

KOSTENDÄMPFUNG IM KANALBAU

Karl J. Rohrhofer

1 EINLEITUNG

Der Ruf nach kostendämpfenden Maßnahmen in der Abwasserentsorgung wurde spätestens dann laut, als die öffentliche Hand sich nicht mehr in der Lage sah, wie bisher die Förderung zu gewährleisten. Dazu kam, daß in den letzten Jahren Abwasserentsorgungseinrichtungen auch im sogenannten ländlichen Raum vermehrt errichtet wurden. Schließlich trug eine Verschärfung und Klarstellung des österreichischen Wasserrechtsgesetzes, einhergehend mit einer Fristensetzung und Prioritätenreihung dazu bei, daß es den Verantwortlichen bei Bund und Land klar wurde, einmal gegebene Versprechungen in Zukunft nicht mehr aufrecht erhalten zu können oder zu wollen.

Daher wurde und wird zunächst der "exorbitanten Kostensteigerung" in der Abwasserentsorgung "die Schuld" zugewiesen.

Tatsächlich wurden und werden von verantwortlichen Entscheidungsträgern in den Kommunen in der Regel nur solche Projekte umgesetzt, deren volkswirtschaftlicher Nutzen optimiert ist. Dabei wurde und wird die "ökologische Verträglichkeit" verschiedener Ausführungsmöglichkeiten geprüft. Eine monetäre Bewertung von ökologischen Vorteilen und Einbeziehung in die volkswirtschaftliche "Berechnung" erfolgte bisher in der Regel allerdings nicht [1].

Der Verfasser geht davon aus, daß schon bisher wesentliche Aspekte der nachstehend im einzelnen beschriebenen Maßnahmen zur Kostendämpfung bei der Abwasserentsorgung durch verantwortliche Planer und/oder prüfende Stellen des Bauherrn und des Landes berücksichtigt werden. Was bisher fehlte, war eine chronologische Zusammenstellung jener Aspekte, die eine Minimierung der Herstellungs- und Betriebskosten von Abwasserentsorgungsanlagen wesentlich beeinflussen [2].

Das gegenständliche Papier befaßt sich ausschließlich mit Maßnahmen zur Kostendämpfung "im Kanalbau", ohne auf die Maßnahmen zur Kostendämpfung "bei Kläranlagen" einzugehen.

2 BEGRIFFE

2.1 Kostendämpfung im Kanalbau

"Kostendämpfende Maßnahmen" sind in diesem Papier alle jene Maßnahmen, die

- die Minimierung der Herstellungs- und Betriebskosten zum Sammeln und Ableiten von Abwasser gewährleisten; diese umfassen
- Maßnahmen bei der Planung, bei der Bauausführung und beim Betrieb [1].

2.2 Sammeln von Abwasser

Das "Sammeln von Abwasser" erfolgt in der Regel auf privaten Grundstücken mittels Hauskanalanlagen. Sofern nicht eine Eigenentsorgung durch den Verursacher erfolgt (z.B. Senkgrubenentsorgung), endet der "Verantwortungsbereich" des Verursachers (z.B. in Niederösterreich) im Hauskontrollschacht = Hausanschlußschacht = Übergabepunkt; oder in einem Sammelschacht, z.B. bei der Abwasserentsorgung mittels Über-/Unterdrucksystemen.

2.3 Ableiten von Abwasser

Unter dem Begriff "Ableiten von Abwasser" wird in diesem Papier das Ableiten "ab Übergabepunkt" verstanden, d.h. das Ableiten im Hausanschlußkanal und im öffentlichen Kanal.

2.4 Hausanschlußkanal

Der Hausanschlußkanal liegt in der Regel auf öffentlichem Grund, wenn nicht der öffentliche Kanal zweckmäßigerweise auf Privatgrund verlegt wird.

2.5 Öffentlicher Kanal

Unter dem Begriff "Öffentlicher Kanal" werden in diesem Papier nicht nur Freispiegelkanäle verstanden, sondern auch "öffentliche Rohrleitungen" zum Ableiten von Abwasser, die unter höherem oder niedrigerem als dem atmosphärischen Druck stehen.

3 KOSTEN

Bei der Abwasserentsorgung sind zumindest folgende Kosten auseinanderzuhalten [2]:

- die Herstellungskosten, bestehend aus den eigentlichen Baukosten und den Baunebenkosten (wie z.B. den Planungskosten, den Entschädigungskosten, den Grundstückskosten);
- die Betriebskosten, bestehend aus den Kosten für das Personal, für den Energieaufwand, für Betriebsmittel, für die Entsorgung von Schlamm und für die Wartung und Instandsetzung.

Bei den Herstellungskosten muß zwischen jenen für die öffentliche und jenen für die private Entsorgung unterschieden werden. Letztere setzen sich aus den Kosten für die Hauskanalanlage zusammen; dazu gehören auch Kosten für besondere Entsorgung von Niederschlagswässern, wie z.B. für Versickerungsanlagen.

Während die Herstellungskosten für den öffentlichen Kanal vom Betreiber, also in der Regel von der Gemeinde, in Form von Eigenmitteln (Kanal-einmündungsabgabe), von Förderungen und von Kreditaufnahmen getragen und zunächst für den Bürger nicht spürbar werden, sind die Herstellungskosten für private Abwasserentsorgungsanlagen voll vom Bürger zu tragen. Da die Gemeinde in die Kanalbenützungsgebühr aber neben den verbleibenden Annuitäten für die Kreditrückzahlungen mit den Betriebskosten auch die Instandhaltungskosten einzurechnen hat, ist leicht nachzuweisen, daß bei höherer Qualität der Abwasserentsorgungseinrichtungen die Kanalbenützungsgebühren für den Bürger sinken, selbst wenn für die Herstellung höhere Kosten zwecks Qualitätserhöhung in Kauf genommen werden [2]:

- bei besserer Qualität der Abwasserentsorgungseinrichtungen können also die Herstellungskosten für den Betreiber steigen, die Abwassergebühren für den Bürger dagegen bei sonst gleichen Bedingungen sogar sinken.

Um das optimale Ziel der "Kostendämpfung im Kanalbau" und damit eine Minderung der Abwassergebühren für den Bürger zu erreichen, muß auf beste Qualität/hohe Lebensdauer der Abwasserentsorgungseinrichtungen größter Wert gelegt werden.

Am meisten bringen "Kostenreduktionen im Kanalbau", da ca. 80 % der Herstellungskosten auf die Kanalisation (Ortsnetze + Transportkanäle), während nur ca. 20 % auf die Kosten für die Abwasserreinigung entfallen [2] [3].

