätzlich sind in den Straßen etwa alle 100 Meter Hydranten für die Löschwasserversorgung vorgesehen.

2.2.1.3 Gasversorgungsnetze, Fernwärme

Als Energieformen zum Heizen für den privaten Gebrauch haben sich in den letzten Jahren zunehmend Gas und Fernwärme in der Bundesrepublik Deutschland durchgesetzt.

Die Wärmeversorgung der Haushalte mittels Fernwärme war vor allem in der ehemaligen DDR aufgrund fehlender Alternativen sehr verbreitet. In der BRD jedoch, hatte sich die Fernwärme gegenüber Öl, Gas und preiswertem Nachtstrom mit starker Konkurrenz auseinandersetzen¹⁵. Heutzutage sind die Fernwärmenetze, vor allem in deutschen Großstädten relativ verbreitet, was auch mit der Weiterentwicklung der Technik zusammenhängt. (Nahwärmeversorgung über BHKW, Geothermie oder Abwärme)

Fernwärme fällt in großen Kraftwerken als „Abfallprodukt“ bei der Erzeugung der Primärenergie Strom an. Die Heizenergie gelangt in Verteilungsnetze, so genannte Primärnetze, mit Längen zwischen zehn und zwanzig Kilometern, Nennweiten von DN 600-1000 und einer Temperatur zwischen 130°C und 150°C in die Nahwärmenetze. Diese Sekundärnetze, die geringere Nennweiten und Rohrlängen aufweisen, verteilen die Fernwärme an die Endabnehmer¹⁶. Fernwärme aus Abwärme stellt sich als eine äußerst wirtschaftliche und nachhaltige Energieform des Heizens dar.

Nach der Gewinnung erfolgt der Transport von Erdgas durch die großen Energieverbundunternehmen mittels überregionaler Hochdrucknetze. Diese HD- Netze (ab 1 bar) zeichnen sich durch großen Betriebsdruck von bis zu 67,5

¹⁵ Gemäß Dittmann / Zschernig [Energiewirtschaft] 1998 S.8

¹⁶ Vgl. Dittmann / Zschernig [Energiewirtschaft] 1998 S.165

bar und Nennweiten von mittlerweite bis zu DN 1600 aus¹⁷. Diese Parameter gewährleisten einen verringerten Transportaufwand und tragen somit auch zur Kostenreduzierung bei. Aus den überregionalen Netzen erfolgt die Einspeisung des Erdgases in die HD- Netze der regionalen Gasversorgungsunternehmen, welche mittels MD- und ND- Netzen die Versorgung der Endabnehmer gewährleisten. Neubaugebiete werden gegenwärtig mit erhöhtem Niederdruck von 45–100 mbar oder zum Teil sogar mit Mitteldruck (100 mbar bis 1bar) versorgt. Ähnlich, wie bei allen anderen Ver- und Entsorgungsnetzen wird der Kunde aus dem öffentlichen Netz über den Hausanschluss mit Erdgas versorgt¹⁸.

Bei der Versorgung mit Gas kommen Rohre aus den Werkstoffen duktilem Guss, Stahl und Kunststoff, wie zum Beispiel PVC, PE oder VPE zum Einsatz. Ihre Verwendung richtet sich nach dem Einbau in den jeweiligen Netzen und somit nach dem Betriebsdruck. Während für HD- Netze zum überregionalen Transport Stahl als Rohrmaterial verwendet wird, setzt man für die Nahversorgung (MD- und ND- Netze) eher Kunststoff ein. Allerdings kann PE auch für Hochdrucknetze eingesetzt werden, da es einem Überdruck von 4 bar standhält¹⁹.

2.2.1.4 Stromversorgungsnetze

Unser Stromversorgungsnetz in Deutschland ist in die drei Kategorien

- Hochspannung bis 132 kV,
- Mittelspannung 10 kV oder 20 kV und
- Niederspannung 230/400 V

unterteilt. Dabei übernimmt das Hochspannungsnetz den überregionalen Transport der Energie. Über Umspannwerke wird das Hochspannungsnetz in das Mittelspannungsnetz eingespeist. Dieses fungiert als reines Verteilungsnetz. Es stellt somit die örtliche Verbindung zwischen den Umspannwerken und Netzstationen und abnehmereigenen Stationen her. Von diesen Einspeisestationen werden die jeweiligen Endabnehmer über das Niederspannungsnetz mit Strom versorgt²⁰.

Die Versorgung eines Neubaugebietes mit Strom erfolgt heutzutage zumeist mit erdverlegten Kabelnetzen, da es sich durch die von den Endverbrauchern erzeugten Lastwerte als die stabilere und wirtschaftlichere Alternative erweist²¹. Innerhalb des zu versorgenden Gebietes wird heutzutage, wegen der Einfachheit und der Übersichtlichkeit, das Strahlennetz bevorzugt. Somit hat jede Netzstation ihr eigenes Versorgungsgebiet²². Die Kabeltrassen (Hauptkabel) folgen dabei der Straßenführung, wobei die Kabel an Kreuzungspunkten in Kabelverteilerschränke zusammengeführt werden.

¹⁷ Siehe hierzu Dittmann / Zschernig [Energiewirtschaft] 1998 S.139

¹⁸ Cerbe [Gastechnik] 1988 S.158 ff.

¹⁹ Dittmann / Zschernig [Energiewirtschaft] 1998 S.144 ff.

²⁰ Siehe auch Heinhold / Stubbe [Leitungen] 1999 S.482,S.484,S.491,S.502

²¹ Siehe Heinhold / Stubbe [Leitungen] 1999 S.484

²² Vgl. Heinhold / Stubbe [Leitungen] 1999 S.486

Abhängig von der Straßenbreite und der Bebauungsdichte - daraus resultiert die Lastdichte - ist eine einseitige oder eine doppelseitige Kabelführung notwendig. Unter Umständen ist bei hohem Leistungsbedarf innerhalb eines Straßenzuges eine Versorgung mit Doppelkabeln notwendig. Der Anschluss vom öffentlichen Stromversorgungsnetz erfolgt zumeist über so genannte Stichkabel, die am Haus entweder an Hausanschlussmuffen oder Einschleifkästen angeschlossen werden. Während bei der Hausanschlussmuffe das Hauptkabel ungeschnitten in das Haus eingeführt wird, muss beim Einschleifkasten das Kabel aufgetrennt werden. Einschleifkästen bieten im Falle einer Störung den Vorteil der Umschaltmöglichkeit²³. Zusätzlich liegt im Straßenkörper auch das Stromnetz für die Straßenbeleuchtung.

2.2.1.5 Telekommunikationsnetze

In der heutigen Zeit nimmt die Telekommunikation einen immer größeren Stellenwert ein. Hatte man früher nur das Telefon als Kabelverbindung, so wird heutzutage Fernsehen, Radio und das Internet über erdverlegte Kabel zu den Kunden übertragen. Alle diese Netze haben eines gemeinsam, nämlich die Übertragung von Informationen (Sprach-, Text-, Bild- oder Dateninformation) an den Kunden.

Telekommunikationsnetze sind ähnlich hierarchisch wie zum Beispiel die Gas- und Stromversorgung aufgebaut. Hierbei werden die Signale über das Weitverkehrsnetz (überregionales Netz) zum Regionalnetz weitergeleitet und letztendlich der Zugang der Endabnehmer über das Lokal- oder Zugangsnetz ermöglicht²⁴.

Unerheblich, ob zur Daten-, Sprach- oder Bildübertragung der Informationen, sind Kupfer- Doppelader, Kupfer- Koaxialkabel und Glasfaserkabel die häufigsten Leitungen bei erdverlegten Kabeln. Ihr Einsatz hängt von der Geschwindigkeit, der Größe und der wirtschaftlichen Übertragungsweite der Daten ab.

Hauptanbieter für jegliche Kommunikationsformen ist heutzutage die Telekom. Der aus der deutschen Post entstandene Konzern ist zum einen verantwortlich für den Bau und Betrieb der Netze zur Übertragung von Telefon-, Fax- und Internetsignalen, zum anderen für das Kabelnetz zur Übertragung der Fernsehsignale von öffentlichen und allen privaten Hörfunk- und Fernsehanstalten²⁵. Die einzelnen, verschiedenen Übertragungswege der Telekommunikationssignale sind äußerst komplex und umfangreich und sollen an dieser Stelle nicht behandelt werden. Entscheidend für die Erschließung mit Telekommunikation ist nur die Anzahl der Kabel, die bis zum Endverbraucher gelegt werden. Diese sind Leitungen für:

- Telefon, Fax, Internet
- Fernsehen, Rundfunk

²³ Dazu Heinhold / Stubbe [Leitungen] 1999 S.485

²⁴ Hierzu Bergmann / Gerhardt [Telekommunikation] 2000, S.93

²⁵ Vgl. Bergmann / Gerhardt [Telekommunikation] 2000, S. 617

2.2.2 Gesamtaufbau der einzelnen Komponenten

Im vorangegangenen Kapitel 2.2.1 wurden alle, aus heutiger Sicht, zur Bewohnbarkeit notwendigen Bestandteile der technischen Erschließung, sowie ihre Wirkungsweise, erläutert. Den Einbau der vorausgehend genannten Komponenten gemäß ihrer Lage und Tiefe im Straßenkörper regeln die einschlägigen Normen. Besonders zu nennen ist hier die DIN 1998.

Die Anzahl der erdverlegten Sparten hat innerhalb der letzten 50 Jahre durch Zunahme der Versorgungstechniken und Telekommunikationsmedien drastisch zugenommen. Dies bedeutet, dass sich heutzutage mehr Versorgungsanbieter den unter der Straßenoberfläche zur Verfügung stehenden Raum teilen müssen, als dies vor einigen Jahren noch der Fall war. Konnten früher die im Untergrund verlegten Leitungen genau in ihrer Lage festgelegt werden, so ist dies heute, aufgrund der Fülle und der Durchmesser, auch innerhalb gleicher Sparten nicht mehr möglich. Die DIN 1998 gibt aus diesem Grund nur Zonen, die nach Breite und Tiefe eingeteilt sind, für die einzelnen Ver- und Entsorger an. Innerhalb dieser Zonen wird den Anbietern freier Spielraum gelassen, ihre Leitungen und notwendigen Einbauten sinnvoll zu verteilen²⁶.

Die Norm sieht vor, das Kanalnetz im Bereich unterhalb der Fahrbahn und die Versorgungsleitungen im Bereich außerhalb der Fahrbahn (Gehweg) anzuordnen. Reicht die Breite des Gehwegs für die Aufnahme der Versorgungsleitungen nicht aus, so sind die Haupt- und Fernleitungen des Versorgungsnetzes ebenfalls unter der Fahrbahn zu verlegen. Generell sollten sämtliche Ver- und Entsorgungsleitungen so angeordnet werden, dass einerseits keine Behinderung beim Bau und Betrieb gegenüber anderen Leitungen besteht, und andererseits bei Wartungs- und Sanierungsarbeiten nur ein Fahrstreifen der Fahrbahn beeinträchtigt werden muss²⁷.

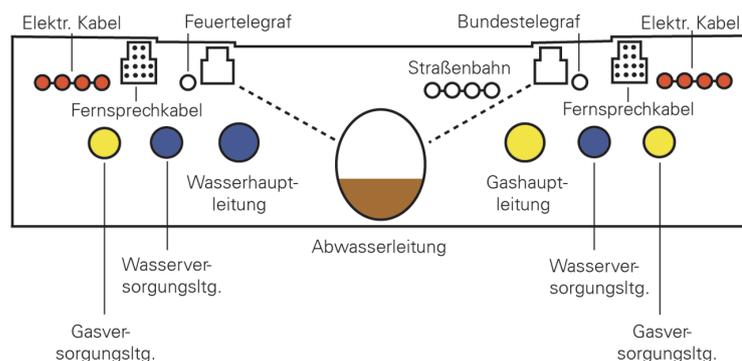


Abb. 2.1 vereinfachte Darstellung der einzelnen Sparten

²⁶ Bezieht sich auf DIN 1998, S.4

²⁷ Siehe DIN 1998 S.1

Bei dem gewählten Aufbau der Komponenten ergeben sich mehrere Nachteile:

- hoher Platzverbrauch innerhalb des Straßenkörpers
- Setzungsgefahr im Fahrbahnbereich durch unterschiedliche, eventuell unsachgemäße Verdichtung beim Einbau des Abwasserkanals oder von Versorgungsleitungen
- Beschädigung des Straßenkörpers, besonders der Asphaltdecke bei Sanierungs- oder Erweiterungsarbeiten an allen Sparten
- unter Umständen mehrmalige Erdarbeiten bei Erstverlegung der Sparten und dadurch Entstehen von Mehrfachkosten
- Behinderung des Straßenverkehrs bei Sanierungs- und Bauarbeiten

2.2.3 Ablauf bei der Erschließung mit konventionellem System

Bei der technischen Erschließung eines Neubaugebietes durch die Kommunen und die Versorgungsanbieter, ergeben sich verschiedene Arbeiten und Gewerke, die in einem genauen baulichen Zeitablauf hintereinander folgen müssen. Verantwortlich für die Planung sind die Tiefbauämter, bzw. Stadtentwässerungsbetriebe, sowie die lokalen Versorgungsunternehmen für Wasser, Gas, Strom,...

Den Anfang der Erschließung macht, nach Herstellung der notwendigen Baustraßen die Kanalisation. Dazu sind folgende Arbeitsschritte notwendig:

- Aushub des Bodens und Verbau der Gräben, bzw. Herstellung der an die Bodenklasse angepassten Böschungen
- Wasserhaltung zur Absenkung des Grundwassers, falls die Tiefe des Kanals und die Höhe des Grundwasserspiegels es erfordern
- Verlegung der Rohre auf den vorgeschriebenen Bettungen, einschließlich der Vermessung des Kanals in Höhe und Lage
- Prüfung der Rohre auf ihre Dichtigkeit mittels Druckprüfung
- Bau der vorgesehenen Schächte
- Entfernung des Verbaus (falls vorhanden) und verfüllen der Gräben und Gruben, inklusive Verdichtung des eingebauten Materials²⁸

Die Revisionsschächte auf den Grundstücken der Anwohner stellt die Kommune für den Grundstückseigentümer her und sorgt auch für den Anschluss an das öffentliche Netz. Die Verlegung der notwendigen Ver- und Entsorgungsleitungen zwischen Hausanschluss und Haus übernimmt dann die Baufirma des Grundstückseigentümers.

Im Weiteren verlegen die Versorgungsunternehmen, bzw. ihre mit der Ausführung beauftragten Baufirmen, die erforderlichen Leitungen und Anschlüsse zur Versorgung der Grundstücke. Zwar entfallen aufgrund der Tiefe der Leitungen einzelne Arbeitsschritte (z.B. Verbau, Wasserhaltung), im Gegensatz zum Kanalbau, aber es sollte darauf geachtet werden, dass Gewerke wenn möglich zeitgleich verlegt werden. Ansonsten muss der Arbeitsschritt des Aushebens und Wiederverfüllens, inklusive dem Einbau der

²⁸ Richter / Heindel [Straßenbau und Tiefbau] 1998 S.211

notwendigen Bettungsmaterialien wie Sand und die zum Teil nötige Markierung der Leitungen mit Trassenwarnband bis zu fünfmal ausgeführt werden. Dies kostet nicht nur Zeit, sondern verursacht vor allem Kosten durch mehrmalige gleiche Arbeitsschritte und den kostenintensiven Einsatz von Geräten, wie z.B. Baggern, Radladern und Verdichtungsgeräten.

Nach der Herstellung der technischen Erschließung und dem Einbau der entsprechenden Anlagen zur Oberflächenentwässerung und Beleuchtung kann der Erschließung durch den Bau der Straßen und Gehwege abgeschlossen werden.

2.3 NICHT BEGEHBARER INFRASTRUKTURKANAL

2.3.1 Definition

Der Lehrstuhl Baustofftechnologie, Prof. Rogall, Fachbereich Architektur der Fachhochschule Dortmund hat in Zusammenarbeit mit dem Studiengang Projektmanagement Fachhochschule Biberach Prof. Fasel einen nicht begehbaren Infrastrukturkanal zur Erschließung von Wohngebieten entwickelt.

Die Definition des „nicht begehbaren Infrastrukturkanals“ soll an dieser Stelle wie folgt beschrieben werden:

Die Neukonstruktion eines neu entwickelten Infrastrukturkanals ermöglicht es, die unterschiedlichen Ver- und Entsorgungsleitungen in einem geschützten Kanalsystem zu bündeln und an den Endpunkten eine vollständige vereinfachte Montage- und Wartungsmöglichkeit durch begehbare Schächte zu gewährleisten. Durch eine geschützte Lagerung und die vollständige Montage- und Wartungsmöglichkeit der Ver- und Entsorgungsleitungen können Straßenaufbrüche und sonst notwendige Grabungen vermindert bzw. ganz ausgeschlossen werden. Bei dem Infrastrukturleerrohrsystem **gem. der anliegenden Zeichnung (1)** handelt es sich um ein Betonfertigteile als vorgefertigte Hohlkammerplatte, Spannbetonhohldiele oder Platte mit entsprechenden Hohlkammern- oder räumen. Durch die Anordnung der Ver- und Entsorgungsleitungen vertikal übereinander kann das gesamte Erschließungssystem im Bereich der Fußgängerwege (Bürgersteig) verlegt werden und der befahrbare Straßenverkehrsbereich frei gehalten werden. Die durch das Infrastrukturleerrohrsystem laufenden Hohlkammern oder Hohlräume dienen der Aufnahme von einschiebbaren Ver- und Entsorgungsleitungen aus verschiedenen Werkstoffen. In die Kammern können z.B. Stromleitungen, Gasleitungen, Trinkwasserleitungen, Abwasserkanäle, Leitungen für Nah- oder Fernwärmeversorgung, Telekommunikationsleitungen, oder Leitungen für Kabelfernsehen eingeschoben werden.

Der nicht begehbare Infrastrukturkanal soll im ersten Schritt nur für die Erschließung von Wohngebieten im Neubaubereich zum Einsatz kommen. Eine Weiterentwicklung für Bestands-Wohngebiete, Gewerbegebiete oder auch Technologieparks ist denkbar und soll in weiteren Forschungsvorhaben realisiert werden.

Des Weiteren werden bei dem Infrastrukturkanalsystem die Nachteile des konventionellen Erschließungssystems vermieden²⁹. Zwar wird heutzutage der Kosten- und Bauaufwand bei Sanierungsarbeiten an Leitungen durch Herstellung von Baugruben alle 100–200 Metern und dem Einsatz von diversen, am Markt vorhandenen Linerverfahren weitestgehend minimiert. Bei der Verwendung des Infrastrukturkanals entfällt aber selbst die Herstellung der Arbeitsschächte, da über die Schächte des Systems sämtliche anfallende Arbeiten ausgeführt werden können.

Bilder mit Zeichnungen Einfügen

2.3.2 Systemkomponenten

2.3.2.1 Vorbemerkung

Zum besseren Verständnis der nun folgenden Beschreibungen zum System Infrastrukturkanal befinden sich im Anhang dieses Forschungsberichtes die entsprechenden Pläne zu den in den kommenden Abschnitten aufgeführten Komponenten.

2.3.2.1 Betonträger³⁰ Anlage 1

Einer der Hauptbestandteile des Infrastrukturkanals sind die Betonfertigteile mit den Maßen 400 x 32 x 180 Zentimetern und sechs durchgängigen Leerrohren. Aufgrund ihrer Abmessung entsteht ein Gesamtgewicht von etwa 3,5 Tonnen pro Element. Mit den am oberen Teil des Fertigteils beidseitig ausgesparten Haltepunkten können die Infrastrukturkanalteile mit, am Markt gängigen, Versetzklammern abgeladen und in ihre endgültige Lage versetzt werden. Aufgrund des Gewichtes kann hierbei mit einem üblichen Kettenbagger gearbeitet werden, womit ein unwirtschaftlicher Einsatz von kostenintensiven Geräten, wie zum Beispiel einem Mobilkran, vermieden wird.

Da nicht immer im Standardmaß von vier Metern gearbeitet werden kann, ist es natürlich möglich, entsprechende Passstücke herstellen zu lassen. Die einzelnen Elemente, die auf Magerbeton gebettet werden, sind an Ihren Stößen druckwasserdicht zu umkleben und bilden somit ein durchgängiges Leerrohrsystem, welches sämtliche Leitungen der technischen Erschließung aufnehmen kann. Bei größerer Stückzahl und bei Markteinführung sollen diese Verbindungen durch Pressdichtungen wie im Kanalbau üblich erfolgen.

Der Durchmesser der Leerrohre beträgt 220 Millimeter. Rohre mit geringerem Außendurchmesser (zum Beispiel Wasserleitungen oder Gasleitungen) können mit Hilfe von Gleitkufen eingezogen werden. Die Gleitkufen schützen Stromkabel oder Rohre vor Beschädigungen und sorgen für einen passgenauen Halt innerhalb der Leerrohre. Dies ist besonders wichtig für das Abwasserrohr, damit überall das gleiche Gefälle eingehalten wird.

²⁹ Bezieht sich auf Kapitel 2.2.2

³⁰ Siehe Anlage 1

Da nur Schmutzwasser über den Infrastrukturkanal abgeführt wird, reichen Rohre mit DN 200, wie im Trennverfahren üblich, aus. Das Regenwasser muss über Versickerungssysteme direkt am Haus abgeführt werden und gelangt somit nicht in die Kanalisation³¹.

2.3.2.2 Maxischacht³² Anlage 2 und 3

Der Maxischacht mit den Außenmaßen 250 x 190 x 240 Zentimetern besteht aus sechs 20 – 25 Zentimeter starken Elementen, die vor Ort auf der Baustelle zu einem fertigen Kubus zusammengeklebt werden. Er beinhaltet neben einem Pumpensumpf zur Entwässerung des Schachtes eine verschließbare Einstiegsöffnung. Der Schacht kommt an folgenden Punkten des Infrastrukturkanals zum Einsatz:

- am Anfang des Systems
- an Kreuzungspunkten
- bei Richtungsänderungen
- am Ende der Haltung
- an notwendigen Einfädelpunkten

Der Maxischacht stellt am Anfang der Haltung den Übergang zwischen den konventionell verlegten Sparten und dem Infrastrukturkanal her. Hierzu sind sechs Durchführungen auf einer Wandseite vorhanden, mittels derer der Anschluss an die Bestandsleitungen realisiert wird. Um die Dichtigkeit gegen drückendes Wasser zu gewährleisten, sind die Anschlüsse mit Dichtpackungen und Blindstopfen zu versehen. Im Anfangsschacht können die notwendigen Streckenschieber zum Abstellen der Haltung, Reinigungsöffnungen, Hydranten, sowie andere benötigte Installationen eingebaut werden.

Ferner dient der Schacht dazu, an den Kreuzungspunkten des Systems Stichstraßen oder Nebenstraße an die Ver- und Entsorgung anzubinden. Diese Schächte sind in diesem Falle mit drei Anschlüssen ausgestattet, um die notwendige T- Abzweigung der Leitungen zu erzeugen. An einer Kreuzung ist der Schacht mit vier Anschlüssen ausgestattet und kann so ohne Probleme die Streckenführung gewährleisten. In diesem Fall sind die einzelnen Leitungen mit den entsprechenden Formstücken auszurüsten. Wie beim Anfangsschacht sind auch hier die Rohre mit eventuell benötigte Schiebern oder Revisionsöffnungen ausgestattet.

Um die Haltung des Neubaugebietes zu segmentieren - je nach Bedarf der Streckenführung - können die Abzweigungen bei Richtungsänderungen - in Abhängigkeit der Leitungsbiegeradien - mit den dafür vorgesehenen Schächten hergestellt werden. Dafür ist der Schacht mit zwei identischen Anschlüssen an die Betonfertigteile ausgerüstet. Um der Haltungsrichtung besser folgen zu können, weicht man von der kubischen Form des Schachtes ab und ordnet die Schachtwände abgewinkelt an.

³¹ Quelle: Dipl.-Ing. F. Ermert MA, FH- Dortmund

³² Siehe Anlage 2 und 3

An das Ende einer Haltung wird, wie oben aufgeführt, ebenfalls ein Maxischacht gesetzt. Sämtliche für das Neubaugebiet vorgesehene Versorgungs- und Entsorgungsleitungen enden in diesem Schacht. Dazu ist es nötig, den Maxischacht mit nur noch einem einzelnen Anschluss an das Infrastrukturkanalsystem anzubinden. Kongruent zum Maxischacht am Anfang der Haltung ist das Ende mit den gleichen Installationen (Reinigungsöffnung, Be-, Entlüftung,...) für alle zum Einsatz kommenden Leitungen ausstattbar.

Die Straßenbeleuchtung, der Stromverteilerkasten oder die Beleuchtungskästen können je nach Bedarf, mittels flexiblen Kabelschutzrohren an sämtlichen Maxischächten angeschlossen werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit am Ende einer Haltung, durch den Einbau von Mehrsparten- Hauseinführungen³³ in den Maxischacht, den Minischacht durch die größere Schachtvariante zu ersetzen.

Der Maxischacht dient zum Einfädeln aller Ver- und Entsorgungsleitungen in die Leerrohre der Betonfertigteile. Hierbei wird ähnlich wie bei der Sanierung mit diversen Linerverfahren das Rohr durch den Schachtdeckel in das Leerrohr eingeschoben und mit dem vorangehenden und nachfolgenden Rohr zugfest mittels Muffen miteinander verbunden. Die Stöße müssen Zugfestigkeit aufweisen, da die Rohre mit Hilfe einer Winde durch das System gezogen werden. Aufgrund der Größe der Maxischächte werden alle zulässigen Biegeradien der verschiedenen Rohre eingehalten.

Bild Biegeradien

Bei Sanierungsarbeiten wird ähnlich vorgegangen, indem die alten Rohre zuerst auf diese Weise ausgefädelt und danach die neuen Rohre wieder so eingeschoben werden. Theoretisch können die Leitungen bereits während des Baus des Infrastrukturkanalsystems, zeitgleich zum Fortschritt der Betonträger mitverlegt werden. Aufgrund der Fülle der Gewerke erscheint es jedoch sinnvoller, die Arbeiten nach Vollendung des Systems nacheinander durchzuführen.

2.3.2.3 Minischacht, Hausanschlussbox³⁴ s. Anlage 4-6

Der Minischacht wird jeweils auf der Höhe der zu versorgenden Häusern in das System eingebaut. Er dient somit der Abzweigung der Leitungen vom Infrastrukturkanal zu den Häusern, analog zum konventionellem Erschließungssystem. Der Minischacht hat die Außenmaße 200 x 190 x 240 Zentimetern, mit ebenfalls 20 - 25 Zentimeter starken Wänden und wird, im Gegensatz zum Maxischacht, komplett als Fertigteil auf die Baustelle geliefert. Der Minischacht hat zwei Anschlüsse, mit denen er mit den Betonfertigteilen verbunden wird. Er besitzt ebenso wie der Maxischacht einen Pumpensumpf zur Entwässerung und einen verschließbaren Schachteinstieg. Natürlich können auch hier Leitungen zum Anschluss von Straßenbeleuchtung, Stromverteiler- und Beleuchtungsschränken ausgeführt werden. Und notwendige Hydranten integriert werden, so dass es keine Straßenkappen gibt.

³³ Siehe hierzu Kapitel 2.3.2.4

³⁴ Siehe Anlage 4 bis 6

Die Abzweigung vom Infrastrukturkanalsystem in Richtung Grundstück erfolgt über Mehrspartenhauseinführungen, durch die Gas-, Trinkwasser-, Strom-, Kabelfernseh- und Telefonleitungen in flexible Kabelschutzrohre eingeführt werden. Die Durchführung für das Abwasser ist separat und liegt tiefer als die andere Aussparung. Der Minischacht kann mit einseitigem oder zweiseitigem Anschluss geliefert werden. Je nachdem, ob Häuser nur auf einer oder auf beiden Straßenseiten zu ver- und entsorgen sind. Sämtliche Leitungen, auch das Abwasser werden wie bereits erwähnt mit den Kabelschutzrohren vom Minischacht zu der Hausanschlussbox geführt. Diese befindet sich auf dem Grundstück des zu bedienenden Hauses und ist somit das Gegenstück des Hausanschlusses beim konventionellen System. Die 150 x 150 x 150 Zentimeter große HA-Box mit 15 Zentimeter starken Wänden wird ebenfalls als Fertigteil hergestellt und hat an der Oberseite einen Einstiegschacht, dessen Höhe sich nach der Einbauhöhe (abhängig von der Abwasserleitung) der Box richtet. Die HA-Box wird mit flexiblen Kabelschutzrohren an den Minischacht und an das Haus angebunden. Dabei wird die Durchführung vom Minischacht her mit einer Doppeldichtpackung und die Durchführung zum Haus hin mit einer Mehrspartenhauseinführung hergestellt.

Die HA-Box besitzt normalerweise die Anschlüsse für ein Haus, kann aber bei Bedarf auch mit einem zweiten Anschluss zur Versorgung mehrerer Häuser, ausgeführt sein. Natürlich besitzt die Hausanschlussbox, wie der Revisionschacht beim konventionellen Erschließungssystem eine Reinigungsöffnung für den Abwasserkanal, sowie das notwendige Absperrventil für alle Versorgungsleitungen. Bei einigen Baumaßnahmen durch Generalbauunternehmen, die die Erschließung und die Häuser in einer Hand bauen, können die HA-Boxen ganz entfallen, wenn die Ver- und Entsorgungsleitungen zeitgleich direkt ins Haus verlegt werden können. Die Kontrolle erfolgt dann über den Minischacht.

2.3.2.4 Anschlüsse³⁵ s. Anlage 8 u. 9

Das nicht begehbare Infrastrukturkanalsystem beinhaltet verschiedene Anschlussarten, die in den vorangegangenen Kapiteln zum Teil schon angesprochen wurden, in diesem Abschnitt aber noch einmal explizit erklärt werden.

Konventionelles System – Infrastrukturkanalsystem

Der Anschluss an das konventionelle System erfolgt am Anfang der Haltung mit Hilfe des Maxischachts. Hierzu werden die verschiedenen Bestandsleitungen mit druckwasserdichten Betonfertigteildurchführungen in den Schacht eingeführt. Dabei kommen unterschiedliche an den Rohrleitungstyp angepasste Systeme zum Einsatz. Für Strom, Medienleitungen, Gas und Trinkwasser werden Dichtpackungen verwendet. Die Einführung des Abwasserkanals in das Schachtbauwerk geschieht mittels eines Schachtfutters.

Schacht – Betonfertigteilelement

Betonfertigteilelement – Betonfertigteilelement

³⁵ Siehe Anlage 8 und 9

Diese Verbindungsart kommt beim Anschluss zwischen dem Maxi-, bzw. Minischacht und dem Betonfertigteil, so wie beim Anschluss zweier Betonfertigteil untereinander zur Anwendung. Diese Verbindung muss sowohl gelenkig, als auch druckwasserdicht ausgeführt werden. Dazu werden die Elemente jeweils am Ende auf einer Breite von etwa 50 Zentimetern mit einem bituminösem Voranstrich versehen und danach mit einer Kunststoff-, Bitumen-, oder Polymerbitumenbahn druckwasserdicht gemäß DIN 18195 abgedichtet. Über zwei (pro Element) nebeneinander liegende, werkseitig hergestellte Aussparungen werden die Fertigteile mittels Flachstahl, Gewindestangen und Tellermuttern miteinander verschraubt. Der Flachstahl sollte hierbei mindestens sechs Zentimeter hoch und zwei Zentimeter dick sein und die Gewindestange einen Mindestdurchmesser von 10 mm aufweisen. Sämtliche zum Einsatz kommenden Stahlteile müssen eine Korrosionsschutzzeit von mindestens 50 Jahren aufweisen und nach DIN EN 10088 aus nicht rostendem Stahl bestehen.



Abb. 2.2 Aufbau und Abdichtung des Systems, Quelle: Dipl.-Ing. F. Ermert

Innerhalb der Schächte

Sämtliche Leitungen werden innerhalb der Schächte mit den entsprechenden Verbindungsstücken und Anschlüssen versehen.



Abb. 2.3 Sicht ins Innere des Schachtes, mit Sparten, Quelle Dipl.-Ing. F. Ermert

Schacht – flexible Kabelschutzrohre

Der Anschluss der Kabelschutzrohre wird, wie oben bereits erwähnt, mit Hilfe von Mehrspartenhauseinführungen oder Doppeldichtpackungen bewerkstelligt. Diese verfügen über Muffen, an die die Kabelschutzrohre angeschlossen werden.

Hausanschlussbox - Hauswand

Sowohl an der Hausanschlussbox, als auch an der Hauswand werden die, in flexiblen Kabelschutzrohren geführten Kabel mittels Mehrspartenhauseinführungen (siehe Abbildung) durch die Wände geführt. Diese Anschlussart hat den Vorteil, dass sie alle vorhandenen Leitungen auf eine Durchführung bündelt und einen gas- und wasserdichten Abschluss garantiert. Die Durchführung der Leitungen erfolgt nachträglich.

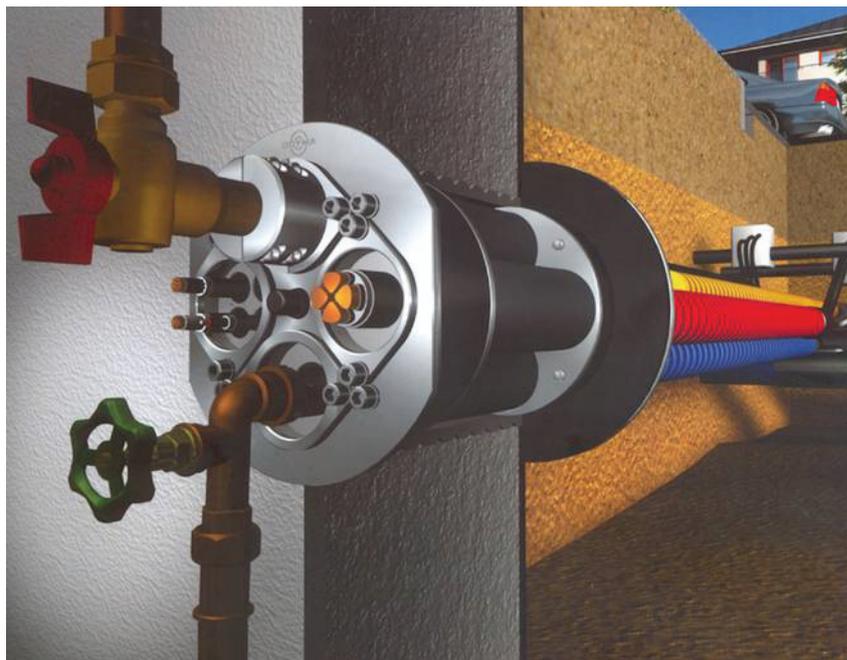


Abb. 2.4 Mehrspartenhauseinführung, Quelle: ruhrgas / doyma

2.3.3 Ablauf bei der Erschließung mit dem Infrastrukturkanalsystem

Der Bauablauf bei der Erschließung mit dem nicht begehbaren Infrastrukturkanalsystem weicht von der Erschließung mit dem konventionellen System ab.

Für das Infrastrukturkanalsystem muss sich ein Betreiber finden, der auch den Bau vorfinanziert. Dies ist im Idealfall die Kommune. Die Stadt, Gemeinde vertreten durch das zuständige Tiefbauamt oder den Stadtentwässerungsbetrieb übernimmt die Planung in Absprache mit den Versorgungsunternehmen und vergibt die Bauleistung an ein entsprechendes Tiefbauunternehmen.

Für das Infrastrukturkanalsystem sind gleichermaßen, wie bei der Herstellung vom Abwasserkanal, die Gewerke Bodenaushub, Verbau und Wasserhaltung erforderlich. Im Gegensatz zum konventionellen System wird aber in einem Arbeitsschritt die Leitungsführung für alle erforderlichen Ver- und Entsorgungsleitungen mit geplant und hergestellt. Ausgehend vom Maxischacht am Anfang der Haltung (Anschluss ans konventionelle System), werden nacheinander die Betonfertigteile in den jeweiligen Längen und die Schächte bzw. Hausanschlussboxen an ihren Bestimmungspunkten eingebaut und die entsprechenden Verbindungen von Beleuchtungsanlagen und Schaltkästen mit flexiblen Kabelschutzrohren hergestellt.

Zeichnung System Bild Haltung

Die Betonfertigteile werden nicht wie die Abwasserkanäle auf Sandbetten gelagert, sondern wie oben schon erwähnt auf einem Magerbetonbett. Außerdem sorgt zu beiden Seiten des Fertigteils eine Magerbetonbettung im 45 Grad Winkel für weitere Stabilität und verhindert das Kippen beim Bau.

