

2.1. Abwasserableitung aus den Siedlungsgebieten (Kanalisation)

2.1.1. Aufgabe der Kanalisation

Hauptaufgabe einer Ortskanalisation ist es, die Gesamtheit der in einem Siedlungsbereich anfallenden Abwässer hygienisch einwandfrei zu sammeln und aus dem Siedlungsbereich heraus- und einer zentralen Behandlungsanlage zuzuleiten.

Damit Geruchsbelästigungen, chemische Beschädigungen des Rohmaterials und Schwierigkeiten bei der nachfolgenden Abwasserbehandlung vermieden werden, muß das Abwasser am Ende der Kanalisation in *frischem Zustand*, d. h. unangefault austreten. Dies bedingt eine zügige Trassenführung der Hauptsammler, damit das Abwasser auf dem kürzesten Wege aus dem Siedlungsbereich entfernt wird.

Unter dem Begriff Abwasser ist die Summe der durch den menschlichen, tierischen und industriellen Gebrauch verunreinigten Wässer und des im Siedlungsgebiet anfallenden Niederschlagswassers zu verstehen.

Zwischen der Trink- und Brauchwasserversorgung einerseits und der Abwasserableitung und -behandlung andererseits bestehen sehr enge Wechselbeziehungen. Beide Gebiete werden unter dem Oberbegriff „Siedlungswasserwirtschaft“ zusammengefaßt. Ihre Aufgaben werden in der Deutschen Demokratischen Republik unmittelbar von den „VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung“ wahrgenommen.

Eine neuzeitliche Abwasserableitung in Form der *Schwemmkanalisation* ist heute für alle geschlossenen Siedlungen, die eine zentrale Wasserversorgung haben, unbedingt zu fordern. So ist z. B. für die Installation von Spülklosetts das Vorhandensein einer ordnungsgemäß gebauten *Ortskanalisation* Voraussetzung. Durch die weitgehende Realisierung dieser Forderung konnten nicht zuletzt viele, früher durch das Wasser weit verbreitete Seuchen, wie Typhus, Paratyphus, Cholera, Ruhr usw., eingedämmt bzw. ausgeschaltet werden.

2.1.2. Kanalisationsverfahren

Bei der Ableitung des Abwassers werden unterschieden:

- Trennsystementwässerung
- Mischsystementwässerung

2.1.2.1. Trennsystementwässerung

Das Trennsystem ist dadurch gekennzeichnet, daß das Schmutzwasser (Abwasser aus den Wohnungen, Ställen, Gewerbe- und Industriebetrieben) und das Niederschlagswasser in getrennten Leitungen abgeführt werden.

Im allgemeinen wird dadurch das Trennsystem in Bau und Unterhaltung teurer als das nachfolgend beschriebene Mischsystem. Da jedoch die anschließende Abwasserbehandlungsanlage nur für das Schmutzwasser zu bemessen ist, werden hierfür Bau- und Betriebskosten eingespart. Der Regenwassersammler mündet unmittelbar in den Vorfluter. Soll das anfallende Abwasser anschließend landwirtschaftlich verwertet werden, so ist dem Trennsystem der Vorzug zu geben. Es braucht dann bei Regenwetter, bei dem in der Landwirtschaft ohnehin kein oder nur ein geringer Bewässerungsbedarf besteht, nur die mengenmäßig begrenzte Schmutzwassermenge verwertet zu werden. Die Schwierigkeiten für die unproduktive Unterbringung des Regenwassers auf sogenannten Entlastungsflächen entfallen hierbei.

Die Bau- und Betriebskosten für eine Trennkanalisation lassen sich erheblich reduzieren, wenn für die Ein- bzw. Ableitung der großen Regenwassermengen zahlreiche Oberflächengewässer zur Verfügung stehen oder in ländlich aufgelockerter Bebauung ein unterirdisch verlegter Regenwassersammler durch offene Gräben (seitlich der Straßen) ersetzt werden kann.

Außerdem ist die Trennkanalisation dann vorteilhaft, wenn das Abwasser infolge zu geringen Geländegefälles zur zentralen Kläranlage gepumpt werden muß (Einsparung der Pumpkosten für den im Vergleich zum Schmutzwasser 50- bis 100mal so großen Regenwasseranfall) oder wenn in tiefliegenden Ortsteilen durch den Vorfluter Hochwasserrückstau zu erwarten ist (Ausschaltung der Gefahr von Kellerüberschwemmungen). Auch ist in den Schmutzwasserleitungen der Trennkanalisation als Folge der ausgeglicheneren Wasserführung die Ablagerungsgefahr und damit der erforderliche Wartungsaufwand (Leitungsreinigung) geringer.

2.1.2.2. Mischsystementwässerung

Beim Mischsystem werden die anfallenden Schmutz- und Regenwässer gemeinsam in einer unterirdisch verlegten Rohrleitung abgeführt.

Es ist das in der Deutschen Demokratischen Republik am häufigsten angewendete Entwässerungssystem.

Damit die Hauptsammlerquerschnitte nicht zu große Ausmaße haben müssen, werden durch zwischengeschaltete Regenüberläufe die Hauptmengen des bei Starkregen in den *Mischsystemsammler* abfließenden Mischwassers an geeigneten Stellen direkt in den Vorfluter abgeworfen. Diese Entlastungsanlagen werden wirksam, sobald die in den Leitungen mit abfließende Regenwassermenge einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Der zulässige Grenzwert, ausgedrückt durch das Mischverhältnis von Schmutzwasser (d. h. Trockenwetterabfluß) zu Regenwasser wird dabei in Abhängigkeit von der Wasserführung und Vorverschmutzung des Vorfluters durch die zuständige Gewässeraufsicht bei den Wasserwirtschaftsdirektionen (WWD) vorgeschrieben. Durch alle

diese Maßnahmen werden die Baukosten für das öffentliche Entwässerungsnetz und die Anschlußkosten für die Anlieger verringert. Da nur noch eine *gemeinsame Grundstücksanschlußleitung* für Schmutz- und Regenwasser erforderlich ist, entfallen auch die Betriebsschwierigkeiten infolge versehentlicher oder gar beabsichtigter Anschlußverwechslungen, wie sie beim Trennsystem auftreten.

Im Gegensatz zum Trennsystem muß jedoch beim Mischsystem in Tiefgebieten bzw. im Bereich des Vorfluterrückstaus mit Kellerüberschwemmungen gerechnet werden. Als Gegenmaßnahme werden in diesen Fällen meist *Rückstauverschlüsse* in die Ablaufkästen der Kellerentwässerung (z. B. Waschküche) eingebaut, die jedoch häufig gerade dann, wenn sie gebraucht werden, infolge Rostansatz an den Verschlusselementen versagen.

Auch werden die Abmessungen und damit die Baukosten für die Pumpwerke und die Anlagenteile der Abwasserbehandlung infolge des bis zum Mischverhältnis der Regenüberläufe mitgeführten Regenwasseranteils größer. Dieser mitgeführte *Regenwasseranteil* wirkt sich besonders störend bei Nachschaltung einer landwirtschaftlichen Abwasserverwertung aus, da dann auf Grund der Verpflichtung zur „ganzjährigen Abwasserabnahme“ trotz ausreichender natürlicher Niederschläge neben dem Schmutzwasser aus dem Siedlungsgebiet auch noch ein Teil des dort gesammelten Regenwassers auf landwirtschaftlichen Flächen untergebracht werden muß. Ohne *Entlastungsflächen* (oft sogar in der Form der unproduktiven Bodenfilter) ist dann nicht auszukommen.

AUFGABEN

1. Welches Kanalisationssystem bietet die besten Voraussetzungen für eine landwirtschaftliche Abwasserverwertung?
Begründen Sie Ihre Antwort!
2. Erläutern Sie die Aufgabe der Entlastungsanlagen in der Mischsystementwässerung!

2.1.3. Ermittlung der Abwassermengen

2.1.3.1. Schmutzwasser aus den Haushalten

Im allgemeinen kann der Schmutzwasseranfall mit 80 % des Wasserverbrauchs aus dem öffentlichen Trinkwassernetz angesetzt werden.

Größere Abweichungen hiervon sind dann zu verzeichnen, wenn z. B. in Gartenvierteln und ländlichen Wohnsiedlungen größere Wassermengen zur Gartenbewässerung verbraucht werden. Wenn der Schmutzwasseranfall nicht über den *Wasserverbrauch* ermittelt werden kann (z. B. beim Fehlen einer zentralen Wasserversorgung), muß er nach *Erfahrungswerten* für Orte ähnlicher Größe und Wohnstruktur angenommen werden.

Für die Verhältnisse in der Deutschen Demokratischen Republik gelten für den maximalen *täglichen Schmutzwasseranfall* (q_d) die Richtwerte in Tabelle 1. Hierin ist der Schmutzwasseranfall von Kleingewerbebetrieben bis zu einem Abwasseranfall von $10 \text{ m}^3/\text{Tag}$ mit enthalten.

Tabelle 1

Richtwerte für den Schmutzwasseranfall

Ortstyp	Einwohnerzahl [E]	Schmutzwasser q_d [l/Einwohner/Tag]
Ländliche Gemeinden	—	70—110
Kleinstadt	bis 5 000	100—160
Kleinstadt	bis 20 000	120—190
Mittelstadt	bis 50 000	140—240
Mittelstadt	bis 100 000	160—280
Großstadt	über 100 000	200—320

Diese Angaben gelten mit der Einschränkung, daß örtliche Erhebungen keine anderen Werte bedingen.