Nur eine ausführliche Planung gewährleistet die Minimierung der Gesamterstellungskosten der Abwasserentsorgungseinrichtungen; dazu gehören (nicht nur bei Erstentsorgungen):

- Ausarbeitung von Alternativen,
- detaillierte Erhebungen am Ort des Abwasseranfalles und
- detaillierte Untergrunderhebungen im Verlauf der Kanaltrasse,

bevor Entscheidungen getroffen werden [4].

Die Ermittlung der Gesamtkosten aller erforderlicher Maßnahmen zur Abwasserentsorgung auf Basis einer vollständigen und gründlichen Planung wird als

- Baukostenplanung

bezeichnet, wobei der gesamtheitlichen Betrachtungsweise durch den Planer besondere Bedeutung zukommt.

In der Phase der Umsetzung der Planung, also in der Bauausführung bis hin zur Inbetriebnahme, sind die "geplanten" Qualitäten (= Kostensicherheit) und die "geplanten" Kosten (= Kostenkontrolle) mittels

- Kostenmanagement

auf deren Einhaltung laufend zu überprüfen [5].

4 KOSTENDÄMPFENDE MASSNAHMEN DER PLANUNG

4.1 Erhebung des Abwasseranfalles

Die Beratung dort, wo das Abwasser anfällt, ist wesentliche Voraussetzung für das Gelingen einer kostensparenden Umsetzung der Maßnahmen für die Abwasserentsorgung [1]. Daher sind vom Planer der Hauseigentümer/der Betriebsinhaber über die Vermeidungsmöglichkeiten zu informieren, u.a. auch über die Trennung von Niederschlagswässern und Schmutzwässern.

Wesentlich ist eine Begehung vor Ort, um die einzelnen Stellen des Abwasseranfalles beurteilen und um die zweckmäßige Stelle für die Übergabe des Abwassers an das Entsorgungsunternehmen festlegen zu können. Nur unter Anschluß derartiger - einer baukommissionellen Feststellung gleichwertigen - Erhebungsprotokolle für jedes Haus sollte nach Ansicht des Verfassers ein Abwasserentsorgungsprojekt für eine öffentliche Förderung als vollständig angesehen werden.

Dies gilt sowohl für städtische Bereiche als auch für den sogenannten ländlichen Raum.

Im ländlichen (= nicht-städtischen) Raum sind auf den einzelnen Liegenschaften Einzelheiten zu erheben, die es dem Planer - in engstem Einvernehmen mit den betroffenen Grundeigentümern - ermöglichen, gegebenenfalls den öffentlichen Kanal auch über Privatgrundstücke zu führen.

In allen Fällen, wo Privatgrundstücke vom öffentlichen Kanal in Anspruch genommen werden, sind Servitutsverträge zu errichten und in das Grundbuch einzutragen. Damit soll für den Kanalbetreiber sichergestellt werden, daß er am Betreten der Grundstücke zwecks Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten zukünftig nicht gehindert wird; selbstverständlich ist der Grundeigentümer dafür stets schadlos zu halten.

4.2 Wahl des Entsorgungssystemes

Im städtisch strukturierten Raum wird in vielen Fällen, oft schon historisch bedingt, dem

- Mischsystem

der Vorzug gegeben, mit dem Ziel, in einem Kanal den Schmutzstofftransport zur Kläranlage und - im Regenwetterfall - die Wasserableitung zum Vorfluter zu bewerkstelligen.

Die Anpassungen an die gesetzlichen Vorgaben bei Regenüberläufen erfordern in vielen Fällen die Errichtung von Regenrückhaltmaßnahmen, um unzulässige Abwassereinleitungen auch im Regenwetterfall in die Vorfluter zu verhindern. Bei (größeren) Mischkanalsystemen können die gleichzeitig ablaufenden Abfluß- und Speichervorgänge mittels Kanalnetzsteuerung so beeinflusst werden, daß zusätzliche Regenrückhaltebecken weitgehend verminderbar sind [6].

Falls die Art der Entsorgung im Mischsystem nicht durch bestehende Einrichtungen zwingend vorgegeben ist, soll in jedem Einzelfall sorgfältig geprüft werden, ob das Niederschlagswasser zur Gänze oder teilweise vor Ort versickert oder über Regenwasserkanäle/offene Gräben rasch einem Vorfluter zugeleitet werden kann.

Insbesondere im ländlichen Raum / nicht-städtischen Bereich wird seit mehreren Jahren (wieder) dem

- Trennsystem

weitgehend der Vorzug gegeben. Damit wird gewährleistet, daß für die Entsorgung der Schmutzwässer nur Kanäle mit relativ kleinem Durchmesser zu errichten sind und die in der Regel schon bestehenden "Bürgermeisterkanäle" (= "Regenwasserkanäle") weitgehend für die Niederschlagswasserableitung weiterverwendet werden können.

Außerdem wirkt sich die "reine" Ableitung von Schmutzwässern bei der Kläranlage in der Verringerung bestimmter Anlagenteile aus, insbesondere beim Nachklärbecken. Außerdem werden die im Betriebsaufwand kostenintensiven Regenrückhaltmaßnahmen, wie sie in Mischsystemen in der Regel erforderlich sind, dadurch von vornherein vermieden.

Im ländlichen Raum müssen außerdem gegenüber dem

- Freispiegelkanalsystem

die Varianten der Druckentsorgungssysteme gegenübergestellt werden (insbesondere bei Schmutzwasserkanälen) [7]:

- Druckkanalsystem "hydraulisch betrieben",
- Druckkanalsystem "druckluftbetrieben",
- Unterdruckkanalsystem.

Die europäische Normung hat den Entwicklungen in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Kanalpumpen- und der Druckrohrsystemtechnik Rechnung getragen und funktionelle [8] [9] und produktbezogene [10] Anforderungen in Normenentwürfen erarbeitet.

Diese europäischen Normenentwürfe werden in Kürze zu ÖNORMEN-EN werden, sodaß der Planer/Anwender nicht mehr nur "auf Firmenempfehlungen" zu vertrauen braucht, sondern den "Stand der Technik" für derartige Entwässerungssysteme weitgehend diesen Normen entnehmen kann.

4.3 Überdenken des genormten Kanalbaues

Das "Überdenken" des genormten Kanalbaues hat bereits vor vielen Jahren eingesetzt.

Zwar sind in Österreich die Technischen Richtlinien des Umwelt- und Wasserwirtschaftsfonds [11] nach wie vor "gültig", wo z.B. bestimmte (viel zu große) Mindestdurchmesser für Schmutzwasserkanäle festgelegt sind. Die Praxis zeigt aber, daß in keinem Bundesland diese Mindestdurchmesser mehr "eingehalten" werden.