Die Verdichtung beim Wiederauffüllen des Grabens hat gleichzeitig auf beiden Seiten des Fertigteils stattzufinden, um eine Verkippung des Elements zu vermeiden. Bei diesem System ergibt sich der Vorteil, dass die Beschädigung der Leitungen durch unsachgemäßes Verdichten des Bodens mit zu schwerem Gerät gänzlich ausgeschlossen wird. Nach vollständigem Einbau des Infrastrukturkanalsystems und Entwässerungs-, bzw. Beleuchtungsanlagen kann auch hier der Bau von Straßen, Gehwegen und den dazugehörigen Befestigungen durchgeführt werden.

2.4. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden sämtliche Grundlagen der Erschließung, sowie die Unterschiede zwischen den beiden Systemen herausgearbeitet.

Die Kommunen sind für die Erschließung mit Straßen und allen ihren dazugehörigen Bestandteilen, sowie auf Seiten der technischen Erschließung für die Abwasserbeseitigung zuständig. Die technische Erschließung der Versorgung für Trinkwasser, Gas, Strom und Telekommunikation übernehmen die lokalen Versorgungsunternehmen.

Für die Erschließung ist von den Grundstückseigentümern für Straßen und sonstige Einrichtungen eine einmalige Gebühr von 90% der Kosten, und für die technische Erschließung eine regelmäßige Gebühr zu entrichten.

Die konventionelle Erschließung zeichnet sich vor allem durch hohen Platzverbrauch innerhalb des Straßenkörpers aus. Die Tatsache, dass alle

Sparten nacheinander separat im Erdreich verlegt werden, führt unter Umständen mehrmals zu dem Arbeitsschritt des Aufgrabens und Verfüllens für sämtliche Erschließungsmaßnahmen. Aus diesem Grund ergeben sich die Nachteile eines eventuell schlecht verdichteten Bodens, was durch Setzungen zu Schäden am Straßenaufbau führen kann.

Des Weiteren ist bei Wartungs-, Erneuerungs-, Sanierungs- oder Erweiterungsarbeiten immer der Straßenkörper aufzureißen. Dies kann ebenfalls zu Setzungen führen und beeinträchtigt außerdem Verkehr und Anwohner mit Lärm, Schmutz und veränderter Verkehrsführung.

Im Gegensatz dazu ist der nicht begehbare Infrastrukturkanal ein geschlossenes System aus Betonfertigteilen mit Durchführungsaussparungen und verschiedenen Schachtgrößen. Durch die größeren Schächte, die sogenannten Maxischächte, werden die Rohre für Ver- und Entsorgung in die Durchführungen eingezogen. Die kleineren Schächte, die Minischächte, dienen als Abzweigungen zu den Grundstücken, wo die Hausanschlussboxen, die Funktion des Hausanschlusses des konventionellen Erschließungssystems übernehmen und sämtliche notwendige Absperrvorrichtungen untergebracht sind. Beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal werden durch die Betonfertigteile sozusagen alle notwendigen Rohre auf einmal in der Erde verlegt. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass das Aufgraben und Verfüllen des Erdreiches nur einmal stattfinden muss. Über die im System eingebauten Schächte sind sämtliche Wartungsarbeiten an allen Ver- und Entsorgungsleitungen ausführbar, ohne die Leitungen freilegen zu müssen.

Zudem liegt das neue Infrastruktursystem optimaler Weise immer im Fußgängerbereich, so dass keine Setzungen in dem befahrbaren Straßenverkehrsbereich entstehen und Wartungsarbeiten die Nutzung für den Individualverkehr nicht beeinträchtigen.

3. SITUATION DER KOMMUNEN IM BETRIEB DER KANALNETZE

3.1 ÜBERALTERUNG DER NETZE

Laut Statistik umfasst das gesamte öffentliche Kanalnetz in Deutschland eine Länge von 450.000 km, während das private Kanalnetz (das Netz auf Privatgrundstücken), aufgrund von Schätzungen, mit ca. 900.000 km doppelt so lang angenommen wird³⁶.

Da seit etwa 1870³⁷, also seit 130–140 Jahren, in Deutschland eine gängige Kanalisation vorhanden ist, erscheint es logisch, dass dieses Kanalnetz verschiedene Altersstrukturen und Zustände hinsichtlich seiner Funktionalität aufweist. Nach einer aktuellen Umfrage von ATV- DVKW, die 2001 durchgeführt wurde und der 18% des öffentlichen Kanalnetzes zugrunde liegen, geben die befragten Unternehmen 30 Prozent ihres Abwassernetzes mit einem Alter bis 25 Jahre an. Das bedeutet: Siebzig Prozent des Kanalnetzes sind zwischen 25 und 100 Jahre alt, zum Teil kann sogar keine Angabe zum Alter der Kanalisation gemacht werden.

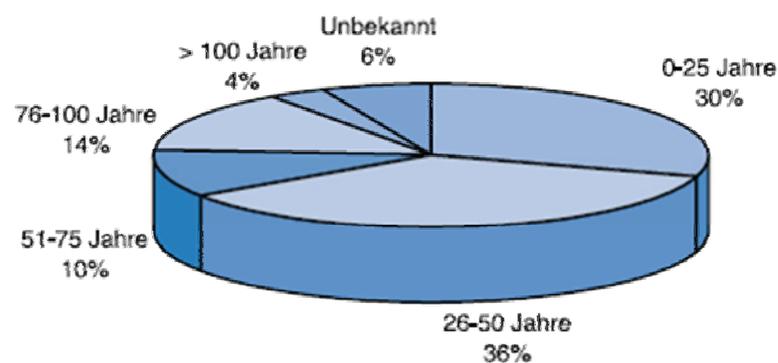


Abb. 3.1 Altersverteilung der Kanäle im Jahr 2001, nach ATV-DVWK Umfrage

Dabei ist in der Alterstruktur der Kanäle eindeutig zwischen den alten Bundesländern in Westdeutschland und den neuen Bundesländern im Osten der Republik zu differenzieren. Der Anteil von Kanälen mit einem Alter über 50 Jahre und unter 25 Jahre ist in Ostdeutschland bedeutend höher als im Westdeutschland. Das resultiert aus der Tatsache, dass viele Kanäle noch aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg stammen, weil der Ausbau des Kanalnetzes in der ehemaligen DDR nicht so vorangetrieben wurde wie in der BRD zur selben Zeit. Aufgrund des maroden Netzes wurde nach dem Mauerfall 1989, im Zuge des Wiederaufbaus ein Großteil des Abwassernetzes saniert, was den höheren Anteil jünger als 25 Jahre erklärt³⁸.

³⁶ Vgl. ATV-DVWK [Kanalumfrage] 2001 S.8

³⁷ Laut Pecher [Kanalnetzplanung] 1997 S.1

³⁸ Siehe hierzu ATV-DVWK [Kanalumfrage] 2001 S.2

Insgesamt haben sich 162 Kommunen und Abwasserverbände an der Umfrage zur Zustandserfassung des deutschen Kanalnetzes beteiligt. Es wurde versucht, durch Beteiligung von Unternehmen aller Stadtgrößen (< 10.000 EW; 10.000-50.000 EW; 50.000-100.000 EW; 100.000-250.000 EW; >250.000 EW) ein möglichst repräsentatives Bild des Kanalnetzes zu erhalten.

3.2 SCHÄDEN DER KANALISATION

Für Kanäle ist von einer Nutzungsdauer zwischen 50 – 80 Jahren auszugehen. Dabei ist berücksichtigt, dass die Anlagen während dieser Betriebszeit mehrmalig instand zu setzen sind, bis bei eingeschränktem Gebrauch keine weitere Nutzung mehr möglich ist³⁹.

Im Kanalbau kommen unterschiedliche Materialien, wie

- Guss, Stahl
- Kunststoff
- Mauerwerk
- Faserzement
- Beton/ Stahlbeton
- Steinzeug

in unterschiedlicher Materialverteilung (abhängig von den Anforderungen) zum Einsatz. Diese eingesetzten Materialien besitzen natürlich auch divergierende Eigenschaften gegenüber schadhafte Einflüssen.

Solche Einflüsse, die in verschiedener Schwere und Häufigkeit dem Kanalnetz Schaden zufügen, sind laut ATV- DVWK Umfrage⁴⁰:

- | | |
|-------------------------|-------|
| • Schadhafte Anschlüsse | → 27% |
| • Riss | → 19% |
| • Undichte Muffe | → 10% |
| • Wurzeleinwuchs | → 7% |
| • Hindernis | → 10% |
| • Lageabweichung | → 9% |
| • Korrosion | → 7% |
| • Sonstige | → 11% |

Gründe für die Schadensbilder sind fehlerhafte Planung, Materialversagen oder mangelhafte Ausführung.

Zur fehlerhaften Planung ist zum Beispiel der Schaden Hindernis zu zählen. Hindernisse können zum Beispiel Inkrustationen, also Ablagerungen an der Rohrwand, sein. Das Entstehen von Inkrustationen kann generell nicht vermieden werden, und durch regelmäßige Reinigung und Inspektion des Kanalnetzes, ist dem Problem gut vorzubeugen. Wird jedoch durch falsche

³⁹ ATV A 133

⁴⁰ Vgl. ATV-DVWK [Kanalumfrage] 2001 S.6

Materialwahl oder unzureichende Rohrdurchmesser an bestimmten Punkten des Kanalnetzes die Inkrustation so stark, kann es sein, dass der Durchfluss erheblich eingeschränkt oder sogar unmöglich wird.

Schadhafte Anschlüsse, undichte Muffen und Lageabweichungen sind auf jedem Fall einer mangelhaften Bauausführung, oder unzureichender Kontrolle durch den Auftraggeber bei der Endabnahme zuzurechnen. Durch Termin- und Kostendruck auf den Baustellen werden kostengünstige und unzureichende Materialien eingebaut, oder Anschlüsse und Rohrhaltungen (Herstellung in Rohrlängen) nicht fachgerecht hergestellt⁴¹. Der Auftragnehmer hat zwar die Vorgabe, einwandfreie und den der Regeln der Technik entsprechende Arbeit abzuliefern, auf der anderen Seite aber ist der Auftraggeber auch verpflichtet das Endprodukt auf korrekten Einbau durch seine Erfüllungsgehilfen zu kontrollieren. Durch konsequente Bauüberwachung und –abnahme wären Schäden durch die Bauausführung vielfach zu vermeiden⁴².

Dies könnte durch entsprechende Ausschreibungen der Kommunen (Haltungsweise Rohrverlegung) erleichtert werden und würde somit auch eine höhere Qualität des Endproduktes sichern⁴³. Es ist anzunehmen, dass viele der Schäden erst nach einiger Zeit zum Vorschein kommen (z.B. durch Setzungen), und die Ursachen der Schäden bei der Herstellung des Kanals nicht erfasst wurden.

Bei Korrosion liegt ein klares Materialversagen vor. Bedingt wird die Korrosion zum Beispiel bei Betonrohren durch das saure Milieu des Abwassers. War man bisher der Ansicht, dass Abwasser in einem pH- Wert von 6 – 8 liegt, musste man feststellen, dass das Wasser in der Kanalisation durch die Industrialisierung bedingt, in der Zukunft noch saurer und somit aggressiver gegenüber den verwendeten Materialien wird⁴⁴.

3.3 WARTUNGSMETHODEN UND WARTUNGSTURNUS

Zur Gewährleistung eines einwandfreien Betriebes des Kanalisationsnetzes gehören verschiedene Komponenten. Hierunter sind die

- Reinigung
- Dichtigkeitsprüfung
- Vermessung der Kanäle
- Sichtprüfung

zu zählen.

⁴¹ Siehe Jung [Kanalsanierung] 1998 S.140

⁴² Stier / Baumgart / Fischer / ATV [Handbuch] 1999 S.66

⁴³ Dazu Jung [Kanalsanierung] 1998 S.141

⁴⁴ Vgl. Jung [Kanalsanierung] 1998 S.158

Bei der Reinigung von Abwasserkanälen sind in Abhängigkeit des Rohrzustands, des Leitungsgefälles und der abzuführenden Wassermenge folgende Zyklen sinnvoll:

- Schmutzwasserkanäle → 6 – 12 Monate
- Mischwasserkanäle → 12 – 15 Monate
- Regenwasserkanäle → ca. 20 Monate⁴⁵

Hierbei kommen zur Säuberung von Inkrustationen und Transportgut verschiedene Techniken, wie Spül- und HD- Spülverfahren oder mechanische, chemische, bzw. biologische Reinigungsverfahren zum Einsatz. Das zur Reinigung gängigste Verfahren ist das HD- Spülverfahren. Dabei wird eine Düse auf einen Schlitten gesetzt, die sich aufgrund des mit hohem Druck austretenden Wassers selbständig im Kanal vorwärts bewegt. Die Düse ist dazu mittels einer Schlauchleitung mit dem Spülfahrzeug verbunden. Gegenüber der mechanischen und der chemischen Reinigung, die bei höherem Aufwand zum Teil bessere und nachhaltigere Reinigungsergebnisse erzielen (vor allem bei Wurzeleinwuchs), ist die HD- Spülung schonender für die Rohrmaterialien. Welches Reinigungsverfahren zur Anwendung kommt, ist somit immer vom Grad der Verschmutzung abhängig und sollte möglichst genau auf das Material, aus dem der Kanal besteht, abgestimmt werden⁴⁶.

Undichte Kanäle bringen auf zwei Arten Nachteile mit sich. Zum einen kann durch das Austreten von Abwasser das Grundwasser belastet werden, sofern der Kanal im Grundwasser verlegt ist. Sollte sich der Kanal nicht in einer Grundwasser führenden Zone befinden, besteht zumindest die Gefahr der Kontamination des, den Abwasserkanal umgebenden, Erdreiches. Zusätzlich kann es durch Exfiltration zur Aufweichung des Bodens und daraus folgend zu Beschädigungen in der Leitungszone kommen. Dieser Umstand kann zu weiteren Schäden am Kanal führen⁴⁷.

Bei der Infiltration ist es wahrscheinlich, dass das den Kanal umgebende Erdreich ausgeschwemmt wird. Die Folgen sind verstärkte Ablagerungen von Bodenpartikeln im Kanal (erschwerete Reinigungsbedingungen), Auflockerung der Leitungsbettung und Hohlraumbildung mit eventuellen Setzungen oder Rohrbrüchen als Folgeschäden. Zusätzlich kommen auf den Kanalbetreiber durch Eintritt von Fremdwasser erhöhte Kosten bei der Abwasserbehandlung zu.

Um diese Undichtheiten zu erfassen gibt es mehrere Möglichkeiten. Zu nennen wären hier die Prüfung mit Wasser oder Luft.

Bei der Prüfung mit Wasser sind alle Öffnungen der zu untersuchenden Kanalstrecke dicht⁴⁸ mit entsprechenden Prüfverschlüssen oder Packern zu verschließen und der Kanal luftfrei mit Wasser zu füllen. Dabei richtet sich der jeweilige Druckabfall, der zur Beurteilung der Dichtigkeit ausschlaggebend ist, nach der Tatsache, ob der Kanal neu verlegt wurde oder sich bereits im Betrieb

⁴⁵ Laut Jung [Kanalsanierung] 1998 S.37

⁴⁶ Siehe Jung [Kanalsanierung] 1998 S.40 ff.

⁴⁷ Stein / Niederehe [Kanalisationen] 1987 S.99

⁴⁸ DIN 4033 [Entwässerungskanäle und -leitungen] 1995 S.10

befindet⁴⁹. Die Prüfung mit Luft gleicht von der Systematik der Prüfung mit Wasser, inklusive der eingesetzten Prüfverschlüsse, aber mit dem Unterschied, dass Luft als Prüfmedium verwendet wird und die Prüfung nur an nicht überschütteten Kanälen durchführbar ist⁵⁰.

Generell gilt, dass alle Anlagen und Kanäle des Entsorgungsnetzes in einem Zeitraum von 10 Jahren auf ihre Dichtigkeit hin geprüft werden müssen⁵¹.

Bei der Sichtprüfung ist zwischen der Prüfung durch Begehung (Kreisquerschnitte > DN 1200, bzw. Eiquerschnitte > 70/120), und der TV-Untersuchung der Kanäle, die unter den genannten Durchmessern liegen, zu unterscheiden. Voraussetzung für beide Prüfungen zur Aufnahme von Schäden am Kanal ist, die vorausgegangene Reinigung der zu prüfenden Strecke, und wenn möglich die außer Betriebnahme der Haltung⁵².

Die Vorgehensweise ist bei beiden Prüfungen die gleiche. Durch visuelle Begutachtung des Kanals werden Schäden wie Wurzeleinwuchs, Risse im Kanal, undichte Anschlussstellen, Scherbenbildung am Rohrmaterial, Abweichungen der Lage erfasst, protokolliert und danach in Schadensklassen eingeteilt.

Folgende Inspektionszyklen sind dabei für die Kanäle und Schächte anzusetzen:

- Begehbare Kanäle → einmal in 5 Jahren
- Nicht begehbare Kanäle → einmal in 10 Jahren
- Schachtinspektion ohne Begehung
in Verkehrsstrassen → einmal pro Jahr
- In Anliegerstrassen → einmal in 2 Jahren
- Schachtinspektion mit Begehung → einmal in 5 Jahren⁵³

Bemerkenswert ist das der Inspektionsgrad öffentlicher Kanäle zugenommen hat und derzeit bei rund 75% des Netzes liegt.

3.4 NOTWENDIGKEIT DER SANIERUNG

Wie schon in den vorangegangenen Kapitelpunkten erwähnt, müssen sich die Kanalnetzbetreiber mit der zunehmenden Alterstruktur und umfangreichen Kanalschäden auseinandersetzen. Dabei ist der Indikator für den Handlungsbedarf der Sanierung oder Reparatur, die Einteilung des baulichen Zustandes des Kanals, aufgrund der Schäden, in so genannte Zustandsklassen.

Nach ATV-M 149 wird in folgende Klassen unterteilt:

⁴⁹ Siehe Stein / Niederehe [Kanalisationen] 1987 S.81

⁵⁰ Vgl. Stein / Niederehe [Kanalisationen] 1987 S.84

⁵¹ Dazu Jung [Kanalsanierung] 1998 S.16

⁵² Laut DIN EN 752 [Entwässerungssysteme] 1997 S.6

⁵³ Siehe hierzu Jung [Kanalsanierung] 1998 S.62

- Zustandsklasse ZK 0 → sofortiger Handlungsbedarf
- Zustandsklasse ZK 1 → kurzfristiger Handlungsbedarf
- Zustandsklasse ZK 2 → mittelfristiger Handlungsbedarf
- Zustandsklasse ZK 3 → langfristiger Handlungsbedarf
- Zustandsklasse ZK 4 → kein Handlungsbedarf

Laut untenstehender Grafik besteht bei 17% des durch die ATV-DVWK Umfrage erfassten Kanalnetzes ein sofortiger bis mittelfristiger Sanierungsbedarf. Bei sofortigem Sanierungsbedarf können die Schäden gravierende Auswirkungen auf die Umwelt haben. Eine mögliche Konsequenz wäre, wie in Kapitel 3.3 bereits erwähnt, die Verschmutzung des Grundwassers mit belastetem Industrieabwasser durch Leckagen im Kanalnetz.⁵⁴

Weiterhin ist anzumerken, dass bei der Einteilung der Zustandsklasse nicht die ganze betrachtete Haltung zwangsläufig schadhaft sein muss. Zwar richten sich die Angaben der Grafik auf komplette Haltungslängen, aber vereinzelte Schäden innerhalb der Haltung reichen für die Bezeichnung schadhafte Haltung aus. Dabei ist bei mehreren auftretenden Schäden jeweils der größte Einzel Schaden für die Einteilung in die entsprechende Schadensklasse ausschlaggebend⁵⁵.

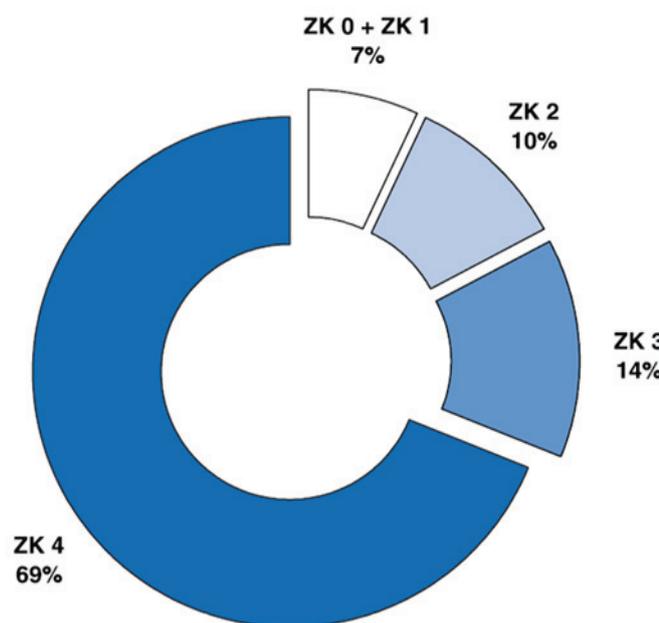


Abb. 3.2 Prozentuale Verteilung der Zustandsklassen innerhalb der untersuchten Kanalnetze, nach ATV-DVWK Umfrage

⁵⁴ Stein / Niederehe [Kanalisationen] 1987 S. 97

⁵⁵ Siehe auch ATV-DVWK [Kanalumfrage] 2001 S.6

3.5 STRATEGIEN ZUR KANALNETZVERBESSERUNG

Alle bisher aufgezählten Punkte dienen neben der Netzerhaltung auch als Grundlage zur Entscheidung der geeigneten Sanierungsstrategie im Schadensfall.

Unter Sanierung versteht man laut DIN EN 752-5 alle Maßnahmen zur Wiederherstellung und Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen. Dabei kann in folgende drei Überbegriffe gegliedert werden:

- Renovierung → Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit unter der vollständigen oder teilweisen Einbeziehung der ursprünglichen Substanz
- Reparatur → Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden
- Erneuerung → Herstellung neuer Abwasserleitungen und –kanäle in gleicher oder abweichender Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Leitungen und Kanäle einbeziehen⁵⁶

Entscheidend für die Wahl der Sanierungsstrategie sind Abwägungen bezüglich der baulichen, betrieblichen und umweltrelevanten Anforderungen an die Maßnahme. Aufgrund der aus Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse über vorhandene Schäden oder aus gegebenen Randbedingungen, wie hydraulisch überlastete Kanalabschnitte, sind aus betriebswirtschaftlichen Gründen, auch unter Einbeziehung der Restnutzungsdauer des Kanals, die notwendigen Maßnahmen zur Sanierung zu ergreifen.

Im nachfolgenden Diagramm sind die Maßnahmen, die die Kommunen laut ATV-DVWK Umfrage von 2001 zur Sanierung ihres bestehenden Kanalnetzes anwenden innerhalb der drei Bereiche Renovierung, Reparatur und Erneuerung aufgegliedert.

⁵⁶ Dazu DIN EN 752 [Entwässerungssysteme] 1997 S.2 ff.

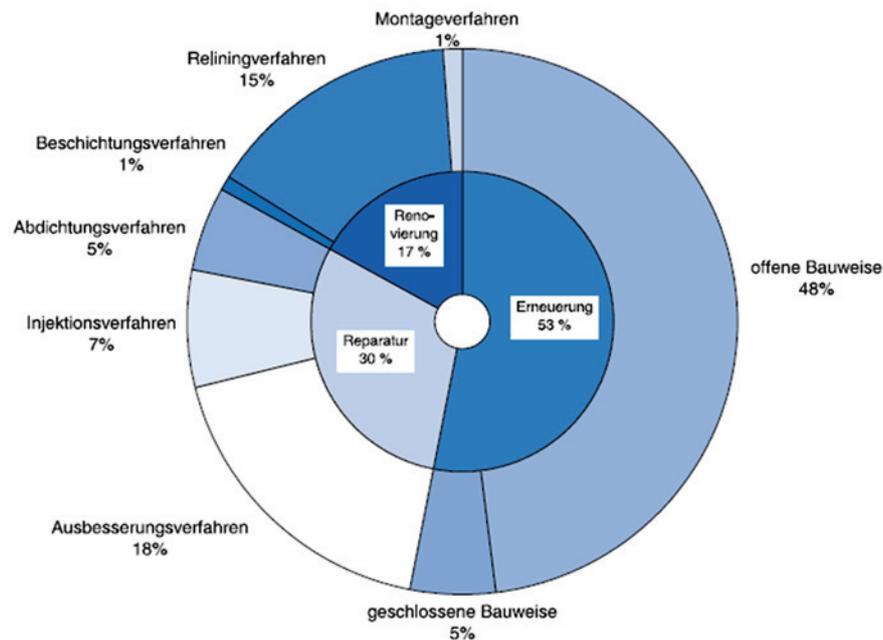


Abb. 3.3 eingesetzte Sanierungsverfahren der Kommunen, laut ATV-DVWK Umfrage

Was dabei auffällt ist die Tatsache, dass die Erneuerung bei über der Hälfte der Maßnahmen zum Einsatz kommt. Dies ist eigentlich nur dadurch zu erklären, dass die zu erneuernden Kanäle entweder hydraulisch nicht mehr ausreichen oder die Maßnahme in offener Bauweise kostengünstiger ist als die anderen Maßnahmen.

3.6 INVESTITIONSBEDARF DER KOMMUNEN

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits aufgezeigt, bestehen für die Kommunen ein immenser Zeit- und Kostenaufwand zur Aufrechterhaltung des Netzbetriebes. Eigentlich sollte das Ziel der Kommunen sein, den Standard des Kanalnetzes auf Dauer nicht zu halten, sondern längerfristig die Qualität des bestehenden Abwassernetzes zu verbessern.

Leider sieht das in der Realität anders aus. Allein für die sofortigen und kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen sind auf dem Stand von 2001 Investitionskosten rund 45 Milliarden Euro notwendig. Diese Zahl errechnet sich aus dem, gemäß der Bevölkerungsverteilung nach Gemeindegrößen, errechneten Mittelwert von etwa 594,12 Euro pro Laufmeter Kanal für Reparatur, Renovierung und Erneuerung. Legt man dem Kanalnetz in Deutschland eine Gesamtlänge von 445.951 km zugrunde, und berücksichtigt die sofortigen bis kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen von 17%, so können die Sanierungskosten wie folgt abgeschätzt werden:

$$445.951 \text{ km} \times 1000 \text{ m/km} \times 0,17 \times 594,12 \text{ €/lfm} = 45.041.229.380,40 \text{ €}^{57}$$

⁵⁷ Dazu ATV-DVWK [Kanalumfrage] 2001 S.7

Dem gegenüber zu stellen sind die tatsächlichen Ausgaben der Kommunen für Sanierungsmaßnahmen. Diese betragen im Jahre 2000 einen Betrag von 42 Euro pro ans Kanalnetz angeschlossenen Einwohner. Geht man von einer Bevölkerung von 82 Millionen in Deutschland aus, und legt, laut statistischem Bundesamt, einen Anschlussgrad von 93,2% zugrunde, so ergibt sich folgende tatsächliche Investition für die Sanierungsmaßnahmen:

$$82.000.000 \text{ EW} \times 0,932 \times 42 \text{ €/EW} = 3.209.808.000 \text{ €}$$

Das bedeutet, dass in Deutschland die tatsächlichen Investitionen zur Verbesserung des Kanalnetzes weit unter dem Gesamtinvestitionsbedarf für Sanierungsmaßnahmen liegen. Die Schlussfolgerung ist, wie bereits oben erwähnt, dass mit den gegenwärtig getätigten Investitionen der Zustand der öffentlichen Kanalisation lediglich erhalten, aber nicht, wie benötigt, verbessert werden kann⁵⁸

3.7 ZUSAMMENFASSUNG

Die Kommunen haben sich im Bereich der Abwasserbeseitigung mit einer Vielzahl von Problemen auseinanderzusetzen. Aus der zunehmenden Überalterung der Kanalnetze resultiert eine umfangreiche Notwendigkeit der Sanierung, die mit einem großen Bedarf an Investitionen einhergeht. Die Kommunen sind nicht in der Lage, den qualitativen Standard des Kanalnetzes auszubauen, sondern können nur einen Status Quo des momentanen Zustandes des Abwassernetzes halten. Laut Angaben der Netzbetreiber sind 17% ihres bestehenden Netzes sofort oder zumindest kurzfristig sanierungsbedürftig. Den dafür notwendigen 45 Mrd. Euro stehen aber nur tatsächliche Ausgaben zur Verbesserung von rund 3,2 Mrd. Euro gegenüber.

Hauptgründe für die Schäden, welche die Sanierungen notwendig machen, sind nach Angaben der Netzbetreiber mit über 50% der genannten Schäden schadhafte Anschlüsse, Risse und undichte Muffen. Dafür verantwortlich zeichnet sich zum einen mangelhafte Bauausführung, zum anderen aber auch die Kommunen selber durch unzureichende Bauüberwachung und –abnahme.

Für den Betrieb und die Erhaltung der Kanalnetze, in gleichem Maße auch zur Beurteilung des Netzzustandes, sind mehrere Komponenten verantwortlich. Durch Maßnahmen wie Reinigung, Dichtigkeitsprüfungen und Sichtprüfungen gewährleisten die Kommunen den einwandfreien Betrieb ihrer Kanalisation und sind somit durch die Verfahren auch in der Lage, ihr Kanalnetz auf Schäden zu überprüfen und die geeigneten Strategien zur Sanierung zu ergreifen.

⁵⁸ Gemäß ATV-DVWK [Kanalumfrage] 2001 S.7

4 DARSTELLUNG DER VER- UND ENTSORGUNGSSITUATION INNERHALB DER KOMMUNEN

4.1 DIE ABWASSERENTSORGUNG

Die öffentliche Abwasserentsorgung ist eine hoheitliche Aufgabe und liegt zu 94% in den Händen der Kommunen. Da die Kommunen in ihrer Wahl der Unternehmensform bei der Abwasserbeseitigung frei entscheiden können, ist zwischen verschiedenen Organisationsformen der kommunalen Abwasserentsorgung, die generell auch für andere kommunale Einrichtungen gelten, zu unterscheiden. Kommunen können sich bei Bau und Planung des Abwassernetzes von Dritten unterstützen lassen.

Nachfolgend sind die Unternehmensformen und ihre prozentuale Verteilung in Deutschland, die von der ATV-DVWK und der BGW in einer Umfrage 2003 ermittelt wurden, dargestellt:

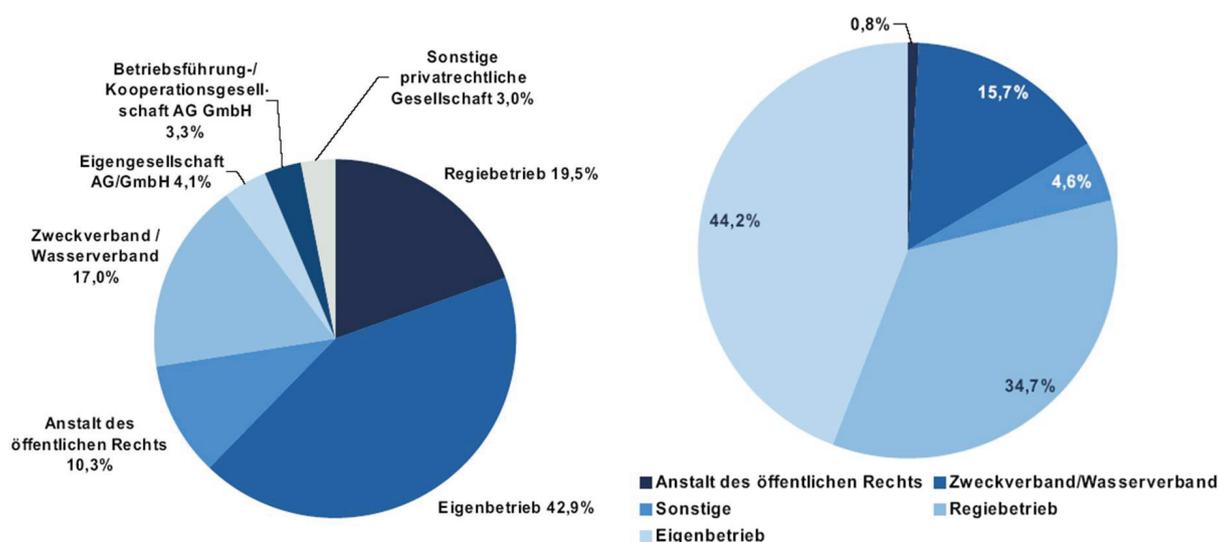


Abb. 4.1 Unternehmensformen in der der Abwasserentsorgung nach angeschlossenen Einwohnern, gemäß Marktdaten 2003 von BGW und ATV-DVWK

Abb. 4.2 Unternehmensformen in der der Abwasserentsorgung nach Anzahl der Betriebe, gemäß Marktdaten 2003 von BGW und ATV-DVWK

Die linke Grafik zeigt die Unternehmensformen nach angeschlossenen Einwohnern und die rechte Grafik nach Anzahl der Betriebe. In beiden Schaubildern fällt der große Anteil an Eigen- und Regiebetrieben auf.

Eigenbetriebe sind innerhalb der Stadtverwaltung selbständige Betriebe. Sie stellen Unternehmen ohne eigene Rechtspersönlichkeit dar. Aber davon abgesehen kann diese Form der Unternehmensführung selbstständig einen eigenen Wirtschaftsplan aufstellen, der den Erfolgsplan (laufende Kosten), den Vermögensplan (Investitionen des Betriebes) und die Stellenübersicht (welche Stellen sind im Eigenbetrieb besetzt) beinhaltet, sowie Kredite aufnehmen. Eigenbetriebe, die in ihrer organisatorischen Führung also weitestgehend

uneingeschränkt sind, stellen ein Sondervermögen des Trägers (Gemeinde) dar und erscheinen im Haushalt der Kommune nur in Form von Zu- und Abführungen. Der Eigenbetrieb verfügt über eine eigene Werksleitung und hat als Dienstvorgesetzten aller Beschäftigten des Betriebes den Oberbürgermeister der Kommune⁵⁹.

Regiebetriebe besitzen ebenfalls wie die Eigenbetriebe keine eigene Rechtspersönlichkeit. Die Einnahmen und Ausgaben eines Regiebetriebes sind fester Bestandteil des Haushaltsplanes der Kommune und er besitzt keine finanzielle Autonomie im Gegensatz zum Eigenbetrieb. Verwaltungsaufgaben des Regiebetriebes werden von der Stadtverwaltung wahrgenommen. Für die Kommune gilt beim Regiebetrieb das Gesamtdeckungsprinzip, d.h. in diesem Fall besteht die Gefahr einer möglichen Quersubventionierung in andere Bereiche oder aus anderen Bereichen. Beide Rechtsformen, Regie- und Eigenbetrieb, sind aufgrund ihrer Aufgabe der Erfüllung hoheitlicher Aufgaben nicht steuerpflichtig.

Zweckverbände bilden sich zur Bewältigung sektorale Probleme. Sie sind ein Zusammenschluss mehrerer Gebietskörperschaften. Zweckverbände sind so in der Lage Kosten zu senken oder Aufgaben in Angriff zu nehmen, zu denen einzelne Gemeinden auch aufgrund der Kostenproblematik nicht in der Lage wären. Die Gemeinden nehmen mittels der Verbandsversammlung auf die Unternehmenspolitik Einfluss.⁶⁰

Anstalten des öffentlichen Rechtes stellen Institutionen dar, die öffentliche Aufgaben wahrnehmen, die ihr gesetzlich zugewiesen sind. AöR werden durch ein Gesetz oder auf Grund eines Gesetzes errichtet, verändert und aufgelöst. Sie kann durch die Zuordnung einer juristischen Person des öffentlichen Rechts als Träger die Rechtsfähigkeit besitzen. Anstalten des öffentlichen Rechtes unterscheiden sich durch die Tatsache, dass sie aus Benutzern und nicht aus Mitgliedern bestehen, von anderen öffentlichen Rechtsformen. Weitere Beispiele für AöRs sind Sparkassen, Studentenwerke oder öffentliche Krankenhäuser⁶¹.

4.2 DER STROMMARKT

Um die generelle Ver- und Entsorgungssituation innerhalb der Kommunen darstellen zu können, muss man sich erst einmal einen Überblick verschaffen, wie das Netz der Energieversorger in Deutschland aufgestellt ist.

Durch die Liberalisierungspolitik der Bundesregierung haben sich auf dem Versorgungsmarkt verschärfte Wettbewerbsbedingungen eingestellt. Dies ist aus der untenstehenden Grafik ersichtlich, nach der sich der Markt für Stromerzeuger in Deutschland von acht Anbietern auf vier konsolidiert hat.