Außerdem sind im *Abwasseranfall* einem Einwohner gleichzusetzen in¹

Fabriken, Werkstätten ohne Abwässer aus der Produktion mit WC, Wasch- und Badeanlagen und Küchenbetrieb	2 Betriebsangehörige
Büros und Geschäftshäusern mit WC und Waschanlage	3 Betriebsangehörige
Hotels, Gasthöfen, Feierabendheimen	1 Bett
Restaurants	3 Plätze
Sommerwirtschaften	15 Plätze
Lichtspieltheatern	30 Plätze
Schulen	10 Schüler
Kindertagesstätten ohne Küchenbetrieb	3 Kinder

Da der Schmutzwasseranfall entsprechend den Lebensgewohnheiten und dem Arbeitsrhythmus (Schichtarbeit) der Bevölkerung im Laufe eines Tages schwankt, muß zur Querschnittsermittlung der *maximale stündliche Schmutzwasseranfall* ($\max q_h$) herangezogen werden. Dieser Wert wird als Scheitelwert der Tagesganglinie des Schmutzwasseranfalls in der jeweiligen Ortschaft ermittelt. Abbildung 1 zeigt als Beispiel die Schmutzwasserganglinie einer Stadt von 50000 Einwohnern. Ist die Tagesganglinie nicht bekannt, so läßt sich der maximale Stundenwert angenähert wie folgt ermitteln:

$$\max q_h = 1/10 \text{ bis } 1/16 \cdot q_d \text{ [l/Einwohner/Stunde]}$$

Der Faktor $1/10$ gilt für kleine Siedlungen und der Faktor $1/16$ für Großstädte.

¹ nach „Bemessungsgrundlagen zur Erarbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen“, 2. Auflage, Amt für Wasserwirtschaft, Berlin 1964.

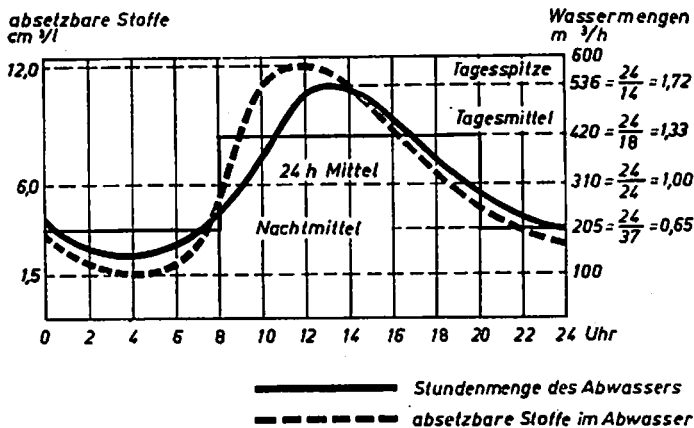


Abb. 1
Tägliche Schwankungen der Abwassermenge und der darin enthaltenen absetzbaren Stoffe einer Stadt von 50000 Einwohnern (nach Imhoff)

2.1.3.2. Schmutzwasser aus der Tierhaltung

Der *Abwasseranfall aus der Tierhaltung* wird entscheidend durch die Art der Aufstallung und das Verfahren der Stallreinigung bestimmt. Die nachfolgenden Richtwerte beziehen sich auf den *täglichen Schmutzwasseranfall* je Großvieheinheit (GV), das sind 500 kg Lebendmasse der jeweiligen Tierart.

Rinderhaltung

Anbindestall (Kurzstand)	12 l/GV (Jauche)
Anbindestall (Langstand)	7 l/GV (Jauche)
Einraum-Offenstall mit Einstreu	1,5 bis 2 l/GV (Jauche)
Liegestall (Laufhofsystem)	1 bis 2 l/GV (Jauche)
Schwemmentmistung (Ringumlaufspülung)	45 l/GV (Gülle)
Schwemmentmistung (Staukanal)	85 l/GV (Gülle)
Melkhaus mit Fischgrätenmelkstand im Mittel	6 m ³ (Abwasser)
Rohrmelkanlage	22 l/GV (Abwasser)
befestigte Auslaufflächen zu Offenställen	2,5 l/m ² (Abwasser)
befestigter Vor- und Nachwartehof von Melkhäusern mit Fischgrätenmelkstand	9 bis 16 l/m ² (Abwasser)

Schweinehaltung

Schweinemast- und Zuchstall mit Boxen	15 l/GV (Jauche)
Schwemmentmistung bei dänischer Aufstallung und Ringspülung	70 l/GV (Gülle)
Schwemmentmistung bei Großgruppenhaltung und Wasserspülung (kommunale Anlagen)	100 l/GV (Gülle)
Schwemmentmistung bei Großgruppenhaltung mit Auslauf	200 l/GV (Gülle)

2.1.3.3. Schmutzwasser aus Gewerbe und Industrie

Der *Schmutzwasseranfall großer Gewerbebetriebe und der Industrie* läßt sich nicht durch Richtwerte angeben, da hier schon infolge der unterschiedlichen Technologie (z. B.

innerbetrieblicher Wasserkreislauf) bei gleichen Endprodukten die Anfallzahlen ganz erheblich streuen. Außerdem unterliegen die Produktionsprozesse ständigen Änderungen und Verbesserungen. Zu Beginn einer Entwurfsbearbeitung sind jeweils eingehende Erhebungen in den einzelnen Betrieben unter Berücksichtigung der künftigen Betriebsentwicklung notwendig. (Einige Zahlenhinweise gibt Randolf in dem Buch „Kanalisation und Abwasserbehandlung“, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1965). Da nur in wenigen Fällen das Industrieabwasser in konstanter Menge anfällt, ist die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs des Schmutzwasseranfalls (z. B. stoßweiser Anfall im Schicht-rhythmus) für die Leitungsbemessung sehr wichtig.

2.1.3.4. Niederschlagswasser

Das Niederschlagswasser in den Abwassersammlern macht ein Vielfaches (ungefähr das 50- bis 100fache) der Schmutzwassermenge aus und bestimmt daher allein den erforderlichen Querschnitt der Leitungen einer Mischkanalisation.

Gesetzmäßig nehmen die *Regenspenden* r [l/s ha] mit der Regendauer (T) ab. Für die Bemessung der Kanalisationsleitungen sind im allgemeinen nur die *Starkregen von geringer Dauer* bedeutungsvoll. Zu beachten ist jedoch, daß sich die ganz kurzen Regen mit hoher Regenspende (Platzregen) hinsichtlich des Abflusses infolge der zuerst notwendigen Anfeuchtung der trockenen Oberfläche und der Rückhaltewirkung von Mulden und Vertiefungen nicht voll auswirken. Daher wird unter den Verhältnissen der Deutschen Demokratischen Republik als kürzester Regen (sogenannter *Berechnungsregen*) meist ein *Regen von der Dauer $T = 15$ min* angenommen. Sofern keine örtlichen Regenschreiberaufzeichnungen und deren statistische Auswertungen vorliegen, kann hierfür eine Regenspende $r_{15} = 100$ l/s ha angesetzt werden. Dabei ist die Häufigkeit $n = 1$ zugrunde gelegt. Die Häufigkeit n gibt an, wie oft eine Regenspende bestimmter Dauer im Laufe eines Jahres erreicht bzw. überschritten wird.

Regen mit unterschiedlicher Regendauer und Regenspende, aber gleicher Häufigkeit werden als wirtschaftlich gleichwertige Regen oder als „Regenreihe“ bezeichnet.

Bei der Abflubberechnung längerer Entwässerungsnetze tritt die *Regenreihe* an die Stelle des Berechnungsregens, da hier in Abhängigkeit von der Fließzeit in den Leitungen Regen von längerer Dauer und kleinerer Spende ungünstigere Belastungswerte ergeben können als der Berechnungsregen.

Durch die Festlegung der Häufigkeit $n = 1$ muß in Kauf genommen werden, daß im Mittel jährlich einmal Überlastungen des Entwässerungsnetzes auftreten können. Andererseits werden damit die erforderlichen Leitungsquerschnitte auf ein wirtschaftlich noch tragbares Maß beschränkt.

Je kleiner n ist, desto größer werden die Regenspenden der Regenreihe und damit auch die Baukosten für das Netz, desto größer wird aber auch die Sicherheit gegen etwaige Überstauungen.

Die Festlegung auf einen bestimmten n-Wert stellt also jeweils einen wirtschaftlichen Kompromiß zwischen den aufzubringenden Baukosten und der zu erwartenden Schadenssumme bei Leitungsüberstauungen dar.

Infolge Verdunstung, Versickerung und Wasserrückhalt in Mulden fließt nur ein Teil der auf das Bebauungsgebiet fallenden Niederschläge in die Entwässerungsleitungen ab. Der *Regenwasserabfluß* wird nach folgender Formel berechnet:

$$Q_R = r \cdot \psi \cdot F \quad [l/s]$$

Hierbei bedeuten:

- r = Regenspende in l/s ha
- F = Niederschlagsfläche in ha
- ψ = Abflußbeiwert

Der *Abflußbeiwert* ψ kennzeichnet das Verhältnis der je Zeiteinheit von der Entwässerungsfläche F abfließenden zur niederfallenden Regenwassermenge. Demzufolge ist der Abflußbeiwert stets kleiner oder höchstens gleich 1.

Der Abflußbeiwert ist abhängig von den Eigenschaften der Entwässerungsfläche (wie Oberflächenbefestigung, Bodenbewachsung, Bodenart, Gelände-neigung), von der Regendauer und vom Sättigungsgrad des Bodens infolge vorhergehender Regen.

Zur überschlägigen *Abflußermittlung* können die in Tabelle 2 angegebenen Gebietsabflußbeiwerte dienen.