Auch "Vorgaben" der ÖNORM B 2503 [12] werden in vielen Bundesländern nicht mehr eingehalten. Dies betrifft z.B. die in der ÖNORM B 2503 angegebenen Schachtabstände. Die Maßhaltigkeit von Rohren, Formstücken und Verbindungen ergibt wesentlich geringere "Stöße" bei den Rohrverbindungen, als sie in der ÖNORM B 2503 als "zulässig" ausgewiesen sind; zusammen mit geringer Wandrauigkeit ("Glätte") von bestimmten Rohrwerkstoffen erlauben sie geringere Mindestgefälle in bestimmten Fällen.

Mit der Erarbeitung des Leitfadens für die Abwasserreinigung im ländlichen Raum [4] konnte im Fachnormenausschuß FNA 120 (Abwasser) des Österreichischen Normungsinstitutes Einigung darüber erzielt werden, die ÖNORM B 2503 [12] nicht nur im Hinblick auf eine "Restnorm", z.B. in bezug auf die ÖNORMEN prEN 476 [13], prEN 752 [8], prEN 1610 [14], zu überarbeiten, sondern auch im Hinblick auf die "Bedürfnisse" der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum.

Sehr weitgehende Überlegungen zum Überdenken des genormten Kanalbaues im ländlichen Raum sind dazu im Regelblatt RB 25 des ÖWAV [15] angeben. Der Verfasser hat schon an anderer Stelle [1] darauf hingewiesen, daß die Zulässigkeit der Angaben im RB 25 in jedem einzelnen Fall zu überprüfen sind, bevor sie umgesetzt werden.

4.4 Trassenwahl für Kanäle

Im städtischen Bereich wird für die Trassenwahl für die Abwasserbeseitigung wohl kaum "Spielraum" gegeben sein.

Anders ist dies im ländlichen Raum.

Da der Bau von Kanälen in Straßen, insbesondere in bezug auf die Straßewiederherstellungskosten (die einen beträchtlichen Anteil der Gesamtkosten darstellen können), in der Regel wesentlich höhere Baukosten verursacht als der Bau von Kanälen in nicht befestigtem "Gelände", muß auch jeweils geprüft werden, ob die

- Kanaltrasse außerhalb der Straße (z.B. auf Privatgrund)

angeordnet werden kann.

In Niederösterreich ist diese Möglichkeit in Ortsgebieten aufgrund der topographischen Verhältnisse (Straße stellt meist die "Tiefenlinie" zwischen den zu entwässernden Objekten dar) nicht immer zweckmäßig, da ansonsten gegebenenfalls zwei parallele Kanäle auf Privatgrund anzuordnen sind; allerdings, in solchen Fällen werden die Hausanschlußkanäle wesentlich kürzer.

Je nach den Bedürfnissen und/oder Zweckmäßigkeiten der zu entsorgenden Liegenschaften ist daher nach eingehender Begehung zu prüfen, ob eine Wahl der Trasse eventuell auch außerhalb des (befestigten) Straßenkörpers zweckmäßig ist. Wenn sich dabei Kostenvorteile ergeben - auch unter Berücksichtigung allfälliger Entschädigungsentgelte an die privaten Grundstückseigentümer und unter der Voraussetzung der Vereinbarung zu einer Servitutseintragung im Grundbuch - kann eine derartige Trassenverlegung auf Privatgrundstücke insgesamt zweckmäßiger sein als auf öffentlichem Grund: dabei muß aber berücksichtigt werden, daß bei der laufend erforderlichen Wartung alle Kontrollschächte zugänglich sein müssen und gegebenenfalls auch ein Spülwagen u.dgl. eingesetzt werden muß; die allfälligen Mehrkosten für Entschädigungen an private Grundstückseigentümer bei Wartungsarbeiten sind ebenfalls bei der Überlegung der Trassenvarianten miteinzubeziehen.

Insbesondere bei "Überland"strecken von Kanälen, z.B. Anschlußleitungen an die Kläranlage, Transportleitungen, wird besonders sorgfältig zu prüfen sein, ob die Situierung der Kanaltrasse in der Gemeinde-/Landes-/Bundesstraße zweckmäßig ist. In vielen Fällen wird sich - bei Abschluß entsprechender Vereinbarungen im Sinne obenstehender Ausführungen - eine Verlegung der Kanaltrasse auf Privatgrundstücke in der Regel als kostengünstiger und zweckmäßig erweisen.

4.5 Tiefenlage der Kanäle

Wenn eine sorgfältige Erhebung am Ort des Abwasseranfalles durchgeführt wurde, ist - insbesondere im nicht-städtischen Raum - die Festlegung der erforderlichen Tiefenlage des Kanalstranges anhand der

- "Bedürfnisse der Liegenschaften"

rasch feststellbar.

In Varianten ist nun zu untersuchen, inwieferne bestimmten

- "Wünschen von Liegenschaften"

entsprochen werden kann/soll, die Abwasserentsorgung im Freigefälle zu gewährleisten. Es ist jeweils zu prüfen, ob nicht der "Wunsch der Liegenschaft" bezüglich der Tiefenlage in einem Unverhältnis zu den durchschnittlichen Bedürfnissen der anderen Liegenschaften liegt.

In solchen Fällen ist für solche Liegenschaften mit Wünschen nach unverhältnismäßig tiefen Anschlüssen eine Abwasserentsorgung mittels Hauswasserhebewerken vorzusehen. Die Kosten für die Errichtung und den Betrieb derartiger Abwasserhebewerke obliegt den Grundeigentümern.

Anders ist die Situation in solchen Fällen, wenn z.B. an einem Hanganschnitt nur wenige Objekte am tieferliegenden Teil der Straße liegen und die Abwasserentsorgung der einzelnen Objekte (oder mehrerer Liegenschaften gemeinsam) über kleine Abwasserhebewerke zu entsorgen sind. In solchen Fällen kann der Kanalstrang gegebenenfalls wesentlich seichter situiert werden. Die Kosten für die Errichtung und den Betrieb für derartige, hangabwärts liegende Grundstücke obliegen dem Betreiber der Kanalanlage.

Mit einer den Bedürfnissen der Liegenschaften genau entsprechenden Planung der Tiefenlage der Kanäle kann insbesondere im ländlichen Raum ein erheblicher Teil der Gesamtkosten "eingespart" werden.

4.6 Linienführung der Kanäle

Die technische Entwicklung für Kanalinspektion, -reinigung und -sanierung läßt nach Ansicht des Verfassers auch eine Überlegung von der bisher fast lückenlos eingehaltenen "geraden Linienführung" zwischen den einzelnen Schächten bei Freispiegelkanälen zu, Richtungsänderungen zwischen zwei Schächten dürfen dabei aber

- nur in einer Ebene und
 - nur "bei Einhaltung eines Mindestradius der Achsenkrümmung von 5m"
- vorgenommen werden.

4.7 Schächte

Für den Bau von Schächten sind heute

- Beton/Stahlbeton,
- Faserzement
- Kunststoff oder
- eine Kombination dieser Werkstoffe

gebräuchlich.