⁵⁹ Stadt Augsburg [Beteiligungsbericht] 2004 S.18

⁶⁰ Stadt Augsburg [Beteiligungsbericht] 2004 S.18

⁶¹ Laut Wikipedia [Anstalt des öffentlichen Rechts] 2005

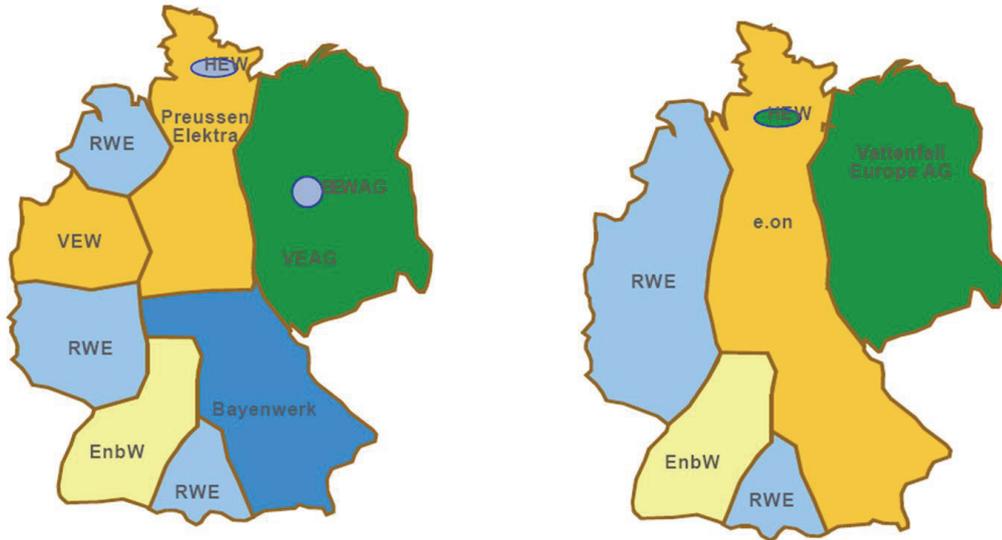


Abb. 4.3 Verteilung der Stromanbieter in Deutschland, vor und nach der Liberalisierung des Marktes, Internet: Knell [Energemarkt]

Diese vier Anbieter sind momentan für die Stromerzeugung, beziehungsweise für den Stromimport, -export in Deutschland zuständig, und über ihre Netze wird der Strom in die Netze der regionalen und kommunalen Versorgungsunternehmen eingespeist.

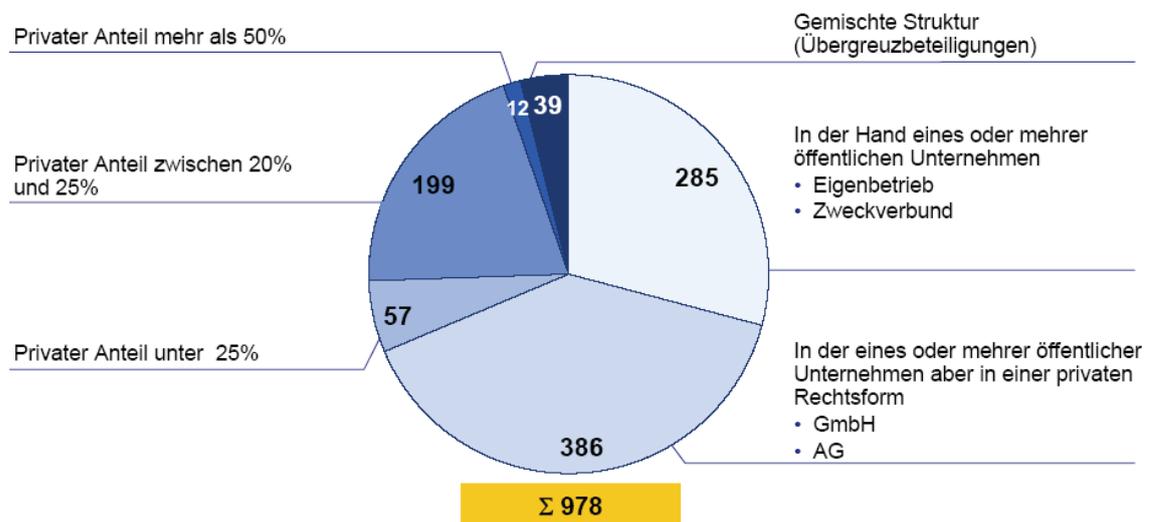


Abb. 4.4 Unternehmensformen der kommunalen Versorgungsunternehmen, Internet: Knell [Energemarkt]

Das oben stehende Diagramm zeigt die Unternehmensformen der kommunalen Versorgungsunternehmen im Bereich der Stromversorgung. Dabei zeigt sich, dass der Hauptteil der kommunalen Versorgungsunternehmen mit fast 70% sich in der Hand der Kommunen in Form einer öffentlichen oder formell privaten Rechtsform befindet.

Es ist aber gut möglich, dass aufgrund leerer Stadtkassen die Kommunen in Zukunft vermehrt dazu bereit sind, Beteiligungen ihrer Stadtwerke an große Stromunternehmen zu veräußern und sich so den Einfluss in der Unternehmenspolitik selbst beschneiden. Wie an der Grafik zu erkennen ist, sind bereits bei fast 30% der kommunalen Stromversorger private Unternehmen an den Stadtwerken beteiligt. Weitere Erklärungen zu den verschiedenen Unternehmensformen finden sich in Kapitel 4.4.

4.3 DER GASMARKT

Ähnlich ist die Situation auf dem Gasmarkt. Große Erzeuger und Gasimporteure verkaufen zum einen direkt an Heizkraftwerke Gas zur Stromerzeugung, zum anderen wird die Heizenergie an die regionalen Ferngasgesellschaften veräußert, die sich für den großflächigen Gastransport innerhalb Deutschlands verantwortlich zeichnen. Die regionalen und lokalen Gasunternehmen, zumeist die Stadtwerke, kaufen das Gas von den regionalen Ferngasgesellschaften und beliefern Industrie und Haushalte.

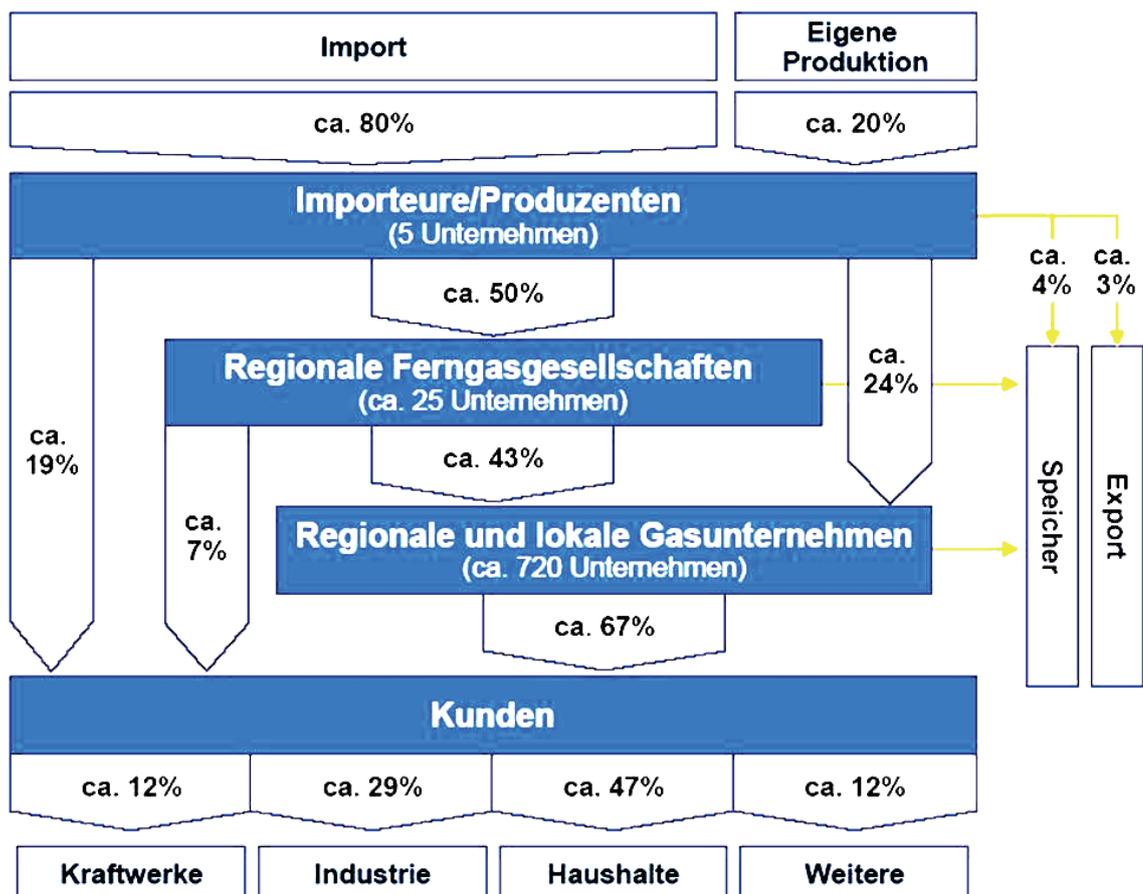


Abb. 4.5 Gesamtstruktur des deutschen Gasmarktes, Internet: Knell [Energiamarkt]

Hierbei ist zwischen Stadtwerken, die sich zu Hundert Prozent in der Hand der Kommunen befinden und Stadtwerken, an denen Regionale Ferngasgesellschaften oder sogar Importeure/Produzenten indirekt Beteiligungen halten, zu unterscheiden.

Der Unterschied zwischen beiden Unternehmensformen ist, dass bei Stadtwerken, die sich rein im Besitz der Kommunen befinden sich die Auswahl des Gaslieferanten allein nach preispolitischen Gesichtspunkten richtet, was im Endeffekt dem Kunden zu Gute kommt. Bei Stadtwerken, an denen große Unternehmen Beteiligungen halten (zumeist nicht mehr als 20%), besteht die Gefahr, dass Lieferverträge nicht nur nach dem Preis abgeschlossen werden, sondern diese Entscheidung auch von Konzerninteressen geprägt ist. Vor allem Kommunen mit klammer Stadtkasse sind für Beteiligungen dieser Art zu gewinnen, verbessert sich doch kurzfristig durch Verkäufe von Unternehmensbeteiligungen, die Haushaltslage der Gemeinde. Die Frage ist jedoch, ob sich der Einfluss großer, auch ausländischer Unternehmen, die bereitwillig in die Versorgungsunternehmen investieren, rechnet. Besteht doch die Gefahr, dass durch Verlust der Einflussnahme in der Geschäftspolitik seitens der Stadtwerke, eine Einschränkung der Anzahl der Vorlieferanten für Gas resultiert. Dies kann in der Preispolitik gravierende Folgen für den Verbraucher nach sich ziehen, wie sich augenscheinlich an aktuellen Entwicklungen zeigt.

Von der Unternehmensstruktur unabhängig sind die Stadtwerke und lokalen Versorgungsunternehmen dafür verantwortlich, den Endkunden mit Gas zu beliefern und auch die gesamte Infrastruktur des lokalen Versorgungsnetzes aufzubauen, beziehungsweise dessen Betrieb aufrechtzuerhalten.

4.4 DER TRINKWASSERMARKT

Der Markt der Trinkwasserversorgung wurde im Gegensatz zum Energie- und Telekommunikationsmarkt noch nicht reguliert. Zum einen, da Wasser ein Gut ist, das jederzeit und ausreichend zur Verfügung stehen muss, zum anderen, weil Wasser einer gewissen Qualität untersteht und somit die Mischung von Wasser mit unterschiedlicher Herkunft und damit auch qualitativ unterschiedlicher Zusammensetzung nicht erwünscht ist. Zu solchen Mischungen würde es aber durch Nutzung der gleichen Netze von verschiedenen Anbietern zwangsläufig kommen.

Generell sind die Kommunen gesetzlich durch ihre Selbstverwaltungsaufgabe dazu verpflichtet, die Versorgung mit Wasser zu gewährleisten. Da Kommunen anders als in der Beseitigung von Abwasser die Möglichkeit besitzen, die Trinkwasserversorgung selbst zu übernehmen oder an dritte Firmen weiter zu vergeben⁶², gibt es ähnlich wie bei Strom und Gas, verschiedene Unternehmensformen.

⁶² Kluge / Lux / Schramm [Trinkwasserversorgung] 2001 S.19

Auf dem Gebiet der Versorger kann generell zwischen drei verschiedenen Unternehmensformen unterschieden werden:

- Versorgungsunternehmen vollständig im Besitz der Kommunen
- Unternehmen, die teilweise oder voll privatisiert sind
- Private Wasserversorgungsunternehmen⁶³

Mit 85% bei den Versorgungsunternehmen stellt die öffentlich-rechtliche Rechtsform den Hauptteil an den Organisationsformen innerhalb der Trinkwasserversorgung. Diese sind häufig als Stadtwerke organisiert.

Bei voll oder teilweise privatisierten Versorgungsunternehmen wird zwischen formeller oder materieller Privatisierung unterschieden. Bei der formellen Privatisierung ist das Unternehmen zwar zu hundert Prozent in kommunaler Hand, ist aber in Form einer AG oder GmbH in eine privatwirtschaftliche Rechtsform umgewandelt. Im Gegensatz dazu werden bei einer materiellen Privatisierung, Kapitalanteile des Versorgungsunternehmens anteilig oder zu hundert Prozent an private Investoren verkauft und die Kommune nimmt über den Aufsichtsrat Einfluss auf die Unternehmenspolitik.

Private Versorgungsunternehmen waren schon immer eine privatrechtliche Unternehmensform und übernehmen, wie oben bereits erwähnt, die Wasserversorgung im Auftrag der Kommune. Diese Unternehmen, die übrigens nur einen sehr geringen Prozentsatz an den deutschen Trinkwasserversorgungsunternehmen ausmachen, sind durch Konzessionsverträge über 30–40 Jahre an die Kommunen gebunden.

4.5 TELEKOMMUNIKATION

Die Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes 1998 hat den Markt in diesem Sektor entscheidend umgestaltet. War bis dato die Post und die daraus entstandene Telekom Monopolist in dieser Branche, so haben sich seit diesem Zeitpunkt eine Menge von Anbietern auf diesen Markt gedrängt.

Grundlage, um am Telekommunikationsmarkt aktiv sein zu können, ist der Besitz einer der vier nachfolgend aufgeführten Lizenzen, die vom Bundesministerium für Wirtschaft vergeben werden:

- Klasse 1: Übertragungswege für Mobilfunk;
- Klasse 2: Übertragungswege für Satellitenfunk;
- Klasse 3: Betreiben von Übertragungswegen für TK- Dienstleistungen für die Öffentlichkeit;
- Klasse 4: Sprachtelefonien für die Öffentlichkeit auf der Basis selbst betriebener Netze.

Aufgrund dieser Lizenzen gibt es natürlich verschiedene, ausgerichtete Unternehmen, wobei an dieser Stelle die Klasse eins und zwei keine Rolle spielen.

⁶³ Kluge / Lux / Schramm [Trinkwasserversorgung] 2001 S.9

Die Lizenzen der Klasse drei befinden sich in der Hand von bundesweiten oder nur regional aktiven Unternehmen, die lediglich die Netze für öffentliche Telekommunikationsdienstleistungen bereitstellen und betreiben. In der Klasse vier hingegen sind die Unternehmen vertreten, die eigene Netze unterhalten, und dazu auch noch selber TK- Dienstleistungen für die Öffentlichkeit anbieten. Genauso wie bei Klasse drei gibt es hier neben bundesweiten Anbietern, z.B. deutsche Telekom, auch Anbieter, die nur in einzelnen Städten oder Regionen am Markt präsent sind.

Bieten Unternehmen hingegen nur TK- Dienstleistungen ohne eigene Netze oder Dienstleistungen für geschlossene Benutzergruppen an, ist der Erwerb von Lizenzen nicht erforderlich. Da das Telekommunikationsgesetz einen fairen Wettbewerbs vorsieht, haben marktbeherrschende Unternehmen (mehr als 35 Prozent Marktanteil) die Prämisse, Mitkonkurrenten einen offenen und diskriminierungsfreien Zugang zu ihrem Netz zu verschaffen und ihre Netze mit denen anderer Anbieter zusammenzuschließen.

Dies bedeutet, dass Unternehmen, die aufgrund der oben genannten Gründe keine Lizenz besitzen, neben Nutzungsrechten bei den Unternehmen der Klasse drei, auch bei Unternehmen der Klasse vier Benutzungsrechte der Netze erwerben können.

Es ist anzumerken, dass auf dem deutschen Telekommunikationsmarkt eine Vielzahl von Unternehmen, auch ausländische, aktiv sind und neben den Big Playern sich auch eine Vielzahl von regionalen Anbietern, zum Teil mit Hilfe ausländischer Firmen, am Markt etabliert haben⁶⁴.

4.6 ZUSAMMENFASSUNG

Bei den Versorgungs- und Entsorgungsbetrieben der Kommunen gibt es unterschiedliche Unternehmensformen, die sich natürlich auch unterschiedlich in ihrer Unternehmenspolitik und ihrem Zweck darstellen. Während im Abwasser- und Trinkwasserbereich der Einfluss privater Unternehmen in den kommunalen Unternehmensformen noch eine recht untergeordnete Rolle spielt, haben sich bei den regulierten Energiemärkten Strom und Gas bereits große Energiekonzerne Einfluss auf die Firmenentscheidungen durch finanzielle Beteiligungen an den lokalen Versorgungsunternehmen gesichert.

Es ist zu bezweifeln, ob der Kunde, der eigentlich das Kapital der Versorgungsunternehmen darstellt, von solchen materiellen Privatisierungen profitiert, liegt doch die Vermutung nahe, dass die Kommunen im Aufsichtsrat dieser öffentlich- privat gemischten Unternehmen ihren Einfluss auf die Preispolitik verlieren. Es gibt Beispiele von Städten, wie z.B. in Potsdam (Trinkwasser), wo die Beteiligungen mit privaten Unternehmen wieder rückgängig gemacht wurden, da keine stabile Preispolitik mehr betrieben werden konnte.

⁶⁴ Siehe Faßnacht [Telekommunikationsmarkt] 1997

Davon abgesehen, wie die kommunalen Ver- und Entsorgungsunternehmen in ihrer Rechtsform aufgestellt sind, bleibt ihr Hauptanliegen, die Sicherstellung der Versorgung mit den lebensnotwendigen Gütern Energie und Wasser und die umweltgerechte Entsorgung der Abwässer. Dafür verfügen die kommunalen Entwässerungsbetriebe und die Stadtwerke auf ihren Märkten über das notwendige Know- How, um für ihre Kunden die Netze zu planen, zu Erstellen und den dauerhaften Betrieb zu gewährleisten.

5 EMPIRISCHE ERHEBUNG

5.1 ZIEL DER ERHEBUNG

Um die konventionelle Erschließung mit dem nicht begehbaren Infrastrukturkanal in Bezug auf die Kosten für die Kommunen vergleichen zu können wurde, eine empirische Erhebung bei den Kommunen und den kommunalen Versorgungsunternehmen durchgeführt.

Ziel dabei ist, die Investitionskosten und die Betriebskosten für den laufenden Meter Kanal und Versorgungsleitung zu ermitteln, um eine Grundlage zu schaffen, auf der die Kosten für eine Erschließung errechnet werden können. Die ermittelten Werte der Umfrage bei den Kommunen sollen als Basis beim Vergleich der beiden Erschließungssysteme bezüglich laufender Kosten, Investitionskosten und Sanierung dienen.

5.2 VORGEHENSWEISE

Im Zuge der Erhebung wurden mehrere deutsche Kommunen mit einem Fragebogen angeschrieben. Um aussagekräftige Kennzahlen zu erhalten, wurden dabei Kommunen mit unterschiedlicher Größe befragt.

Folgende Kommunen haben sich an der Umfrage beteiligt:

- München → 1.248.00 Einwohner
- Biberach an der Riß → 31.500 Einwohner
- Augsburg → 259.000 Einwohner
- Dortmund → 590.000 Einwohner
- Düsseldorf → 573.000 Einwohner⁶⁵

Um eine Vergleichbarkeit zu den Kosten des nicht begehbaren Infrastrukturanalsystems herstellen zu können, wurden dabei im Abwasserbereich Investitions- und Betriebskosten für DN 300–400 abgefragt.

Im Wesentlichen sind dies die Punkte, die von den kommunalen Netzbetreibern der Kanalisation erfragt wurden:

- Gebühren
- Kosten Neubau Abwasserkanal
- Kosten Sanierung Abwasserkanal
- Kosten Reinigung Abwasserkanal
- Kosten Dichtigkeitsprüfung Abwasserkanal
- Kosten Sichtprüfung Abwasserkanal

Dabei spiegeln die Kosten für den Neubau die Investitionskosten der Kommunen wieder, und die Punkte Sanierung, Reinigung, Dichtigkeitsprüfung und Sichtprüfung zeigen die laufenden Betriebskosten auf.

⁶⁵ Laut www.citypopulation.de vom 19.09.2005

Zusätzlich wurden die Gebühren für die Einleitung von Abwasser und Regenwasser erfasst, um einen Überblick zu bekommen, wie die Einnahmen der Kommunen in etwa aussehen.

Auf der Seite der Versorgungsunternehmen wurden ebenfalls Kosten für den Neubau und den Unterhalt der Netze abgefragt, um einen Anhaltspunkt zu erhalten, ob für die Anbieter Einsparpotentiale entstehen, wenn das Infrastrukturkanalsystem durch die Kommunen finanziert, gebaut und betrieben wird.

5.3 AUFBEREITUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Umfrage dienen in den folgenden Kapiteln zur Erstellung eines Kostenvergleichs und einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nach den „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“, die von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erstellt wurden.

Die Kostenvergleichsrechnung (KVR) nach der LAWA versteht sich als Instrument zur Beurteilung infrastruktureller Maßnahmen, unter Berücksichtigung der langen Nutzungsdauern bei wasserwirtschaftlichen Projekten. Die KVR betrachtet dabei lediglich eine relative Vorteilhaftigkeit, sprich ein Vergleich der anfallenden Kosten. Eine Aussage über die absolute Vorteilhaftigkeit, also die Einbeziehung eines Nutzvorteils, wird bei diesem kostenorientierten Bewertungsverfahren nicht mit einbezogen und hat separat zu erfolgen⁶⁶.

Bei der KVR werden Investitionskosten und Jahreskosten verschiedener Alternativen unter Einbeziehung ihrer Nutzungsdauern miteinander verglichen. Dabei ist zwischen einem Vergleich mit gleichen und mit unterschiedlichen Nutzungsdauern zu differenzieren.

Bei gleichen Nutzungsdauern ist ein einfacher Vergleich von Projektkostenbarwerten und Jahreskosten durchzuführen, der die tatsächlich anfallenden Projektkostenbarwerte widerspiegelt und somit die kostengünstigere Variante eindeutig ermittelt.

Bei unterschiedlich langen Nutzungsdauern der Alternativen ist der Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Projektkostenbarwerte anzuwenden. Dabei wird aufgrund des kleinsten gemeinsamen Nenners der Laufzeiten beider Varianten zwar die kostengünstigere Lösung errechnet, jedoch entsprechen die Projektkostenbarwerte nicht den tatsächlichen Kosten.

⁶⁶ Vergleich LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.1-2

6 KOSTEN DER KOMMUNEN BEI KONVENTIONELLEN ABWASSERNETZEN

6.1 KOSTENSTRUKTUR

Für die Kommunen besteht eine enorme Belastung mit Kosten im Bereich der Abwasserentsorgung, sei es durch laufende Kosten durch das Personal oder durch Unterhaltskosten. Untenstehende Grafik verdeutlicht, welche Kosten für die Kommune relevant sind und in welchem Umfang sie den Haushalt belasten.

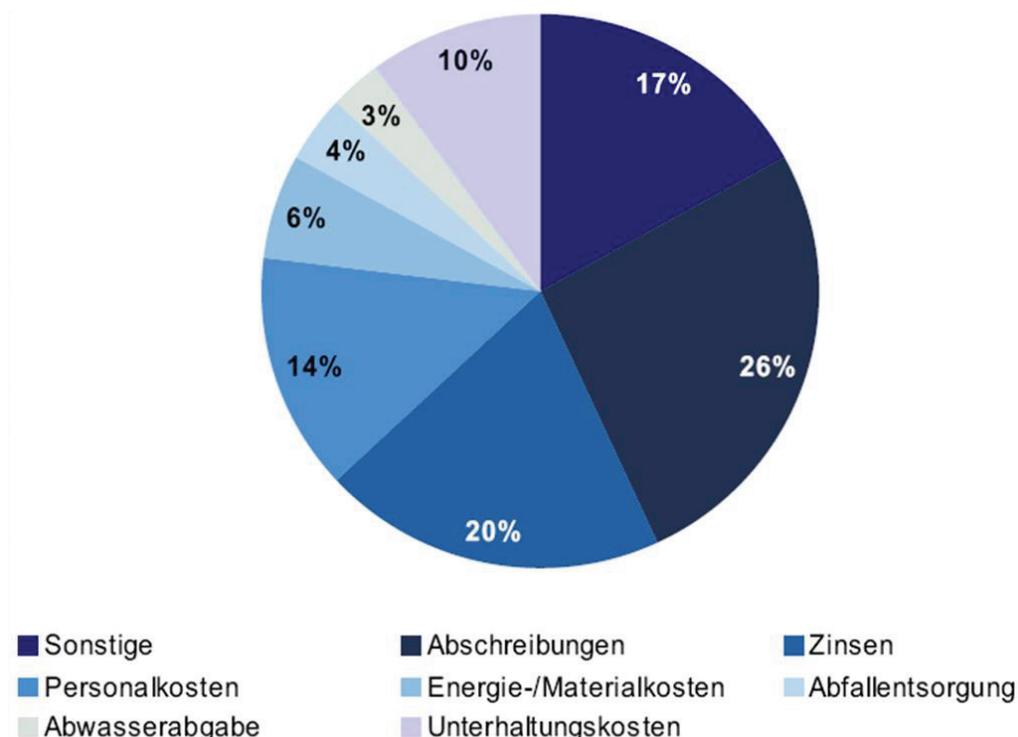


Abb. 6.1 Kostenstruktur der Abwasserentsorgung 2002 nach BGW und ATV-DVWK

Der größte Teil der Kosten bei der Abwasserentsorgung machen die Fixkosten aus. Diese liegen normalerweise zwischen 75 - 85 vH und fallen unabhängig von der Wassermenge, die abzuleiten und zu klären ist, an. Die Fixkosten setzen sich zusammen aus den Abschreibungen, Zinsen, Kosten für Personal und den Unterhalt sowie den sonstigen Kosten.

Dabei stellen die Abschreibungen, die Wertminderung des Kanalnetzes und der betrieblichen Anlagen, wie z.B. Kläranlage, Regenüberlaufbecken, etc., dar. Man geht beim Kanalnetz von einer Nutzungsdauer von etwa 50-80 Jahren aus, bei Kläranlagen von ca. 15-20 Jahren. Alle Anlagen der Abwasserentsorgung stellen mit ihrer Nutzungsdauer, langlebige Wirtschaftsgüter dar.

Unter den sonstigen Kosten sind unter Anderem Aufwendungen für die Abwasserreinigung an überörtliche Kläranlagenverbände zu verstehen.

Die oben angeführten Kosten bilden für die Kommunen und Abwasserentsorger die Grundlage zur Kalkulation der Abwassergebühren, die von den ans Abwassernetz angeschlossenen Kunden erhoben werden.

6.2 EINNAHMEN DURCH ABWASSERGEBÜHREN

Für die Kalkulation der Abwassergebühren werden nach dem Kostendeckungsprinzip nur die Kosten herangezogen, die dem Entsorgungsbetrieb tatsächlich zur Entsorgung und Reinigung des Abwassers entstehen. Das bedeutet: Es werden keine Überschüsse durch höhere Abwassergebühren erzielt und der Verbraucher wird nicht mit erhöhten Gebühren belastet.

Die Berechnung der Abwassergebühren kann anhand zweier unterschiedlicher Methoden erfolgen: Zum einen, eine einheitliche Gebühr für Schmutz- und Regenwasser. Dabei wird die Menge des verbrauchten Frischwassers herangezogen und die Behandlung des Regenwassers anteilig mit in die Gebühr eingerechnet. Zum anderen der gesplittete Gebührenmaßstab, bei dem zwei Gebühren verlangt werden. Erstens für die tatsächliche angefallene Schmutzwassermenge - diese basiert auf der verbrauchten Frischwassermenge - und zweitens für das angefallene Regenwasser, dessen Menge auf der zu entwässernden Grundstücksfläche basiert. Zusätzlich kann es sein, dass eine Grundgebühr verlangt wird, um die hohen Fixkosten auf alle angeschlossenen Einwohner gleichmäßig zu verteilen und um gleichzeitig einen Anstieg der Gebühren zu vermeiden.

Davon abgesehen sollen für den jährlichen Ertrag aus Abwassergebühren folgende, von den Kommunen fertig kalkulierte Preise, für die Berechnung verwendet werden:

Stadt	Abwassergebühren €/m ³ Schmutzwasser
Düsseldorf	1,43
Augsburg	0,98
Biberach/ Riß	1,93
München	1,56
Dortmund	1,74

Tab. 6.1 Abwassergebühren nach eigener Umfrage

Als Grundlage für die Berechnung der Abwasserwerte soll von einer Bevölkerungsdichte von 180 E/ha ausgegangen werden (20 E/ha → ländliches Gebiet, 300 E/ha → Stadtzentrum). Das bebaute Gebiet umfasst eine Größe von etwa 0,85 ha. Als mittlerer täglicher Wasserverbrauch soll hier 170 l/(E x d) angenommen werden, da für längere Prognosen (Laufzeit von Kanalisationen > 50 Jahre), 150 l/(E x d) nicht unterschritten werden sollen.

Hinzu kommt noch der Regenwasseranteil der Grundstückseigentümer, der ebenfalls beim Schmutzwasserkanal mitgezahlt werden muss. Laut untenstehendem Schaubild ergeben sich folgenden Werte für die untersuchten Städte:



Abb. 6.2 Niederschlagsverteilung in Deutschland⁶⁷

Stadt	Niederschlagswerte l/m ²
Düsseldorf	1.000
Augsburg	861
Biberach/ Riß	ca. 900
München	1020
Dortmund	ca. 900

Tab. 6.2 Niederschlagswerte ausgesuchter Städte, eigene Darstellung

⁶⁷ <http://faktor-t.de/niedegr.htm>

Als zu entwässernde Fläche wird in diesem Fall nur die Dachfläche angenommen. Diese ergibt sich aus Berechnungen aus den Plänen zu einer Gesamtfläche für alle Häuser von 4.351 m².

Aus den angeführten Parametern ergeben sich folgende Einnahmen durch Abwassergebühren pro Jahr:

- Abwassergebühren im Mittel

$$(1,43 + 0,98 + 1,93 + 1,56 + 1,74) / 5 = 7,64 / 5 = 1,53 \text{ €/m}^3$$

- Regenwasser im Mittel

$$(1.000 + 861 + 900 + 1.020 + 900)/5 = 4681/5 = 936,2 \text{ l/m}^2 = 0,936 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

- Abwassermenge aus häuslichem Gebrauch

$$180 \text{ E/ha} \times 0,85 \text{ ha} \times 170 \text{ l/(E} \times \text{d)} \times 365 \text{ d} = 9.493.650 \text{ l} = 9.494 \text{ m}^3$$

- Abwassermenge aus Regenwasserspende

$$0,936 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 4.351 \text{ m}^2 = 4.073 \text{ m}^3$$

Daraus resultieren die Gesamteinnahmen im Jahr aus Abwasser zu:

$$(9.494 \text{ m}^3 + 4.073 \text{ m}^3) \times 1,53 \text{ €/m}^3 = 13.567 \text{ m}^3 \times 1,53 \text{ €/m}^3 = 20.758 \text{ €}$$

6.3 KONVENTIONELLE ERSCHLIEßUNG

6.3.1 Investitionskosten

Als Investitionskosten fallen bei einem Neubaugebiet vor allem der Neubau des Kanals für das zu entwässernde Gebiet und der Anschluss an bestehende Hauptsammler, also an das bereits existierende Kanalnetz, an. Die Kosten für den laufenden Meter Kanal stellen sich für die in der Umfrage abgefragten Städte wie folgt dar:

Stadt	Kosten Neubau Kanal DN 300 - 400 €/lfm
Düsseldorf	1000 - 1500
Augsburg	1000
Biberach/ Riß	550 Trennsystem
München	625 inkl. Straßenwiederherstellung
Dortmund	1200 inkl. Straßenwiederherstellung

Tab. 6.3 Neubaukosten konventioneller Kanal, aus Umfrage, eigene Darstellung

Bei den Kosten ergab sich eine relativ große Streuung, deshalb soll mit einem mittleren Wert von 1000 € für den laufenden Meter Kanal beim Neubau der Entwässerung in einem Neubaugebiet gerechnet werden.

Geht man von der Länge von 428 zu erschließenden Metern in Dortmund Oespel aus, so ergeben sich somit für die Herstellung des Abwasserkanals für das Neubaugebiet Gesamtinvestitionskosten von:

$$1000 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} = 428.000 \text{ €}$$

6.3.2 Betriebskosten

Wie in Kapitel 3 bereits angesprochen, ergeben sich für die Wartung von Kanalnetzen, unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Neubaugebiete den Anfang der Haltung darstellen (geringere Verschmutzung, weniger Verschleiß), folgende Zyklen zur Durchführung unten aufgeführter Arbeiten:

- Reinigung Schmutzwasserkanal → 1 mal pro Jahr
- Dichtigkeitsprüfung → 1 mal in 10 Jahren
- Sichtprüfung bei nicht begehbaren Kanälen → 1 mal in 10 Jahren
- Vermessung → 1 mal in 10 Jahren

Die in der unten stehenden Tabelle aufgeführten Werte sind die Angaben, die die Kommunen bei der durchgeführten Befragung für die jeweiligen Wartungsarbeiten am Kanalnetz angegeben haben und in €/lfm gemessen sind:

Stadt	Reinigung	Dichtigkeitsprüfung	TV-Untersuchung	Vermessung
Düsseldorf	2,00 - 3,00 €	20,00 - 30,00 €	2,00 - 3,00 €	1,10 €
Augsburg	1,40 €	3,00 €	2,00 €	
Biberach/ Riß	0,60 €	1,20 €	1,00 €	2,50 €
München	2,03 €		9,19 €	
Dortmund	2,00 €	5,20 €	2,90 €	

Tab. 6.4 Betriebskosten konventioneller Kanal, aus Umfrage, eigene Darstellung

Wenn bei einem Kanalnetz innerhalb eines Wohngebietes (Neubaugebiet) von einer Nutzungsdauer von 60 Jahren ausgegangen wird, lassen sich die Betriebskosten für die Lebensdauer der Kanalisation wie folgt hochrechnen:

Reinigung:

Es wird hierbei von einem reinen Schmutzwasserkanal ausgegangen, da beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal ebenfalls „nur“ ein Schmutzwasserkanal vorliegt.

- Durchschnitt Reinigungskosten

$$(2,50 + 1,40 + 0,60 + 2,03 + 2,00) / 5 = 8,53 / 5 = 1,71 \text{ €/lfm}$$

- Zu reinigende Länge

428 m

- Häufigkeit der Reinigung

1-mal pro Jahr bei 60 Jahren Nutzungsdauer = 60

- Kosten für die Reinigung auf die Gesamtlaufzeit

$$1,71 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 60 = 43.912,80 \text{ €}$$

- Kosten für die Reinigung pro Jahr

$$(43.912,80 \text{ €/a}) / 60 = 731,88 \text{ €/a}$$

Dichtigkeitsprüfung:

- Durchschnitt Kosten Dichtigkeitsprüfung

$$(2,50 + 3,00 + 1,20 + 3,13 + 5,20) / 5 = 15,03 / 5 = 3,01 \text{ €/ lfm}$$

- Zu prüfende Länge

428 m

- Häufigkeit der Prüfung

1-mal in 10 Jahren bei 60 Jahren Nutzungsdauer = 6

- Kosten für die Dichtigkeitsprüfung auf die Gesamtlaufzeit

$$3,01 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 6 = 7.729,68 \text{ €}$$

- Kosten für die Dichtigkeitsprüfung pro Jahr

$$7.729,68 \text{ €} / 60 = 128,83 \text{ €/a}$$

Sichtprüfung:

- Durchschnitt Kosten Sichtprüfung

$$(2,50 + 2,00 + 1,00 + 3,13 + 2,90) / 5 = 11,53 / 5 = 2,31 \text{ €/lfm}$$

- Zu prüfende Länge

428 m

- Häufigkeit der Sichtprüfung

1-mal in 10 Jahren bei 60 Jahren Nutzungsdauer = 6

- Kosten für die Reinigung auf die Gesamtlaufzeit

$$2,31 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 6 = 5.932,08 \text{ €}$$

- Kosten für die Sichtprüfung pro Jahr

$$5.932,08 / 60 = 98,87 \text{ €/a}$$

Vermessung:

- Durchschnitt Kosten für die Vermessung

$$(1,10 + 2,50 + 3,13) / 3 = 6,73 / 3 = 2,24 \text{ €/lfm}$$

- Zu vermessende Länge

428 m

- Häufigkeit der Vermessung

1-mal in 10 Jahren bei 60 Jahren Nutzungsdauer = 6

- Kosten für die Vermessung auf die Gesamtlaufzeit

$$2,24 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 6 = 5.752,32 \text{ €}$$

- Kosten für die Vermessung pro Jahr

$$5.752,32 / 60 = 95,87 \text{ €/a}$$

Daraus ergeben sich die Gesamtkosten für die Wartung und den Unterhalt des Schmutzwasserkanals von 428 Metern Länge bei konventioneller Erschließung und einer Nutzungsdauer von 60 Jahren wie folgt:

Reinigung	43.912,80 €
Dichtigkeitsprüfung	7.729,68 €
Sichtprüfung	5.932,08 €
Vermessung	<u>5.752,32 €</u>
Gesamtbetriebskosten	63.326,88 €

Diese Gesamtkosten ergeben sich auf die Laufzeit von 60 Jahren zu jährlichen Kosten von:

$$63.326,88 \text{ €} / 60 = 1.055,45 \text{ €/a}$$

6.3.3 Sanierungskosten

In der Umfrage haben die Kommunen folgende Angaben zu Kosten der Sanierung eines Abwasserkanals gemacht.