Tabelle 2
Gebietsabflußbeiwerte

Behauungsart	Abflußbeiwert
Sehr dicht (alte Stadtkerne)	0,6—0,8
Geschlossene Behauung (Reihenhäuser)	0,5—0,6
Gruppenhäuser in guter Aufteilung	0,4—0,5
Offene Behauung (Doppel- und Einzelhäuser)	0,3—0,4
Gartenreiche Außenviertel	0,2—0,3

Genauer ist jedoch die Bestimmung des *mittleren Abflußbeiwerts* aus der jeweiligen Oberflächenzusammensetzung und den dazugehörigen Einzelabflußbeiwerten (siehe Tabelle 3, S. 67).

Nach Aufteilung einer für das ganze Gebiet charakteristischen Fläche in die Flächenanteile F_1, F_2 usw. mit den Einzelabflußbeiwerten ψ_1, ψ_2 , usw. ergibt sich der *mittlere Abflußbeiwert*:

$$\psi_m = \frac{F_1 \cdot \psi_1 + F_2 \cdot \psi_2 + F_3 \cdot \psi_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}$$

Tabelle 3
Einzelabflußbeiwerte

Oberflächenart	Abflußbeiwert
Dachflächen	0,85—0,95
Fugenlose Oberflächenbefestigung (Beton, Asphalt)	0,8 —0,9
Gewöhnliches Pflaster	0,5 —0,7
Schotterstraßen	0,4 —0,6
Sand- und Kieswege	0,15—0,3
Unbefestigte Flächen, Sportplätze usw.	0,1 —0,2
Rasen- und Gartenflächen	0 —0,1

Die angegebenen Abflußbeiwerte gelten für verhältnismäßig geringes Geländegefälle. Im *geneigten Gelände* sind die Abflußbeiwerte um folgende *Zuschlagswerte* zu erhöhen:

Tabelle 4
Zuschläge für Abflußbeiwerte

Geländeneigung	Zuschlag in %
2— 5% (1:50 bis 1:20)	5,0
5—10% (1:20 bis 1:10)	10,0
größer als 10%	15,0

Bei der Ermittlung des Regenwasserabflusses Q_R ist bei größeren Entwässerungsgebieten mit langen Hauptsammlern zu beachten, daß die Maximalabflüsse der einzelnen Nebensammler meist nicht gleichzeitig im Hauptsammler zusammentreffen. Der Gesamtabfluß im Hauptsammler ist dann geringer als die Summe der Spitzenabflüsse aus den einmündenden Nebensammlern. Dieser Vorgang wird als *Abflußminderung* bezeichnet.

Entsprechend der Höhe der Abflußminderung können die Leitungsquerschnitte verkleinert und somit die Baukosten verringert werden.

Eine *Abflußminderung* ist nur in solchen Leitungen zu erwarten, in denen die Fließzeit des Regenwassers vom Eintritt in die Leitung bis zum Untersuchungspunkt größer ist als die Dauer des Berechnungsregens bzw. des stärksten Regens der gewählten Regenreihe. Zur zahlenmäßigen Erfassung der Abflußminderung dienen hier nicht angegebene rechnerische (Zeitbeiwertverfahren) und graphische Verfahren.¹

¹ nachzulesen in Hummel „Abwasserableitung — Abwasserbehandlung“, Ingenieurtaschenbuch Bauwesen, Band III, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1965, und Randolf „Kanalisation und Abwasserbehandlung“, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1965

AUFGABEN

1. Welche Bedeutung hat die Regenhäufigkeit für den Bau und Betrieb einer Kanalisationsanlage?
2. Begründen Sie die Tatsache, daß in dichtbebauten Städten größere Regenwassermengen je Flächeneinheit ins Kanalsnetz gelangen als in Landgemeinden!

2.1.4. Bemessung und Gestaltung des Kanalisationsnetzes

2.1.4.1. Hydraulische Bemessung

Aufgabe der hydraulischen Bemessung ist es, auf Grund einer durchgeführten Abflußmengenmittlung die erforderlichen Querschnittsabmessungen der einzelnen Abwasserleitungen zu bestimmen.

Grundlage einer derartigen Bemessung ist die Kontinuitätsgleichung

$$Q = v \cdot F \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Hierbei ist

$$\begin{aligned} Q &= \text{durchfließende Abwassermenge in m}^3/\text{s} \\ v &= \text{Fließgeschwindigkeit des Abwassers in m/s} \\ F &= \text{durchflossener Leitungsquerschnitt in m}^2 \end{aligned}$$

Die Fließgeschwindigkeit v läßt sich mittels der empirischen Fließformel von Gauckler-Mannig-Strickler berechnen:

$$v = K_{St} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/3} \quad [\text{m/s}]$$

Es bedeuten:

$$K_{St} = \text{Rauhigkeitsbeiwert in m}^{1/3}/\text{s} \text{ (Steinzeug- und Betonrohre mit } K_{St} = 75 \text{ bis } 85)$$

$$R = \text{hydraulischer Radius} = \frac{\text{durchflossene Querschnittsfläche}}{\text{benetzter Umfang}} = \frac{F}{U}$$

$$I = \text{Drucklinien- bzw. Spiegelgefälle}$$

Genauere Ergebnisse erhält man mit Hilfe der Formeln nach Prandtl-Colebrook.¹ Um die Anwendung dieser etwas kompliziert aufgebauten Gleichungen zu erleichtern, sind zahlreiche Rechenhilfsmittel in Form von Tabellen² und Diagrammen³ entwickelt worden.

¹ nachzulesen in Hummel „Abwasserableitung — Abwasserbehandlung“, Ingenieurtaschenbuch Bauwesen, Band III, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1965, und Randolf „Kanalisation und Abwasserbehandlung“, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1965

² nachzuschlagen in „Bemessungsgrundlagen zur Erarbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen“, 2. Auflage, Amt für Wasserwirtschaft, Berlin 1964, und Randolf „Kanalisation und Abwasserbehandlung“, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1965, sowie Schulz, „Tabellenbuch für die Berechnung von Rohrleitungen und Kanälen im Siedlungswasserbau“, VEB Verlag Technik, Berlin 1959

³ Siehe auch Hummel „Abwasserableitung — Abwasserbehandlung“, Ingenieurtaschenbuch Bauwesen, Band III, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1965

Diese Gleichungen sind ohne zusätzliche Schwierigkeiten nur anwendbar auf Leitungsquerschnitte, die bis zum Scheitel mit abfließendem Abwasser gefüllt sind. Für den *Teilfüllungszustand*, der bei Freispiegelleitungen (das sind Leitungen, die mit Längsgefälle verlegt und drucklos durchflossen werden) meist vorliegt, lassen sich Abflußleistung, Geschwindigkeit und Teilfüllungshöhe leicht unter Verwendung von *Teilfüllungsdiagrammen*¹ ermitteln.

Die Durchführung der hydraulischen Bemessung erfolgt zweckmäßig in übersichtlicher Tabellenform.¹

Bei der Bemessung der Schmutzwasserleitungen des Trennsystems wird der unbeabsichtigte Zustrom von Regenwasser und Grundwasser durch einen *Zuschlag* berücksichtigt, der in ungünstigen Fällen bis zu 100 % des Schmutzwasserabflusses betragen kann. Ursachen für diesen Fremdwasserzustrom können Fehlanschlüsse von Regenwasserleitungen und undichte, d. h. schlecht hergestellte Rohrverbindungen sein. Es können die in Tabelle 5 angeführten *Zuschlagswerte* verwendet werden.

Tabelle 5

Fremdwasserzuschlag zum Schmutzwasserabfluß

Wohndichte in Einwohner/ha	Zuschlag in l/s ha	Wohndichte in Einwohner/ha	Zuschlag in l/s ha
50—250	0,5	400—500	0,8
300—400	0,6	über 500	1,0

2.1.4.2. Linienführung der Kanäle

Oberstes Prinzip beim Bau eines Kanalisationsnetzes ist es, das Abwasser auf kürzestem Wege aus dem Wohngebiet zu entfernen und es im frischen Zustand der Kläranlage bzw. dem Verwertungsgebiet zuzuführen.

Da das Abwasser möglichst immer im natürlichen Gefälle und nicht mittels Pumpbetrieb abgeleitet werden soll, müssen sich die *Leitungsführung* und die *Abflußrichtung* den jeweiligen örtlichen Geländebeziehungen anpassen. Die Kläranlage wird sich daher stets am *tiefsten Geländepunkt* außerhalb des Bebauungsgebiets befinden. Daneben wird die Leitungsführung und insbesondere die Dichte und Verzweigung des Netzes entscheidend durch das Straßennetz bestimmt. Jedoch werden in aufgelockerten neuzeitlichen Wohnvierteln die Abwasserkanäle auch außerhalb der Verkehrsflächen verlegt. Um ein Aufreißen der Straßendecken und die damit verbundenen Verkehrsstörungen bei Reparaturarbeiten am Rohrnetz zu vermeiden, werden bei Neuanlagen die Kanalisationsleitungen nicht mehr unter der Fahrbahn, sondern seitlich davon unter Gehwegen, Radwegen oder Grünstreifen eingebaut. Bei breiten Straßen sind dann sogar an beiden Seiten der Fahrbahn Abwasserleitungen anzulegen.

¹ Siehe „Bemessungsgrundlagen zur Erarbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen“, 2. Auflage, Amt für Wasserwirtschaft, Berlin 1964, und Hummel „Abwasserableitung — Abwasserbehandlung“, Ingenieurtaschenbuch Bauwesen, Band III, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1965

Alle Gefahrenstellen für eine Leitungsverstopfung, wie z. B. Einmündungen von Nebenleitungen, horizontale und vertikale Richtungswechsel der Leitung usw. sind durch Einbau von *Einsteigeschächten* zugänglich zu machen. Dabei ist die spitzwinklige Einführung einer Leitung in eine andere (siehe Abb. 2) zu vermeiden. Mit Rücksicht auf eine gute Belüftung und Wartung der Leitungsstränge sollen die einzelnen Leitungen nicht einfach mit einem Stumpfende im Boden, sondern ebenfalls in einem Einsteigeschacht beginnen.