Gemäß ÖNORM B 2503 [12] sind, bis zur Höhe der Unterkante der Schachtabdeckung (zumindest bis zum Konus),

- Schächte wasserdicht

herzustellen. Auch die (neue) ÖNORM prEN 476 [13] regelt die Wasserdichtheit von Schächten.

Die Durchleitung eines Kanals durch einen (dichten) Schacht erfolgt in der Regel in Form eines "offenen Sohlgerinnes", wobei der Durchmesser des ablaufenden Rohres im vollem Querschnitt im Schachtbereich zu gewährleisten ist. Bei Kanälen mit kleinen Durchmessern (z.B. bis DN 300) ist die Durchleitung in den Schächten in "geschlossener Form" mittels Putzstücken bereits seit Jahrzehnten bewährt.

Die Weiterentwicklung der Materialien und der Bausysteme von Putzstücken führt sicherlich zu innendruckdichten, einfach mit einer Hand zu bedienenden Putzstücken (z.B. Knebelverschluß). Unter dieser Voraussetzung kann im Sinne der Ausführungen im Regelblatt RB 25 [15] die Ausführung von

- "bewußt undichten Schächten"

bei Schmutzwasserkanälen überlegt werden (nach Ansicht des Verfassers nur bei HGW > 2,0 m unter der Rohrsohle). Allerdings muß gewährleistet sein, daß nach jedem Öffnen des Putzstückes eine Überprüfung der druckdichten Putzdeckel erfolgt und, daß bei Spülarbeiten besondere Sorgfalt in bezug auf die Vermeidung des "Überlaufens" des offenen Putzstückes aufgewendet wird. Ansonsten resultiert bei der Ausführung von Schächten mit undichter Schachtsohle die Gefahr des Abwasseraustrittes mit Versickerung in den Untergrund und somit ins Grundwasser.

Innovative Maßnahmen zur Inspektion und zur Wartung von nicht begehbaren Kanalanlagen erlauben - schon seit Jahren - wesentlich größere Schachtabstände, als sie in der ÖNORM B 2503 [12] angegeben sind. Dies gilt für Misch- und Schmutzwasserkanäle.

In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit entsprechender Inspektions- und Reinigungsgeräte beim Kanalbetreiber gegenüber "normativen Vorgaben" (z.B. in ÖNORM B 2503) können die Schachtabstände wesentlich vergrößert werden (Schachtabstände bis 150 m im Ort und im Freiland sind möglich).

Bei einer Vergrößerung der Schachtabstände muß beachtet werden, daß die "förderfähigen" Investitions-(Bau-)kosten zwar reduziert werden können, die "nicht geförderten" Instandhaltungs- und Betriebskosten aber durch möglicherweise erschwerte Wartungsbedingungen deutlich ansteigen können; auch spätere Schachteinschaltungen sind "später" nicht förderbar.

Die ÖNORM prEN 476 [13], die in Kürze die ÖNORM B 2503 [12] in weiten Teilen ersetzen wird, unterscheidet außerdem zwischen Kontroll- und Inspektionsschächten, wobei letztere mit einem Innendurchmesser von $< 1,0$ m, jedoch $\geq 0,4$ m, als "nicht begehbar" ausgewiesen sind; kleinere Durchmesser (z.B. 0,2 m; als Standrohre gemäß Regelblatt RB 25 [15]) sind für Wartungsarbeiten nicht geeignet.

4.8 Wahl der Rohrwerkstoffe

Bei der Wahl der Rohrwerkstoffe hat der Planer nicht nur auf die jeweilige Wahl des Entwässerungssystems und des Bauverfahrens Rücksicht zu nehmen, er muß grundsätzlich die "Langlebigkeit" beurteilen.

Wie schon in der ÖNORM B 2503 [12], wird auch in den europäischen Normen (z.B. prEN 476 [13]) die Forderung aufgestellt, daß Kanäle eine "Mindestlebensdauer von 50 Jahren" haben müssen.

In den derzeit noch gültigen Produkt-ÖNORMEN und in den diese in Kürze ablösenden europäischen ÖNORMEN EN [10] sind zwar die Anforderungen und Prüfungen für die im Kanalbau "üblichen Rohrwerkstoffe" (in alphabetischer Reihenfolge)

- bewehrter und unbewehrter Beton,
- duktiles Gußeisen,
- Faserzement,
- Kunststoffe (GFK; PE, PP, PVC),
- Steinzeug

angegeben, es ist aber ausschließlich dem Planer überlassen, nach welchen Kriterien er für welchen Einsatzzweck welchen Rohrwerkstoff auswählt. Dazu muß der Planer wieder die gesamten Herstellungskosten und die Wartungsfreundlichkeit (Betriebskosten) der einzelnen Rohrwerkstoffe berücksichtigen [16];

insbesondere in bezug auf

- die Sohlgleichheit,
- die Wandrauhigkeit,
- die Austauschbarkeit,
- die Korrosionsbeständigkeit,
- die Abriebfestigkeit,
- das Langzeitverhalten.

Das im Preis billigste Rohrmaterial wird in der Regel nicht das richtige Kriterium für die Festlegung des richtigen Rohrwerkstoffes sein [2][16][17].

4.9 Wahl der Bauverfahren

In der Regel werden Kanäle wohl auch in der Zukunft in

- offener Bauweise

geplant und verlegt, insbesondere dann, wenn geringere Gesamtkosten resultieren.

Im ländlichen Raum kann für bestimmte Kanäle auch die offene Bauweise mittels Einfräsen/Einpflügen (z.B. für den Bau von Druckkanalsträngen) in Betracht gezogen werden, was wesentliche Kostenvorteile gegenüber solchen offenen Bauverfahren bringt, bei denen der Rohrgraben vom Monteur betreten werden muß.

Innovative Bauverfahren, gepaart mit innovativen Rohrmaterialien und Rohrverbindungen, geben dem grabenlosen Leitungsbau, also der

- geschlossenen Bauweise

schon jetzt in bestimmten Bereichen gute Chancen, die offene Bauweise - auch aus Kostengründen - "abzulösen". Dies gilt zumindest für die unterirdische (grabenlose) Herstellung von Hausanschlüssen im städtischen Bereich mittels Rammverfahrens und mittels Erdraketen. Verfahren des Spülbohrens gewährleisten außerdem gute Steuerbarkeit und zuverlässige Dokumentation der "verlegten Rohrachse".