Stadt	Sanierung €/lfm
Dortmund	225,00
München	208,00
Biberach/Riß	190,00
Augsburg	230,00

Tab. 6.5 Sanierungskosten konventioneller Kanal, aus Umfrage, eigene Darstellung

Die Kosten entsprechen hierbei den gängigen und den Bedürfnissen entsprechend ausgewählten Linerverfahren, die ohne vollständige Öffnung der Straßendecke auskommen und somit von der Systematik einer Sanierung beim Infrastrukturkanal gleichkommen. Im Schnitt ergeben sich somit Kosten für die Sanierung am konventionellen Abwasserkanal von 210 € auf den laufenden Meter.

6.4 NICHT BEGEHBARER INFRASTRUKTURKANAL

6.4.1 Investitionskosten

Ähnlich wie in Kapitel 6 beim konventionellen Erschließungssystem, fallen für den Infrastrukturkanal als Hauptkosten die Verlegung des Systems, sowie der Anschluss an das bestehendes Kanalnetz an. Die Kosten für den Infrastrukturkanal beinhalten in erster Linie die Kosten für die Betonfertigteile, die Hausanschlussboxen, die Schächte und die Verlegung des innen liegenden Rohres für Abwasser in der dafür vorgesehenen Durchführung.

Die Kosten für die Verlegung der Rohre für Wasser, Gas, Telekommunikation und Strom in dem Infrastrukturkanal werden in Kapitel 8 behandelt.

Somit ergeben sich für den Infrastrukturkanal folgende Investitionskosten:

$$1.121,50 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} = 480.000 \text{ €}$$

6.4.2 Betriebskosten

Im Gegensatz zum konventionell erschlossenen Kanalsystem unterscheiden sich die Betriebskosten des Infrastrukturkanals von denen des Schmutzwasserkanals erheblich. Dies ist auf den Unterschied bei der Verlegung im Erdreich beim konventionellen System zurückzuführen, und dem daraus resultierenden Schutz vor äußeren Einflüssen. Im Wesentlichen ändern sich die Häufigkeit bei Dichtigkeitsprüfung, Sichtprüfung und Vermessung. Das begründet sich durch die schützende Hülle aus Betonfertigteilen, die das Rohr ummantelt und so vor schädlichen Einflüssen, wie z. B. Wurzelwuchs schützt.

Des Weiteren ist durch die stabile Bettung und die massive Gesamtbauweise eine Veränderung der Lage des Infrastrukturkanals unwahrscheinlicher als bei einem konventionell verlegten Abwasserkanal. Dies wirkt sich natürlich auch auf die Intervalle für Vermessung, Sicht- und Dichtigkeitsprüfung verändernd aus.

Somit ergeben sich für mich folgende angenommene Intervalle für die notwendigen Wartungsarbeiten am Schmutzwasserkanal innerhalb des Infrastrukturkanals:

- Reinigung Schmutzwasserkanal → 1 mal pro Jahr
- Dichtigkeitsprüfung → 1 mal in 12,5 Jahren
- Sichtprüfung bei nicht begehbaren Kanälen → 1 mal in 12,5 Jahren
- Vermessung → 1 mal in 12,5 Jahren

Daraus resultieren für die Betriebskosten unter Berücksichtigung der gleichen Durchschnittswerte der Kosten der verschiedenen Wartungsarbeiten und der gleich bleibenden Länge folgende geänderte Werte:

Reinigung:

- Durchschnitt Reinigungskosten

$$(2,50 + 1,40 + 0,60 + 2,03 + 2,00) / 5 = 8,53 / 5 = 1,71 \text{ €/lfm}$$

- Zu reinigende Länge

428 m

- Häufigkeit der Reinigung

1-mal pro Jahr bei 70 Jahren Nutzungsdauer = 70

- Kosten für die Reinigung auf die Gesamtlaufzeit

$$1,71 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 70 = 51.231,60 \text{ €}$$

- Kosten für die Reinigung pro Jahr

$$51.231,60 \text{ €} / 70 = 731,88 \text{ €/a}$$

Dichtigkeitsprüfung:

- Durchschnitt Kosten Dichtigkeitsprüfung

$$(2,50 + 3,00 + 1,20 + 3,13 + 5,20) / 5 = 15,03 / 5 = 3,01 \text{ €/ lfm}$$

- Zu prüfende Länge

428 m

- Häufigkeit der Prüfung

1-mal in 12,5 Jahren bei 70 Jahren Nutzungsdauer = 5,6

- Kosten für die Dichtigkeitsprüfung auf die Gesamtlaufzeit

$$3,01 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 5,6 = 7.214,37 \text{ €}$$

- Kosten für die Dichtigkeitsprüfung pro Jahr

$$7.214,37 \text{ €} / 70 = 103,06 \text{ €/a}$$

Sichtprüfung:

- Durchschnitt Kosten Sichtprüfung

$$(2,50 + 2,00 + 1,00 + 3,13 + 2,90) / 5 = 11,53 / 5 = 2,31 \text{ €/lfm}$$

- Zu prüfende Länge

428 m

- Häufigkeit der Sichtprüfung

1-mal in 12,5 Jahren bei 70 Jahren Nutzungsdauer = 5,6

- Kosten für die Sichtprüfung auf die Gesamtlaufzeit

$$2,31 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 5,6 = 5.536,61 \text{ €}$$

- Kosten für die Sichtprüfung pro Jahr

$$5.536,61 / 70 = 79,09 \text{ €/a}$$

Vermessung:

- Durchschnitt Kosten für die Vermessung

$$(1,10 + 2,50 + 3,13) / 3 = 6,73 / 3 = 2,24 \text{ €/lfm}$$

- Zu vermessende Länge

428 m

- Häufigkeit der Vermessung

1-mal in 12,5 Jahren bei 70 Jahren Nutzungsdauer = 5,6

- Kosten für die Vermessung auf die Gesamtlaufzeit

$$2,24 \text{ €/lfm} \times 428 \text{ lfm} \times 5,6 = 5.368,83 \text{ €}$$

- Kosten für die Vermessung pro Jahr

$$5.368,83 / 70 = 76,70 \text{ €/a}$$

Daraus ergeben sich die Gesamtkosten für die Wartung und den Unterhalt des Schmutzwasserkanals von 428 Metern Länge bei konventioneller Erschließung und einer Nutzungsdauer von 70 Jahren wie folgt:

Reinigung	51.231,60 €
Dichtigkeitsprüfung	7.214,37 €
Sichtprüfung	5.536,61 €
Vermessung	<u>5.368,83 €</u>
Gesamtbetriebskosten	69.351,41 €

Diese Gesamtkosten ergeben sich auf die Laufzeit von 70 Jahren für den Infrastrukturkanal zu jährlichen Kosten von:

$$69.351,41 \text{ €} / 70 = 990,73 \text{ €/a}$$

6.4.3 Sanierungskosten

Die Umfrage bei den Kommunen hat beim Einsatz von Linerverfahren, Sanierungskosten am konventionellen Abwasserkanal von 210 € pro laufenden Meter ergeben. Beim Infrastrukturkanal hingegen entfällt die Herstellung der notwendigen Einstiegsschächte und Vorhaltung der unter Umständen notwendigen Wasserhaltung. Des Weiteren sind beim Infrastrukturkanal nur die Rohre auszuwechseln und die Dichtigkeitsprüfung durchzuführen. Somit ergeben sich geringere Kosten als bei den aufwendigen Linerverfahren.

Die Kosten für die Sanierung am Infrastrukturkanal stellen sich somit wie folgt dar⁶⁸:

Abwasserrohr entfernen	20,00 €
Rohr einziehen inkl. Rohr DN 200	42,37 €
Dichtigkeitsprüfung	17,94 €
Summe Sanierungskosten	80,31 €/lfm

⁶⁸ Kalkulation nach Prof.F. Fasel

6.5 ZUSAMMENFASSUNG

Aus der Umfrage bei den Kommunen haben sich Kosten für den laufenden Meter Abwasserkanal von rund 1.000 Euro ergeben. Daraus resultieren Gesamtinvestitionskosten von 428.000 Euro für die Erschließung mit dem konventionellen System. Im Gegenzug haben sich aus den Angeboten für den Neubau der Erschließung in Dortmund- Oespel, Kosten von 1.121,50 Euro für den laufenden Meter Infrastrukturkanal ergeben. Diese Kosten beinhalten die Verlegung des Infrastrukturkanals, inklusive den Rohren für die Abwasserbeseitigung, was sich auf 480.000 Euro Gesamtkosten summiert. Die Verlegung der Rohre für Trinkwasser, Gas, Strom und Telekommunikation sind dabei in den Kosten von 1.121,50 Euro nicht enthalten und sind separat zu berechnen.

Aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit der Systeme sind die Nutzungsdauern für das konventionelle System auf 60 Jahre und für den Infrastrukturkanal auf 70 Jahre angesetzt worden. Daraus ergeben sich auch unterschiedliche Kosten für die Wartung pro Jahr. Diese fallen beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal mit 990,73 €/a gegenüber 1.055,45 €/a beim Abwasserkanal mit etwa 65 Euro kostengünstiger aus. In den jährlichen Kosten sind Personalkosten, die in den Kommunen im Tagesgeschäft anfallen nicht enthalten.

Eine Hochrechnung der Abwassergebühren hat aufgrund von geschätztem Trinkwasserverbrauch und Niederschlagsmengen Abwassergebühreneinnahmen von etwa 20.758 Euro ergeben, die kostendeckend für den Bau und den Unterhalt der Erschließung, sowie zur Abwasserreinigung dienen.

7. KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG NACH LAWA

7.1 PROJEKTDEFINITION

Für ein Neubaugebiet stehen zwei verschiedene Erschließungssysteme zur Auswahl. Gesucht wird die kostengünstigere und wirtschaftlichere Lösung für die Entwässerung und die Abwasserbeseitigung des Neubaugebietes

7.2 BESCHREIBUNG DER PROJEKTALTERNATIVEN

Zum Diskurs stehen die beiden Alternativen:

1.) Konventionelles Kanalsystem (KK)

Anschluss durch Feispiegelkanäle. Die Gesamtlänge der Haltung beträgt 428 laufende Meter.

2.) Infrastrukturkanalsystem (ISK)

Erfüllt den gleichen Zweck, wie das konventionelle Kanalsystem. Beherbergt aber neben dem Schmutzwasserkanal auch Durchführungen für sämtliche notwendige Versorgungssysteme. Umfasst ebenfalls eine Länge von 428 Metern, mit dem Unterschied, dass die Schachtbauwerke anders ausfallen als beim konventionellen Kanalsystem.

7.3 EIGNUNG DER KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG

Von beiden Systemen kann die gleiche Leistung hinsichtlich der Nutzfähigkeit erwartet werden. Die Kostenvergleichsrechnung nach LAWA stellt somit eine hinreichende Entscheidungshilfe zur Bewertung der unterschiedlichen monetären Faktoren der Kanalarten dar.

7.4 KOSTENERMITTLUNG

Für die Kostenermittlung wurde bei beiden Alternativen sowohl die Investitionskosten (IK), die laufenden Betriebskosten (LK), als auch die Investitionskosten hinsichtlich einer Sanierung, berücksichtigt⁶⁹.

⁶⁹ Siehe Kapitel 6

Es wurden folgende Werte ermittelt:

Alternative 1 (KK):

Investitionskosten IK ₁	428.000 €
------------------------------------	------------------

Gesamtinvestitionskosten	428.000 €
--------------------------	------------------

Laufende Kosten LK₁:

Reinigungskosten	731,88 €/a
------------------	-------------------

Dichtigkeitsprüfung	128,83 €/a
---------------------	-------------------

Sichtprüfung	98,87 €/a
--------------	------------------

Kanalvermessung	95,87 €/a
-----------------	------------------

Laufende Kosten pro Jahr Gesamt:	1.055,45 €/a
----------------------------------	---------------------

Sanierungskosten SK ₁	89.880 €
----------------------------------	-----------------

Gesamtsanierungskosten:	89.880 €
-------------------------	-----------------

Alternative 2 (ISK)

Investitionskosten IK ₂ :	480.000 €
--------------------------------------	------------------

Gesamtinvestitionskosten	480.000 €
--------------------------	------------------

Laufende Kosten LK₂:

Reinigungskosten	731,88 €/a
------------------	-------------------

Dichtigkeitsprüfung	103,06 €/a
---------------------	-------------------

Sichtprüfung	79,09 €/a
--------------	------------------

Kanalvermessung	76,70 €/a
-----------------	------------------

Laufende Kosten pro Jahr Gesamt:	990,73 €/a
----------------------------------	-------------------

Sanierungskosten SK ₂	34.668 €
----------------------------------	-----------------

Gesamtsanierungskosten:	34.668 €
-------------------------	-----------------

7.5 FINANZMATHEMATISCHE AUFBEREITUNG

7.5.1 Kalkulationsparameter

Der Zinssatz wird mit dem, für langfristige Kostenvergleichrechnungen üblichen Standardwert von 3 % p.a. festgelegt⁷⁰. Dieser Zinssatz ist nicht mit den sich ständig verändernden Zinssätzen für kurzfristige Betrachtungszeiträume auf den Kapitalmärkten zu vergleichen, sondern orientiert sich rein an der Länge der Nutzung von wasserwirtschaftlichen Investitionen.

Bei langfristigen Infrastrukturmaßnahmen stellt sich die Frage, wie die in ferner Zukunft anfallenden Kosten für ihre gesamtwirtschaftliche Vergleichbarkeit auf die Gegenwart diskontiert werden können. Aufgrund der Langlebigkeit von Infrastrukturmaßnahmen - auch für wasserwirtschaftliche - verbietet es sich, den Zinssatz an statistischen Zahlenangaben oder an den aktuellen Gegebenheiten des Kapitalmarktes zu orientieren. Deshalb wurde im Zuge der Beurteilung, technischer Infrastrukturmaßnahmen durch wirtschaftswissenschaftliche Untersuchungen bei der Bundesverkehrswegeplanung der Zinssatz von 3 % p.a. festgelegt, der bereits seit 1986 so existiert, und ebenfalls auf wasserwirtschaftliche Infrastrukturmaßnahmen anzuwenden ist⁷¹.

Aufgrund der unterschiedlichen Konstruktionsweisen der beiden Erschließungssysteme und der daraus resultierenden Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß ergeben sich auch unterschiedliche Nutzungsdauern:

- konventionelles Erschließungssystem 60 Jahre
- nicht begehbarer Infrastrukturkanal 70 Jahre

Für die Sanierung an beiden Systemen wurden folgende Zeitpunkte gewählt:

- konventionelles Erschließungssystem 40 Jahre
- nicht begehbarer Infrastrukturkanal 50 Jahre

7.5.2 Durchführung der Kostenumrechnung

Da die beide Alternativen unterschiedliche Nutzungsdauern aufweisen, und die aus finanzmathematischen Gründen ein Restwertproblem vermieden werden soll, wird hier ein Untersuchungszeitraum von 420 Jahren herangezogen, der dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen der Nutzungsdauern von 60 bzw. 70 Jahren entspricht. Dies entspricht zwar nicht der geläufigen betriebswirtschaftlichen Vorgehensweise, die zumeist einen Betrachtungszeitraum von etwa 20 Jahren heranzieht, aber aufgrund der langen und unterschiedlichen Nutzungsdauern muss in diesem Fall so vorgegangen werden.

⁷⁰ Siehe LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.4-3

⁷¹ Nach LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.4-3

Die Projektkostenbarwerte, die als Ergebnis bei der Kostenvergleichsrechnung ermittelt werden und sämtliche für das Projekt relevanten Kosten enthalten, können aufgrund des langen Betrachtungszeitraumes auch nur zum Vergleich der beiden Varianten herangezogen werden, welche die kostengünstigere Alternative darstellt und spiegeln somit in keiner Weise die tatsächlich entstehenden Kosten wider.

In die Kostenvergleichsrechnung werden die Investitionskosten, die aufgrund des langen Betrachtungszeitraumes notwendigen Reinvestitionskosten, die kontinuierlich anfallenden Jahreskosten und die Sanierungskosten berücksichtigt.

Die zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten stellen sich für beide Alternativen, auf den Betrachtungszeitraum von 420 Jahren, wie folgt dar⁷².

Alternative 1: Konventionelle Erschließung

Investitionskosten:

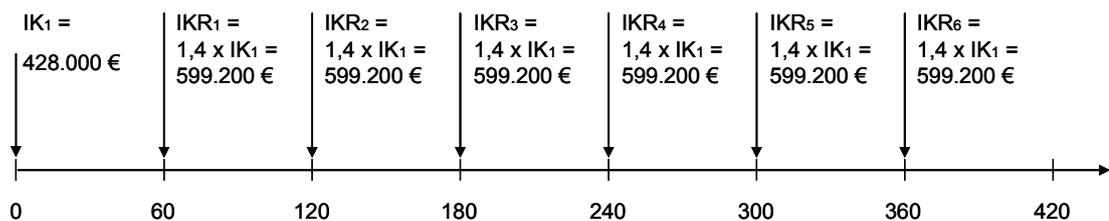


Abb. 7.1 Zeitstrahl: Investitionskosten konventionelle Erschließung, eigene Darstellung

Jahreskosten:

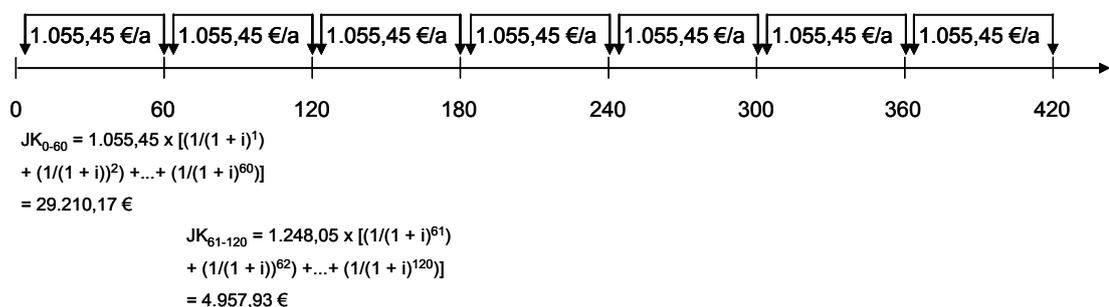


Abb. 7.2 Zeitstrahl: Jahreskosten konventionelle Erschließung, eigene Darstellung

⁷² Nach LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.5-3

Sanierungskosten:

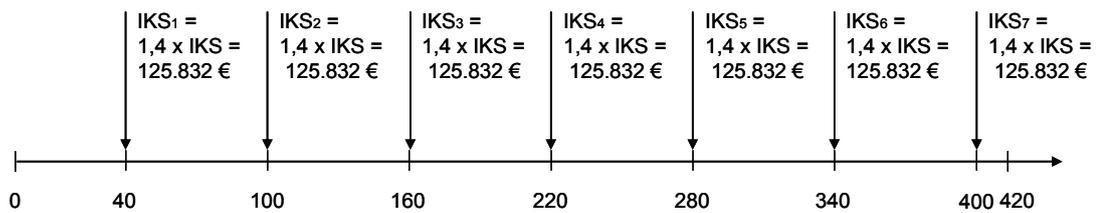


Abb. 7.3 Zeitstrahl: Sanierungskosten konventionelle Erschließung, eigene Darstellung

Alternative 2: Nicht begehbare Infrastrukturkanal

Investitionskosten:

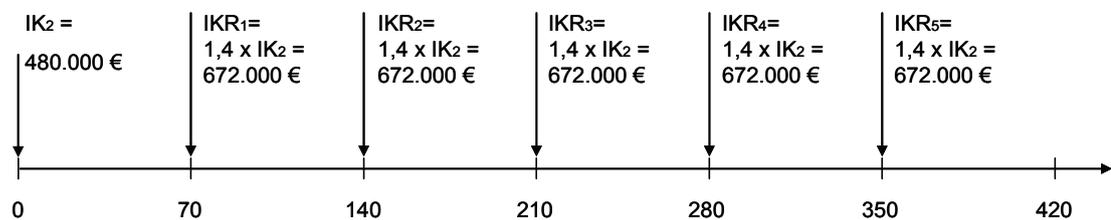


Abb. 7.4 Zeitstrahl: Investitionskosten Infrastrukturkanal, eigene Darstellung

Jahreskosten:

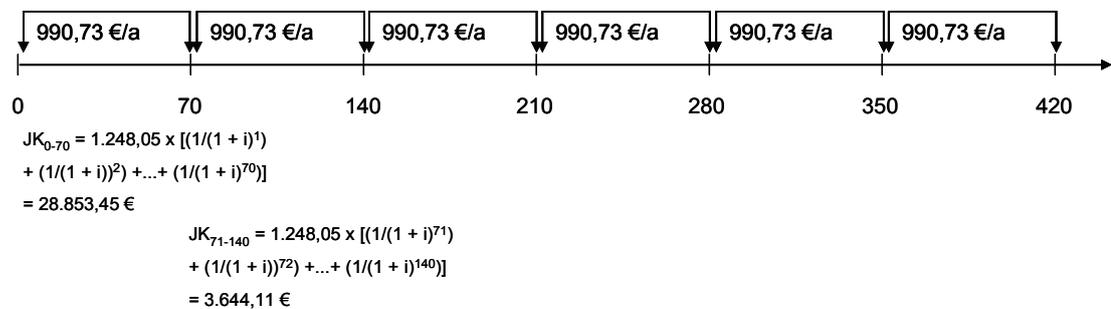


Abb. 7.5 Zeitstrahl: Jahreskosten Infrastrukturkanal, eigene Darstellung

Sanierungskosten:

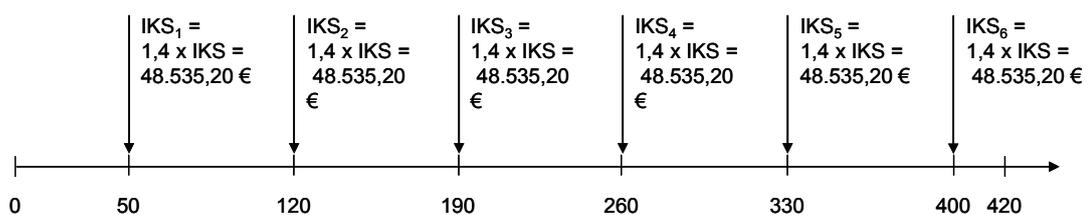


Abb. 7.6 Zeitstrahl: Sanierungskosten Infrastrukturkanal, eigene Darstellung

Da sich die Investitionskosten, die jährlichen laufenden Kosten sowie die Sanierungskosten bei beiden Alternativen unterscheiden, sind alle drei Parameter für die Vergleichsrechnung heranzuziehen. Die Reinvestitionskosten werden genauso wie die Sanierungskosten aus Gründen der bautechnischen Erschwernis, gegenüber den Erstinvestitionen um 40 % erhöht.

7.5.2.1 Projektkostenbarwerte

Mit Hilfe des **Diskontierungsfaktor** für eine **Einzelzahlung** (DFAKE) wird der Barwert am Ende des n-ten Jahres nach dem Bezugspunkt für die Kostengröße, in diesem Fall der Projektkostenbarwert, ermittelt.

Der Diskontierungsfaktor für eine Einzelzahlung errechnet sich wie folgt⁷³:

$$\text{DFAKE}(i;n) = 1 / (1 + i)^n$$

Daraus resultieren für die verschiedenen Betrachtungszeiträume folgende Diskontierungsfaktoren:

$$\begin{aligned} \text{DFAKE}(3;60) &= 1 / (1 + 0,03)^{60} = 0,16973 \\ \text{DFAKE}(3;70) &= 1 / (1 + 0,03)^{70} = 0,12630 \\ \text{DFAKE}(3;120) &= 1 / (1 + 0,03)^{120} = 0,02881 \\ \text{DFAKE}(3;140) &= 1 / (1 + 0,03)^{140} = 0,01595 \\ \text{DFAKE}(3;180) &= 1 / (1 + 0,03)^{180} = 0,00489 \\ \text{DFAKE}(3;210) &= 1 / (1 + 0,03)^{210} = 0,00201 \\ \text{DFAKE}(3;240) &= 1 / (1 + 0,03)^{240} = 0,00083 \\ \text{DFAKE}(3;280) &= 1 / (1 + 0,03)^{280} = 0,00025 \\ \text{DFAKE}(3;300) &= 1 / (1 + 0,03)^{300} = 0,00014 \\ \text{DFAKE}(3;350) &= 1 / (1 + 0,03)^{350} = 0,00003 \\ \text{DFAKE}(3;360) &= 1 / (1 + 0,03)^{360} = 0,00002 \end{aligned}$$

Der Projektkostenbarwert stellt den Barwert einer Investition zu einem bestimmten Zeitpunkt (Nutzungsdauer) dar. Projektkostenbarwerte können, je nach Bezugspunkt, durch Aufzinsung oder Abzinsung errechnet werden. In diesem Falle werden die Projektkostenbarwerte auf das Jahr „0“ abgezinst.

Für den Vergleich der beiden Alternativen zur Erschließung des Neubaugebietes ergeben sich folgende Investitionskostenbarwerte:

⁷³ Siehe hierzu LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.4-5

Alternative 1: konventionelle Erschließung

$\text{IKBW}_1 = \text{IK}_1$		=	428.000,00 €
+ $\text{IKR}_1 \times \text{DFAKE}(3;60)$	$599.200 \times 0,16973$	=	101.704,07 €
+ $\text{IKR}_1 \times \text{DFAKE}(3;120)$	$599.200 \times 0,02881$	=	17.262,55 €
+ $\text{IKR}_1 \times \text{DFAKE}(3;180)$	$599.200 \times 0,00489$	=	2.930,03 €
+ $\text{IKR}_1 \times \text{DFAKE}(3;240)$	$599.200 \times 0,00083$	=	497,32 €
+ $\text{IKR}_1 \times \text{DFAKE}(3;300)$	$599.200 \times 0,00014$	=	84,41 €
+ $\text{IKR}_1 \times \text{DFAKE}(3;360)$	$599.200 \times 0,00002$	=	14,33 €
IKBW_1			550.492,70 €

Alternative 2: Infrastrukturkanal

$\text{IKBW}_2 = \text{IK}_2$		=	480.000,00 €
+ $\text{IKR}_2 \times \text{DFAKE}(3;70)$	$672.000 \times 0,12630$	=	84.871,82 €
+ $\text{IKR}_2 \times \text{DFAKE}(3;140)$	$672.000 \times 0,01595$	=	10.719,09 €
+ $\text{IKR}_2 \times \text{DFAKE}(3;210)$	$672.000 \times 0,00201$	=	1.353,79 €
+ $\text{IKR}_2 \times \text{DFAKE}(3;280)$	$672.000 \times 0,00025$	=	170,98 €
+ $\text{IKR}_2 \times \text{DFAKE}(3;350)$	$672.000 \times 0,00003$	=	21,59 €
IKBW_2		=	577.137,28 €

7.5.2.2 Jahreskosten

Mittels des **Diskontierungsfaktor** für gleichförmige **Kostenreihen** (DFAKR) werden die auf n-Jahre verteilten Jahreskosten auf das Bezugsjahr abgezinst.

Der Faktor errechnet sich wie folgt⁷⁴:

$$\text{DFAKR}(i;n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

Dieser Faktor ist nur gültig für Reihen, die bei $n = 0$ beginnen. Mathematisch ergibt sich der Faktor aus der Summe:

$$\frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{420}}$$

Mit Hilfe dieser Formel ist es möglich, den Gesamtbetrachtungszeitraum in einzelne Perioden zu unterteilen, wie es in den oben aufgeführten Zeitstrahlen dargestellt ist. Diese Perioden aufsummiert ergeben dann wieder den DFAKR über die Laufzeit von 420 Jahren.

⁷⁴ Dazu LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.4-9

Analog zu den Projektkostenbarwerten ergeben sich für beide Alternativen folgende Jahreskosten.

Alternative 1: konventionelle Erschließung

$$\begin{aligned} JK_1 &= 1.055,45 \times DFAKR(3;420) \\ &= 1.055,45 \times 33,3332 \\ &= 35.181,52 \text{ €} \end{aligned}$$

Alternative 2: Infrastrukturkanal

$$\begin{aligned} JK_2 &= 990,73 \times DFAKR(3;420) \\ &= 990,73 \times 33,3332 \\ &= 33.024,20 \text{ €} \end{aligned}$$

7.5.3 Sanierungsosten

Ebenfalls wie bei den Investitionskosten werden die Sanierungskosten, über den gesamten Betrachtungszeitraum, mit Hilfe des Diskontierungsfaktors für Einzahlungen auf den Beginn der Betrachtung abgezinst.

IKS_1	$= IKS_1 \times DFAKE(3;40)$	$125.832 \times 0,30656$	$=$	$38.574,66 \text{ €}$
	$+ IKS_1 \times DFAKE(3;100)$	$125.832 \times 0,05203$	$=$	$6.547,40 \text{ €}$
	$+ IKS_1 \times DFAKE(3;160)$	$125.832 \times 0,00883$	$=$	$1.111,31 \text{ €}$
	$+ IKS_1 \times DFAKE(3;220)$	$125.832 \times 0,00150$	$=$	$188,63 \text{ €}$
	$+ IKS_1 \times DFAKE(3;280)$	$125.832 \times 0,00025$	$=$	$32,02 \text{ €}$
	$+ IKS_1 \times DFAKE(3;340)$	$125.832 \times 0,00004$	$=$	$5,43 \text{ €}$
	$+ IKS_1 \times DFAKE(3;400)$	$125.832 \times 0,00004$	$=$	$0,92 \text{ €}$

$$IKS_1 = 46.460,37 \text{ €}$$

Alternative 2: Infrastrukturkanal

IKS_2	$= IKS_2 \times DFAKE(3;50)$	$48.535,20 \times 0,22811$	$=$	$11.071,22 \text{ €}$
	$+ IKS_2 \times DFAKE(3;120)$	$48.535,20 \times 0,02881$	$=$	$1.398,27 \text{ €}$
	$+ IKS_2 \times DFAKE(3;190)$	$48.535,20 \times 0,00364$	$=$	$176,60 \text{ €}$
	$+ IKS_2 \times DFAKE(3;260)$	$48.535,20 \times 0,00046$	$=$	$22,30 \text{ €}$
	$+ IKS_2 \times DFAKE(3;330)$	$48.535,20 \times 0,00006$	$=$	$2,82 \text{ €}$
	$+ IKS_2 \times DFAKE(3;400)$	$48.535,20 \times 0,00001$	$=$	$0,36 \text{ €}$

$$IKS_2 = 12.671,56 \text{ €}$$

7.6 KOSTENGEGENÜBERSTELLUNG

Unter Berücksichtigung der Investitionskosten, der Jahreskosten und der Sanierungskosten ergeben sich für beide Alternativen folgende Projektkostenbarwerte:

PKBW ₁ = IKBW ₁	=	550.492,70 €
+ JK ₁	=	35.181,52 €
+ IKS ₁	=	46.460,37 €
PKBW ₁	=	632.134,59 €
PKBW ₂ = IKBW ₂	=	577.137,28 €
+ JK ₂	=	33.024,20 €
+ IKS ₂	=	12.671,56 €
PKBW ₂	=	622.833,04 €

Somit stellt sich der Infrastrukturkanal mit

$$\text{PKBW}_1 - \text{PKBW}_2 = 632.134,59 \text{ €} - 622.833,04 \text{ €} = 9.301,55 \text{ €}$$

kostengünstiger als das konventionelle Erschließungssystem dar. Auf den Betrachtungszeitraum von 420 Jahren erscheint beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal eine geringfügige Kostenersparnis gegenüber dem konventionellen Abwasserkanal.

7.7 EMPFINDLICHKEITSPRÜFUNG ZINSSATZ

Um die Empfindlichkeit der errechneten Ergebnisse aufgrund des gewählten Zinssatzes von 3% p.a. bestimmen zu können, werden zum Vergleich die Projektkostenbarwerte noch einmal mit den Zinssätzen 2% p.a. und 5% p.a. überprüft.

Die Veränderung des Zinssatzes innerhalb einer Bandbreite von 2 - 5% p.a. kann als durchaus realistisch angesehen werden und ihre Auswirkung sollte somit standardmäßig bei einer Kostenvergleichsrechnung innerhalb einer Sensitivitätsanalyse erfasst werden⁷⁵.

Bei einem Zinssatz von 2% p.a. und gleich bleibenden Nutzungsdauern ergeben sich für beide Alternativen folgende Projektkostenbarwerte:

⁷⁵ Dazu LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.6-1

Alternative 1: konventionelle Erschließung

PKBW ₁ = IKBW ₁	=	690.477,69 €
+ JK ₁	=	52.759,61 €
+ IKS ₁	=	81.951,57 €

PKBW ₁	=	825.188,87 €
-------------------	---	--------------

Alternative 2: Infrastrukturkanal

PKBW ₂ = IKBW ₂	=	703.814,08 €
+ JK ₂	=	49.524,40 €
+ IKS ₂	=	24.037,92 €

PKBW ₂	=	777.376,40 €
-------------------	---	--------------

Somit ist bei einem Zinssatz von 2%, Alternative 2 um

$$825.188,87 \text{ €} - 777.376,40 \text{ €} = 47.812,47 \text{ €}$$

kostengünstiger als Alternative 1.

Für einen Zinssatz von 5% p.a. stellen sich die Projektkostenbarwerte für beide Alternativen folgendermaßen dar:

Alternative 1: konventionelle Erschließung

PKBW ₁ = IKBW ₁	=	461.892,96 €
+ JK ₁	=	21.109,00 €
+ IKS ₁	=	18.884,91 €

PKBW ₁	=	501.886,87 €
-------------------	---	--------------

Alternative 2: Infrastrukturkanal

PKBW ₂ = IKBW ₂	=	502.836,62 €
+ JK ₂	=	19.814,60 €
+ IKS ₂	=	4.376,28 €

PKBW ₂	=	527.027,50 €
-------------------	---	--------------

Bei einem Zinssatz von 5% p.a. stellt sich diesmal Alternative 1 mit 25.140,63 € als die preiswertere Lösung gegenüber Alternative 2 heraus.

Generell kann festgehalten werden, dass je nach Zinssatz im gesamten, nach LAWA, relevanten Zinsspektrum von 2% - 5% p.a., sich beide Alternativen als die kostengünstigere Wahl erwiesen haben. Dabei ist zu beobachten, dass bei höheren Zinssätzen Alternative 1 den Kostenvorteil aufweist und bei niedrigeren Zinssätzen sich der Kostenvorteil zu Gunsten der Alternative 2 auswirkt.

7.8 GESAMTBEURTEILUNG

Beim Vergleich der Projektkostenbarwerte fällt auf, dass zwischen beiden Alternativen nur ein geringer Kostenunterschied besteht, was auch noch einmal durch untenstehende Grafik verdeutlicht wird. Man kann an der Grafik sehr gut erkennen, dass die Kurven der beiden zur Disposition stehenden Alternativen sich immer sehr nahe aneinander bewegen und sich gegen Ende des Betrachtungszeitraumes fast komplett annähern.