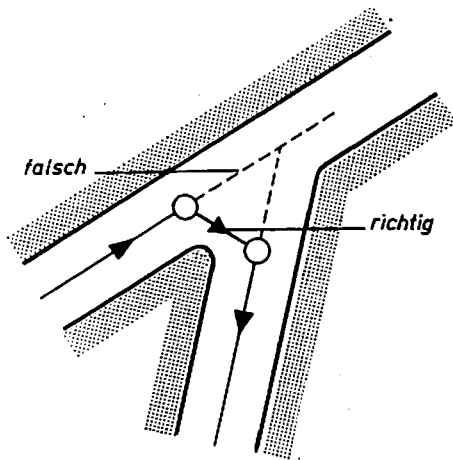


Abb. 2
Zusammenführung von Leitungen

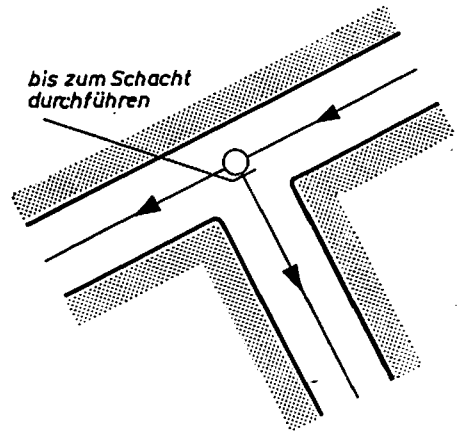


Abb. 3
Leitungsbeginn mit Anfangsschacht

Dieser Anfangsschacht soll möglichst gleichzeitig Bestandteil einer Nachbarleitung sein (Abb. 3). Durch einen derartigen Verbund benachbarter, in verschiedener Höhenlage verlaufender Abwasserleitungen werden die Gefahr einer Überflutung von Einzelsträngen bei Verstopfung oder Starkabfluß stark vermindert und die Belüftung verbessert.

Die *Mindesttiefenlage* der Misch- und Schmutzwasserkanäle wird meist durch die Sohl-tiefen der zu entwässernden Keller bestimmt. Dabei sind außerdem der zusätzliche Höhenverbrauch für das Einbinden der Hausanschlußleitungen, verursacht durch ein Mindestgefälle von 1 bis 2%, und die Einbauhöhe der Kellereinläufe nebst Geruchverschluß zu berücksichtigen. Im Mittel kann mit einer *Mindestüberdeckung* von 1,5 bis 1,8 m gerechnet werden. Jedoch sollte auf einzelne Tiefkeller oder Tiefpunkte im Einzugsgebiet bei der Festlegung der Verlegungstiefe aus wirtschaftlichen Gründen keine Rücksicht genommen werden. Hier ist der Einbau von *Zwischenhebe- oder Überpumpstationen* meist zweckmäßiger.

Die Regenwasserleitungen des Trennsystems können dagegen unter Beachtung der Frostsicherheit höher verlegt werden. Eine *Überdeckung* von 1 bis 1,5 m ist hier meist ausreichend. Insbesondere ist diese in ebenem Gelände an den Anfangspunkten der einzelnen Leitungen so knapp wie möglich zu bemessen, damit die nachfolgenden Hauptsammler nicht zu tief in den Boden verlegt werden müssen.

Damit die Schwemmkanalisation ihre Aufgabe ordnungsgemäß erfüllt, muß das in den Leitungen abfließende Abwasser eine ausreichende *Räumkraft* (auch Schleppspannung genannt) haben. Dies läßt sich durch entsprechende Festlegung des Sohlgefälles erreichen. Für die Gefällewahl sind zwei Gesichtspunkte maßgebend:

- Ablagerungen bei zu kleiner und Verschleiß des Rohrmaterials bei zu großer Fließgeschwindigkeit müssen vermieden werden;
- Aufwand für Erdarbeiten und Baukosten für die Leitungsverlegung müssen so gering wie möglich sein; das wird erreicht, indem bei Einhaltung der Verlegungstiefe das Sohlgefälle der Leitung gleich dem Straßengefälle gewählt wird.

Das Gefälle I soll in der Regel nicht kleiner gewählt werden als der Beziehung

$$I = \frac{100}{d} [‰]$$

entspricht. Hierbei bedeuten:

$$I = \text{Sohlgefälle in } ‰$$
$$d = \text{Rohrdurchmesser in cm}$$

Die zugehörigen *Mindestfließgeschwindigkeiten* $\min v$ liegen bei *0,6 bis 1,0 m/s*. Als *Größtwert* der Geschwindigkeit gilt bei vollgefüllten Rohren $\max v = 2,5 \text{ m/s}$. Bei Steinzeugrohren sowie bei Schleuderbeton- und Rüttelbetonrohren sind Geschwindigkeiten bis zu *5 m/s* vertretbar.

Während bei zu geringem Sohlgefälle Vorkehrungen für Kanalspülungen getroffen werden müssen, ist bei zu großem Gefälle die überschüssige Höhe durch den Einbau von Sohlabstürzen herabzumindern.

Einmündungen von Nebensammlern in den Hauptsammler dürfen nicht sohlengleich, sondern sollen *scheitelgleich* oder zumindest spiegelgleich, bezogen auf den Trockenwetterabfluß, liegen, um Rückstau und Ablagerungen zu vermeiden.

2.1.4.3. Rohrmaterial und Rohrverbindungen

Hinsichtlich des *Baustoffs* werden unterschieden:

- vorgefertigte Kanalisationsrohre aus Steinzeug, Stampfbeton, Schleuderbeton usw.,
- Rohre aus Ortbeton und Kanalklinkern bei größeren Profilen.

Grauguß- und Stahlrohre werden nur bei Dükern und Pumpendruckleitungen verwendet.

Steinzeugrohre werden nach TGL 9893 bis zu Nennweiten von 1200 mm und mit 1000 mm Baulänge hergestellt. Die Rohrverbindung erfolgt durch *Muffen*, die mit Teerstrick und bituminöser Vergußmasse gedichtet werden. Statt des Teerstricks kann auch ein Gummidichtungsring (siehe Abb. 4) eingelegt werden. Zum Vergießen sind Gummigießbringe zu verwenden, die nach dem Erkalten der Vergußmasse abgenommen und wiederverwendet werden.

Steinzeugrohre zeichnen sich durch hohe Abriebfestigkeit und durch eine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber chemischen Einflüssen aus.

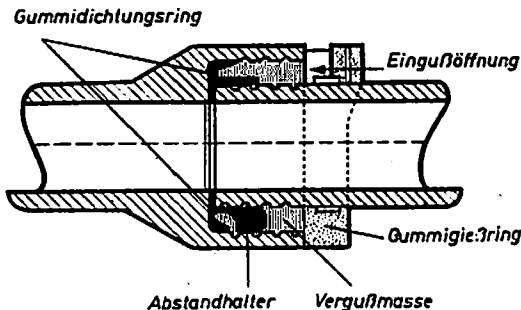


Abb. 4
Muffendichtung
mit aufgesetztem Gießring

Bei den billigeren Fertigbetonrohren nach TGL 9892 trifft dies nur im beschränkten Maße zu. Sie werden daher vorwiegend zur Ableitung von Regenwasser und Schmutzwässern verwendet, die eine geringere Betonaggressivität haben. Für die normale Baulänge und die maximale Nennweite gelten die gleichen Fertigungsmaße wie bei Steinzeugröhren (Nennweiten 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000 und 1200 mm). Unarmierte Betonrohre werden außen kreisrund oder auch mit Fuß gefertigt. Außerdem gibt es Betonrohre mit normalem Eiprofil (Abb. 5a). Kreisprofilrohre werden entweder mit Nut-Falz oder mit Glockenmuffe hergestellt; dagegen haben Rohre mit Eiprofilen nur die Nut-Falz-Verbindung. Für die Dichtung der Nut-Falz-Verbindung wird Zementmörtel oder ein bituminöses Dichtungsband benutzt. Die Beton-Glockenmuffenrohre werden ähnlich wie die Steinzeugrohre abgedichtet.

Neben unbewehrten Betonrohren, deren Herstellung nach dem Stampf-, Schleuder- oder Vakuumverfahren erfolgt, werden in Sonderfällen (d. h. zum Abfangen von Innendruck oder höherem Außendruck) auch Stahlbeton- und Spannbetonrohre eingesetzt.

Große Hauptsammler, für die keine vorgefertigten Rohre mehr zur Verfügung stehen, werden entweder an Ort und Stelle in der Schalung betoniert (Ortbeton), aus einzelnen Betonfertigteilen (Schalenelementen) montiert oder aus Klinkersteinen gemauert. Häufig werden Ortbetonkanäle ganz oder teilweise mit Steinzeugschalen unter Verwendung eines säure- und abriebfesten Spezialmörtels ausgekleidet.

Hinsichtlich der Querschnittsform werden neben einigen Sonderprofilen in der Kanalisationstechnik vorwiegend verwendet:

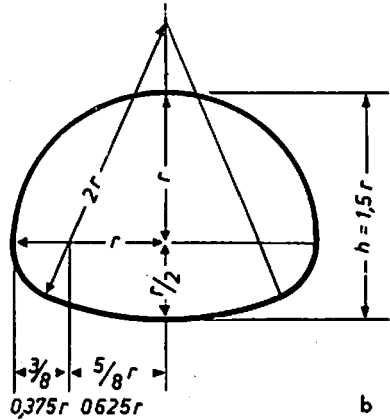
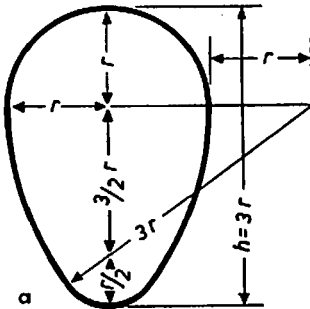
- das Kreisprofil,
- das normale Eiprofil und
- das normale Maulprofil.