Der grabenlose Leitungsbau wird zukünftig durch die Weiterentwicklung des Micro-Tunnelling, bei dem Rohrleitungen "wie im Tunnelbau" unterirdisch verlegt werden, vor allem im städtischen Kanalbau größere Marktanteile erreichen und in Einzelfällen, unter Berücksichtigung aller kostenrelevanten Parameter, auch Kostenvorteile gegenüber der offenen Bauweise bringen:

- bei großer Tiefenlage des Kanales,
- bei großem Grundwasserandrang,
- bei großer "Konkurrenz" anderer Leitungsführungen,
- bei andernfalls unzulässiger Verkehrseinschränkung,
- bei schwierigen Bodenverhältnissen/gefährdeten Gründungen.

Im ländlichen Raum ist Micro-Tunnelling heute auch dort schon einzusetzen, wo z.B.

- zwecks Schonung wertvoller Naturräume (Bestandserhaltung)

eine offene Bauweise aus ökologischen Gründen nicht akzeptabel ist [18].

Zu den geschlossenen Bauweisen zählen auch die Verfahren der unterirdischen Rohrsanierung, die nicht nur Kostenvorteile gegenüber dem Austausch von schadhafte Kanälen in offener Bauweise gewährleisten. Die europäische Normung hat den unterirdischen Sanierungsverfahren bereits breiten Raum gewidmet und zumindest für den Planungsbereich (ÖNORM prEN 752 Teil 5 [8]) und für die Renovation von unterirdischen Freispiegelkanälen mit Kunststoffrohren (CEN TC 155 WI 488 bis 492 [19]) für die Ausführungsphase Normenentwürfe bereitgestellt.

5 KOSTENDÄMPFENDE MASSNAHMEN DER BAUAUSFÜHRUNG

5.1 Breite des Rohrgrabens

Wesentliche Kosteneinsparungen können bei der Einhaltung der von der Planung vorgegebenen Breite des Rohrgrabens erzielt werden. Dies gilt insbesondere in jenen Fällen, wo die Kanaltrasse in einer befestigten Straße verläuft. Die Breite der eingesetzten Verbauart ist dann für die Kostenevaluierung von besonderer Bedeutung.

Wenn auch der Großflächenverbau im Zuge der Mechanisierung und Rationalisierung im Kanalbau nicht mehr wegzudenken ist und in vielen Fällen ohne derartige Geräte ein wirtschaftlicher Verbau für offene Gräben heute kaum noch denkbar ist [16], sind konventionelle Pölzungen (horizontaler und vertikaler Holzverbau sowie vertikaler Verbau mit Kanaldielen) insbesondere dann zu prüfen, wenn in den Angeboten der bauausführenden Firmen derartige Pölzsysteme wesentlich kostengünstiger angeboten werden als spekulativ eingesetzte Preise für Grabenverbaugeräte. Es bedarf dann nur des Mutes und der Durchschlagskraft der örtlichen Bauaufsicht, zum guten alten Holzverbau zurückzugreifen, der - wie die Praxis im Wiener Künettenbau zeigt - jedenfalls ein "Ausufern" der vorgegebenen Grabenbreite in der Regel sicher verhindert.

Demgegenüber ist bei Verbaugeräten immer wieder festzustellen, daß infolge unzureichenden Hinterfüllens der Hohlräume ein Nachrutschen der seitlich anstehenden Bodenteile das "Ausufern" der vorgegebenen Grabenbreite nach sich zieht. Dadurch entstehen bei Kanaltrassen in befestigten Straßen in der Regel große Kostenaufwände, die bei richtigem Einsatz der Pöhlung eingespart werden können.

5.2 Einfluß des Straßenerhalters

Es ist selbstverständlich, daß der, auf/in dessen Grund und Boden eine Rohrleitung verlegt wird, das Recht hat, schadlos gehalten zu werden. Dies gilt natürlich auch für die "Straßenerhalter". Nur, es dürfen nicht Maßnahmen (z.B. in den Sondernutzungsverträgen) "vorgeschrieben" werden, die oft

- wesentliche und unnötige Mehrkosten im Kanalbau (!)

"bedingen".

Noch vor 10 Jahren fand man in wenigen Ausschreibungstexten die

- Vorgabe eines bestimmten Verdichtungsgrades (z.B. durch Angabe der Standard-Proctordichte) für die Wiederverfüllung des Rohrgrabens.

Damals hat man sich noch mit Begriffen wie "ausreichend verdichtet" oder "gut verdichtet" in den Ausschreibungen begnügt. Mangels "zwingend vorgeschriebener Prüfungen im Rohrgraben" kam es wiederholt zu nachträglichen Setzungen und damit zu Schäden an den Straßenoberflächen.

Daher ist es verständlich, daß die Straßenerhalter mit den zunehmenden Baumaßnahmen in den 60er und 70er-Jahren zu "Selbsthilfemaßnahmen" griffen, die jedoch am eigentlichen Problem vorbeiging.

So haben sich manche Straßenerhalter "lediglich" um einen Lastplattenversuch unmittelbar am "Rohbauplanum" der Straße gekümmert, außer acht lassend, daß in tieferen Schichten der Wiederverfüllung die mangelhafte Verdichtung bei derartigen Prüfungen nicht festgestellt werden kann und es trotzdem - wenn auch erst nach mehreren Jahren - zu Setzungen und damit wieder zu Schäden an der Straßenoberfläche führte.

In manchen österreichischen Bundesländern wurde und wird seitens der Straßenerhalter daher gefordert, daß

- "die gesammte Künette mit Magerbeton aufzufüllen ist".

Eine Maßnahme, die nicht nur aus ökologischen Gründen grundsätzlich falsch ist.

5.3 Betten der Kanäle

Zu all dem kam, daß insbesondere durch den vermehrten Einsatz von "flexiblen" Rohren (z.B. von Kunststoffrohren) auch die Kontrolle der Verdichtung neben dem Rohr mehr Bedeutung bekam [20].

Im Fachnormenausschuß 120 (Abwasserentsorgung) und 122 (Trinkwasserversorgung) des Österreichischen Normungsinstitutes haben sich daher Experten zusammengesetzt und versucht, aufgrund der bisherigen nationalen und internationalen einschlägigen Erfahrungen und Literatur, das

- Handpenetrometer

als einfaches Werkzeug zum Überprüfen der Verdichtungskontrolle vor Ort (also im Rohrgraben, in den einzelnen Schüttlagen) "en vogue" zu machen.

Es war von vornherein klar, daß dies nicht mit einem "Weißdruck" einer ÖNORM im ersten Anlauf möglich ist, da insbesondere die Erfahrungen, wie z.B. ein Polier auf der Baustelle dieses "neue Werkzeug zur Überprüfung der Verdichtung" tatsächlich "annehmen wird" und inwieweit er bereit ist, vorgegebene Prüflisten auszufüllen, erst einfließen müssen.