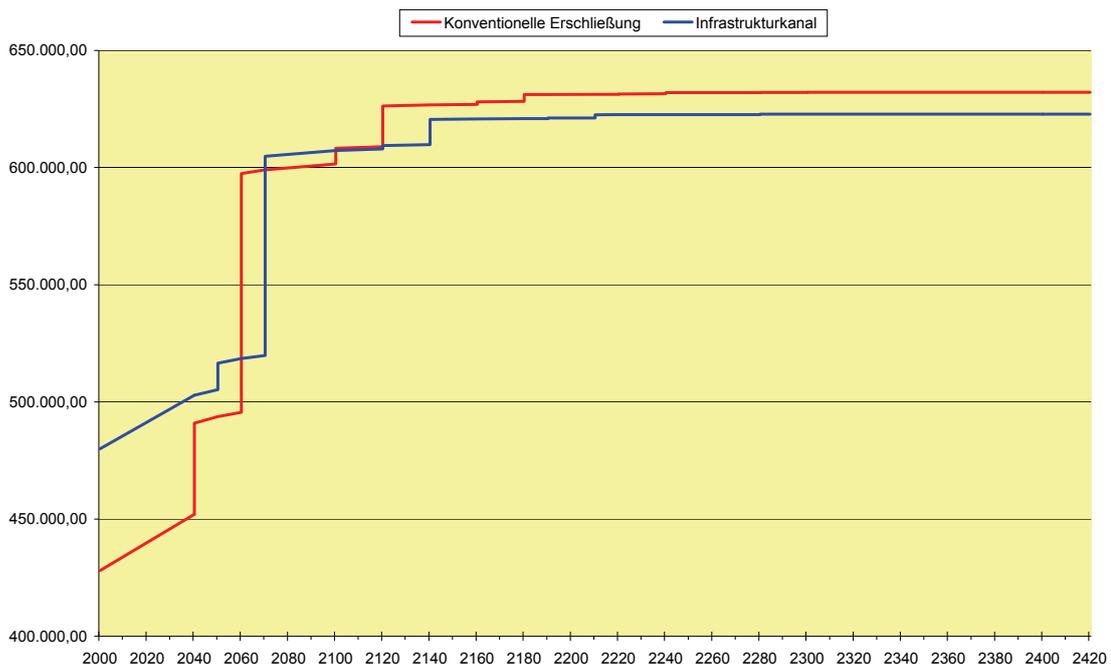


Abb. 7.7 zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;70), eigene Darstellung

Die Differenz von 9.301,55 € ist auf den Betrachtungszeitraum von 420 Jahren gesehen sehr gering, und somit fällt eine Beurteilung nach monetären Gesichtspunkten äußerst schwer. Das Problem besteht darin, dass durch die unterschiedlichen Nutzungsdauern beim konventionellen Erschließungssystem, wie auch beim Infrastrukturkanal ein Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Projektkostenbarwerte durchzuführen ist⁷⁶, und somit nicht die realen anfallenden Kosten abgebildet werden. Hätten beide Alternativen eine gleichlange Laufzeit, müsste ein einfacher Vergleich von Projektkostenbarwerten durchgeführt werden. Somit wären die tatsächlich notwendigen Gesamtinvestitionskosten für beide Erschließungssysteme leicht zu errechnen.

Deswegen müssen andere Kriterien entscheiden, welche die bessere Alternative darstellt. Was in erster Linie für den konventionellen Abwasserkanal spricht sind die niedrigeren Anfangs-Investitionskosten für den Bau der Erschließung. Auf der anderen Seite fallen die laufenden Betriebskosten beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal kostengünstiger aus.

⁷⁶ Siehe hierzu LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.5-8

Auch unter dem Aspekt von Innovation und Erneuerung auf dem Gebiet der Abwasserentsorgung und, wenn man die anderen Vorteile des Infrastrukturkanals, wie zum Beispiel die Dauerhaftigkeit, berücksichtigt, sollte die Entscheidung für das neu entwickelte Erschließungssystem ausfallen, zumal die monetäre Situation stark von den Parametern Kosten für den laufenden Meter (Investitionskosten) und Nutzungsdauer des Kanals abhängig ist.

7.9 VERGLEICH DER ALTERNATIVEN UNTER GEÄNDERTEN PARAMETERN

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt angedeutet, sind die Projektkostenbarwerte stark von den veränderlichen Größen Investitionskosten, Nutzungsdauern und Zinssätzen abhängig. Dabei soll in diesem Kapitel die konstante Zinssatz außer Acht gelassen werden, da der Zinssatz für langfristige Infrastrukturprojekte wie Abwasserbeseitigungsanlagen bei 3% p.a. liegt und lediglich die für die Sensitivitätsanalyse geänderten Zinssätze untersucht werden.

Bei den Investitionskosten hingegen, die stark von den Marktpreisen abhängig sind, können sich jedoch gegenüber der vorausgegangenen Kostenvergleichsrechnung durchaus immer wieder geänderte Kosten für den laufenden Meter Kanal ergeben und so auch das Ergebnis verändern.

Ebenfalls herrscht bei den Nutzungsdauern von Kanälen keine einhellige Meinung über die tatsächliche Lebensdauer von Abwasserkanälen. Zwar sind die Werte, welche auch von der LAWA angegeben werden, das Resultat von Statistiken und Befragungsergebnissen, aber dennoch lassen sie sich nicht beliebig auf jede Situation und jeden Kanal eins zu eins übertragen, sondern stellen lediglich eine Arbeitsgrundlage für Kostenvergleichsrechnungen dar⁷⁷.

7.9.1 Änderung der Nutzungsdauern

In diesem Abschnitt soll der Einfluss der Nutzungsdauern auf die Projektkostenbarwerte und somit auf die Entscheidung aus monetären Gesichtspunkten untersucht werden. Dabei bleiben sämtliche für die Berechnung notwendigen Parameter wie Zinssatz Investitionskosten, Sanierungskosten, laufende Kosten oder auch die Zeitpunkte der Sanierung unverändert. Es werden an dieser Stelle nur die Ergebnisse angegeben, die Berechnungen zu diesem Abschnitt befinden sich im Anhang.

⁷⁷ Siehe Pecher [Nutzungsdauer], 2005 S.3

Variante 1

- Konventionelles System (Index₁)
- Infrastrukturkanal (Index₂)

PKBW ₁ = IKBW ₁	=	550.393,96 €
+ JK ₁	=	35.176,71 €
+ IKS ₁	=	46.454,01 €
PKBW ₁	=	632.024,68 €
PKBW ₂ = IKBW ₂	=	562.056,14 €
+ JK ₂	=	33.019,68 €
+ IKS ₂	=	12.423,10 €
PKBW ₂	=	607.498,92 €

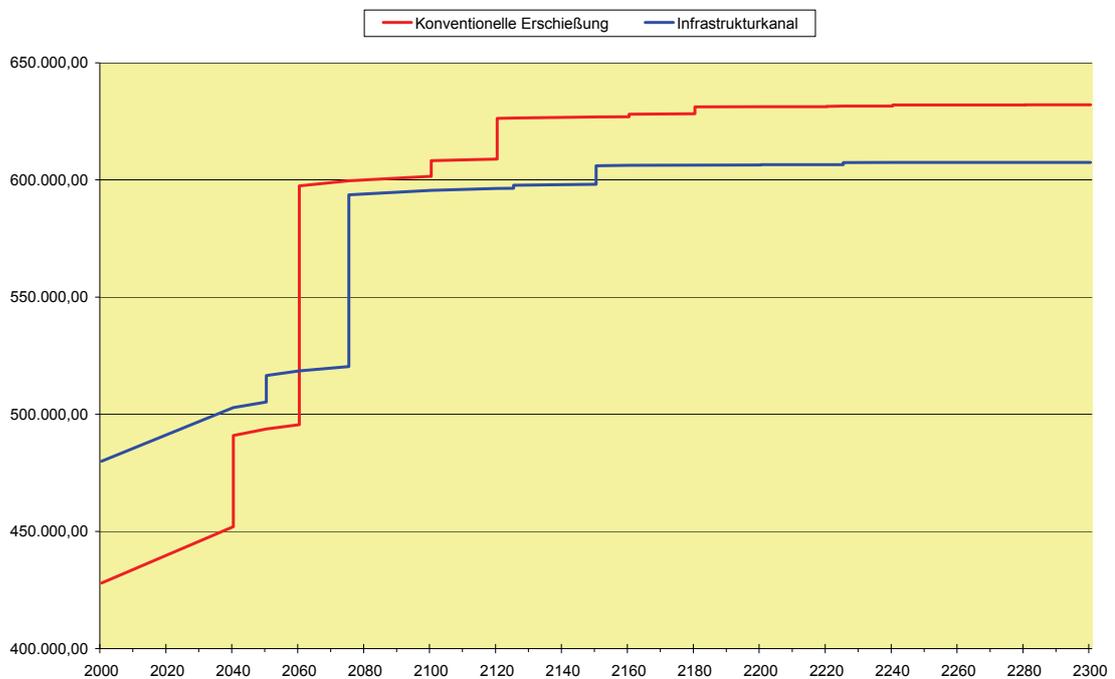


Abb. 7.8 zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;75), eigene Darstellung

Es zeigt sich bei dieser Konstellation, dass bereits vor Ablauf der Nutzungsdauer des Infrastrukturkanals sich dieser als die bessere Variante darstellt.

Variante 2

• Konventionelles System (Index ₁)	50 Jahre	
• Infrastrukturkanal (Index ₂)	75 Jahre	
PKBW ₁ = IKBW ₁	=	604.964,12 €
+ JK ₁	=	35.176,71 €
+ IKS ₁	=	49.967,07 €
PKBW ₁	=	690.107,90€
PKBW ₂ = IKBW ₂	=	562.056,14 €
+ JK ₂	=	33.019,68 €
+ IKS ₂	=	12.423,10 €
PKBW ₂	=	607.498,92 €

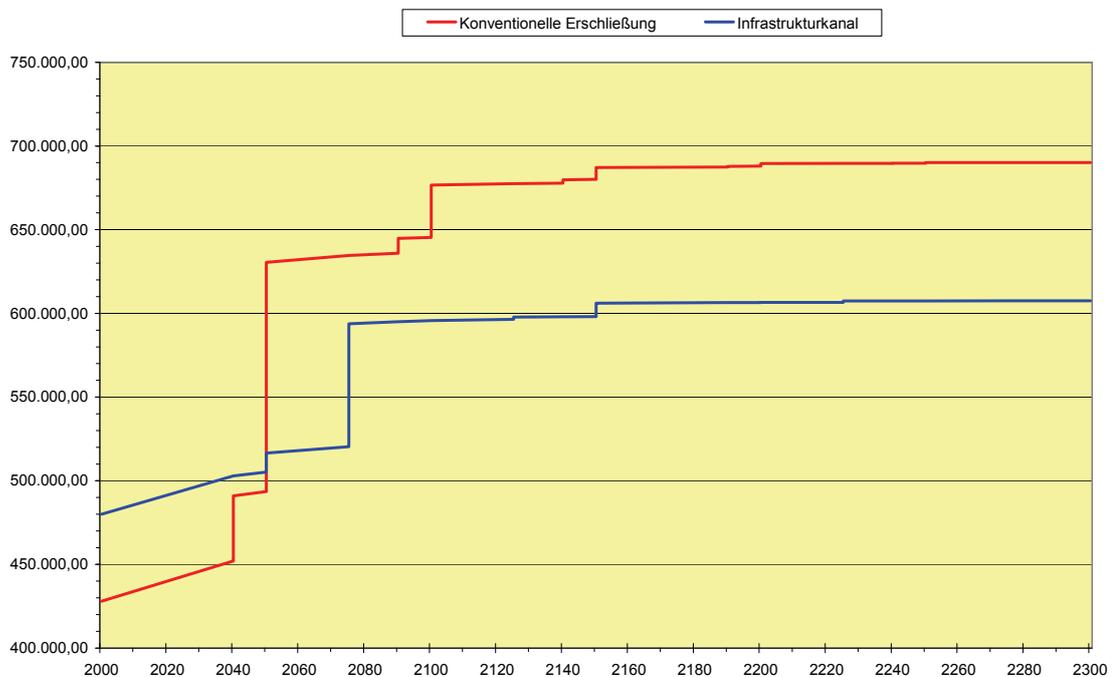


Abb. 7.9 zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;50),(3;75), eigene Darstellung

Aus der vorangegangenen Variante abgeleitet, erscheint es logisch, dass sich der Infrastrukturkanal nun noch deutlicher als die bessere Variante herausstellt. Und zwar nicht nur bei den gesamten Projektkostenbarwerten über die Laufzeit, sondern bereits ab dem Zeitpunkt von 50 Jahren stellt er sich als kostengünstigere Variante dar.

Variante 3

- Konventionelles System (Index₁)
- Infrastrukturkanal (Index₂)

PKBW ₁ = IKBW ₁	=	604.964,12 €
+ JK ₁	=	35.176,71 €
+ IKS ₁	=	49.967,07 €
PKBW ₁	=	690.107,90 €
PKBW ₂ = IKBW ₂	=	617.264,25 €
+ JK ₂	=	33.019,68 €
+ IKS ₂	=	12.671,21 €
PKBW ₂	=	662.955,14 €

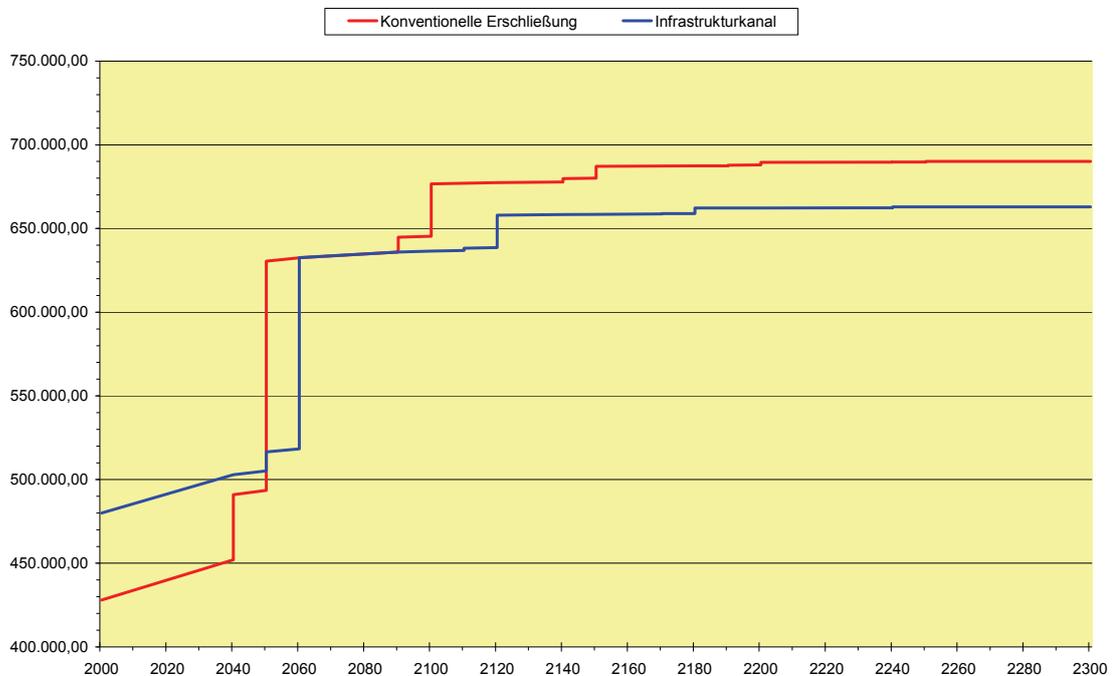


Abb. 7.10 zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;50),(3;60), eigene Darstellung

Zwar ist bei den Projektkostenbarwerten der Infrastrukturkanal bei dieser Variante wiederum kostengünstiger als das konventionelle Erschließungssystem, jedoch liegen bei dieser Konstellation, die Alternativen relativ eng zusammen. Trotzdem ist der Infrastrukturkanal durch die längere Laufzeit zu bevorzugen.

Variante 4

(Berechnung nach einfachem Vergleich von Projektkostenbarwerten)⁷⁸

• Konventionelles System (Index ₁)	60 Jahre	
• Infrastrukturkanal (Index ₂)	60 Jahre	
PKBW ₁ = IKBW ₁	=	428.000 €
+ JK ₁	=	29.210,17 €
+ IKS ₁	=	27.553,33 €
PKBW ₁	=	484.763,50 €
PKBW ₂ = IKBW ₂	=	480.000 €
+ JK ₂	=	27.419,01 €
+ IKS ₂	=	7.908,02 €
PKBW ₂	=	515.327,03 €

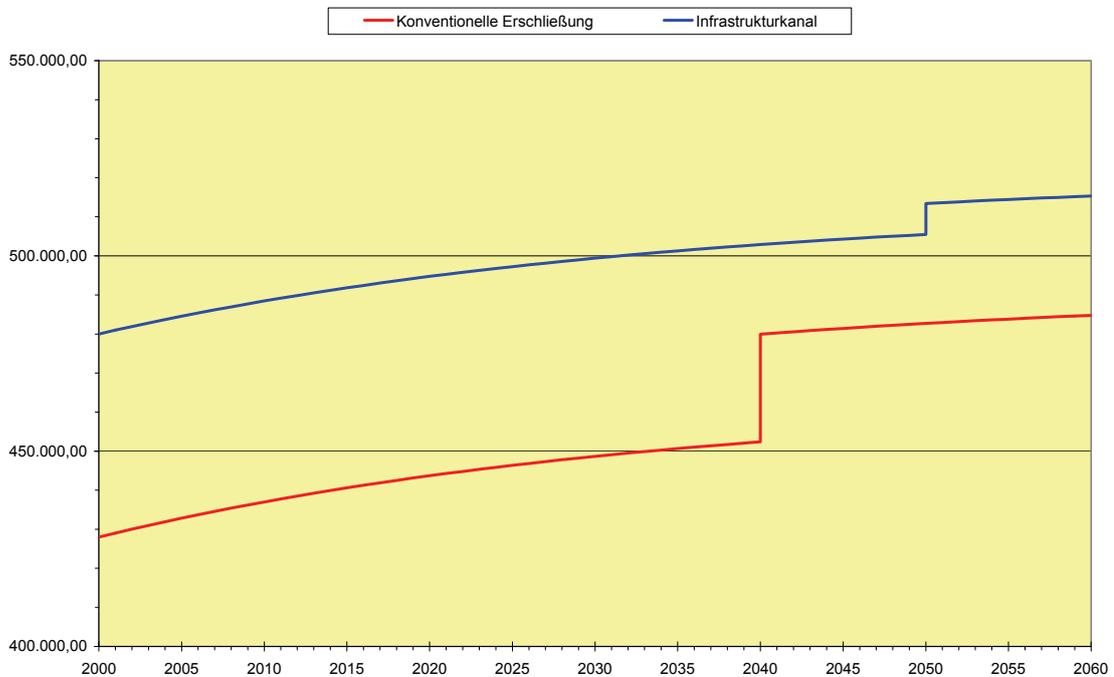


Abb. 7.11 zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;60), eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass bei gleichlangen Laufzeiten das konventionelle System zum ersten Mal bei den bisher verglichenen Varianten kostengünstiger als der Infrastrukturkanal ist. Es ist deutlich zu sehen, dass bei diesen Voraussetzungen für die Berechnung die Investitionskosten des Infrastrukturkanals zu hoch sind, und auch durch niedrigere Kosten für Unterhalt und Sanierung nicht zu kompensieren sind.

⁷⁸ Siehe hierzu auch LAWA [Kostenvergleichsrechnung], 2005 S.5-2

$$\text{€}/\text{Ifm}_{\text{neu}} = 1,0714101 \times \text{€}/\text{Ifm}_{\text{alt}} = 1,0714101 \times 1000 \text{ € Ifm} = 1.071,41 \text{ €}$$

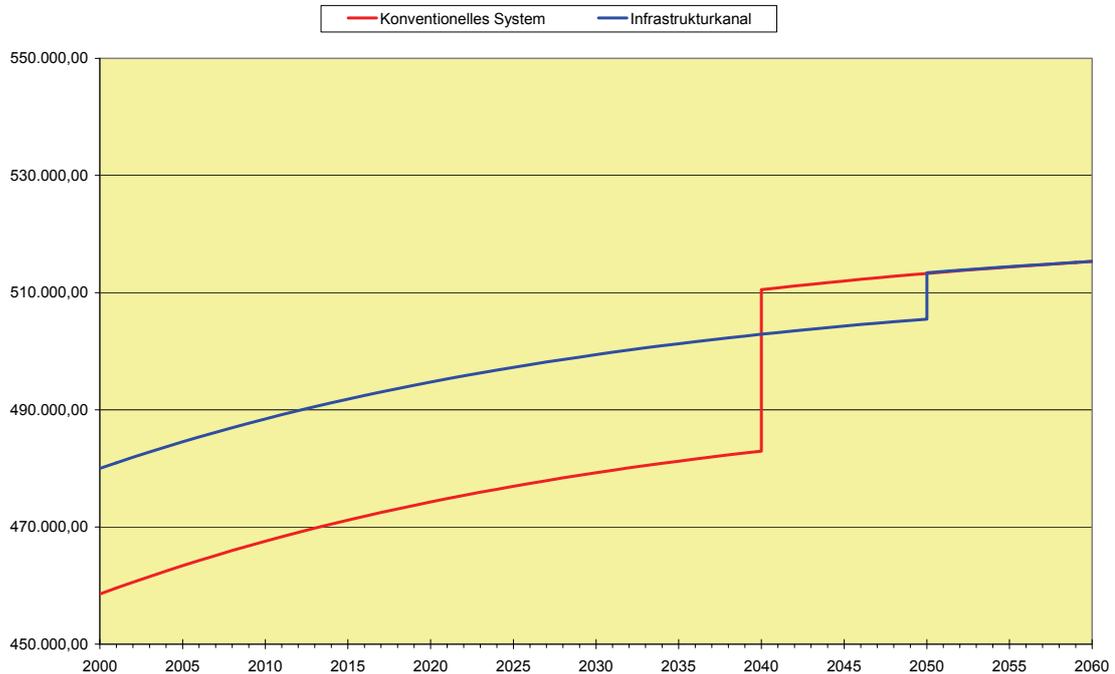


Abb. 7.13 zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte (3;60),(3;60) bei neu berechneten IK, eigene Darstellung

Wie bei der vorangegangenen Variante gilt auch hier der strenge Vergleich aller Vorteile gegeneinander.

7.10 ZUSAMMENFASSUNG

Im vergangenen Kapitel wurden die beiden Erschließungssysteme gemäß den Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnung, herausgegeben von der LAWA, gegeneinander auf die Kosten hin verglichen.

Dabei wurden die Investitionskosten, die laufenden Kosten und die Kosten für eine Sanierung innerhalb der Nutzungsdauer in den Berechnungen mit berücksichtigt. Zur Anwendung kamen zwei Berechnungsmethoden:

- Einfacher Vergleich der Projektkostenbarwerte
- Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Projektkostenbarwerte

Bei der ersten Variante wurden die gleich lange Nutzungsdauer der beiden Systeme vorausgesetzt, bei der zweiten Variante unterschiedliche.

Die erste Variante bringt den Vorteil mit sich, dass beim Vergleich der errechneten Projektkostenbarwerte, direkt die kapitalisierten Kostenersparnisse der günstigeren Alternative gegenüber der teureren Alternative auf die gesamte Nutzungsdauer erkennbar sind.

Bei der zweiten Alternative ist aus finanzmathematischen Gründen ein relativ langer, eigentlich völlig überzogener Betrachtungszeitraum zu wählen. Dieser ergibt sich aus dem kleinsten gemeinsamen Nenner beider Nutzungsdauern. Die errechneten Projektkostenbarwerte über den Betrachtungszeitraum ergeben somit lediglich einen Anhalt, welche Alternative im gesamten gesehen die günstigere darstellt und spiegelt in keiner Weise tatsächlich anfallende Kosten wieder.

Bei den Berechnungen mit gleich langen Laufzeiten weist das konventionelle System unter den vorher festgelegten Parametern einen doch beträchtlichen Kostenvorteil auf. Geht man jedoch von einer längeren Laufzeit beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal aus, so relativiert sich dieser Vorteil recht schnell. Da beim Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Projektkostenbarwerte, diese stark von der Nutzungsdauer und den Investitionskosten abhängig sind, ist eine Entscheidung aus monetärer Sicht für eine der beiden Alternativen auch stark von diesen Parametern abhängig.

Bei einer Verlängerung der Nutzungsdauer oder einer Verteuerung der Investitionskosten beim Abwasserkanal ergibt sich schnell ein Vorteil für den nicht begehbaren Infrastrukturkanal. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei allen Betrachtungen nur die Abwassersysteme miteinander verglichen worden sind. Die Vorteile der Bündelung aller Erschließungssysteme wie Strom, Wasser, Gas, Telekommunikation, sowie der Straßenbeleuchtung und eventuell Fern- bzw. Nahwärme wurden hier nicht weiter betrachtet, da keine Erfahrungen im Bau des Infrastrukturkanals vorliegen. Bei der konventionellen Verlegung der zusätzlichen Medien zum Kanal sind die Verlegearten und Kosten sehr unterschiedlich je nach Erschließungsplanung und Organisation der Kommune. Festzuhalten ist, dass die Vorsteile des Infrastrukturkanalsystems sich insgesamt positiv auf die Kostenbilanz auswirkt. Einfachere Verlegung, nicht notwendige Erd- und Oberdeckenarbeiten sowie ein wesentlich geringerer Wartungsaufwand bzw. der fast wartungsfreie Betrieb werden zukünftig die Entscheidung für den nicht begehbaren Infrastrukturkanal entscheiden.

Die Entscheidung der Kommune, welche der beiden Alternativen sich als die wirtschaftlichere Lösung für die Gemeinde erweist, wird somit von den Erfahrungswerten der Kommunen bezüglich Kosten und Lebensdauer ihrer konventionellen Abwasserkanäle beeinflusst.

8 KOSTEN DER VERSORGER

8.1 KOSTEN BEI DER KONVENTIONELLEN ERSCHLIEßUNG

8.1.1 Investitionskosten

In den vorangegangenen beiden Kapiteln sechs und sieben wurden bisher nur die Kosten der Kommunen für die Erschließung mit dem Abwasserkanal aufgestellt und miteinander verglichen.

In diesem Kapitel sollen nun auch die Kosten, die den Versorgungsunternehmen entstehen, erfasst werden und ebenfalls in einer Kostenvergleichsrechnung das konventionelle Erschließungssystem dem nicht begehbaren Infrastrukturkanal gegenübergestellt werden.

Aus Umfragen bei den Versorgungsunternehmen ergaben sich folgende Investitionskosten für die Erschließung eines Neubaugebietes „auf der grünen Wiese“:

Stadt	Wasser	Gas	Strom	Telekommunikation
Düsseldorf	286 €			45 €
Augsburg	210 €	170 €	100 €	

Tab. 8.1 Investitionskosten für Versorgungsleitungen der konventionellen Erschließung, aus Umfrage, eigene Darstellung

Für die Trinkwasserleitung soll mit 220 € Investitionskosten auf den laufenden Meter gerechnet werden. Es ergeben sich, bei einer Länge von 420 laufenden Metern, für die Versorgungsleitungen folgenden Investitionskosten:

Trinkwasserleitung:

$$220 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 92.400 \text{ €}$$

Gasversorgungsleitung:

$$170 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 71.400 \text{ €}$$

Stromversorgungsleitung:

$$100 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 42.000 \text{ €}$$

Telekommunikationsleitung:

$$45 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 18.900 \text{ €}$$

8.1.1.2 Erneuerungskosten

Bei den Versorgungsleitungen werden im Gegensatz zur Kanalisation selten Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, sondern es werden die Leitungen komplett erneuert. Dazu ist die Straßenoberfläche aufzureißen und nach der Erneuerungsmaßnahme wieder in den alten Zustand herzustellen. Dies verursacht natürlich hohe Kosten, die sich wie folgt darstellen:

Stadt	Wasser	Gas	Strom	Telekommunikation
Düsseldorf				108 €
Augsburg	300 € (DN 100)	270 €	150 €	

Tab.: 8.2 Erneuerungskosten für Versorgungsleitungen der konventionellen Erschließung, aus Umfrage

8.2 KOSTEN BEIM INFRASTRUKTURKANAL

8.2.1 Vorbemerkung

Die in den folgenden Abschnitten aufgeführten Kosten stützen sich auf Kalkulationen der Dortmunder Energie und Wasser Werke DEW und einer Kalkulation für den Infrastrukturkanal von Herrn Prof. Fasel. Sie entsprechen somit nicht unbedingt den Marktpreisen, sondern stellen auch aufgrund der Tatsache, dass der Infrastrukturkanal bisher noch nicht gebaut wurde, lediglich ungefähre Richtwerte dar.

Die Kosten beinhalten Kosten für die Verlegung der Leitungen und für das Material. Des Weiteren ist bei den Investitionskosten der Anschluss an das bestehende Netz, inklusive Tiefbauarbeiten, auf den laufenden Meter Leitung mit umgelegt. Nicht enthalten sind die Kosten für die Hausanschlüsse.

Bei den Kosten für die Erneuerung sind zu Material und Verlegung Kosten für das Ausfädeln der alten Leitungen und ihre Entsorgung mit einzurechnen.

8.2.2 Investitionskosten

Für die Erstinvestition ergeben sich aufgrund der Kalkulation, für die Trinkwasser-, Gasversorgungs-, Stromversorgungs- und die Telekommunikationsleitungen somit folgende Kosten für Verlegung und Material:

	EP	Menge	GP
Trinkwasserleitung	46,45	420	19.509,00 €
Gasleitung	41,15	420	17.283,00 €
Stromleitung	45,68	420	19.185,60 €
Telekommunikation	20	420	8.400 €

Tab.: 8.3 Investitionskosten der Versorgungsleitungen beim Infrastrukturkanal, nach Kalkulation DEW

Die Umlage der Kosten für den Anschluss der Versorgungsleitungen an das bestehende Versorgungsnetz und der dafür notwendige Tiefbau ergibt sich wie folgt:

	GP	Menge	EP
Trinkwasserleitung	5.091,33	420	12,12 €
Gasleitung	2.940,00	420	7,00 €
Stromleitung	2.100,36	420	5,00 €
Telekommunikation	2.000	420	4,76 €

Tab.: 8.4 Anteil Tiefbaukosten an den Investitionskosten der Versorgungsleitungen beim Infrastrukturkanal, nach Kalkulation DEW

Somit ergeben sich die Gesamtinvestitionskosten für die einzelnen Sparten bei der Verlegung im nicht begehbaren Infrastrukturkanal.

Trinkwasserleitung:

$$(46,45 + 12,12) \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 58,57 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 24.600 \text{ €}$$

Gasversorgungsleitung:

$$(41,15 + 7,00) \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 48,15 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 20.220 \text{ €}$$

Stromversorgungsleitung:

$$(45,68 + 5,00) \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 50,68 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 21.280 \text{ €}$$

Telekommunikationsleitung:

$$(20,00 + 4,76) \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 24,76 \text{ €/lfm} \times 420 \text{ lfm} = 10.400 \text{ €}$$

8.2.3 Erneuerungskosten

8.2.3.1 Trinkwasser

Da ebenfalls, wie beim Abwasserkanal des Infrastrukturkanals, bei einer Erneuerung die Leitungen nur ausgefädelt und wieder neu eingezogen werden müssen, und somit auch keine Tiefbaukosten anfallen, ergeben sich viel niedrigere Kosten als bei der Erneuerung an konventionell verlegten Frischwasserleitungen. Die Kosten für Ausbau, Einbau und Material betragen:

	EP	Einheit	Menge	GP
Rohrleitung PE DA 110 Wasser liefern und auf Gleitkufe verlegen:	10,62	€/lfm	420	4.460,40 €
Schieber DA 110 liefern und verlegen	354,04	Stk.	6	2.124,24 €
Alte Rohrleitungen ausbauen und entsorgen	10,00	€/fm	420	4.200,00 €
				10.784,64 €

Tab.: 8.5 Kalkulation Erneuerungskosten Trinkwasserleitung, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von Prof. F. Fasel

Somit ergeben sich also Kosten auf den laufenden Meter zu:

$$10.784,64 \text{ €} / 420 \text{ lfm} = 25,68 \text{ €/lfm}$$

8.2.3.2 Gasversorgung

Genauso wie bei den Leitungen für das Trinkwasser, sind bei einer Erneuerung der Gasleitungen die alten Rohre nur auszufädeln und durch neue zu ersetzen. Die Kalkulation für die Erneuerungskosten sieht folgendermaßen aus:

	EP	Einheit	Menge	GP
Rohrleitung PE DA 110 Gas liefern und auf Gleitkufe verlegen:	10,03	€/lfm	420	4.212,60 €
Alte Rohrleitungen ausbauen und entsorgen	10,00	€/fm	420	4.200,00 €
				8.412,60 €

Tab.: 8.6 Kalkulation Erneuerungskosten Gasleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von Prof. F. Fasel

Somit ergeben sich Erneuerungskosten auf den laufenden Meter zu:

$$8.412,60 \text{ €} / 420 \text{ lfm} = 20,03 \text{ €/lfm}$$

8.2.3.3 Stromversorgung

Auch hier reduziert sich die Erneuerung auf den Austausch der Leitungen ohne die sonst notwendigen Tiefbaumaßnahmen gegenüber der konventionellen Erschließung:

	EP	Einheit	Menge	GP
Stromkabel liefern und verlegen:	8,54	€/lfm	420	3.586,80 €
Alte Kabel ausbauen und entsorgen	6,00	€/lfm	420	2.520,00 €
				6.106,80 €

Tab. 8.7 Kalkulation der Erneuerungskosten Stromleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von Prof.F. Fasel

Somit fallen bei einer Erneuerung an der Stromversorgungsleitung Kosten auf den laufenden Meter in folgender Höhe an:

$$6.106,80 \text{ €} / 420 \text{ lfm} = 14,54 \text{ €/lfm}$$

8.2.3.4 Telekommunikation

Wiederum entfallen beim Austausch der Kabel, die hohen Kosten für Tiefbau und die notwendigen Arbeiten an der Straßenoberfläche. Somit ergeben sich folgende Kosten für die Erneuerung der Leitungen:

	EP	Einheit	Menge	GP
Alte Leitungen ausbauen	5,00	€/lfm	420	2.100,00 €
Neue Leitungen einziehen	6,36	€/lfm	420	2.671,20 €
				4.771,20 €

Tab. 8.8 Kalkulation der Erneuerungskosten Telekommunikationsleitung für Infrastrukturkanal, basierend auf Kalkulation für Infrastrukturkanal von Prof. F. Fasel

Auf den laufenden Meter ergeben sich somit bei einer Erneuerung der Telekommunikationsleitungen von:

$$4.771,20 \text{ €} / 420 \text{ lfm} = 11,36 \text{ €/lfm}$$

8.3 KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG NACH LAW

8.3.1 Trinkwasser

Bei dem Kostenvergleich für die Trinkwasserleitung werden die Jahreskosten nicht mit in Betracht gezogen, da man davon ausgehen kann, dass sie für beide Alternativen gleich hoch ausfallen und somit vernachlässigt werden können. Des Weiteren werden sowohl für die konventionell verlegte Trinkwasserleitung, als auch für die Leitung im Infrastrukturkanal keine Sanierungskosten angesetzt, sondern nur Erneuerungskosten. Diese fließen bei den Investitionskosten mit dem Erhöhung durch den Faktor 1,4 mit ein, da bei der Erneuerung höhere Kosten entstehen (Straßenaufbruch, -wiederherstellung) im Gegensatz zum Infrastrukturkanal. Beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal wurde für die Reinvestition der Faktor von 1,2 gewählt

Als Nutzungsdauer wurde für das konventionelle System 50 Jahre und für den Infrastrukturkanal 60 Jahre gewählt. Somit ist ein Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Projektkostenbarwerte anzuwenden. Die errechneten Kosten stellen sich wie folgt dar:

Alternative 1: konventionelle Erschließung

$$\text{IKBW}_1 = 130.600,40 \text{ €}$$

Alternative 2: Infrastrukturkanal

$$\text{IKBW}_2 = 30.629,08 \text{ €}$$

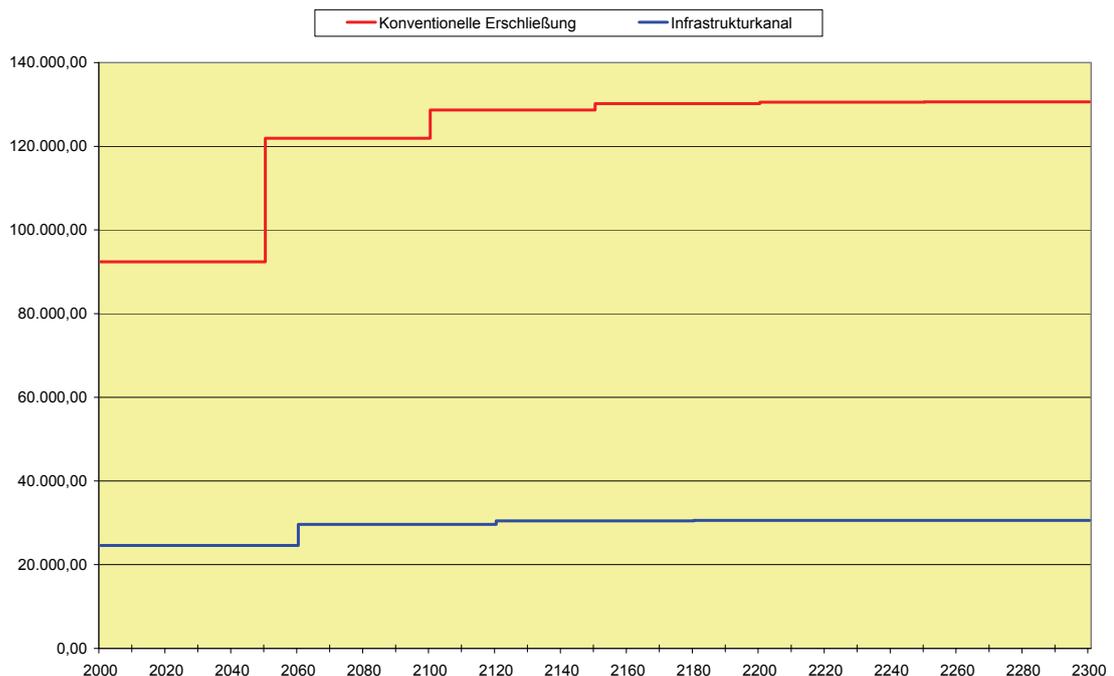


Abb. 8.1: Investitionskostenbarwerte (3;50),(3;60) der Trinkwasserleitungen, eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen Kostenunterschiede bei den Investitionskosten der Infrastrukturkanal die deutlich kostengünstigere Alternative zur konventionellen Erschließung darstellt. Vor allem bei der Erneuerung der Leitungen fallen bei der konventionellen Erschließung erhebliche Mehrkosten durch Straßenaufbruch und Straßenwiederherstellung an, die beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal aufgrund der Systematik nicht entstehen.