Das Kreisprofil ist in bezug auf seine hydraulischen Eigenschaften besonders günstig bei Vollfüllung des Profils und konstantem Abfluß. Diesen Bedingungen entsprechen weitestgehend die Verhältnisse in den Leitungen des Trennsystems. Auch für Düker und Pumpendruckleitungen werden aus statischen Gründen ausschließlich Kreisprofilrohre verwendet. Der zulässige Mindestdurchmesser beträgt für alle Entwässerungsleitungen mit Ausnahme der Hausanschlußleitungen 200 mm.

Im Gegensatz zum Kreisprofil ist das Eiprofil besonders vorteilhaft, wenn stark schwankende Wassermengen abgeleitet werden sollen (Mischsystem). Infolge der schmalen Sohle sind die Fülltiefe und die Fließgeschwindigkeit bei Trockenwetterabfluß größer und damit die Ablagerungsgefahr geringer. Auch sind Eiprofile bei hohen Auflasten statisch vorteilhafter. Normale Eiprofile haben ein Verhältnis Breite zu Höhe wie 2:3.

Abb. 5
Rohrprofile

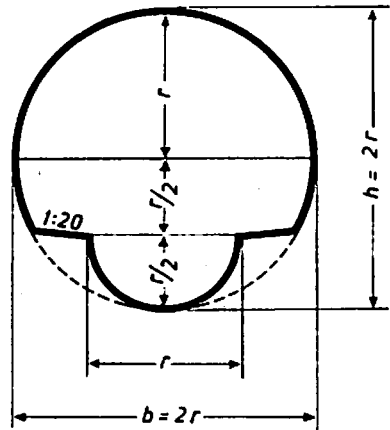
a h o ales Eiprofil
b M lprofil



Maulprofile (siehe Abb. 5b) sind immer dann vorzusehen, wenn die Einbauhöhe infolge hohen Grundwasserstandes, schlechter Vorflut usw. begrenzt werden muß. Bei ihnen beträgt in der Normalausführung das Verhältnis Breite zu Höhe 2:1,5.

Große Mischsystemsammler erhalten oft eine seitlich oder mittig in die Sohle eingelassene *Niedrigwasserrinne* (Abb. 6), um die hydraulischen Abflußbedingungen zu verbessern. Damit der Seitensteg für Kontrollzwecke begehrbar ist, muß die Rinne den Trockenwetterabfluß ohne Überspülung aufnehmen können.

Abb. 6
Mischsystemsammler
mit Niedrigwasserrinne

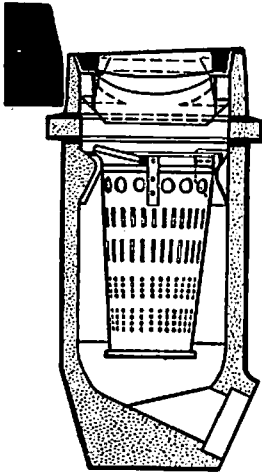


2.1.4.4. Bauwerke im Kanalisationsnetz

Je nach Größe und System des Entwässerungsnetzes und in Abhängigkeit von der örtlichen Situation werden neben den Abwasserleitungen zahlreiche Bauwerke benötigt. Hierzu gehören hauptsächlich:

- Straßenabläufe
- Einsteigeschächte
- Absturzbauwerke
- Regenüberläufe
- Regenwasseraufhaltebecken
- Düker und
- Abwasserpumpwerke

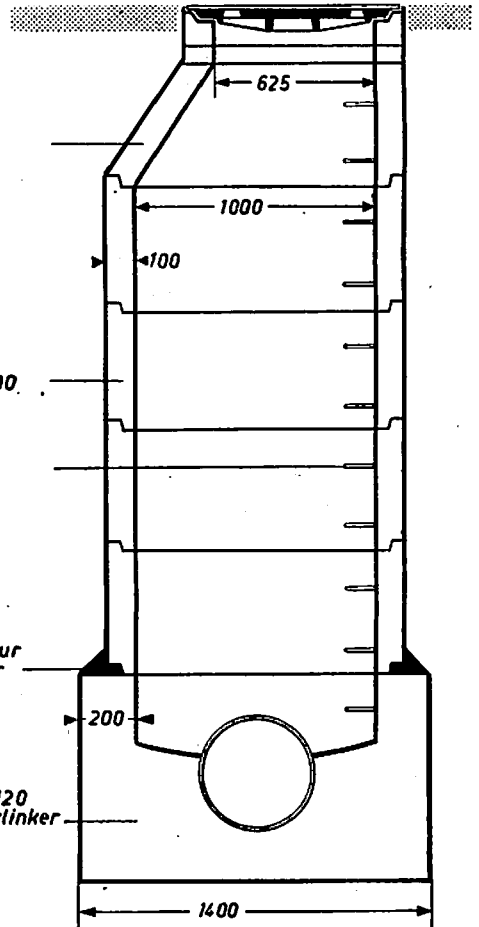
Straßenabläufe zur Aufnahme des in den Bordsteinrinnen abfließenden Regenwassers werden in der Regel in Abständen bis zu 40 m angelegt. Auf einen Straßenablauf sollen etwa 400 bis 500 m² zu entwässernde Straßenfläche entfallen. Abbildung 7 zeigt einen Straßenablauf mit Bodenauslaß und Schlammweimer. Bei guten Abflußbedingungen im nachfolgenden Kanalabschnitt kann auf den Schlammweimer verzichtet und damit der Wartungsaufwand durch Wegfall der regelmäßigen Eimerentleerung erheblich verringert werden.



Aufsatz

Abb. 7
Straßenablauf mit Bodenauslaß
und Fangeimer

Schachthals
1000×625



Schachtringe
1000×500
oder 1000×1000

Steigeisen

Betanwulste zur
Sicherung der
Schachtringe

Ortsbeton B 120
oder Schachtklinker

Abb. 8
Einsteigeschacht
aus Betonfertigteilen

Regenüberläufe werden nur im Mischsystemnetz benötigt und haben die Aufgabe, die Sammler bei Starkregen von einem großen Teil des ankommenden Regenwassers zu entlasten. Bei den nachfolgenden Sammlern lassen sich dadurch unwirtschaftlich große Leitungsquerschnitte vermeiden, und auch die Kläranlage bzw. das Verwertungsgebiet brauchen nicht für den gesamten Regenwasserabfluß bemessen zu werden.

Regenüberläufe müssen in unmittelbarer Nähe von leistungsfähigen Vorflutern liegen, um den abgeworfenen Mischwasseranteil mittels kurzer *Stichleitungen* aus dem Kanalisationsnetz entfernen zu können (Abb. 10).

Das für die Regenüberlaufbemessung erforderliche *Mischungsverhältnis*, bei dessen Überschreitung der Regenüberlauf selbständig anspringen soll, wird grundsätzlich im wasserwirtschaftlichen Gutachten der zuständigen Wasserwirtschaftsdirektion in Verbindung mit den Dienststellen der Hygiene festgelegt. Entscheidend für diese Festlegung ist die *Wasserbeschaffenheit* und die *Wasserführung* des jeweiligen Vorfluters.

Die Bemessung und Ausbildung der Überläufe ist nach dem verbindlichen Typenprojekt „Regenüberfallbauwerke“ durchzuführen. Der Regenüberlauf hat hierbei die Form eines *Streichwehres* mit hochgezogener Wehrschwelle (Abb. 11) und ist in einer rechteckigen unterirdischen Kammer untergebracht.

Die zur Kläranlage weiterführende Sammlerleitung wird in einem Teilabschnitt als *Drosselleitung* ausgebildet. Ihre Aufgabe ist es, eine derartige Aufstauhöhe des ankommenden Wassers in der Streichwehrekammer zu erzeugen, daß an jeder Stelle die sogenannte Grenztiefe (das ist die Tiefe am Übergang vom schießenden zum strömenden Abflußzustand) überschritten wird. Gleichzeitig wird durch den Rückstau der Drosselleitung ein Teil des Leitungsvolumens als Speicherraum nutzbar gemacht und damit der Anspringszeitpunkt des Regenüberlaufs hinausgezögert. Ein großer Teil des bei Regenbeginn abgespülten Straßenschmutzes und der in den Leitungen aufgewirbelten Schlammablagerungen wird so vom Abfließen in den Vorfluter zurückgehalten und gelangt statt dessen in die Kläranlage.

Regenwasseraufhaltebecken haben die Aufgabe, bei Starkregen die in der Mischsystemkanalisation oder die im Regenwassernetz der Trennsystementwässerung abfließenden Wassermengen vorübergehend zu speichern und verlangsamt weiterfließen zu lassen. Infolge der dadurch erzielten Abflachung der Abflußspitzen können die Abmessungen der nachfolgenden Sammler und Pumpanlagen kleiner gehalten werden.

Während im unbebauten Gelände (Grünanlagen) und bei Trennentwässerung meist offene Becken mit Erdböschungen genügen, müssen bei *Mischentwässerung* und in *bebauten Gebieten* aus hygienischen und ästhetischen Gründen meist überdeckte, d. h. *unterirdische Becken* gebaut werden (Abb. 12). Die Beckensohle muß so viel Gefälle erhalten, daß sich das nach Regenende wieder leerlaufende Becken von allein entschlammt.¹

Ein Düker ist vorzusehen, wenn eine Gefälleleitung ein Hindernis (z. B. Wasserlauf, Verkehrsweg, Bauwerk oder Geländeeinschnitt) unterführen muß.