Die ÖNORM B 5016 [21] wurde daher als VORNORM aufgelegt. Gemäß dieser ÖNORM ist

- mittels Handpenetrometers jede einzelne Lage der Rohrbettung und der Wiederverfüllung zu überprüfen (= "Eigenkontrolle" der Bau-firma), während
- die "Fremdüberwachung" von der Bauaufsicht mittels Rammsonden (nachdem der gesamte Rohrgraben verfüllt ist)

durchzuführen ist.

Es war interessant festzustellen, daß nicht nur die Vertreter der Wasserversorgungsunternehmen und Kanalisationswerke (der Auftraggeber) besonderes Interesse an "einfachen Prüfungen vor Ort" hatten, sondern insbesondere die Vertreter der Bauwirtschaft. Seitens der Bauwirtschaft sucht man nämlich ebenfalls schon lange nach einem solchen "einfachen Werkzeug", das den Polieren in die Hand gegeben werden kann, damit sie selbst die durchgeführten Verdichtungsarbeiten vor Ort laufend einfach überprüfen können.

Bisher hat es der Arbeitskreis für das Musterleistungsbuch im Siedlungswasserbau leider verabsäumt, die ÖNORM (Vornorm) B 5016 als Bezugsnorm zu zitieren. Daher ist es jedem Planer/Ausschreibenden bisher freigestellt, die Art der Verdichtung vor Ort/im Rohrgraben "selbst zu definieren". Dies erfolgt in vielen Fällen "unvollständig". Außerdem resultieren landesweit uneinheitliche Vorgaben für die Überprüfung der Verdichtungskontrolle im Rohrgraben.

Die Überprüfung des erreichten Verdichtungsgrades in der Bettungszone der Kanäle (Eigenüberwachung durch die bauausführende Firma) ist auch von besonderer Bedeutung für die Bauaufsicht, die Rückschlüsse auf in der statischen Berechnung getroffene Annahmen zu ziehen hat. Damit wird es auch ermöglicht, gleiche Zuverlässigkeit ("Gesamtsicherheit") erdverlegter Rohrleitungen zu fordern [22], nicht nur, um einen fairen Vergleich zwischen den verschiedenen Rohrwerkstoffen zu erlauben, sondern auch um Kosteneinsparungen zu gewährleisten (z.B. keine Überdimensionierungen).

Daß die Bauwirtschaft (zumindest in Österreich) einem so einfachen Prüfwerkzeug, wie es das Handpenetrometer gemäß ÖNORM (Vornorm) B 5016 darstellt, eine große Bedeutung beimißt, zeigt folgender Umstand:

Die österreichische Bauwirtschaft sieht - zumindest auf dem Sektor des Siedlungswasserbaues/Rohrleitungsbaues - keine Notwendigkeit, Gütezeichen nach deutschem Vorbild für ihre Mitgliedsfirmen zu erarbeiten und schließlich zu verleihen, und zwar mit der Begründung, daß "die ÖNORM (VORNORM) B 5016 - im Zusammenhang mit anderen Normen und Regelungen - eine ausreichende Kontrolle der Rohrbauarbeiten im Siedlungswasserbau (Wasserversorgungs- und Kanalbau) ist" [21]. Mit dieser Begründung hat sich auch der Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) zufriedengegeben und in einem entsprechenden Arbeitsausschuß festgestellt, das Vorhaben "Güteschutz Kanalbau" in Österreich bis auf weiteres nicht zu verfolgen.

Die ÖNORM (Vornorm) B 5016 wird derzeit aufgrund der bisher vorliegenden praktischen Erfahrungen und eines vereinfachten Entwurfes dieser ÖNORM [23] überarbeitet, der "Weißdruck" der ÖNORM B 5016 wird für Herbst 1995 erwartet.

Die Bedeutung der ÖNORM B 5016 zur Überprüfung der Verdichtungskontrolle im Rohrgraben zeigt sich auch im Beschluß des deutschen Normungsinstitutes (DIN), die ÖNORM (Vornorm) B 5016 als Grundlage für die Erarbeitung einer deutschen Norm zu nehmen.

5.4 Wiederverfüllen des Rohrgrabens

Aus der Sicht des Verfassers wird die Bettung der Kanäle in vielen Fällen aus "ausgesuchten" Bodenmaterialien¹ (bis 30 cm über Rohrscheitel) auch aus ökonomischen Gründen vom Planer vorzugeben sein².

¹ z.B. nur der Bodengruppe 1 entsprechende, "leicht" verdichtbare/"selbst"verdichtende "rollige" enggestufte Kiese/"Splitt" (auch und insbesondere aus Beton-Recycling!)

² in der Regel mit den erforderlichen, den Bettungskörper umhüllenden Bauvliesen

Anders ist aus der Sicht des Verfassers in der sogenannten

- Wiederverfüllungszone

des Rohrgrabens³ vorzugehen. Es ist nicht einzusehen, warum "in der Regel" Austauschmaterial in der Wiederverfüllungszone eingesetzt werden soll, wenn

- in der Regel mit dem Aushubmaterial die Wiederverfüllung der Künneten

so vorgenommen werden kann, daß der

- ursprüngliche Zustand

wiederhergestellt wird, bei entsprechender Verdichtung und Kontrolle dieser. Dies alles mit dem Ziel,

- natürlicher Ressourcen (= Austauschmaterial aus Steinbrüchen, Kiesgrube) zu schonen und
- Kosteneinsparungen zu gewährleisten.

Das Mandat der europäischen Kommission und des EFTA-Sekretariats an das technische Komitee TC 165 (Abwasserentsorgung) bei CEN zur Erarbeitung der funktionellen europäischen Normen umfaßt auch den Bereich für

- Technische Regeln für die Bauausführung von Abwasserleitungen und -kanälen.

Wenn man sich die auf diesem Mandat fußende vorliegende Fassung der ÖNORM prEN 1610 [14] ansieht, so ist unschwer zu erkennen, daß mangels einfacher Methoden für die Kontrolle der Verdichtung im Rohrgraben die entsprechenden Passagen im europäischen Normenentwurf äußerst dürftig ausgefallen sind.

³ d.i. von 30 cm über Rohroberkante bis zur Unterkante des Straßenkoffers

Österreich hat bereits vor einigen Jahren bei CEN den Antrag gestellt, in einem sogenannten Prenormative Research (also unter Kostenbeteiligung der europäischen Kommission und des EFTA-Sekretariats) eine Forschung für die einfache Verdichtungskontrollen in Rohrleitungsgräben durchzuführen. Es sollen dabei insbesondere

- das Handpenetrometer,
- die Rammsonde (Leitungsgrabensonde),
- die statische und die dynamische Lastplatte

als Kontrollen auf der Baustelle für Rohrleitungsgräben parallel untersucht werden. Ergebnisse aus dem Prenormative Research sind für 1996 zu erwarten [24].