8.3.2 Gasversorgung

Analog zum vorherigen Kapitel werden sowohl die Jahreskosten, als auch die Sanierungskosten aus den oben genannten Gründen in der Berechnung nicht mit berücksichtigt. Wie bei den Leitungen zur Trinkwasserversorgung werden die Kosten beim konventionellen System, bei der Erneuerung mit dem Faktor 1,6 und das Infrastrukturkanalsystem mit dem Faktor 1,2 vervielfacht. Die Nutzungsdauern der Leitungen sind für die konventionelle Erschließung 25 Jahre und für den nicht begehbaren Infrastrukturkanal 30 Jahre.

Die Investitionskostenbarwerte sehen wie folgt aus:

Alternative 1: konventionelle Erschließung

$$IKBW_1 = 178.345,32 \text{ €}$$

Alternative 2: Infrastrukturkanal

$$IKBW_2 = 37.766,04 \text{ €}$$

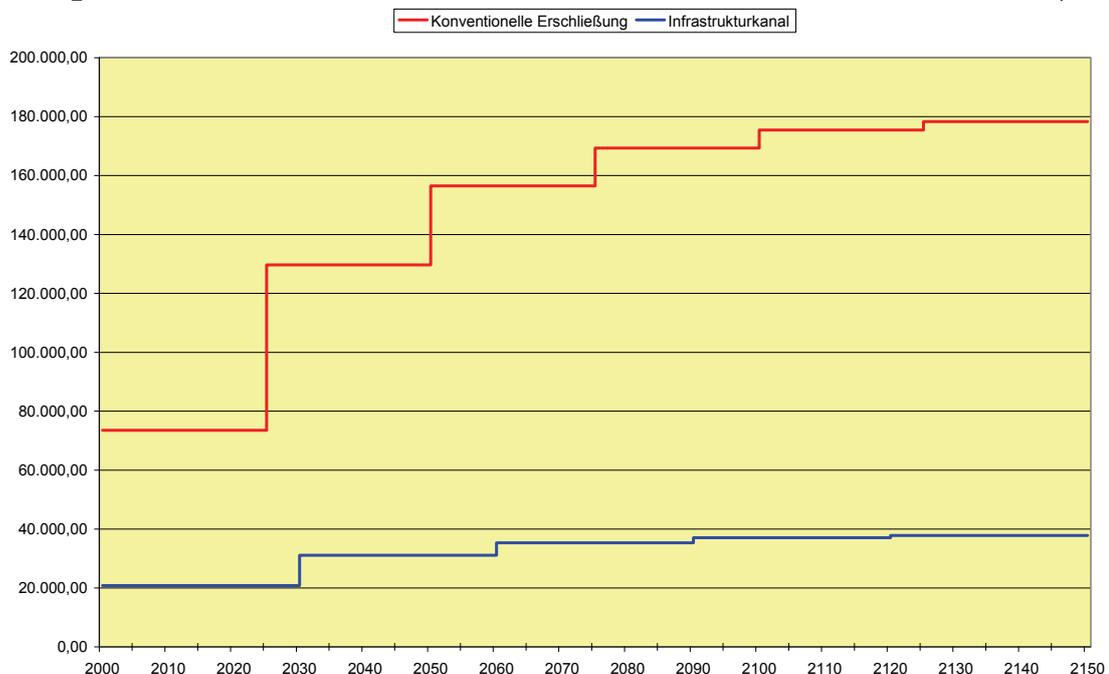


Abb. 8.2: Investitionskostenbarwerte (3;25),(3;30) der Gasleitungen, eigene Darstellung

Analog zum vorhergehenden Abschnitt ist auch bei den Leitungen für Gas sehr gut zu erkennen, dass ein ganz klarer Kostenvorteil beim Infrastrukturkanal

liegt. Im gleichen Maße gilt bei Gasversorgungsleitungen die Tatsache, dass bei Erneuerungsmaßnahmen ein gewaltiges Einsparpotential beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal gegenüber dem konventionellen System vorhanden ist.

8.3.3 Stromversorgung

Wie bei den vorangegangenen Kapiteln werden für die Stromleitungen die Jahreskosten und Sanierungskosten nicht berücksichtigt. Als Faktoren für die erhöhten Erneuerungskosten gelten für die konventionelle Erschließung 1,5 und für den Infrastrukturkanal 1,2. Die Lebensdauer für die Kabel sind beim konventionellen System 30 Jahre und beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal 35 Jahre. Beim Infrastrukturkanal ist die Nutzungsdauer deshalb höher, da die Isolierung der Kabel weniger äußeren Angriffen, wie z.B. mechanischen Einflüssen oder Temperatureinflüssen ausgesetzt ist. Mit den gewählten Parametern ergeben sich folgende Investitionskostenbarwerte:

Alternative 1: konventionelle Erschließung

$$\text{IKBW}_1 = 85.924,60 \text{ €}$$

Alternative 2: Infrastrukturkanal

$$\text{IKBW}_2 = 35.287,72 \text{ €}$$

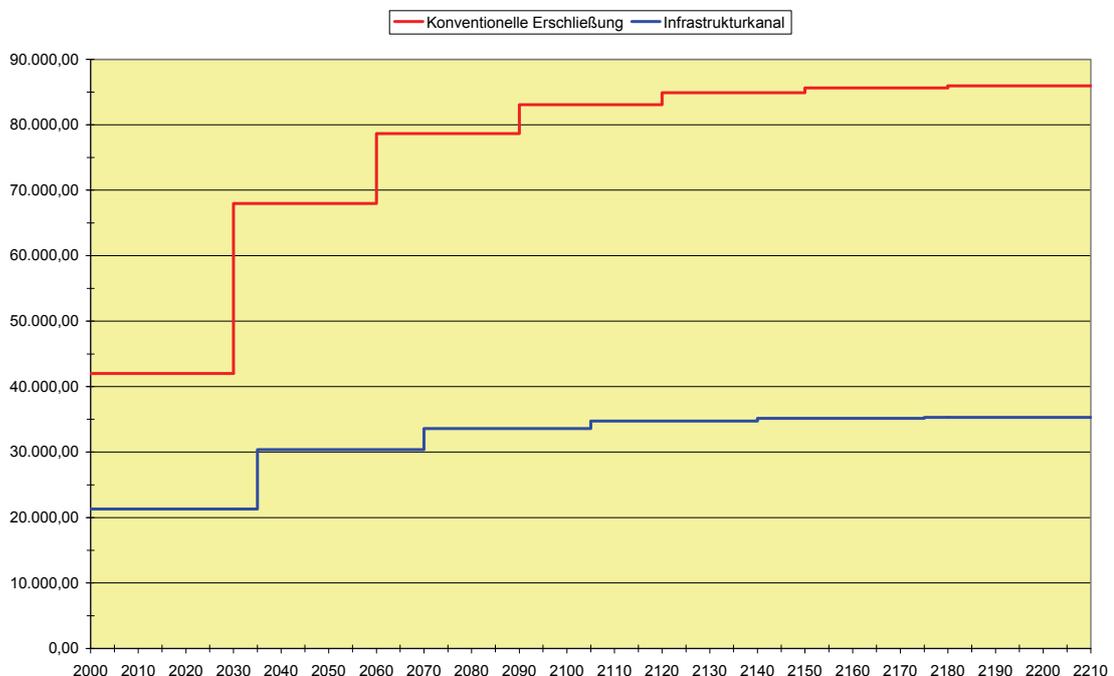


Abb. 8.3 Investitionskostenbarwerte (3;30),(3;35) der Stromleitungen, eigene Darstellung

Wie schon bei allen vorangegangenen Berechnungen zeigt sich auch hier wieder ein klarer Kostenvorteil des Infrastrukturkanals, aufgrund der niedrigeren Investitionskosten bei Neubau und vor allem bei der Erneuerung.

8.3.4 Telekommunikation

Auch bei den Leitungen für Telekommunikation werden nur die Investitionskostenbarwerte miteinander verglichen. Da die Kosten für die Erneuerung bei der konventionellen Verlegung in dieser Sparte relativ hoch sind, wird ein Faktor von 2,4 angesetzt. Beim Infrastrukturkanal bleibt der Faktor bei 1,2. Die Nutzungsdauer von Lichtwellenleitern liegt zwischen 20 und 25 Jahren. Danach setzt eine Dämpfung des Übertragungssignals ein. Die Nutzungsdauer hängt hauptsächlich von einem einwandfreien Einbau der Kabel (Beschädigungen), sowie durch mechanische Einflüsse (Veränderung der Lage) oder Befall von Schädlingen ab. Da beim Infrastrukturkanal in der Betriebsphase ein Knicken der Kabel durch äußere Einflüsse so gut wie ausgeschlossen werden kann, wird für den Infrastrukturkanal eine Nutzungsdauer von 25 Jahren angesetzt und bei der konventionellen Verlegung eine Betriebsdauer von 20 Jahren. Die Investitionskostenbarwerte ergeben sich aus den Berechnungen wie folgt:

Alternative 1: konventionelle Erschließung

$$\text{IKBW}_1 = 69.882,04 \text{ €}$$

Alternative 2: Infrastrukturkanal

$$\text{IKBW}_2 = 20.565,35 \text{ €}$$

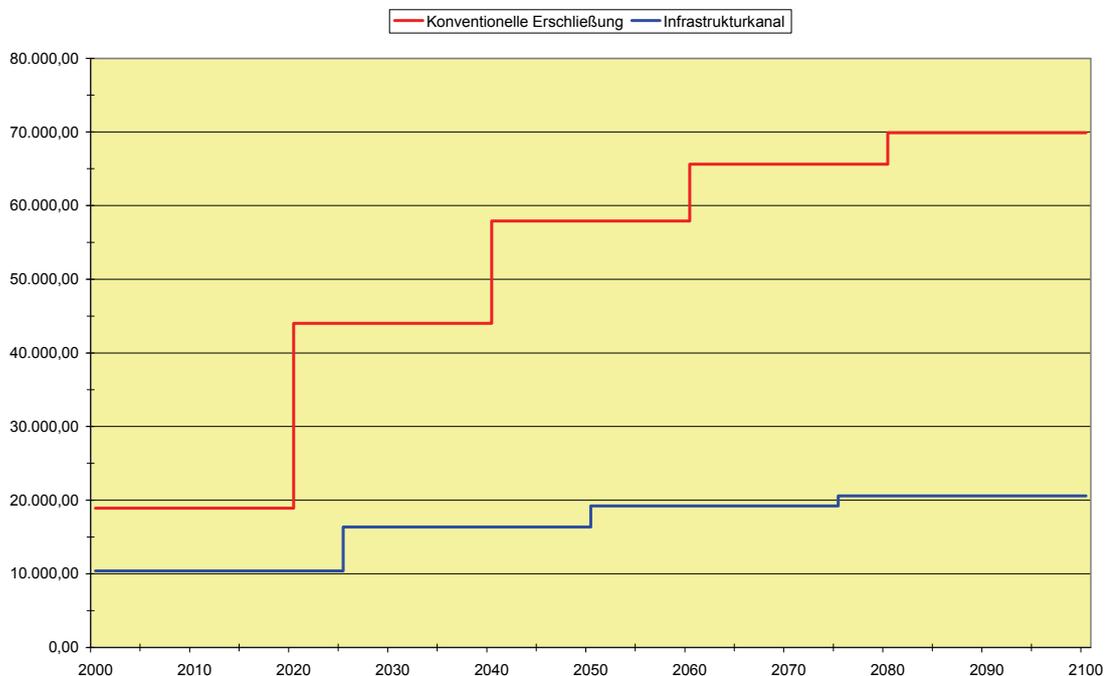


Abb. 8.4 Investitionskostenbarwerte (3;20),(3;25) der Telekommunikationsleitungen, eigene Darstellung

Da bei der konventionellen Verlegung der Leitungen im Gegensatz zum Infrastrukturkanal, bei einer Erneuerung der Kabel sehr hohe Kosten anfallen,

ergibt sich diese große Diskrepanz zwischen den Kosten der beiden Alternativen.

8.4 ZUSAMMENFASSUNG

Wie schon bei der Abwasserentsorgung, hat sich bei der Kostenvergleichsrechnung der Versorgungssparten ein klarer monetärer Vorteil des Infrastrukturkanals gegenüber der konventionellen Verlegung der Versorgungsleitungen herauskristallisiert. Man muss festhalten, dass die Unterschiede sogar noch größer ausfallen, als dies bei der Kanalisation der Fall war.

Der Grund dafür ist, dass im Gegensatz zur Abwasserentsorgung die Betreiber der Versorgungsnetze ihre Netze weniger sanieren, sondern sie direkt nach Ablauf der Nutzungsdauer erneuern. Beim Bau der Versorgungsleitungen in konventioneller Weise „auf der grünen Wiese“, also in Baugebieten, wo noch keine Oberflächenversiegelung in Form von Straßen und Gehwegen vorhanden ist, fallen die Neubaukosten relativ moderat aus. Ist hingegen bei einer Erneuerung der Leitungen die Asphaltdecke aufzureißen und nach dem Eingriff wiederherzustellen, inklusive der Bordsteine usw., so verteuert sich die Maßnahme um einiges. Man kann also sagen: Die Erneuerung bei den Versorgungsleitungen ist immer teurer als die Sanierungsmaßnahmen an der Kanalisation.

Hier kommt der Vorteil der Systematik des Infrastrukturkanals voll zur Geltung. Dadurch bedingt, dass die teuren Tiefbau- und Straßenarbeiten bei einer Erneuerung der Leitungen vollkommen wegfallen, ergeben sich natürlich auch viel effizientere Kosten für die Versorgungsunternehmen.

9 ERLÖSE DER KOMMUNEN DURCH VERMIETUNG DER RÖHREN

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits erwähnt, ist die Kommune die prädestinierte Instanz, um den Infrastrukturkanal zu bauen und auch zu betreiben. Dabei ist die Planung natürlich eng mit den Versorgungsunternehmen zu koordinieren.

Wie schon am Anfang des Forschungsberichtes angedeutet, ergibt sich für die Kommune als Betreiber die Möglichkeit, durch Vermietung der Leitungsdurchgänge den Infrastrukturkanal teilweise zu refinanzieren.

Die Frage ist: Wer kommt hier in Frage? Bei den kommunalen Versorgungsunternehmen für Energie und Wasser stellt sich das als schwierig heraus. Dadurch, dass sich die Stadtwerke zumeist in kommunaler Hand befinden und somit bei der konventionellen Erschließung auch keine Gebühren für die Nutzung des öffentlichen Raumes anfallen, wird es schwierig sein, hier auf ein Verständnis bei diesen Unternehmen zu stoßen. Besteht doch die Gefahr, dass diese Gebühren nur zur Quersubventionierung dienen und somit das Geld innerhalb der Kommune nur umgeschichtet wird.

Befinden sich Teile der Versorgung nicht in kommunaler Hand, so besteht auf jeden Fall die Möglichkeit, von diesen Unternehmen, ähnlich wie bei Strom und Gas, so genannte Nutzungsentgelte zu verlangen.

Dies trifft in großem Maße vor allem auf den Telekommunikationsmarkt zu, da die Versorgung mit Strom, Wasser und Gas sich zu großen Teilen in den Händen der Kommunen befinden. Auf dem Sektor der Telekommunikation ist aufgrund der länger zurückliegenden Liberalisierung bereits üblich, Röhren und Leitungen anderer Unternehmen mit zu nutzen. Neben großen Anbietern für diese Dienstleistungen, wie z.B. der Telekom, gibt es mittlerweile auch eine Vielzahl von regional vertretenen Firmen.

Die Erschließung „auf der grünen Wiese“ stellt sich für Telekommunikationsfirmen relativ unproblematisch dar. Dabei genügt es oft schon, den Boden aufzufräsen, die Leerrohre zu verlegen, wieder anzufüllen und die Leitungen in die Leerrohre einzuziehen⁸⁰. Dagegen sind bei fertiger Erschließung die Kosten um einiges höher, da hier Bagger-, Asphaltier- und gegebenenfalls Pflastererarbeiten anfallen.

Nichts desto trotz, ob nun im Neubaugebiet oder in bereits bebauten Gebieten Telekommunikationskabel verlegt werden müssen, ergibt sich beim Infrastrukturkanal der Vorteil für Anbieter dieser Sparte, dass neben den Materialkosten lediglich Kosten für das Einziehen der Leitungen entstehen.

Die Anbieter können hierbei mit nicht unerheblichen Einsparpotentialen rechnen, wie sich bei der Kostenvergleichsrechnung in Kapitel 8.3⁸¹ zeigt. Für die Kommunen ergibt sich somit die Möglichkeit, diesen Kostenvorteil für sich

⁸⁰ Gespräch mit Herrn Ziganner von Global Crossing, am 13.09.2005

⁸¹ Siehe Seite 88 ff.

zu nutzen und die entsprechenden Röhren zu vermieten, oder mit den betroffenen Unternehmen eine einmalige Zahlung als Zuschuss zu den Baukosten des Infrastrukturkanals auszuhandeln.

Zugegebenermaßen ist dies bestimmt nicht leicht zu realisieren, da es vermutlich auf der Hand liegt, dass die Anbieter die Kosteneinsparung nicht gleich wieder weitergeben wollen. Aber trotzdem sollten die Kommunen hier auf ihrem Standpunkt beharren, sind doch gerade die hohen Kosten für die Erneuerung der Leitungen ein gutes Argument für eine finanzielle Beteiligung an den Baukosten seitens der Versorgungsunternehmen.

10 RESÜMEE

Infrastrukturmaßnahmen sind immer als langfristige Wirtschaftsgüter zu verstehen. Das gilt im Großen, wie zum Beispiel bei der Planung und dem Neubau einer Autobahn, wie im Kleinen bei den Erschließungsmaßnahmen zur Ver- und Entsorgung in einem Neubaugebiet. Die Langlebigkeit trifft auch auf beide in diesem Forschungsauftrag behandelten Erschließungssysteme zu.

Beide Erschließungssysteme erfüllen den gleichen Zweck. Sie verfügen aber über unterschiedliche Nutzvorteile, die allerdings zu einer uneingeschränkten Bewertung, welches System besser ist, nicht ausreichen. Dazu sind die Kosten, die über die Laufzeit beider Alternativen anfallen, miteinander zu vergleichen, um den absoluten Vorteil eines der beiden Varianten zur Erschließung herausarbeiten zu können.

Dafür ist die Kostenvergleichsrechnung nach der Länderarbeitsgemeinschaft für Wasser das geeignete Instrumentarium, um einem Vergleich für Infrastrukturmaßnahmen mit langer Nutzungsdauer gerecht zu werden. In dieser Arbeit wurden die Kosten für den Neubau, für den Unterhalt und für notwendige Sanierungs-, bzw. Erneuerungsmaßnahmen in den Berechnungen mit berücksichtigt. Dabei zeigte sich, dass die Projektkostenbarwerte stark von den Laufzeiten der Systeme abhängig sind. Außerdem hat sich herausgestellt, dass die Kosten für die Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen an den Ver- und Entsorgungsleitungen beim Infrastrukturkanal erheblich kostengünstiger ausfallen, als beim konventionellen Erschließungssystem.

Da beim Infrastrukturkanal, bedingt durch den Aufbau des Systems, die Leitungen und Rohre bei der Entsorgung wie auch bei der Versorgung, vor äußeren Einflüssen besser geschützt sind, als bei der konventionellen Erschließung, ergeben sich längere Laufzeiten für den nicht begehbaren Infrastrukturkanal und die darin geführten Leitungen. Daraus entsteht ganz klar ein Kostenvorteil gegenüber dem bisher eingesetzten System.

Zu dem monetären Vorteil kommt hinzu, dass, wie bereits erwähnt, der Infrastrukturkanal durch die gesamte Konstruktion viel stabiler ist als die konventionelle Erschließung. Vor allem bei der Kanalisation, müssen sich die Kommunen immer wieder mit Kosten auseinandersetzen, die durch mangelhafte Bauausführung oder unzureichende Kontrolle während der Bauzeit entstehen. Durch die tiefe Lage im Bodenkörper kommt es durch unsachgemäßen Einbau des Kanals oder seiner Komponenten wiederholt zu Schäden am Bauwerk. Bedingt durch fehlerhafte Verdichtung beim Neubau lassen sich zum Beispiel immer wieder Setzungen am Kanal feststellen, die weit reichende Folgen nach sich ziehen können. Auch sind offene Reparatur- oder Sanierungsmaßnahmen nicht optimal und machen sich oft durch Folgeschäden an der Straßendecke bemerkbar, wodurch weitere Kosten für die Kommunen entstehen. Aufgrund der Tatsache, dass der Infrastrukturkanal einen relativ großen Baukörper repräsentiert, der vor allem keine Veränderung der Lage an den Ver- und Entsorgungsleitungen zulässt, sind Folgekosten, wie sie bei der konventionellen Erschließung anfallen, gänzlich auszuschließen.

Die in diesem Bericht herangezogenen Kennzahlen der Kosten sind nur als ungefähre Größen zu verstehen und sind natürlich auch nicht auf jegliche Randbedingungen eins zu eins anwendbar. Die durchgeführten Berechnungen verstehen sich also nur als Anhaltswerte für Kommunen und Versorgungsunternehmen, dass Einsparpotentiale beim nicht begehbaren Infrastrukturkanal vorhanden sind. Im Einzelfall sind von Kommunen und Anbietern von Versorgungsdienstleistungen erneute, auf die im Baugebiet tatsächlich vorhandenen Randbedingungen abgestimmte, Berechnungen durchzuführen, um herauszufinden, wie sich die Kostendifferenz der beiden Systeme darstellt.

Abschließend ist zu sagen, dass den Untersuchungen nach, sich der Infrastrukturkanal als eine hervorragende Alternative zum bisher verwendeten Erschließungssystem präsentiert. Es hat sich gezeigt, dass er neben baulichen Vorteilen auch monetäre Vorteile mit sich bringt, zumal anzunehmen ist, dass noch Potential in dieser Erschließungsform steckt. Beim Einbau des Infrastrukturkanals in Schwerte hat sich gezeigt, dass der Infrastrukturkanal eine Alternative zu dem herkömmlichen Kanalsystem darstellt. Bestimmte Einbaupraktiken können noch optimiert werden. Die Vorkalkulierten Mehrkosten von 10 Prozent konnten unterschritten werden. Genaue Daten und die Ergebnisse der Submission können bei der Stadt Schwerte eingesehen werden.

Genaue Auswertungen des Baus des Infrastrukturkanals aus Schwerte lagen bis zur Verfassung dieses Berichtes von der Stadt Schwerte noch nicht vor. Diese können von der Stadt Schwerte angefragt werden.

Eine Weiterentwicklung zu größeren Durchmesser, um auch größere Haltungen bewerkstelligen zu können, sind für Kommunen und Versorgungsunternehmen sehr interessant. Auch der Einbau von Infrastruktursystemen im Bestand könnte eine Alternative zum Nur-Austausch einzelner Gewerke darstellen, dabei ist der Punkt der Versorgungssicherheit beim Austausch der Systeme die größte Herausforderung. Hinzu kommen die engen Platzverhältnisse im Innenstadtbereich für die Baustellen, sowie die meist lange Einschränkung der Verkehrsführung und damit verbunden, die Behinderung des Verkehrs. Solche Verhältnisse könnten, wenn der Infrastrukturkanal einmal liegt, weitestgehend vermieden werden. Es zeigt sich also, dass für dieses System ein noch gewaltiges Forschungs-Potential für die Zukunft vorhanden ist.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Baugesetzbuch (BauBG): 34. Auflage mit Stand 1.August 2002. Verlag C. H. Beck, München 2002
- [2] Bauordnung (BauO) Nordrhein- Westfalen in der Neufassung vom 01.03.08.2000. www.bauordnungen.de vom 13.09.2005
- [3] Bergmann, Fridhelm und Gerhardt, Hans Joachim: Handbuch der [Telekommunikation]. Carl Hanser Verlag, München Wien 2000
- [4] Bischof, Wolfgang: [Abwassertechnik]. 9., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart 1989
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Stand 2001, 1. Nachdruck
- [6] Cerbe, Günter: Grundlagen der [Gastechnik]. Gasbeschaffung, Gasverteilung, Gasverwendung. 3., vollständig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Carl Hanser Verlag, München Wien 1988
- [7] Damrath, Helmut: [Wasserversorgung]. 10., neubearbeitete und erweiterte Auflage / bearbeitet von Cord- Landwehr, Klaus. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart 1992
- [8] DIN EN 752-5: [Entwässerungssysteme] außerhalb von Gebäuden. Teil 5: Sanierung. Deutsches Institut für Normung, November 1997
- [9] DIN 1998: Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen. Richtlinien für die Planung. Deutsches Institut für Normung, Mai 1978
- [10] DIN 4033: [Entwässerungskanäle und –leitungen]. Richtlinien für die Ausführung. Deutsches Institut für Normung, November 1979
- [11] Dittmann Achim und Zschernig Joachim: [Energiewirtschaft]. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart 1998
- [12] Heinhold, Lothar und Stubbe, Reimer: Kabel und [Leitungen] für Starkstrom. 5. Auflage. Publicis MCD Verlag, Erlangen 1999
- [13] Internet: [Anstalt des öffentlichen Rechts]
http://de.wikipedia.org/wiki/Anstalt_%C3%B6ffentlichen_Rechts
Homepage von Wikipedia vom 17.09.2005
- [14] Internet: [Beteiligungsbericht] 2004 der Stadt Augsburg erstellt durch das Referat 7 - zentrales Beteiligungsmanagement - www.augsburg.de
Homepage der Stadt Augsburg vom 14.07.2005

- [15] Internet: Faßnacht, Konrad: Der deutsche [Telekommunikationsmarkt] <http://www.rz.uni-augsburg.de/connect/1997-02/telemarkt/>
Homepage des Rechenzentrums der Universität Augsburg vom 17.09.05
- [16] Internet: [Kanalumfrage] www.atv-dvkw/download/kanalumfrage.pdf
Homepage des ATV vom 05.06.2005
- [17] Internet: Kostengünstige und wirtschaftliche [Kanalnetzplanung] –
Einflussgrößen auf die Abwassergebühren von Pecher
- [18] Internet: [Marktdaten] Abwasser Umfrage von BGW und ATV- DVKW
2003. http://www.bgw.de/pdf/0.1_resource_2004_10_11_5.pdf
Homepage des Bundesverbandes der deutschen Gas- und
Wasserwirtschaft vom 17.06.2005
- [19] Internet: Kluge, Thomas / Lux, Alexandra / Schramm, Engelbert:
Marktöffnung in der [Trinkwasserversorgung]- Entwicklung von
Verbraucherschutzpositionen. Version 3.0 (Online-Version) des
Projektberichtes www.isoe.de/ftp/VZ-NRW.pdf
Homepage des Institutes für sozial-ökologische Forschung vom
13.07.2005
- [20] Internet: Knell, Wolfgang: [Energiamarkt] Europa: Herausforderung und
Chance zugleich
www.unternehmer.fh-mainz.de/Tools/download.php3?Datei=167
Homepage des Institutes für unternehmerisches Handeln vom
15.07.2005
- [21] Internet: Pecher, Klaus Hans: [Nutzungsdauer] und Wirtschaftlichkeit
von Abwasserkanälen www.pecher.de
Homepage der Dr. Pecher AG vom 24.08.2005
- [22] Jung, Peter: [Kanalsanierung]. Bestandsaufnahme, Planung, Ausführung.
Vogel Verlag, Würzburg 1998
- [23] „Köhler, Rolf: [Tiefbauarbeiten] für Rohrleitungen. 2., durchgesehene
Auflage. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln- Braunsfeld
1985
- [24] Landesbauordnung (LBO) Baden- Württemberg in der Fassung vom
08.08.1995. www.bauordnungen.de vom 13.09.2005
- [25] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Leitlinien zur
Durchführung dynamischer [Kostenvergleichsrechnungen] (KVR-
Leitlinien). 7. überarbeitete Auflage. Kulturbuchverlag Berlin GmbH,
Berlin 2005
- [26] Müller, Gerd B.: [Erschließung] und Erschließungsbeitrag nach
Bundesbaugesetz. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin 1981

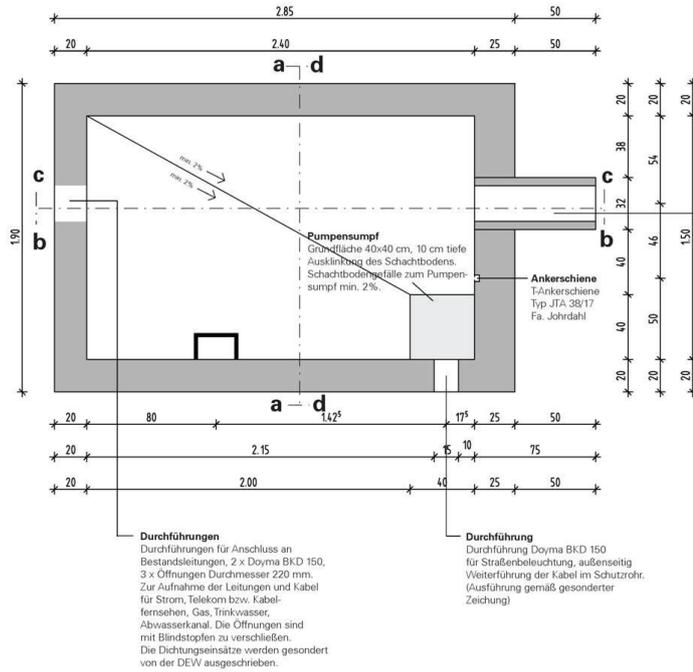
- [27] Olshausen, Hans-Gustav: [VDI-Lexikon] Bauingenieurwesen. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1991
- [28] Richter, Dietrich / Heindel Manfred: [Straßenbau und Tiefbau] mit Fachrechnen und Fachzeichnen. 7., neubearbeitete und erweiterte Auflage. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 2004
- [29] Stein, Dietrich / Niederehe, Wilhelm: Instandhaltung von [Kanalisationen]. Ernst, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin 1987
- [30] Stier, E. / Baumgart, H.- C. / Fischer, M. / ATV(Hrsg.): [Handbuch] für Ver- und Entsorger. Band 3 Fachrichtung Abwasser. 6. überarbeitete Auflage. F. Hirthammer Verlag, München 1999
- [31] [Zusammenfassung] nach § 36 PatG

Anlage

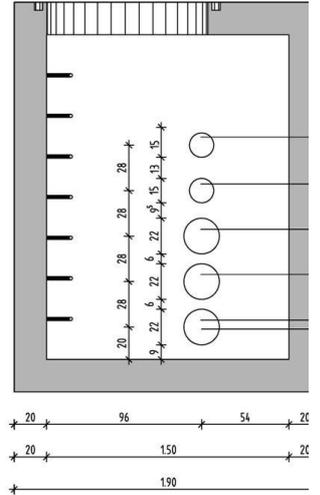
Anlage 1	Betonträger.....	103
Anlage 2	Maxischacht, Anfangsschacht.....	104
Anlage 3	Maxischacht, Kreuzungsschacht.....	106
Anlage 4	Minischacht, mit einseitigem Anschluss.....	108
Anlage 5	Minischacht, mit zweiseitigem Anschluss.....	110
Anlage 6	Hausanschlussbox.....	112
Anlage 7	Gesamtaufbau Infrastrukturkanal.....	114
Anlage 8	Anschlüsse, Minischacht - HA- Box - Hauswand.....	115
Anlage 9	Anschluss Betonfertigteil.....	116
Anlage 10	Bilder Baustelle Infrastrukturkanal aus Betonfertigteilen in Schwerte.....	117

Anlage 2: Maxischacht, Anfangsschacht

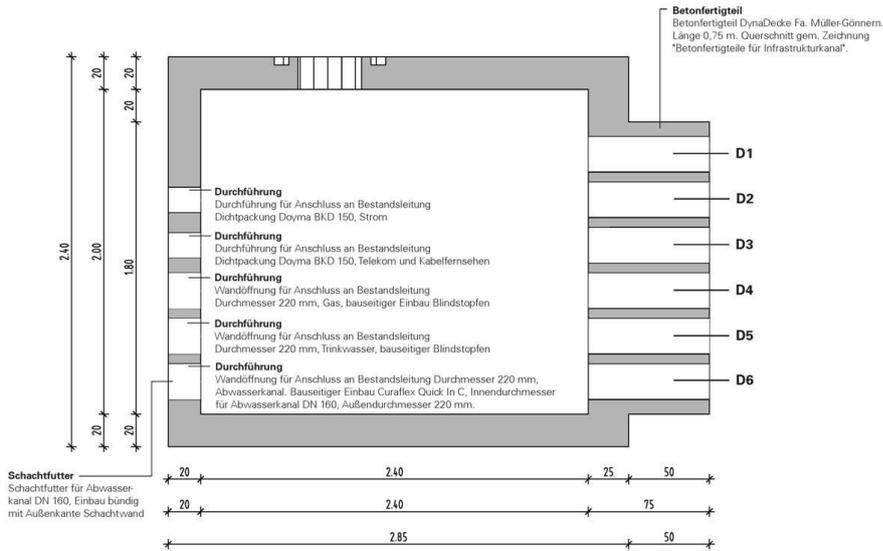
Grundriss M 1:20



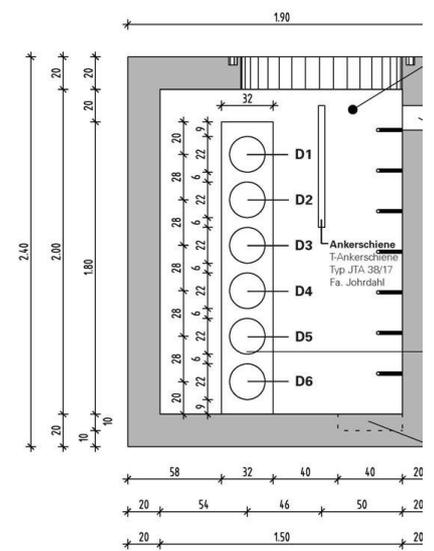
Schnitt a-a M 1:2



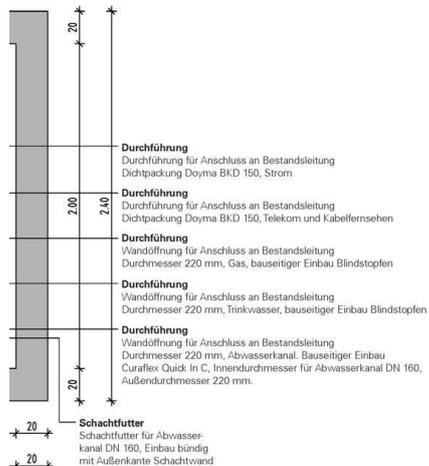
Schnitt c-c M 1:20



Schnitt d-d M 1:2



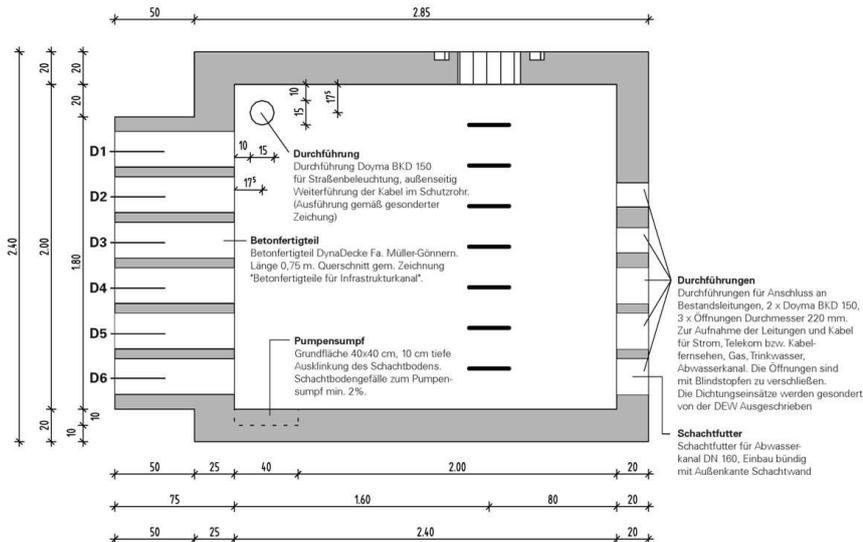
1:20



Die Dichtungseinsätze für die Wandöffnungen für Gas- und Trinkwasserleitung werden gesondert durch die DEW ausgeschrieben und sind nicht Bestandteil dieser Ausschreibung. Die Wandöffnungen sind auf der Schachttinnenseite mit Blindstopfen druckwasserdicht zu verschließen !!!