¹ Bemessungshinweise können nachgelesen werden in: „Bemessungsgrundlagen zur Bearbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen“, 2. Auflage, Amt für Wasserwirtschaft, Berlin 1964, und Hummel „Abwasserableitung — Abwasserbehandlung“, Ingenieurtaschenbuch Bauwesen, Band III, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1965

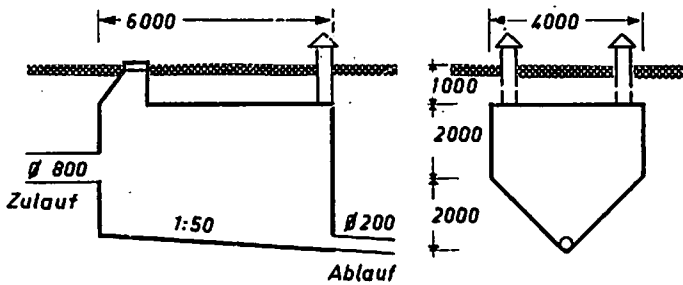


Abb. 12
Überdecktes
Regenwasseraufhalte-
becken

Infolge des hohen Wartungsaufwandes (Beseitigung von Ablagerungen) sind jedoch vor der endgültigen Wahl eines Dükers alle anderen Lösungsmöglichkeiten noch einmal sorgfältig zu überprüfen.

Bei der *Mischsystemkanalisation* sind mindestens zwei Dükerrohre (für den Trockenwetter- und für den Regenwetterabfluß) nebeneinander zu verlegen.

Durch den Einbau einer *Wehrschwelle* im Dükereinflaßbauwerk wird erreicht, daß das Regenwasserdükerrohr erst nach Überschreiten einer bestimmten Zuflußmenge durchfließen wird. Um Ablagerungen von Sinkstoffen zu vermeiden, ist eine flache Neigung des aufsteigenden Dükerschenkels (Abb. 13a) zweckmäßig. Nur bei Platzmangel sollte ein senkrechter Auslaufschenkel errichtet werden (Abb. 13b). Ein regelmäßiges Entfernen der Sinkstoffe aus dem senkrechten Auslauf ist hier unumgänglich.

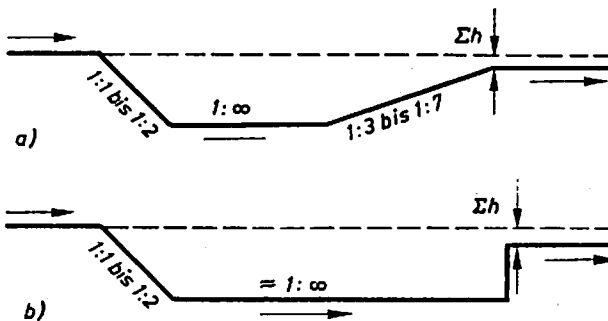


Abb. 13
Mögliche Dükerformen

Am Ein- und Auslauf des Dükers sind *Einsteigeschächte* mit den erforderlichen Betriebs-einrichtungen, wie Grobrechen, Spülschutz und Dammbalkenverschlüssen für Reinigungsarbeiten, anzuordnen. Damit die Fließwiderstände überwunden werden, muß der *Auslaufwasserspiegel* um einen bestimmten Betrag *unter* dem Einlaufwasserspiegel liegen.

Abwasserpumpwerke sind erforderlich, um das Abwasser aus tiefliegenden Sammlern in höher liegende Sammler, in die Kläranlage oder in den Vorfluter zu fördern. Je nach dem gewählten Entwässerungsverfahren werden unterschieden:

- Mischwasserpumpwerke
- Schmutzwasserpumpwerke
- Regenwasserpumpwerke

Die Ausführung wird nach verbindlichen Typenprojekten vorgenommen. In Abbildung 14 ist das Typenprojekt für ein *Schmutzwasserpumpwerk* veranschaulicht.

Da das Fördermedium aus ungereinigtem Abwasser besteht, müssen die verwendeten Kreiselpumpen so gebaut sein, daß neben Sand auch faserige und sperrige Stoffe gefördert werden können. Sogenannte *Dickstoffpumpen* bzw. *Kanalrad- oder Schlauchradpumpen* sind für diesen Zweck besonders geeignet. Nachteilig ist, daß diese Pumpenarten nicht selbstansaugend arbeiten. Das Abwasser muß daher beim Einschaltwasserstand der Pumpe an der Ansaugseite von allein zufließen können, oder es müssen vor Inbetriebnahme der Abwasserpumpe erst deren Gehäuse sowie die Saugleitung mittels einer besonderen Vakuumpumpe entlüftet werden.

Für den automatischen Pumpwerkbetrieb ist jedoch der freie Abwasserzulauf zum Pumpengehäuse am betriebssichersten.

Dazu ist es erforderlich, daß die Pumpe unter dem zulaufseitigen Wasserspiegel aufgestellt wird (siehe Abb. 14). Um Raum für die Pumpe einzusparen und um den Elektromotor übersflutungssicher aufstellen zu können, werden meist *Kreiselpumpen* mit vertikaler Welle verwendet. Zur Erleichterung der Pumpenwartung sollte jedoch auch hier möglichst immer die *Trockenaufstellung* bevorzugt werden, die sich bei Kreiselpumpen mit horizontaler Welle zwangsläufig ergibt. Dies bedeutet, daß der Pumpenraum vom Sammelraum durch eine Wand getrennt ist.

Baustatisch günstige Grundrißformen für derartige Pumpwerke zeigt Abbildung 15. Ein *Sammelraum* wird benötigt, um das häufige Ein- und Abschalten der Pumpen bei schwankendem Abwasserzufluß auf die für die Aggregate zulässige Schaltzahl (etwa 3 bis 5 Schaltungen je Stunde) zu reduzieren.

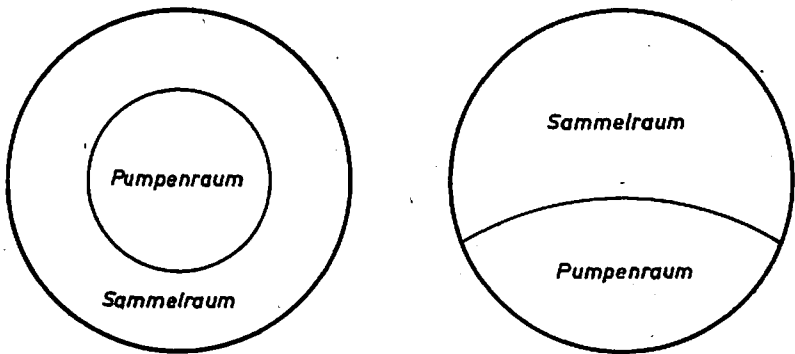
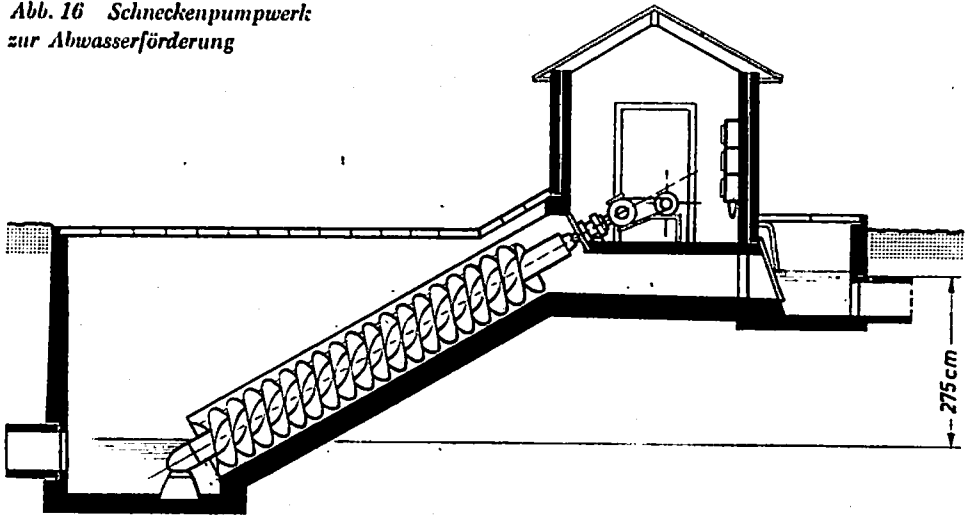


Abb. 15 Statisch günstige Grundrißformen von Abwasserpumpwerken

Zur weiteren Ausrüstung derartiger Pumpwerke gehören hand- oder maschinell betriebene *Rechen* vor dem Pumpeneinlauf (im Typenprojekt z. B. ein Radialrechen mit Hammerzerkleinerer), automatische, wasserstandabhängige *Schaltvorrichtungen*, ein *Durchflußmengemesser* und mindestens eine *Reservepumpe*.

Für die drucklose Überwindung kleinerer Förderhöhen gewinnen zunehmend schrägliegende *Schneckenpumpen* (Abb. 16) an Bedeutung. Ihr besonderer Vorzug ist die Unempfindlichkeit sogar gegenüber festen und sperrigen Abwasserinhaltsstoffen. Die Vorschaltung eines Rechens kann daher entfallen.

Abb. 16 Schneckenpumpwerk zur Abwasserförderung



AUFGABEN

1. Wodurch unterscheidet sich der Begriff „hydraulischer Radius“ vom Kreisradius?
2. Beurteilen Sie die Einsatzfähigkeit von Steinzeug- und Betonrohren in Kanalisationsanlagen!
3. Nennen und begründen Sie geeignete Aufstellungsarten für Abwasserpumpen!