Mit diesen Ergebnissen ist es dann möglich, die Abschnitte der ÖNORM prEN 1610 [14] bezüglich Verdichtungskontrolle im Rohrgraben zu überarbeiten. Außerdem sind die Ergebnisse des Prenormative Research bezüglich nachvollziehbarer Bodenparameter für die gemeinsame europäische Methode für die statische Berechnung⁴ von erdverlegten Rohren für den Siedlungswasserbau von grundsätzlicher Bedeutung.

Nochmals: Österreich hat bereits die einfachen Methoden zur Verdichtungskontrolle vor Ort "entwickelt"; es liegt an den Planern und den kontrollierenden Landesstellen, deren "nachhaltige" Anwendung "einzufordern".

5.5 Wiederherstellung der Straßenoberfläche

"Manche" Gemeinden/Bauherrschaften "benützen" den Kanalbau dazu, um (zum Teil)

- desolate Straßenabschnitte im Zuge des Kanalbaues "zu sanieren".

Oft laufen derartige Kosten unzulässigerweise in die Gesamtkosten des Kanalbaues, der damit "scheinbar" teuer wird.

⁴ Bisher konnte man sich in der europäischen Normung "nur" auf die sogenannten "nationally established methods" in der ÖNORM prEN 1295 [25] einigen; darin konnte als einzige nationale Norm für die statische Berechnung erdverlegter Rohre für Wasser und Abwasser die ÖNORM B 5012 [26] festgeschrieben werden; den ersten Normenentwurf für eine "gemeinsame europäische Methode" erwartet der Verfasser "etwa zur Jahrtausendwende".

Der Verfasser vertritt die Auffassung, daß der Straßenerhalter - egal ob es sich um Gemeinde-, Landes- oder Bundesstraße handelt - das Recht hat, die Wiederherstellung der Straßenoberfläche zu verlangen, nicht aber über den tatsächlichen "beeinflußten" Bereich hinausgehend. Es darf "im Zuge des Kanalbaues" keine Straßensanierung "auf Kosten des Kanalbaues" geben.

5.6 Dichtheitsprüfung der Kanäle

Österreich hat mit der ÖNORM B 2503 [12] vor mehr als zehn Jahren neue Maßstäbe gesetzt, indem (wie in DIN 4033)

- für alle Rohrmaterialien einheitlich eine Wasserdruckprobe auf 5 m Wassersäule auf eine Dauer von 15 Minuten (oder "stellvertretend" dafür) eine Luftdruckprobe mit 300 mbar

festgeschrieben wurde.

Während es "in früheren Zeiten" in "manchen Bundesländern" dazu kam, daß zur Häufigkeit der Durchführung von Druckproben "gewisse Vorgaben" gemacht wurden, um "bestimmte Rohrprodukte vom Markt nicht auszuschließen" ("Sicherung der Arbeitsplätze") [17], hat sich in den letzten Jahren eine

- lückenlose Dichtheitsprüfung aller neu verlegten Kanäle

als Selbstverständlichkeit durchgesetzt.

Bedauerlicherweise versuchen nun bestimmte Rohr-Herstellerkreise auf europäischer Ebene, das in Österreich erreichte Niveau der Dichtheitsprüfung vor Ort zum Teil wesentlich herabzusetzen (ÖNORM prEN 1610 [14]). Der österreichische Fachnormenausschuß 120 wird daher dem im Gründruck befindlichen europäischen Nörmenentwurf insbesondere aus diesem Grund seine Zustimmung verweigern. Dies soll nicht nur als Signalwirkung gelten, "daß Österreich seine Umweltstandards hochhalten wird". Der Beharrungsbeschluß Österreichs am Beibehalten der 5-m-Wassersäule-Prüfung (oder eine adäquaten Luftdruckprüfung) beruht auf den Überlegungen, daß

- nur eine hohe Qualität im Kanalbau auch insgesamt eine Kostenminimierung garantiert.

6 KOSTENDÄMPFENDE MASSNAHMEN DES BETRIEBES

6.1 Reinigung der Kanäle

Die Reinigung der Kanäle muß

- nach einem vorgegebenen Zeitplan,
- bei auftretenden Abflußhindernissen und
- vor jeder Inspektion

erfolgen.

6.2 Inspektion der Kanäle

Eine laufende,

- nach einem der jeweiligen Kanalanlage angepaßten Zeitplan durchgeführte Inspektion der Kanäle

"gewährleistet", zeitgerecht die notwendigen Wartungsarbeiten zu erkennen. Die heute zur Verfügung stehenden Mittel der Kanalinspektion mittels Kanalfernsehen lassen eine kostengünstige periodische Überprüfung zu. Damit sollen notwendige Reparatur-/Instandhaltungsarbeiten zeitgerecht erkannt werden, um das Fortschreiten von Schäden und damit das Entstehen größerer Kosten zu verhindern.

6.3 Dichtheitsprüfung der Kanäle

Nicht nur unter dem Druck der Wasserrechtsbehörde, sondern auch aus dem Aspekt der Kostenminderung im Betrieb

- sollen Kanäle in bestimmten Zeitabschnitten einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden.

Je nach Alter des Kanales und der verwendeten Rohrverbindungen/Dichtmittel reicht eine Inspektion mittels Kanalfernsehen aus, die Dichtheit der Kanäle festzustellen, wenn keine Schäden, z.B. Risse, sich zeigen.

Liegt der Kanalstrang im Grundwasser, erübrigt sich die Dichtheitsprüfung, da ein "laufender Infiltrationstest" bei der Kanalinspektion mittels Kanalfernsehen undichte Stellen aufzeigt.

6.4 Sanierung der Kanäle

Unter Sanierung [19] fallen alle Maßnahmen zur

- Reparatur,
- Renovation und
- Erneuerung

von schadhafte Kanälen.

Es ist eine der wesentlichen Aufgaben eines Kanalbetreibers, rechtzeitig zu evaluieren, welche der oben angegebenen Sanierungsschritte zu welchem Zeitpunkt an bestimmten Kanalabschnitten durchzuführen sind. In der Regel werden gezielte Reparaturen und Renovationen [19] kostengünstiger sein als die Erneuerung/der Austausch der schadhafte Kanäle.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die gesamtheitliche Betrachtung, Bewertung, Entscheidung und Umsetzung der Maßnahmen für die Ableitung von Abwasser gewährleistet ein Optimum der Ökonomie und der Ökologie.

In der Planungsphase ist es vor allem die Information der Verursacher und die detaillierte Erhebung vor Ort, die notwendig sind, bevor die eigentliche Planung der Maßnahmen erfolgen soll, um eine kostensparende Abwasserentsorgung zu gewährleisten.

In der Bauphase erfolgt die Umsetzung der Planungsziele, und es ist dabei durch eine laufende begleitende Kontrolle sicherzustellen, daß von den in der Planung erarbeiteten Grundsätzen nicht abgewichen wird. Damit wird das Ziel der Kostendämpfung gewährleistet.