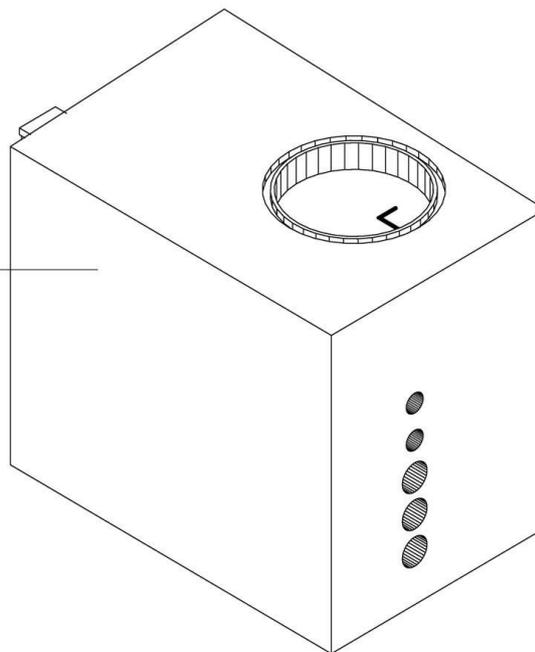
Schnitt b-b

M 1:20



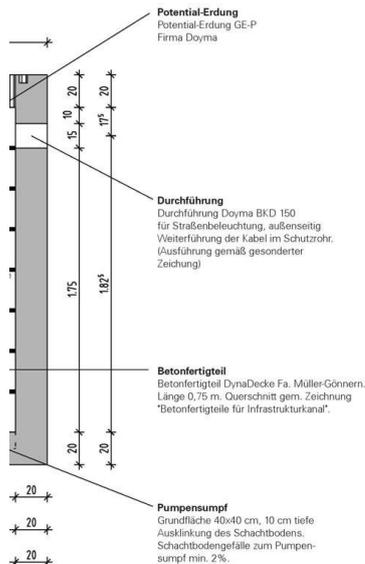
Isometrie

M 1:20



Maxischacht (SI1035/SI3040)
Maxischacht für Haltungsanfangsbereich, Infrastrukturkanal System Rogall, Fa. Caspar-Hessel, Dortmund. Schachtdecke geeignet für Anschluss des Systems econom der Fa. Caspar-Hessel, mit schubsicherer Fußauflagerung. Schacht gem. statischen Erfordernissen.

1:20



Forschungsprojekt "Infrastrukturkanal"

Maxischacht
Schacht SI1035, SI3040

Freigegeben durch Tiefbauamt der Stadt Dortmund am:

Fachhochschule Bochum
Fachbereich Architektur
Gebäudetechnik und Baustofftechnologie

Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall
Dipl.-Ing. Falk Ermert MA

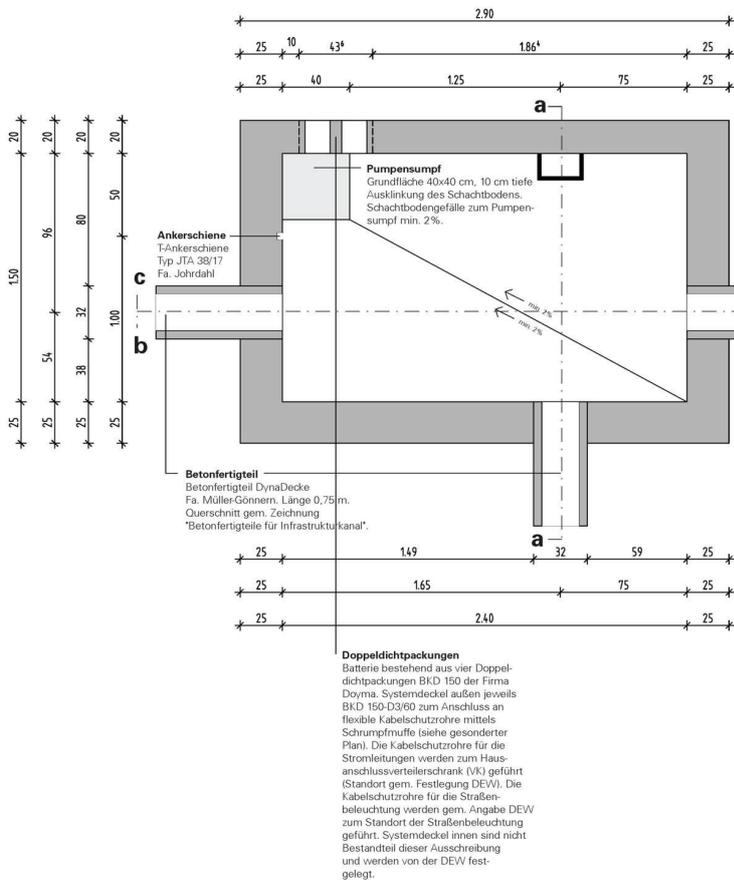
Bochum, 19.05.2005



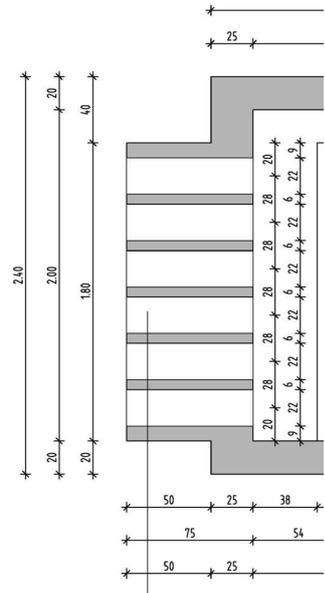
FACHHOCHSCHULE BOCHUM
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Anlage 3: Maxischacht, Kreuzungsschacht

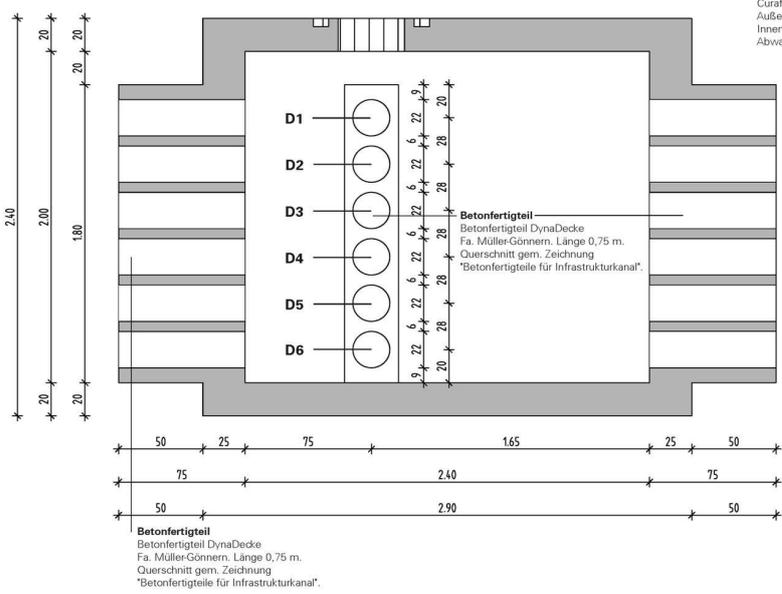
Grundriss M 1:20



Schnitt a-i

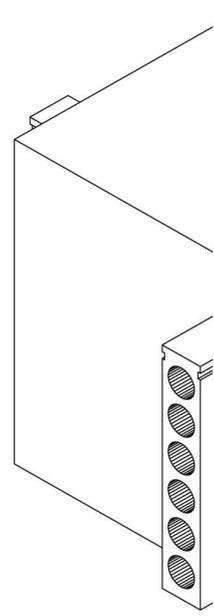


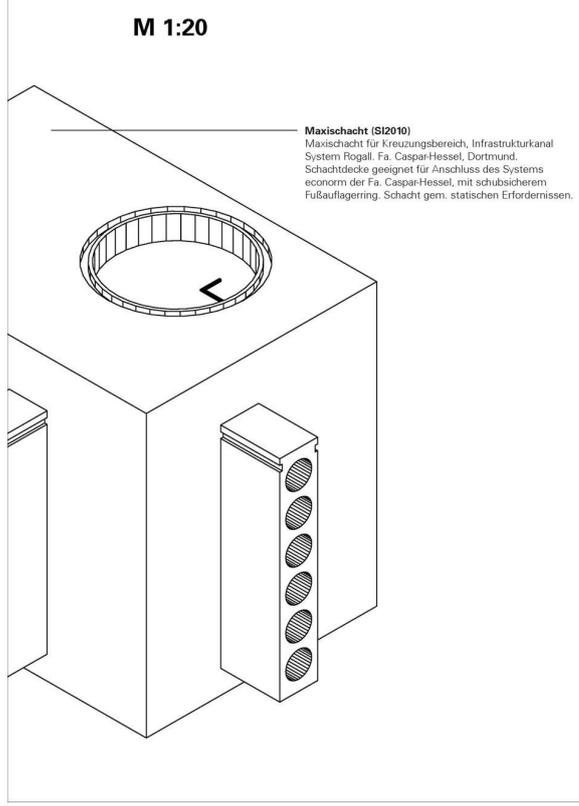
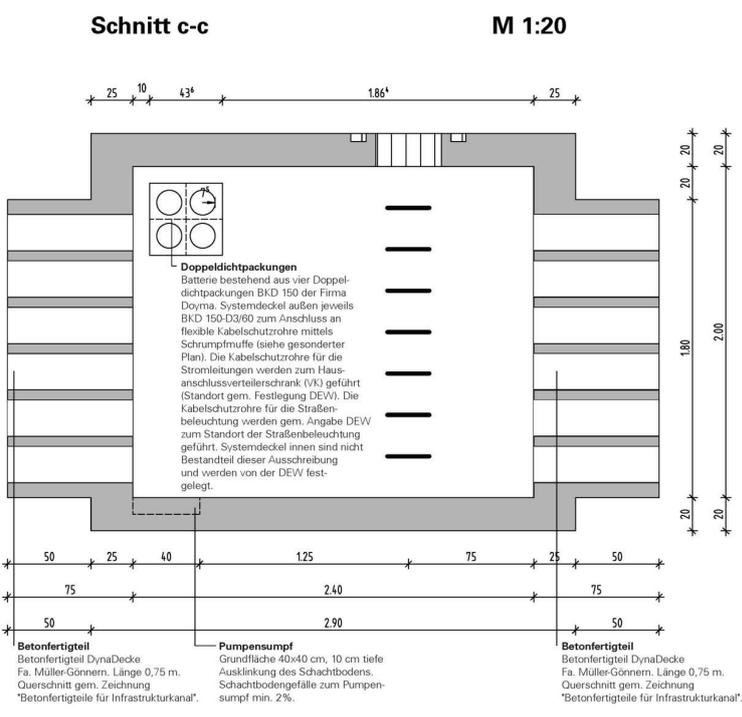
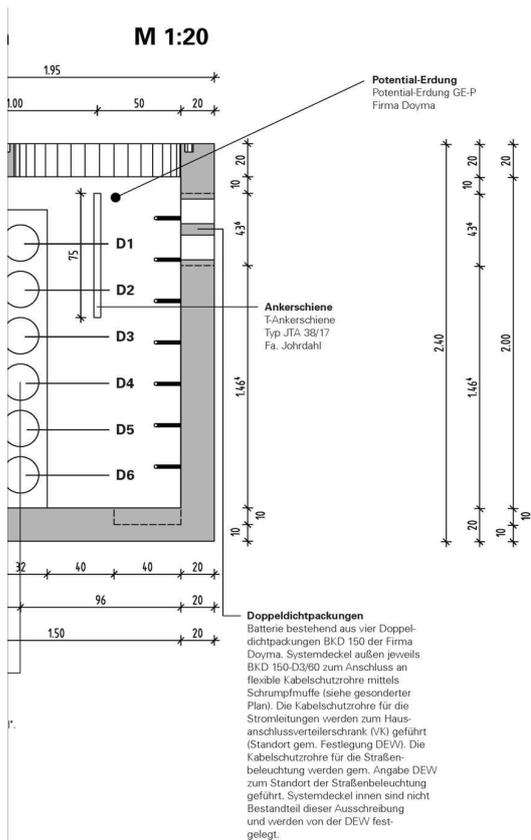
Schnitt b-b M 1:20



- D1** Curaflex Quick In C
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Stromkabel gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Ausschrieben und eingebaut.
- D2** Curaflex Quick In C
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Stromkabel gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Ausschrieben und eingebaut.
- D3** Curaflex Quick In C.
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Kabel Telekom und Kabelfernsehen nach Maßgabe der Netzbetreiber.
Wird von der Telekom gesondert Ausschrieben und eingebaut.
- D4** Curaflex Quick In C.
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Gasleitung gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Ausschrieben und eingebaut.
- D5** Curaflex Quick In C.
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Trinkwasserleitung gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Ausschrieben und eingebaut.
- D6** Bauseitiger Einbau
Curaflex Quick In C
Außendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Abwasserkanal DN 160

Isometrie





Forschungsprojekt "Infrastrukturkanal"

Maxischacht
Schacht SI2010

Freigegeben durch Tiefbauamt der Stadt Dortmund am:

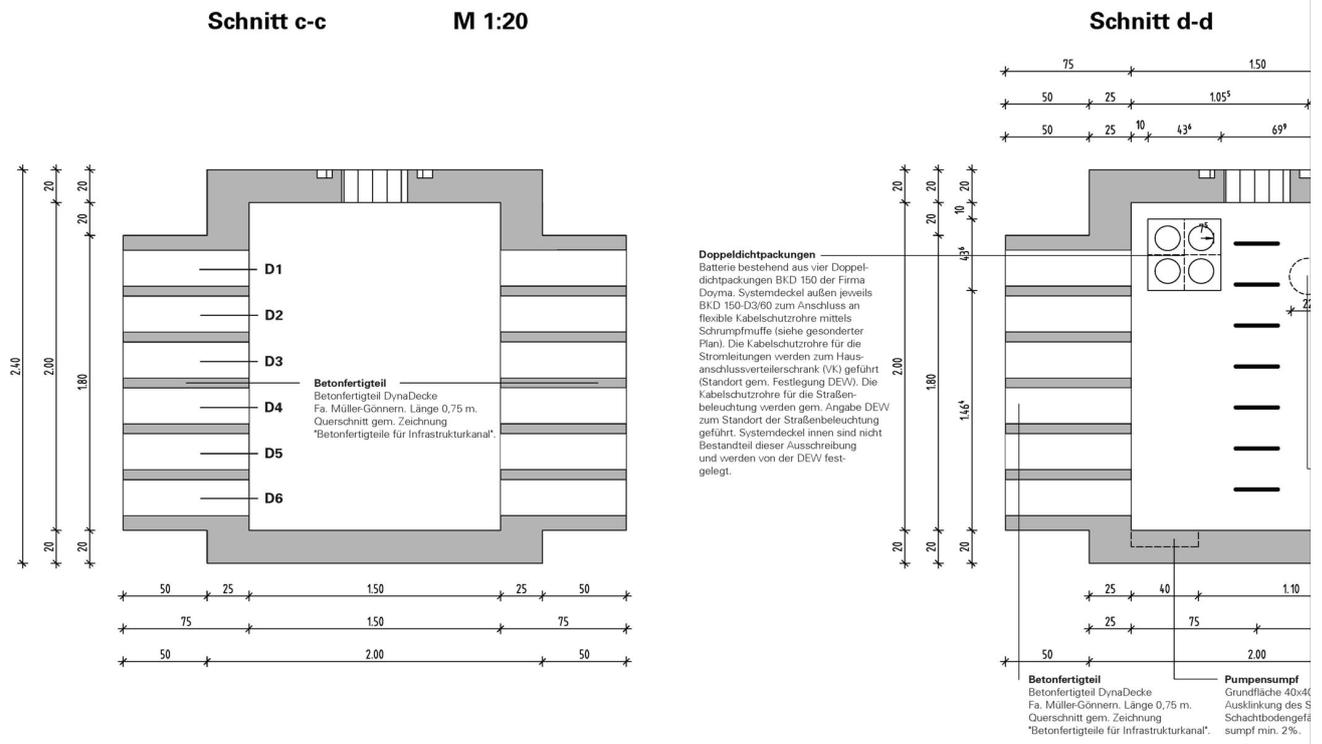
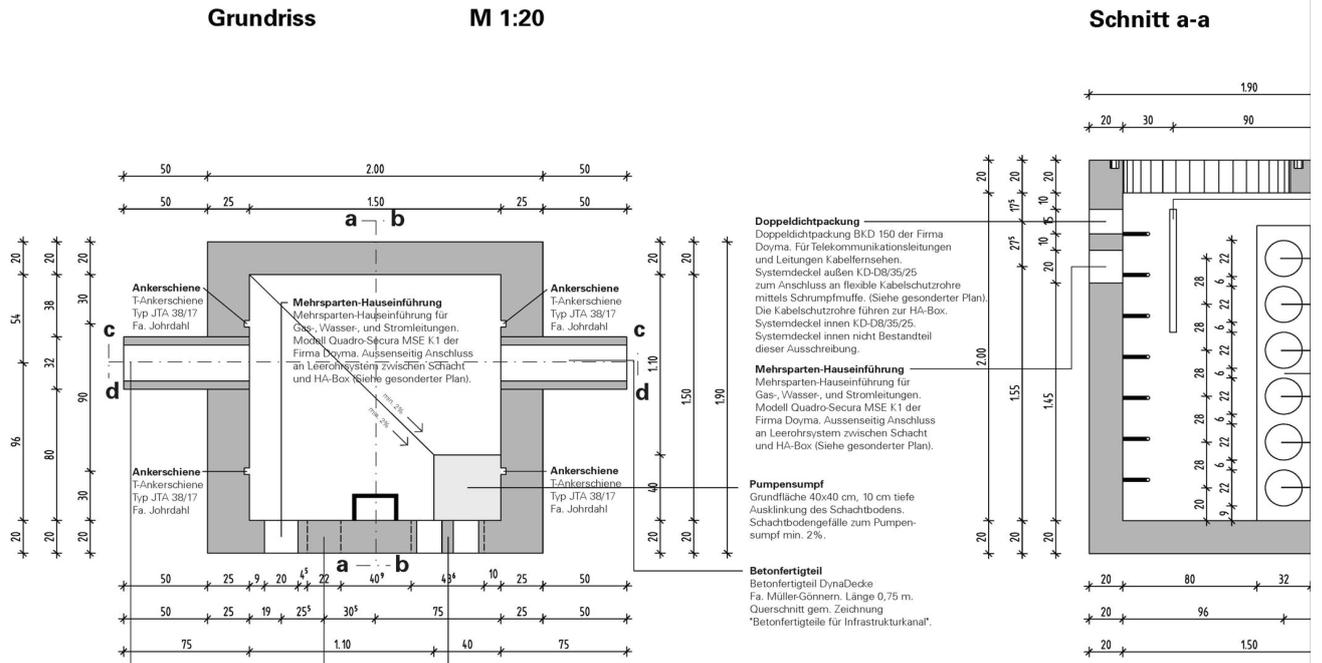
Fachhochschule Bochum
Fachbereich Architektur
Gebäudetechnik und Baustofftechnologie
Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall
Dipl.-Ing. Falk Ermert MA



Bochum, 19.05.2005

FACHHOCHSCHULE BOCHUM
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

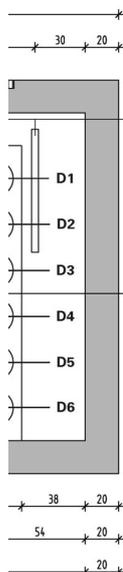
Anlage 4: Minischacht, mit einseitigem Anschluss



M 1:20

Schnitt b-b

M 1:20



Ankerschiene
T-Ankerschiene
Typ JTA 38/17
Fa. Johrdahl

Betonfertigteil
Betonfertigteil DynaDecke
Fa. Müller-Gönnern, Länge 0,75 m.
Querschnitt gem. Zeichnung
"Betonfertigteile für Infrastrukturkanal".

D1 Curaflex Quick In C
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Stromkabel
gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Aus-
geschrieben und eingebaut.

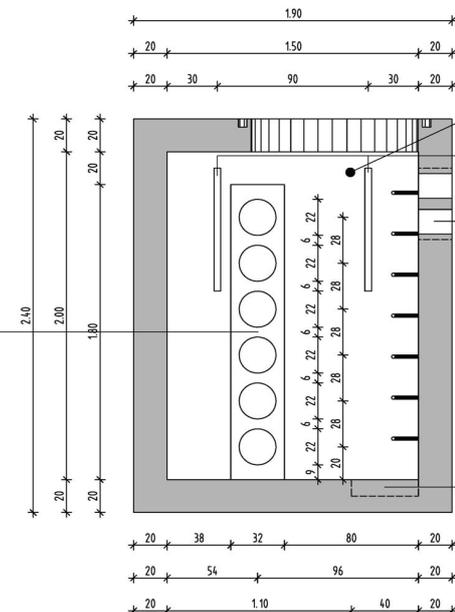
D2 Curaflex Quick In C
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Stromkabel
gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Aus-
geschrieben und eingebaut.

D3 Curaflex Quick In C.
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Kabel Telekom
und Kabelfernsehen nach Maßgabe der
Netzbetreiber.
Wird von der Telekom gesondert aus-
geschrieben und eingebaut.

D4 Curaflex Quick In C.
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Gasleitung
gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Aus-
geschrieben und eingebaut.

D5 Curaflex Quick In C.
Aussendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für Trinkwasser-
leitung gemäß Maßgabe DEW.
Wird von der DEW gesondert Aus-
geschrieben und eingebaut.

D6 Bauseitiger Einbau
Curaflex Quick In C
Außendurchmesser 220 mm
Innendurchmesser für
Abwasserkanal DN 160



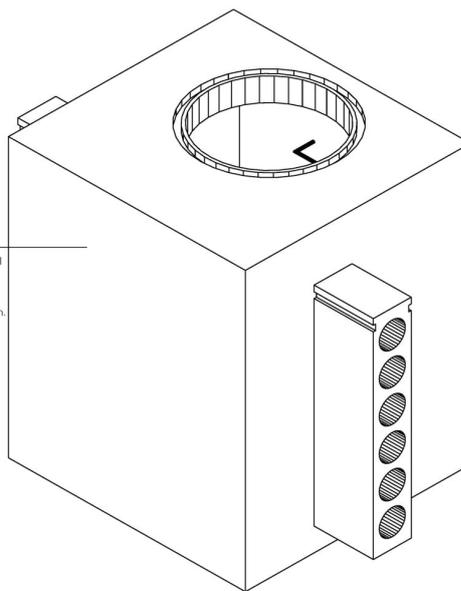
Potential-Erdung
Potential-Erdung GE-P
Firma Doyma

Ankerschiene
T-Ankerschiene
Typ JTA 38/17
Fa. Johrdahl

Doppeldichtpackungen
Batterie bestehend aus vier Doppel-
dichtpackungen BKD 150 der Firma
Doyma. Systemdeckel außen jeweils
BKD 150-D3/60 zum Anschluss an
flexible Kabelschutzrohre mittels
Schrumpfmuffe (siehe gesonderter
Plan). Die Kabelschutzrohre für die
Stromleitungen werden zum Haus-
anschlussverteilerschrank (VK) geführt
(Standort gem. Festlegung DEW). Die
Kabelschutzrohre für die Straßen-
beleuchtung werden gem. Angabe DEW
zum Standort der Straßenbeleuchtung
geführt. Systemdeckel innen sind nicht
Bestandteil dieser Ausschreibung
und werden von der DEW fest-
gelegt.

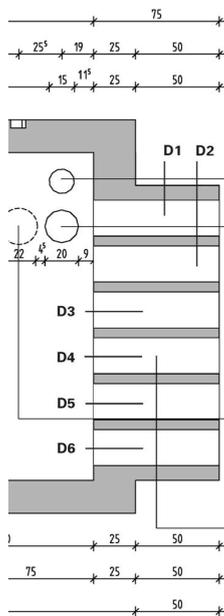
Pumpensumpf
Grundfläche 40x40 cm, 10 cm tiefe
Ausklüftung des Schachtbodens.
Schachtbodeengefälle zum Pumpen-
sumpf min. 2‰.

Isometrie M 1:20



Minischacht (SI1010/SI1025)
Minischacht für einseitigen Anschluss, Infrastrukturkanal
System Rogall, Fa. Caspar-Hessel, Dortmund.
Schachtdeckel geeignet für Anschluss des Systems
econom der Fa. Caspar-Hessel, mit schubsicherem
Fußauflagering. Schacht gem. statischen Erfordernissen.

M 1:20



Doppeldichtpackung
Doppeldichtpackung BKD 150 der Firma
Doyma. Für Telekommunikationsleitungen
und Leitungen Kabelfernsehen.
Systemdeckel außen KD-D8/35/25
zum Anschluss an flexible Kabelschutzrohre
mittels Schrumpfmuffe. (Siehe gesonderter Plan).
Die Kabelschutzrohre führen zur HA-Box.
Systemdeckel innen KD-D8/35/25.
Systemdeckel innen nicht Bestandteil
dieser Ausschreibung.

Mehrsparren-Hauseinführung
Mehrsparren-Hauseinführung für
Gas-, Wasser-, und Stromleitungen.
Modell Quadro-Secura MSE K1 der
Firma Doyma. Aussenseitig Anschluss
an Leerrohrsystem zwischen Schacht
und HA-Box. (Siehe gesonderter Plan).

Kernbohrung
Bauseitiger Kernbohrung Durchmesser
200 mm für Abwasserkanal Höhenlage
gem. Planung Tiefbauamt Stadt Dortmund.
Aussenseitig Anschluss Leerrohr-
System zwischen Schacht und HA-Box
(Siehe gesonderter Plan).
Bauseitiger Einbau Curaflex Quick In C
Außendurchmesser 200mm
Innendurchmesser für Abwasserkanal DN 160

Betonfertigteil
Betonfertigteil DynaDecke
Fa. Müller-Gönnern, Länge 0,75 m.
Querschnitt gem. Zeichnung
"Betonfertigteile für Infrastrukturkanal".

f
x40 cm, 10 cm tiefe
s Schachtbodens.
efälle zum Pumpen-

Forschungsprojekt "Infrastrukturkanal"

Minischacht
Schacht SI1010/SI1025

Freigegeben durch Tiefbauamt der Stadt Dortmund
am:

Fachhochschule Bochum
Fachbereich Architektur
Gebäudetechnik und Baustofftechnologie

Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall
Dipl.-Ing. Falk Ermert MA

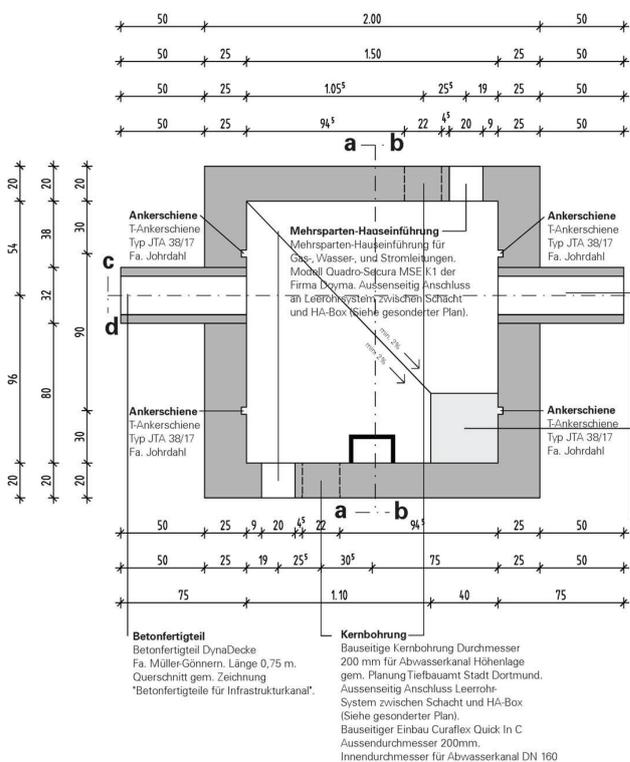


FACHHOCHSCHULE BOCHUM
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

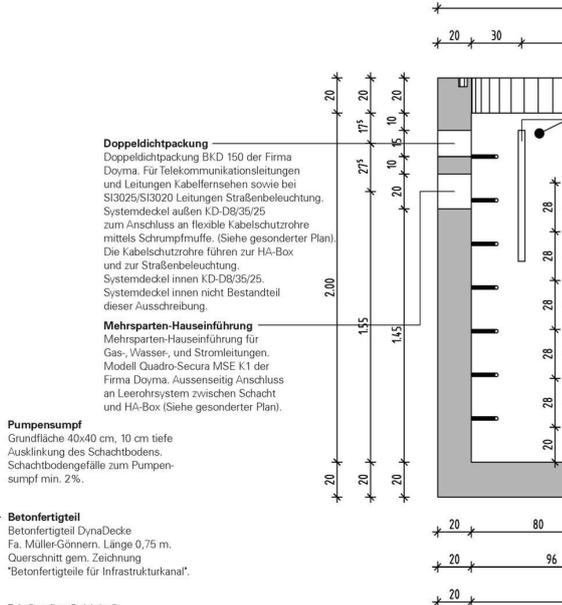
Bochum, 19.05.2005

Anlage 5: Minischacht, mit zweiseitigem Anschluss

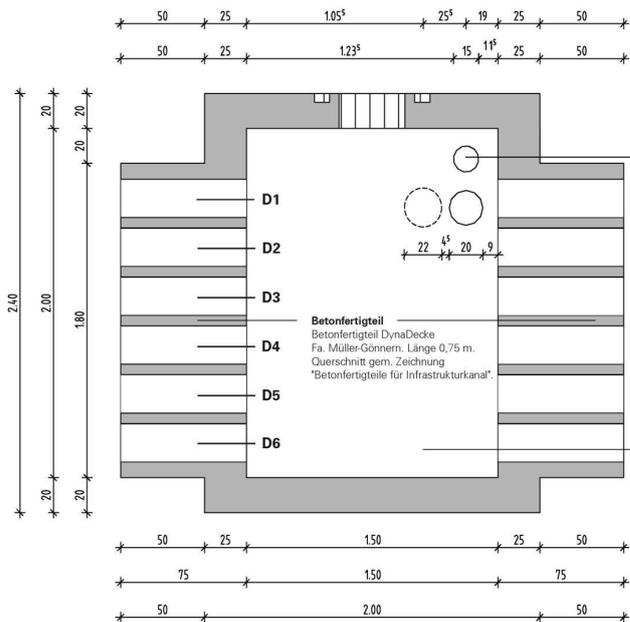
Grundriss M 1:20



Schnitt a-a



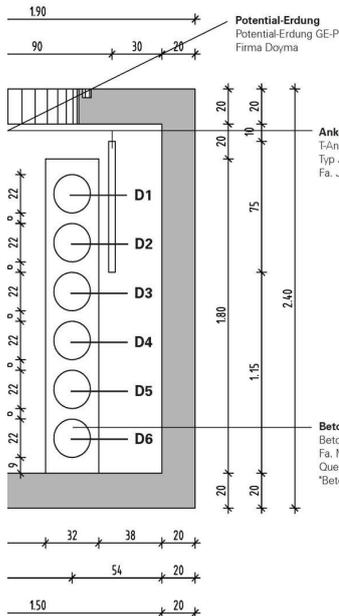
Schnitt c-c M 1:20



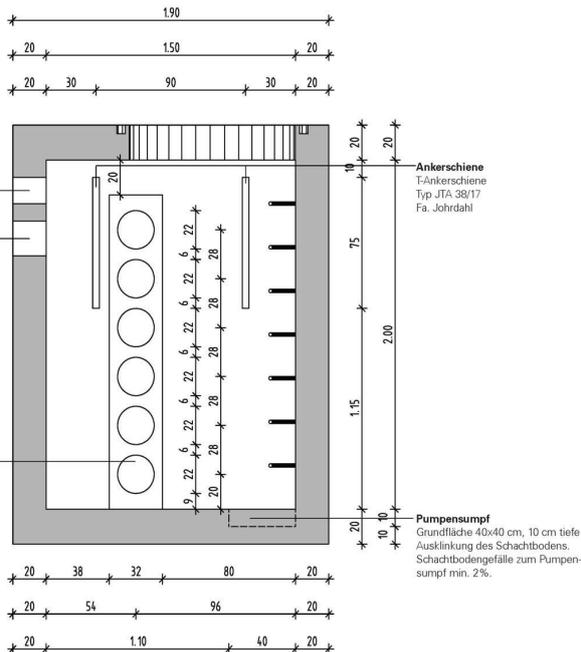
Schnitt d-d



M 1:20



Schnitt b-b M 1:20



Potential-Erdung
Potential-Erdung GE-P
Firma Doyma

Ankerschiene
Tänkerschiene
Typ. JTA 38/17
Fa. Jöhrdahl

Doppeldichtpackung
Doppeldichtpackung BKD 150 der Firma Doyma. Für Telekommunikationsleitungen und Leitungen Kabelfernsehen sowie bei SI2015 Leitungen Straßenbeleuchtung. Systemdeckel außen KD-D8/35/25 zum Anschluss an flexible Kabelschutzrohre mittels Schrumpfmuffe. (Siehe gesonderter Plan). Die Kabelschutzrohre führen zur HA-Box und zur Straßenbeleuchtung. Systemdeckel innen KD-D8/35/25. Systemdeckel innen nicht Bestandteil dieser Ausschreibung.

Mehrsparren-Hauseinführung
Mehrsparren-Hauseinführung für Gas-, Wasser-, und Stromleitungen. Modell Quadro-Secura MSE K 1 der Firma Doyma. Aussenseitig Anschluss an Leerrohrsystem zwischen Schacht und HA-Box (Siehe gesonderter Plan).

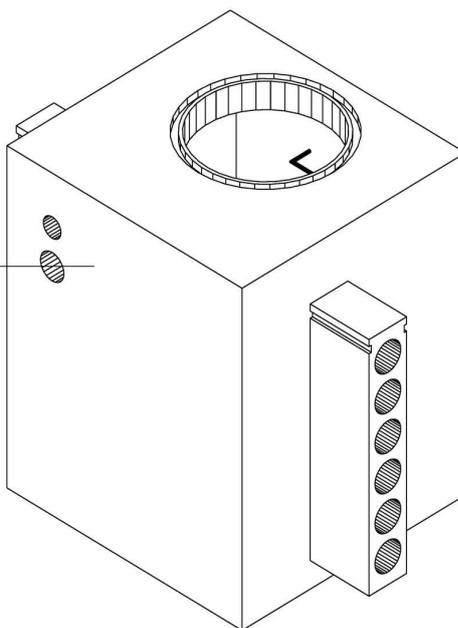
Betonfertigteil
Betonfertigteil DynaDecke
Fa. Müller-Gönnern. Länge 0,75 m.
Querschnitt gem. Zeichnung
"Betonfertigteile für Infrastrukturkanal".

Ankerschiene
Tänkerschiene
Typ. JTA 38/17
Fa. Jöhrdahl

Pumpensumpf
Grundfläche 40x40 cm, 10 cm tiefe
Ausklüftung des Schachtbodens.
Schachtbodengefälle zum Pumpensumpf min. 2%.

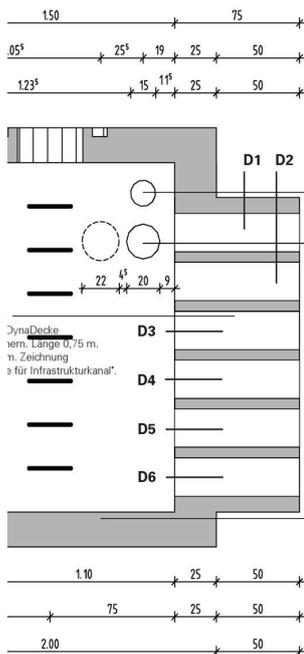
Isometrie

M 1:20



Minischacht (SI2015/SI2025/SI3020/SI3025)
Minischacht für zweiseitigen Anschluss, Infrastrukturkanal System Rogall. Fa. Caspar-Hessel, Dortmund.
Schachtdecke geeignet für Anschluss des Systems eonorm der Fa. Caspar-Hessel, mit schubstärkerer Fußauflagerung. Schacht gem. statischen Erfordernissen.