2.1.5. Bau und Betrieb des Kanalisationsnetzes

2.1.5.1. Herstellung und Verbau der Rohrgräben

Bei Rohrleitungen, die in Gräben verlegt werden, nimmt die *Erddruckbelastung* nicht nur mit der Verlegungstiefe, sondern in noch viel stärkerem Maße mit der Grabenbreite zu. Um Rohrbrüche zu vermeiden und um Kosten für teure bauliche Schutzmaßnahmen (z. B. Betonummantelung der Leitungen) einzusparen, ist der Graben im unteren Teil nicht breiter als für die Rohrverlegungsarbeiten unbedingt erforderlich auszubilden. Hinweise hierfür enthalten die TGL 11482, Blatt 1, und die Arbeitsschutzanordnung (ASAO) 631/2.

In Straßen mit wenig Verkehr und außerhalb des bebauten Gebiets sollten möglichst immer *geböschte Rohrgräben* ausgehoben werden. Die erforderliche Böschungsneigung ergibt sich aus der Bodenart.

Wenn aus Platzgründen keine Böschungen angelegt werden können, sind *Rohrgräben mit senkrechten Wänden* auszuheben. Das Aushubmaterial ist derart seitlich abzulagern, daß unmittelbar neben dem Grabenrand ein beidseitiger Arbeitsstreifen von mindestens 0,60 m Breite frei bleibt. Für den Grabenaushub sind Universalbagger, Grabenbagger, Grabenfräsen, Mehrzweckgeräte und Grabeneimerkettenbagger geeignet.

Besondere Sorgfalt erfordert hierbei die Einhaltung der festgelegten Sohl-tiefe. Ein Tieferbaggern ist unbedingt zu vermeiden.

Bei nur geringem Grundwasserandrang zum Rohrgraben genügt eine *offene Wasserhaltung*, um die Baugrube trocken zu legen. Hierzu werden in vorher berechnetem Abstand Pumpensümpfe seitlich der Rohrgrabensohle ausgehoben und diese mittels Kreisel- oder Diaphragmapumpen entwässert.

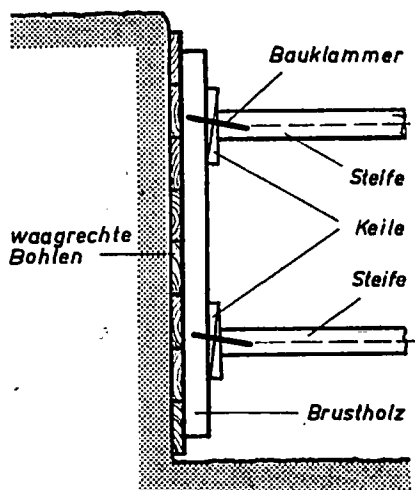
Zum Schutz der Grabensohle gegen Bodenauswaschung ist gegebenenfalls längs der gesamten Sohle eine grobe Schotter- oder Kiesschicht aufzubringen oder unter der Grabensohle eine Dränleitung zu verlegen.

Bei höheren Grundwasserständen muß dagegen meist eine *geschlossene Wasserhaltung* errichtet werden. Die dazu erforderlichen *Füllerrohrbrunnen* werden als Brunnenreihe parallel zum Rohrgraben angeordnet. Mittels Pumpbetrieb läßt sich dann der Grundwasserspiegel unter die Rohrgrabensohle absenken. Hierbei sind die Hinweise in TGL 112-0677 und TGL 118-0103 zu beachten.

Weiterhin müssen gemäß ASAO 631/2 alle senkrechten Leitungsgräben, soweit sie sich nicht im Fels oder in ähnlich standfestem Boden befinden, bei Aushubtiefen über 1,25 m sachgemäß verbaut werden. Der *Verbau* muß gleichlaufend mit der Vertiefung der Gräben erfolgen. Die wichtigsten herkömmlichen *Verbauarten* sind:

- der waagerechte Verbau
- der lotrechte Verbau

Abb. 17
Waagerechter Grabenverbau



Der waagerechte Verbau (Abb. 17) ist vorwiegend für die Grabenaussteifung bei standfestem Boden geeignet. Je nach Standfestigkeit des Bodens läuft der Grabenaushub um die Tiefe von 1 bis 4 Bohlenbreiten voraus. Danach werden die waagerechten Bohlen eingezogen und mit Brusthölzern und dazwischen gesetzten Holzsteifen gegeneinander verspannt. Statt Holzsteifen können auch stählerne Teleskopsteifen oder Spindelspreizen verwendet werden. Folgende Maße haben sich im Grabenverbau als zweckmäßig erwiesen:

Bohlen	4,5 bis 6 cm dick, 25 bis 30 cm breit, 450 cm lang,
Brusthölzer	8×16 bis 18×20 cm im Querschnitt, 200 cm lang,
Steifen	je nach Länge 10 bis 18 cm Durchmesser.

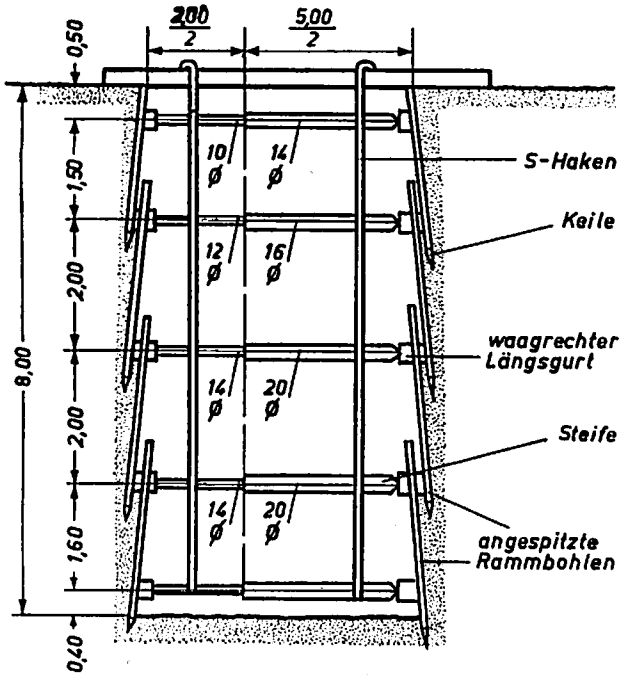


Abb. 18
 Lotrechter Grabenverbau
 in mehreren Teilabschnitten
 übereinander

Grabenwände in sehr losem, rolligem Boden, die nicht einmal auf die Tiefe einer Bohlenbreite standfest sind, müssen durch einen lotrechten Verbau gesichert werden. Dabei werden die unten einseitig angespitzten Bohlen senkrecht in die Erde gerammt und durch waagerechte, den Bohlen als Führung dienende Längsgurte in Verbindung mit Rundholzsteifen verspannt. Ausgeschachtet wird stetig nach dem weiteren Einrammen der Bohlen. Bei Gräbentiefen über 3 bis 4 m werden mehrere Bohlenwände von 2 bis 2,5 m Tiefe gestaffelt und – leicht schräg nach außen geneigt – untereinander angeordnet (Abb. 18). Durch den Einbau von S-Haken zwischen übereinanderliegenden Steifen läßt sich verhindern, daß die Längsgurte beim Einrammen der Bohlen mitgezogen werden. Statt der Holzbohlen können auch stählerne *Kanaldielen* oder – bei starkem Grundwasserandrang – sogar abdichtende *Spundwandbohlen* verwendet werden.

Im Gegensatz zur Handausschachtung müssen beim Einsatz moderner Grabenbagger auf Grund ihrer Arbeitsweise und der Forderung nach ihrer intensiven Nutzung *senkrechte Rohrgräben* – ungehindert durch Aussteifungen – in einem Arbeitsgang bis zur endgültigen Tiefe ausgehoben werden. Da jedoch nach der ASAO 631/2 ungesicherte Rohrgräben mit senkrechten Wänden von mehr als 1,25 m Tiefe grundsätzlich nicht betreten werden dürfen, sind zum gefahrlosen nachträglichen Verbau solcher Gräben sogenannte *Verbaugeräte* einzusetzen. Dies sind rahmensteife, erddrucksichere Hilfskonstruktionen, die entweder vom Bagger oder Kran in den ausgehobenen Graben gesetzt werden und in deren Schutz dann erst die Tiefbauarbeiter die Verbauhölzer einbauen (Abb. 19). Diese Hilfskonstruktionen können auch schon außerhalb des Grabens beidseitig mit den Verbaubohlen bestückt werden (Abb. 20).