In der Betriebsphase muß die Kanalisationsanlage laufend nach entsprechender Inspektion instandgehalten werden. Die erforderlichen Sanierungen mittels Reparatur, Renovation oder Austausch von bestimmten Abschnitten der Kanäle müssen zeitgerecht durchgeführt werden, um Schäden nicht nur an der Kanalisationsanlage selbst, sondern auch an der Umwelt zu vermeiden. Damit können auch in dieser Phase entsprechende Kostenreduktionen erzielt werden.

8 QUELLEN

- [1] Rohrhofer K.
Kanalbau im ländlichen Raum. Von der ersten Planungs-idee bis zum Betrieb
Leitfaden für die Abwassereinigung im ländlichen Raum, Amt der NÖ Landesregierung Abt. B/9, NÖ Umweltinitiative, Schrems, 1995
- [2] Pecher R.
Möglichkeiten zur Kostenbeeinflussung von Abwasseranlagen
24. Abwassertechnisches Seminar, Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, 1994
- [3] Haberl R.
Vermeidungsmöglichkeiten/Alternative Abwasserreinigungsverfahren
Leitfaden für die Abwassereinigung im ländlichen Raum, Amt der NÖ Landesregierung Abt. B/9, NÖ Umweltinitiative, Schrems, 1995
- [4] Lutz L.
Die Entwicklung des Leitfadens
Leitfaden für die Abwassereinigung im ländlichen Raum, Amt der NÖ Landesregierung Abt. B/9, NÖ Umweltinitiative, Schrems, 1995
- [5] Schäfer T.
Kostendämpfung beim Kanalbau durch schlankes Kostenmanagement und restriktive Baukostenplanung
24. Abwassertechnisches Seminar, Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, 1994
- [6] Schilling W.
Kanalnetzsteuerung als Instrument zur Kostendämpfung
24. Abwassertechnisches Seminar, Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, 1994
- [7] Scharenberg D.
Freispiegelabfluß contra Drucksystem, Entscheidungskriterien/Preisvorteile
24. Abwassertechnisches Seminar, Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, 1994

- [8] ÖNORM prEN 752, Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Anforderungen, Teil 3: Planung, Teil 4: Hydraulische Berechnungen und Umweltschutzaspekte, Teil 5: Sanierung
Dokumente des FNA 120 (Abwasser), Gründruck, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1992/1992/1993/1994
- [9] Cate F., Faulk F.
Die europäische Normung im Bereich der Kanalisation. Auswirkungen auf die österreichischen Anwendernormen und Richtlinien
UTEK, Wien, 1993
- [10] Singer G.
Rohre für den österreichischen Siedlungswasserbau. Auswirkungen der ÖNORMEN-EN aus der Sicht der österreichischen Produktnormen für Beton, Faserzement, Kunststoffe, Metalle und Steinzeug
UTEK, Wien, 1993
- [11] Technische Richtlinien für die Errichtung, Erweiterung und Verbesserung von Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsanlagen
Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien, 1984
- [12] ÖNORM B 2503, Ortskanalanlagen (Straßenkanäle) - Richtlinien für die Ausführung
FNA 120 (Abwasser), Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1992
- [13] ÖNORM prEN 476, Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme
Dokument des FNA 120 (Abwasser), Gründruck, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1991
- [14] ÖNORM prEN 1610, Technische Regeln für die Bauausführung von Abwasserleitungen und -kanälen
Dokument des FNA 120 (Abwasser), Gründruck, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1994
- [15] RB 25, Abwasserentsorgung in dünn besiedelten Gebieten
Regelblatt des ÖWWV, Bohmann-Verlag, Wien, 1992
- [16] Friede H.
Kostengünstige Rohrmaterialien - kostengünstige Einbauverfahren
24. Abwassertechnisches Seminar, Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, 1994
- [17] Rohrhofer K.
Das Verhältnis der Ziviltechniker zum Betonrohr
VÖB, Linz, 1994
- [18] Rohrhofer K.
Umweltschutzaspekte beim Rohrleitungsbau
Symposium Grabenlos, ÖGL, Wels, 1993

- [19] CEN TC 155 WI 488 bis 492, Kunststoffrohrsysteme für die Renovation von unterirdischen Freispiegelkanälen, Teil 1: Allgemeines, Teil 2: Lining mit Langrohren (continuous pipes), Teil 3: Lining mit eng anliegenden Rohren (close-fit pipes), Teil 4: Lining mit vor Ort ausgehärteten Rohren (cured-in-place pipes), Teil 5: Lining mit Kurzrohren (discrete pipes)
Entwurf/Dokumente der CEN TC 155/WG 17, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1994
- [20] Netzer W., Oberguggenberger M., Pregl O.
The horizontal bedding of flexible buried pipelines in variable bedding areas
3R International, Vulkanverlag, Essen, 1993
- [21] ÖNORM B 5016 (Vornorm), Überprüfung von Erdarbeiten für Rohrleitungen des Siedlungs- und Industrierwasserbaues - Verdichtungsgrade
FNA 120 (Abwasser) und FNA 122 (Trinkwasser), Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1991
- [22] Chen Y., Fuchs W., Netzer W.
Die Zuverlässigkeit erdverlegter Rohrleitungen, Berechnung der Sicherheitsbeiwerte für die ÖNORM B 5012
Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Springer Verlag, Wien, 1994
- [23] Pregl O.
Änderungsvorschlag für ÖNORM B 5016 (Vornorm), Überprüfung von Erdarbeiten für Rohrleitungen des Siedlungs- und Industrierwasserbaues - Verdichtungsgrade
Dokument der AG 122.01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1994
- [24] Schwab E., Netzer W.
Einheitliche europäische Statik-Norm und Prenormative Research für die Verdichtung von Erdarbeiten im Siedlungswasserbau, Auswirkungen auf die ÖNORM B 5012 und auf die ÖNORM B 5016 (Vornorm)
UTEK, Wien, 1993
- [25] ÖNORM prEN 1295, Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen
Dokument des FNA 120 (Abwasser), Gründruck, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1994
- [26] ÖNORM B 5012, Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen im Siedlungs- und Industrierwasserbau, Teil 1: Grundlagen, Teil 2 (Vornorm, Gründruck): Lastannahmen, rechnerische Nachweise
FNA 120 (Abwasser) und FNA 122 (Trinkwasser), Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1990/1994

Verfasser:

Dipl.Ing. Karl J. Rohrhofer
Zivilingenieur für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
Beratung, Planung und Bauaufsicht für Siedlungswasserbau und Umwelttechnik
Internationales Consulting für Rohrleitungstechnik
A-1170 Wien, Carl Reichert-Gasse 27
Tel. (0222) 46 42 84-0, Fax (0222) 45 71 37-99