M 1:20



Doppeldichtpackung
Doppeldichtpackung BKD 150 der Firma Doyma. Für Telekommunikationsleitungen und Leitungen Kabelfernsehen sowie bei SI3025/SI3020 Leitungen Straßenbeleuchtung. Systemdeckel außen KD-D8/35/25 zum Anschluss an flexible Kabelschutzrohre mittels Schrumpfmuffe. (Siehe gesonderter Plan). Die Kabelschutzrohre führen zur HA-Box und zur Straßenbeleuchtung. Systemdeckel innen KD-D8/35/25. Systemdeckel innen nicht Bestandteil dieser Ausschreibung.

Kernbohrung
Bauseitige Kernbohrung Durchmesser 200 mm für Abwasserkanal Höhenlage gem. Planung Tiefbauamt Stadt Dortmund. Aussenseitig Anschluss Leerrohr-System zwischen Schacht und HA-Box (Siehe gesonderter Plan). Bauseitiger Einbau Curaflex Quick In C Außendurchmesser 200mm. Innendurchmesser für Abwasserkanal DN 160

Kernbohrung
Bauseitige Kernbohrung Durchmesser 200 mm für Abwasserkanal Höhenlage gem. Planung Tiefbauamt Stadt Dortmund. Aussenseitig Anschluss Leerrohr-System zwischen Schacht und HA-Box (Siehe gesonderter Plan). Bauseitiger Einbau Curaflex Quick In C Außendurchmesser 200mm. Innendurchmesser für Abwasserkanal DN 160

Forschungsprojekt "Infrastrukturkanal"

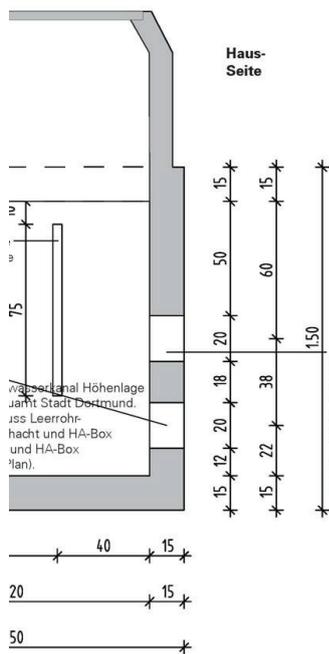
Minischacht
Schacht SI2015/SI2025/3020/SI3025

Freigegeben durch Tiefbauamt der Stadt Dortmund am:



sumpf
die 40x40 cm, 10 cm tiefe
ung des Schachtbodens.
odengefälle zum Pumpen-
in. 2%.

M 1:20



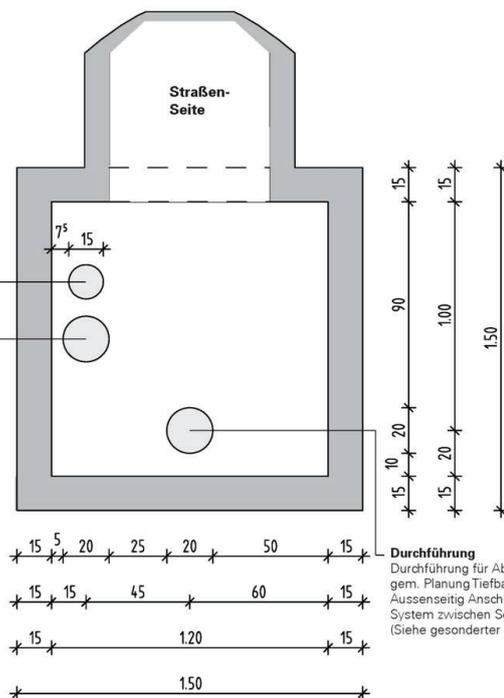
ichtung
g Modell
chluss
acht
Plan).

Doppeldichtpackung
Doppeldichtpackung BKD 150 der Firma Doyma. Für Telekommunikationsleitungen und Leitungen Kabelfernsehen. Systemdeckel außen KD-D8/35/25 zum Anschluss an flexible Kabelschutzrohre mittels Schrumpfmuffe. (Siehe gesonderter Plan). Die Kabelschutzrohre führen vom Schacht zur HA-Box. Systemdeckel innen KD-D8/35/25. Systemdeckel innen nicht Bestandteil dieser Ausschreibung.

Durchführung
Durchführung für Gas-, Wasser-, Strom-, Kabelfernsehen und Telekommunikationsleitungen. Außenabdichtung der Mehrspartenhaufeinführung Modell Quadro-Secura MSE K2 der Firma Doyma. Aussenseitig Anschluss an Leerrohrsystem zwischen Hauswand (Hausanschluss) und HA-Box (Siehe gesonderter Plan).

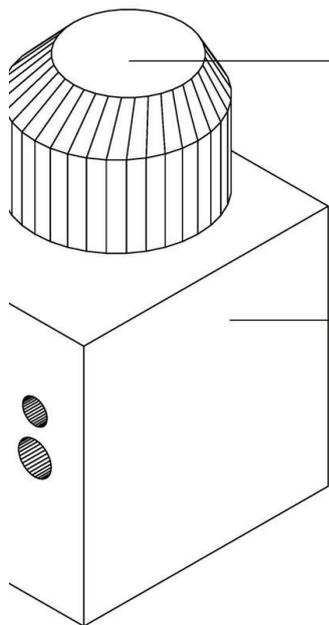
Durchführung
Durchführung für Gas-, Wasser-, und Stromleitungen. Außenabdichtung der Mehrspartenhaufeinführung Modell Quadro-Secura MSE K2 der Firma Doyma. Aussenseitig Anschluss an Leerrohrsystem zwischen Schacht und HA-Box (Siehe gesonderter Plan).

Schnitt b-b M 1:20



Durchführung
Durchführung für Abwasserkanal Höhenlage gem. Planung Tiefbauamt Stadt Dortmund. Aussenseitig Anschluss Leerrohr-System zwischen Schacht und HA-Box (Siehe gesonderter Plan).

M 1:20



Konus
Einstiegsdurchmesser 80 cm. Höhe in Abhängigkeit von der Tieflage des Abwasserkanals. System econorm der Fa. Caspar-Hessel, mit schubsicherem Fußauflagerring.

Hausanschlussbox
Hausanschluss-Box für 2 Hausanschlüsse. Ausführung gem. statischen Erfordernissen. Hersteller Fa. Caspar-Hessel.

Ist aus Gründen der Tieflage des Kanals ein innenliegender Absturz erforderlich ändern sich die Lagen der Kanaldurchführungen und weiteren Installationen. Dies ist gesondert in Abstimmung mit dem Tiefbauamt der Stadt Dortmund zu planen.

Forschungsprojekt "Infrastrukturkanal"

Hausanschlussbox für 2 Hausanschlüsse

Freigegeben durch Tiefbauamt der Stadt Dortmund am:

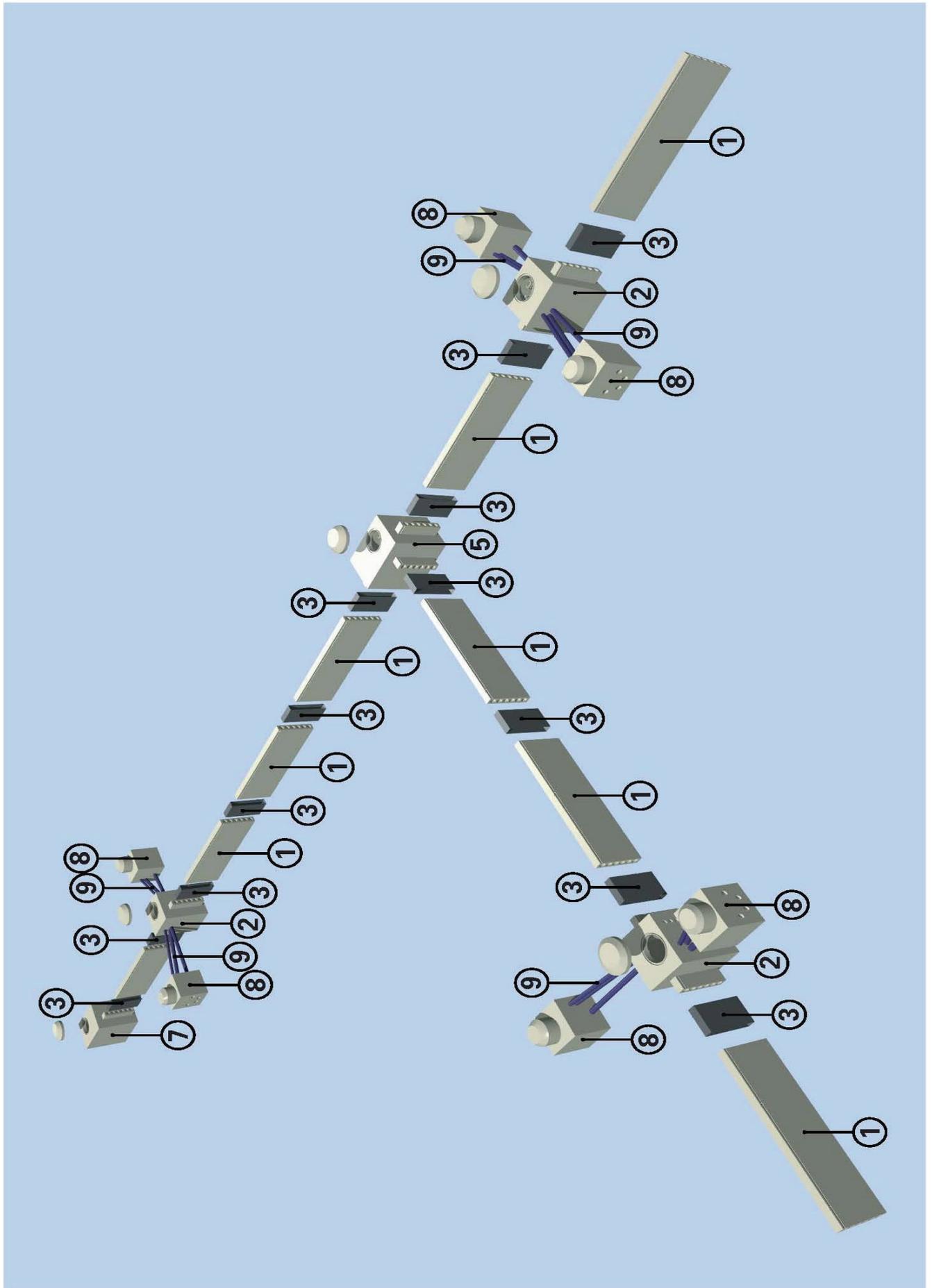
Fachhochschule Bochum
Fachbereich Architektur
Gebäudetechnik und Baustofftechnologie

Prof. Dipl.-Ing. Arch. Armin D. Rogall
Dipl.-Ing. Falk Ermert MA



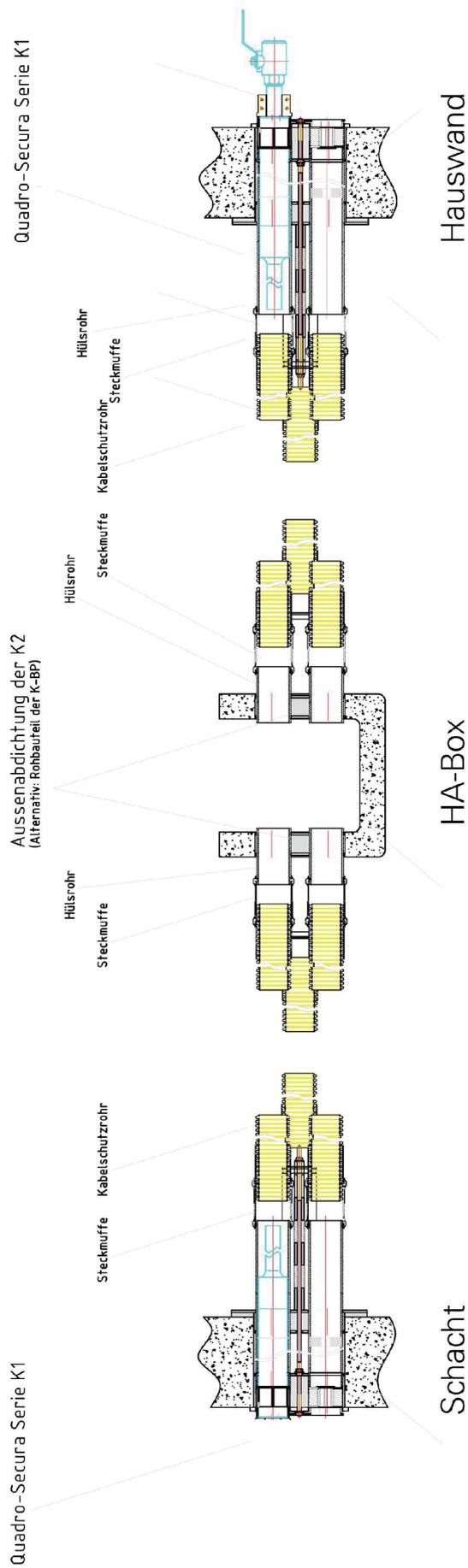
FACHHOCHSCHULE BOCHUM
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Anlage 7: Gesamtaufbau Infrastrukturkanal

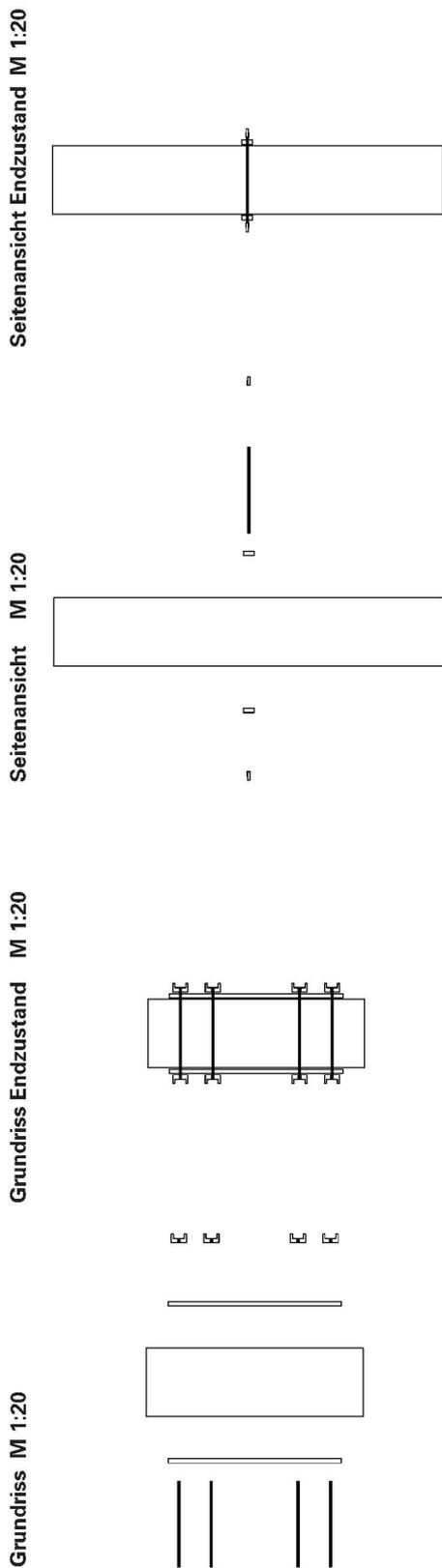


Anlage 8: Anschlüsse, Minischacht - HA- Box - Hauswand

Anschluss Mehrsparten-Hauseinführung an Leerrohrsystem (Schacht - HA-Box - Hauswand)

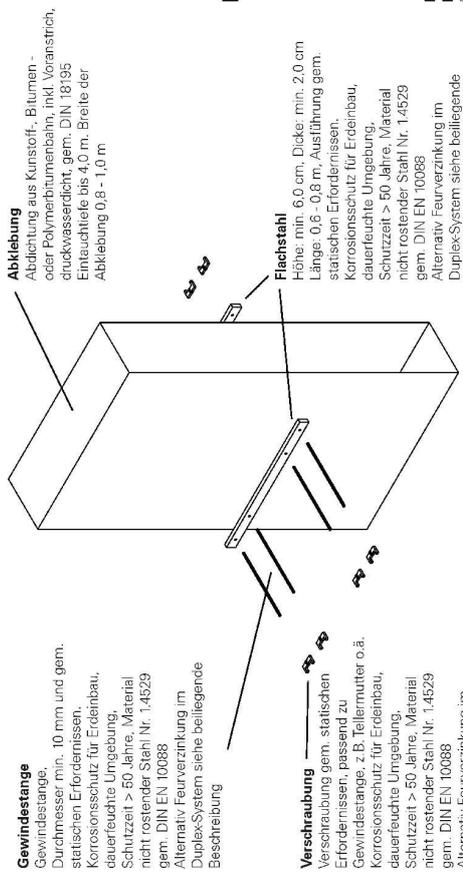


Anlage 9: Anschluss Betonfertigteil



Vorderansicht M 1:20

Isometrie M 1:20



Forschungsprojekt "Infrastrukturkanal"

Systemskizze
Ableitung und gelenkige Verbindung
M 1 : 20



Fachhochschule Bochum
Fachbereich Architektur
Gebäudelehre und Bautechnologie
Prof. Dipl.-Ing.-Arch. Armin D. Pogall
Dipl.-Ing. Falk Emmert (FA)

Anlage 10: Berechnung Projektkostenbarwerte (3;60),(3;70), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									428.000,00
(3;60)	3	60	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,16973	101.704,07
(3;120)	3	120	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,02881	17.262,55
(3;180)	3	180	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00489	2.930,03
(3;240)	3	240	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00083	497,32
(3;300)	3	300	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00014	84,41
(3;360)	3	360	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00002	14,33

550.492,70

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(3;70)	3	70	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,12630	84.871,82
(3;140)	3	140	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,01595	10.719,09
(3;210)	3	210	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00201	1.353,79
(3;280)	3	280	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00025	170,98
(3;350)	3	350	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00003	21,59

577.137,28

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-60)	3	0-60	1.055,45	27,6756	29.210,17
(3;61-120)	3	61-120	1.055,45	4,6975	4.957,93
(3;121-180)	3	121-180	1.055,45	0,7973	841,53
(3;181-240)	3	181-240	1.055,45	0,1353	142,83
(3;241-300)	3	241-300	1.055,45	0,0230	24,24
(3;301-360)	3	301-360	1.055,45	0,0039	4,11
(3;361-420)	3	361-420	1.055,45	0,0007	0,70

35.181,52

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-70)	3	0-70	990,73	29,1234	28.853,45
(3;71-140)	3	71-140	990,73	3,6782	3.644,11
(3;141-210)	3	141-210	990,73	0,4645	460,24
(3;211-280)	3	211-280	990,73	0,0587	58,13
(3;281-350)	3	281-350	990,73	0,0074	7,34
(3;351-420)	3	351-420	990,73	0,0009	0,93

33.024,20

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;40)	3	40	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,30656	38.574,66
(3;100)	3	100	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,05203	6.547,40
(3;160)	3	160	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,00883	1.111,31
(3;220)	3	220	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,00150	188,63
(3;280)	3	280	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,00025	32,02
(3;340)	3	340	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,00004	5,43
(3;400)	3	400	210,00	428	89.880	1,4	125.832	0,00001	0,92
									46.460,37

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;50)	3	50	81,00	428	34.668	1,4	48.535,20	0,22811	11.071,22
(3;120)	3	120	81,00	428	34.668	1,4	48.535,20	0,02881	1.398,27
(3;190)	3	190	81,00	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00364	176,60
(3;260)	3	260	81,00	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00046	22,30
(3;330)	3	330	81,00	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00006	2,82
(3;400)	3	400	81,00	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00001	0,36
									12.671,56

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	SUMME
Investitionskosten	550.492,70
Jahreskosten	35.181,52
Sanierungskosten	46.460,37
	632.134,59

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	577.137,28
Jahreskosten	33.024,20
Sanierungskosten	12.671,56
	622.833,04

Anlage 11: Berechnung Projektkostenbarwerte (2;60),(2;70), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									428.000,00
(2;60)	2	60	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,30478	182.625,53
(2;120)	2	120	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,09289	55.661,02
(2;180)	2	180	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,02831	16.964,49
(2;240)	2	240	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00863	5.170,48
(2;300)	2	300	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00263	1.575,87
(2;360)	2	360	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00080	480,30

690.477,69

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(2;70)	2	70	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,25003	168.018,55
(2;140)	2	140	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,06251	42.009,28
(2;210)	2	210	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,01563	10.503,48
(2;280)	2	280	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00391	2.626,16
(2;350)	2	350	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00098	656,61

703.814,08

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(2;0-60)	2	0-60	1.055,45	34,7609	36.688,38
(2;61-120)	2	61-120	1.055,45	10,5945	11.181,97
(2;121-180)	2	121-180	1.055,45	3,2290	3.408,07
(2;181-240)	2	181-240	1.055,45	0,9841	1.038,72
(2;241-300)	2	241-300	1.055,45	0,3000	316,58
(2;301-360)	2	301-360	1.055,45	0,0914	96,49
(2;361-420)	2	361-420	1.055,45	0,0279	29,41

49,9878 52.759,61

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(2;0-70)	2	0-70	990,73	37,4986	37.151,01
(2;71-140)	2	71-140	990,73	9,3757	9.288,78
(2;141-210)	2	141-210	990,73	2,3442	2.322,45
(2;211-280)	2	211-280	990,73	0,5861	580,68
(2;281-350)	2	281-350	990,73	0,1465	145,19
(2;351-420)	2	351-420	990,73	0,0366	36,30

49.524,40

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(2;40)	2	40	210	428	89.880	1,4	125.832	0,45289	56.988,11
(2;100)	2	100	210	428	89.880	1,4	125.832	0,13803	17.368,96
(2;160)	2	160	210	428	89.880	1,4	125.832	0,04207	5.293,75
(2;220)	2	220	210	428	89.880	1,4	125.832	0,01282	1.613,44
(2;280)	2	280	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00391	491,75
(2;340)	2	340	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00119	149,88
(2;400)	2	400	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00036	45,68
									81.951,57

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(2;50)	2	50	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,37153	18.032,18
(2;120)	2	120	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,09289	4.508,54
(2;190)	2	190	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,02323	1.127,26
(2;260)	2	260	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00581	281,85
(2;330)	2	330	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00145	70,47
(2;400)	2	400	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00036	17,62
									24.037,92

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	SUMME
Investitionskosten	690.477,69
Jahreskosten	52.759,61
Sanierungskosten	81.951,57
	825.188,87

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	703.814,08
Jahreskosten	49.524,40
Sanierungskosten	24.037,92
	777.376,40

Anlage 12: Berechnung Projektkostenbarwerte (5;60),(5;70), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/ Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									428.000,00
(5;60)	5	60	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,05354	32.078,49
(5;120)	5	120	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00287	1.717,34
(5;180)	5	180	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00015	91,94
(5;240)	5	240	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00001	4,92
(5;300)	5	300	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00000	0,26
(5;360)	5	360	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00000	0,01
									461.892,96

Infrastrukturkanal

Zins/ Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(5;70)	5	70	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,03287	22.086,06
(5;140)	5	140	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00108	725,88
(5;210)	5	210	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00004	23,86
(5;280)	5	280	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00000	0,78
(5;350)	5	350	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00000	0,03
									502.836,62

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/ Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(5;0-60)	5	0-60	1.055,45	18,9293	19.978,92
(5;61-120)	5	61-120	1.055,45	1,0134	1.069,58
(5;121-180)	5	121-180	1.055,45	0,0543	57,26
(5;181-240)	5	181-240	1.055,45	0,0029	3,07
(5;241-300)	5	241-300	1.055,45	0,0002	0,16
(5;301-360)	5	301-360	1.055,45	0,0000	0,01
(5;361-420)	5	361-420	1.055,45	0,0000	0,00
					21.109,00

Infrastrukturkanal

Zins/ Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(5;0-70)	5	0-70	990,73	19,3427	19.163,37
(5;71-140)	5	71-140	990,73	0,6357	629,83
(5;141-210)	5	141-210	990,73	0,0209	20,70
(5;211-280)	5	211-280	990,73	0,0007	0,68
(5;281-350)	5	281-350	990,73	0,0000	0,02
(5;351-420)	5	351-420	990,73	0,0000	0,00
					19.814,60

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/ Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(5;40)	5	40	210	428	89.880	1,4	125.832	0,14205	17.873,89
(5;100)	5	100	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00760	956,89
(5;160)	5	160	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00041	51,23
(5;220)	5	220	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00002	2,74
(5;280)	5	280	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00000	0,15
(5;340)	5	340	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00000	0,01
(5;400)	5	400	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00000	0,00
									18.884,91

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/ Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(5;50)	5	50	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,08720	4.232,45
(5;120)	5	120	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00287	139,10
(5;190)	5	190	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00009	4,57
(5;260)	5	260	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00000	0,15
(5;330)	5	330	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00000	0,00
(5;400)	5	400	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00000	0,00
									4.376,28

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	SUMME
Investitionskosten	461.892,96
Jahreskosten	21.109,00
Sanierungskosten	18.884,91
	501.886,87

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	502.836,62
Jahreskosten	19.814,60
Sanierungskosten	4.376,28
	527.027,50

Anlage 13: Berechnung Projektkostenbarwerte (3;60),(3;75), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									428.000,00
(3;60)	3	60	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,16973	101.704,07
(3;120)	3	120	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,02881	17.262,55
(3;180)	3	180	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00489	2.930,03
(3;240)	3	240	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200	0,00083	497,32
									550.393,96

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(3;75)	3	75	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,10895	73.211,18
(3;150)	3	150	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,01187	7.976,01
(3;225)	3	225	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00129	868,95
									562.056,14

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-60)	3	0-60	1.055,45	27,6756	29.210,17
(3;61-120)	3	61-120	1.055,45	4,6975	4.957,93
(3;121-180)	3	121-180	1.055,45	0,7973	841,53
(3;181-240)	3	181-240	1.055,45	0,1353	142,83
(3;241-300)	3	241-300	1.055,45	0,0230	24,24
					35.176,71

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-75)	3	0-75	990,73	29,7018	29.426,49
(3;76-150)	3	76-150	990,73	3,2359	3.205,88
(3;151-225)	3	151-225	990,73	0,3525	349,26
(3;226-300)	3	226-300	990,73	0,0384	38,05
					33.019,68

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;40)	3	40	210	428	89.880	1,4	125.832	0,30656	38.574,66
(3;100)	3	100	210	428	89.880	1,4	125.832	0,05203	6.547,40
(3;160)	3	160	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00883	1.111,31
(3;220)	3	220	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00150	188,63
(3;280)	3	280	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00025	32,02
									46.454,01

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;50)	3	50	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,22811	11.071,22
(3;125)	3	125	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,02485	1.206,16
(3;200)	3	200	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00271	131,40
(3;275)	3	275	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00029	14,32
									12.423,10

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	SUMME
Investitionskosten	550.393,96
Jahreskosten	35.176,71
Sanierungskosten	46.454,01
	632.024,68

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	562.056,14
Jahreskosten	33.019,68
Sanierungskosten	12.423,10
	607.498,92

Anlage 14: Berechnung Projektkostenbarwerte (3;50),(3;75), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									428.000,00
(3;50)	3	50	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,22811	136.681,76
(3;100)	3	100	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,05203	31.178,08
(3;150)	3	150	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,01187	7.111,94
(3;200)	3	200	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,00271	1.622,28
(3;250)	3	250	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,00062	370,05
									604.964,12

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(3;75)	3	75	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,10895	73.211,18
(3;150)	3	150	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,01187	7.976,01
(3;225)	3	225	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00129	868,95
									562.056,14

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-50)	3	0-50	1.055,45	25,7298	27.156,48
(3;51-100)	3	51-100	1.055,45	5,8691	6.194,59
(3;101-150)	3	101-150	1.055,45	1,3388	1.413,03
(3;151-200)	3	151-200	1.055,45	0,3054	322,32
(3;201-250)	3	201-250	1.055,45	0,0697	73,52
(3;251-300)	3	251-300	1.055,45	0,0159	16,77
					35.176,71

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-75)	3	0-75	990,73	29,7018	29.426,49
(3;76-150)	3	76-150	990,73	3,2359	3.205,88
(3;151-225)	3	151-225	990,73	0,3525	349,26
(3;226-300)	3	226-300	990,73	0,0384	38,05
					33.019,68

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;40)	3	40	210	428	89.880	1,4	125.832	0,30656	38.574,66
(3;90)	3	90	210	428	89.880	1,4	125.832	0,06993	8.799,15
(3;140)	3	140	210	428	89.880	1,4	125.832	0,01595	2.007,15
(3;190)	3	190	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00364	457,84
(3;240)	3	240	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00083	104,44
(3;290)	3	290	210	428	89.880	2,4	125.832	0,00019	23,82
									49.967,07

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;50)	3	50	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,22811	11.071,22
(3;125)	3	125	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,02485	1.206,16
(3;200)	3	200	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00271	131,40
(3;275)	3	275	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00029	14,32
									12.423,10

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	SUMME
Investitionskosten	604.964,12
Jahreskosten	35.176,71
Sanierungskosten	49.967,07
	690.107,90

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	562.056,14
Jahreskosten	33.019,68
Sanierungskosten	12.423,10
	607.498,92

Anlage 15: Berechnung Projektkostenbarwerte (3;50),(3;60), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									428.000,00
(3;50)	3	50	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,22811	136.681,76
(3;100)	3	100	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,05203	31.178,08
(3;150)	3	150	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,01187	7.111,94
(3;200)	3	200	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,00271	1.622,28
(3;250)	3	250	1.000,00	428	428.000	1,4	599.200,00	0,00062	370,05
									604.964,12

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(3;60)	3	60	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,16973	114.060,63
(3;120)	3	120	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,02881	19.359,86
(3;180)	3	180	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00489	3.286,01
(3;240)	3	240	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00083	557,74
									617.264,25

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-50)	3	0-50	1.055,45	25,7298	27.156,48
(3;51-100)	3	51-100	1.055,45	5,8691	6.194,59
(3;101-150)	3	101-150	1.055,45	1,3388	1.413,03
(3;151-200)	3	151-200	1.055,45	0,3054	322,32
(3;201-250)	3	201-250	1.055,45	0,0697	73,52
(3;251-300)	3	251-300	1.055,45	0,0159	16,77
					35.176,71

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-60)	3	0-60	990,73	27,6756	27.419,01
(3;61-120)	3	61-120	990,73	4,6975	4.653,91
(3;121-180)	3	121-180	990,73	0,7973	789,92
(3;181-240)	3	181-240	990,73	0,1353	134,08
(3;241-300)	3	241-300	990,73	0,0230	22,76
					33.019,68

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;40)	3	40	210	428	89.880	1,4	125.832	0,30656	38.574,66
(3;90)	3	90	210	428	89.880	1,4	125.832	0,06993	8.799,15
(3;140)	3	140	210	428	89.880	1,4	125.832	0,01595	2.007,15
(3;190)	3	190	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00364	457,84
(3;240)	3	240	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00083	104,44
(3;290)	3	290	210	428	89.880	2,4	125.832	0,00019	23,82
									49.967,07

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;50)	3	50	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,22811	11.071,22
(3;110)	3	120	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,02881	1.398,27
(3;170)	3	190	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00364	176,60
(3;230)	3	260	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00046	22,30
(3;290)	3	330	81	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00006	2,82
									12.671,21

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	Summe
Investitionskosten	604.964,12
Jahreskosten	35.176,71
Sanierungskosten	49.967,07
Projektkostenbarwert	690.107,90

Infrastrukturkanal

	Summe
Investitionskosten	617.264,25
Jahreskosten	33.019,68
Sanierungskosten	12.671,21
Projektkostenbarwert	662.955,14

PROJEKTKOSTENBARWERT**Konventionelles System**

	SUMME
Investitionskosten	428.000,00
Jahreskosten	29.210,17
Sanierungskosten	27.553,33
	484.763,50

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	480.000,00
Jahreskosten	27.419,01
Sanierungskosten	7.908,02
	515.327,03

Anlage 17: Berechnung Projektkostenbarwerte Neu (3;60),(3;70), Entsorgung

INVESTITIONSKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									420.768,18
(3;60)	3	60	983,10	428	420.768	1,4	589.075	0,16973	99.985,60
(3;120)	3	120	983,10	428	420.768	1,4	589.075	0,02881	16.970,86
(3;180)	3	180	983,10	428	420.768	1,4	589.075	0,00489	2.880,52
(3;240)	3	240	983,10	428	420.768	1,4	589.075	0,00083	488,92
(3;300)	3	300	983,10	428	420.768	1,4	589.075	0,00014	82,99
(3;360)	3	360	983,10	428	420.768	1,4	589.075	0,00002	14,09
								0,20443	541.191,15

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									480.000,00
(3;70)	3	70	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,12630	84.871,82
(3;140)	3	140	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,01595	10.719,09
(3;210)	3	210	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00201	1.353,79
(3;280)	3	280	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00025	170,98
(3;350)	3	350	1.121,50	428	480.000	1,4	672.000	0,00003	21,59
									577.137,28

JAHRESKOSTEN

Konventionelles System

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-60)	3	0-60	1.055,45	27,6756	29.210,17
(3;61-120)	3	61-120	1.055,45	4,6975	4.957,93
(3;121-180)	3	121-180	1.055,45	0,7973	841,53
(3;181-240)	3	181-240	1.055,45	0,1353	142,83
(3;241-300)	3	241-300	1.055,45	0,0230	24,24
(3;301-360)	3	301-360	1.055,45	0,0039	4,11
(3;361-420)	3	361-420	1.055,45	0,0007	0,70
				33,3332	35.181,52

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	Jahreskosten	DFAKR	Summe JK
(3;0-70)	3	0-70	990,73	29,1234	28.853,45
(3;71-140)	3	71-140	990,73	3,6782	3.644,11
(3;141-210)	3	141-210	990,73	0,4645	460,24
(3;211-280)	3	211-280	990,73	0,0587	58,13
(3;281-350)	3	281-350	990,73	0,0074	7,34
(3;351-420)	3	351-420	990,73	0,0009	0,93
					33.024,20

SANIERUNGSKOSTEN

Konventionelles System, Sanierung nach 40 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;40)	3	40	210	428	89.880	1,4	125.832	0,30656	38.574,66
(3;100)	3	100	210	428	89.880	1,4	125.832	0,05203	6.547,40
(3;160)	3	160	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00883	1.111,31
(3;220)	3	220	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00150	188,63
(3;280)	3	280	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00025	32,02
(3;340)	3	340	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00004	5,43
(3;400)	3	400	210	428	89.880	1,4	125.832	0,00001	0,92
									46.460,37

Infrastrukturkanal, Sanierung nach 50 Jahren

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe SK
(3;50)	3	50	81,000	428	34.668	1,4	48.535,20	0,22811	11.071,22
(3;120)	3	120	81,000	428	34.668	1,4	48.535,20	0,02881	1.398,27
(3;190)	3	190	81,000	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00364	176,60
(3;260)	3	260	81,000	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00046	22,30
(3;330)	3	330	81,000	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00006	2,82
(3;400)	3	400	81,000	428	34.668	1,4	48.535,20	0,00001	0,36
									12.671,56

PROJEKTKOSTENBARWERT

Konventionelles System

	SUMME
Investitionskosten	541.191,15
Jahreskosten	35.181,52
Sanierungskosten	46.460,37
	622.833,04

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	577.137,28
Jahreskosten	33.024,20
Sanierungskosten	12.671,56
	622.833,04

PROJEKTKOSTENBARWERT**Konventionelles System**

	SUMME
Investitionskosten	458.563,52
Jahreskosten	29.210,17
Sanierungskosten	27.553,33
	515.327,03

Infrastrukturkanal

	SUMME
Investitionskosten	480.000,00
Jahreskosten	27.419,01
Sanierungskosten	7.908,02
	515.327,03

Anlage 22: Berechnung Investitionskostenbarwerte (3;20),(3;25), Telekommunikation

INVESTITIONSKOSTEN**Konventionelles System Telekommunikationsleitungen**

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									18.900,00
(3;50)	3	20	45,00	420	18.900	2,4	45.360	0,55368	25.114,73
(3;100)	3	40	45,00	420	18.900	2,4	45.360	0,30656	13.905,42
(3;150)	3	60	45,00	420	18.900	2,4	45.360	0,16973	7.699,09
(3;200)	3	80	45,00	420	18.900	2,4	45.360	0,09398	4.262,80
									69.882,04

Infrastrukturkanal

Zins/Zeitraum	i	n	€/lfm	lfm	IK	Faktor	Reinvestition	DFAKE	Summe IK
									10.399,20
(3;60)	3	25	24,76	420	10.399	1,2	12.479	0,47761	5.960,06
(3;120)	3	50	24,76	420	10.399	1,2	12.479	0,22811	2.846,56
(3;180)	3	75	24,76	420	10.399	1,2	12.479	0,10895	1.359,53
									20.565,35