Abb. 19
Arbeitsweise
des Verbaugerüts
„System Lammers“

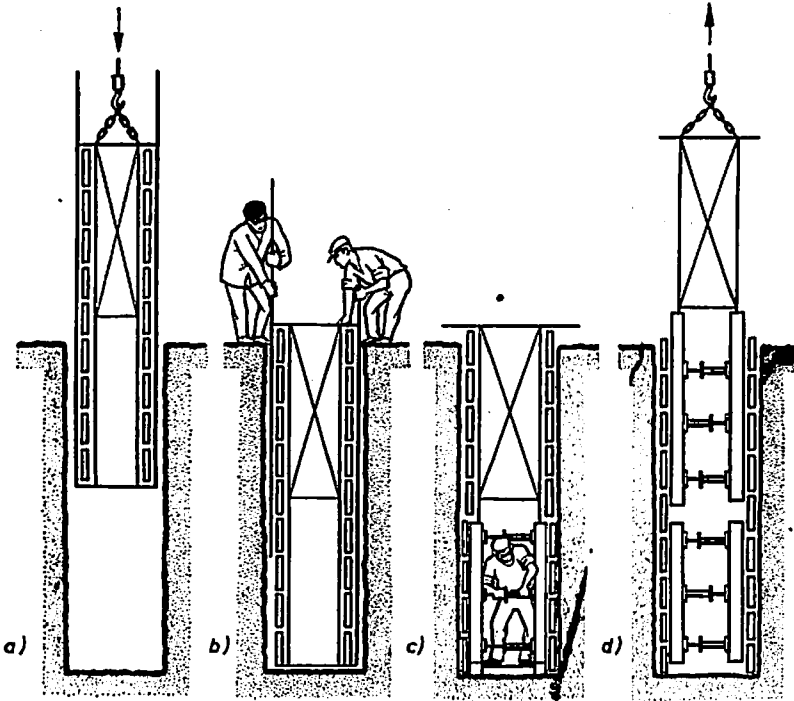
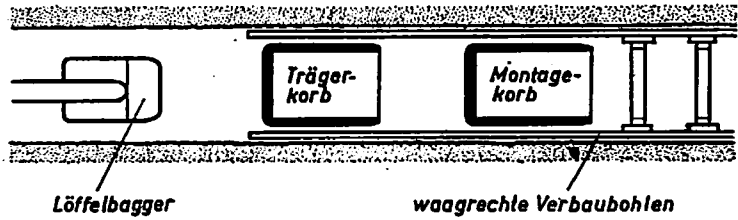


Abb. 20 Arbeitsweise des Verbaugerütes „System Heidbreder“

- a der mit Verbaubohlen bestückte Rahmen wird in den Graben eingesetzt
- b die Stangen zum Halten der Bohlen werden gezogen
- c die Bohlen werden im Schutz des Rahmens versteift
- d der leere Rahmen wird gezogen, um neu mit Bohlen bestückt zu werden

Voraussetzung für den Einsatz dieser Geräte ist, daß die Grabenwände wenigstens bis zum Einbringen der Hilfskonstruktionen und der Verbaubohlen standfest bleiben.

2.1.5.2. Rohrverlegung und Grabenverfüllung

Kleinere Rohre werden von Hand, größere Rohre dagegen mittels Dreibock, Portalkran, Autokran oder Bagger in den Graben abgelassen und verlegt. Damit das projektierte Gefälle und die Achsrichtung auch eingehalten werden, ist jedes einzelne Rohr mittels

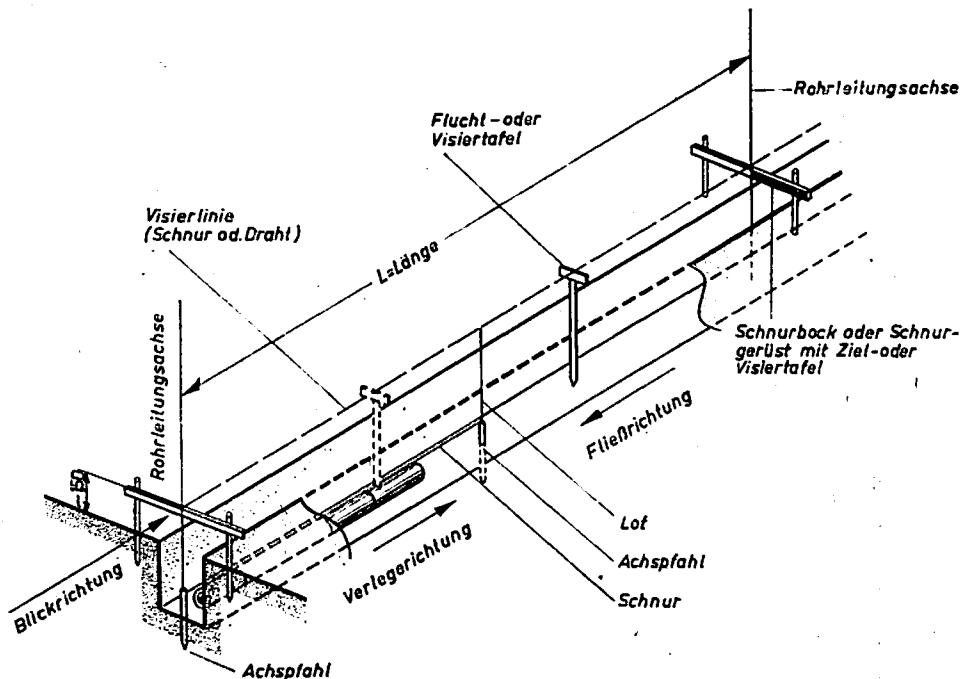


Abb. 21 Einmessen der Rohre bei der Verlegung

Visiergerüsten und Visiertafeln genau einzumessen (Abb. 21). Um auftretendes Grund- und Regenwasser leichter abfließen zu lassen, werden die Rohre von unten nach oben verlegt, wobei die Muffe immer bergauf liegt. Die Rohre müssen auf ihrer ganzen Länge satt aufliegen. Im Bereich der Muffen sind daher ausreichende Sohlvertiefungen vorzusehen.

Auf keinen Fall dürfen Höhendifferenzen durch Unterlegen von Steinen ausgeglichen werden. Auch darf die Grabensohle beim Rohrverlegen nicht gefroren, aufgeweicht oder aufgelockert sein.

Da die *Rohrlagerungsart* die Tragfähigkeit entscheidend beeinflusst, sind die Hinweise in TGL 92-020 streng einzuhalten. Danach können die Rohre je nach der Auflast im Sand-Kiesbett, im Betonbett oder mit Betonummantelung verlegt werden.

Nach Fertigstellung der Freispiegelleitung ist die *Dichtheit* der ausgeführten Rohrverbindungen durch eine Druckprüfung mit einem Prüfdruck bis zu 5 m, jedoch nicht unter 3 m Wassersäule zu überprüfen (TGL 92-045). Um Lageveränderungen zu vermeiden, ist dabei die Leitung mit Ausnahme der Verbindungsstellen bis knapp unter den Scheitel mit Bodenmaterial anzudecken.

Bei der Grabenverfüllung müssen die Rohre bis 30 cm über Rohrscheitel in Lagen von maximal 15 cm mit steinfreien, verdichtungsfähigen Erdstoffen umhüllt werden. Die Verdichtung ist gleichmäßig beidseitig des Rohres mit Holzstampfern oder leichten Verdichtungsgeräten vorzunehmen. Der Einsatz maschineller Verdichtungsgeräte ist erst in einem bestimmten Abstand über Rohrscheitel, der der Tiefenwirkung des Geräts plus 30 cm entspricht, zulässig.

Das Einspülen oder Einsumpfen von Erdstoffen ist untersagt. Ebenfalls darf kein gefrorenes Material eingebracht werden.

Das restliche Verfüllen des Rohrgrabens wird in Abschnitten vorgenommen, die der Verdichtungstiefe des eingesetzten Gerätes entsprechen. Gleichlaufend mit dem lageweisen Einbringen und Verdichten der Erde ist die Grube allmählich zu versteifen.

2.1.5.3. Betrieb der Kanalisation

Das Leitungsnetz muß regelmäßig kontrolliert werden, um Rohrbrüche, Sinkstoffablagerungen und sonstige Schäden rechtzeitig erkennen und beseitigen zu können.

Durch Kanalspiegel, eingeführte Foto- oder Fernskameras läßt sich der innere Zustand der Leitungen auch vom Straßenbereich aus überprüfen. Macht sich ein Einstieg in die Schächte und Kanäle erforderlich, sind die Schutzbestimmungen der ASAO 144 genauestens zu befolgen.

Zum Betrieb der Kanalisation gehört weiterhin die *ständige Überwachung* der zum Schutz der Leitungen am Abwasseranfallort gegebenenfalls vorzusehenden Anlagen zur Neutralisation, Entgiftung, Fett- und Benzinabscheidung usw.

Eine weitere wichtige Betriebsaufgabe ist die *regelmäßige Reinigung* solcher Leitungsabschnitte, die infolge unzureichender Gefällsverhältnisse zu Sinkstoffablagerungen neigen. Derartige Ablagerungen lassen sich entweder mechanisch mittels *Kanalwinden* oder hydraulisch mittels *Spülschwall* bzw. auch *Druckwasser* beseitigen.

Für das Durchziehen der mechanischen Reinigungsgeräte, wie Bürsten, Wurzelschneidern, Gummischieben, Rohrschabern, Eimern usw., werden Hand- oder Motorwinden benötigt.

Bei der *hydraulischen Reinigung* wird durch Aufstau des Abwassers oder Zugabe von Reinwasser und plötzliches Öffnen des Stauverschlusses ein Spülschwall erzeugt. Ein wandernder Stau wird durch Einsetzen von Stau- oder Schwimmkörpern in die Abwasserleitung hervorgerufen. Während der erzeugte Staudruck das Gerät in der Fließrichtung vorwärtsschiebt, werden die Sinkstoffablagerungen durch den unter dem Gerät austretenden Spülstrahl aufgewirbelt.

Als Ersatz für Spülbälle haben sich z. B. bei der Dückerreinigung auch Eiskugeln bewährt, deren Vorzug darin besteht, daß sie beim Steckenbleiben allmählich auftauen.

Zur Beseitigung festerer Ablagerungen läßt sich auch die *Hochdruckspülung* verwenden, bei der ein Schlauch nebst Spülkopf in die Leitung eingeführt wird. Das aus dem Spülkopf schräg nach hinten mit hohem Druck austretende Reinwasser beseitigt die Ablagerungen und treibt gleichzeitig die Spüleinrichtung vorwärts.

AUFGABEN

1. Ermitteln Sie die erforderlichen Maßnahmen (Böschungsneigung, Verbau, Grundwasserhaltung) für die Verlegung einer Abwasserleitung in 3 m Tiefe in feinsandigem Boden mit hohem Grundwasserstand!
2. Untersuchen Sie den zulässigen Einsatzbereich eines Vibrationsstampfers mit 0,25 m Verdichtungstiefe bei der Verfüllung eines Rohrgrabens!