

# A. Die Bauvorbereitung

## 1. Das Kanalsystem

Das in einem Entwässerungsgebiet (Einzugsgebiet) anfallende Abwasser wird als ein „durch häusliche, gewerbliche oder industrielle Nutzung nachteilig verändertes Wasser sowie abfließendes Niederschlagwasser von Ansiedlungen“ (ÖNORM B 2500) definiert. Es unterscheidet sich in Schmutzwasser, Regenwasser (Niederschlagwasser) und Mischwasser (Schmutzwasser mit Regenwasser gemischt). Dementsprechend gibt es zur schnellen und gefahrlosen Ableitung bzw. schadlosen Beseitigung dieser Wässer zwei Systeme: Das Trennsystem und das Mischsystem. Beim Trennsystem wird das Schmutzwasser und das Regenwasser in zwei getrennten Kanälen, beim Mischsystem in einem gemeinsamen Kanal abgeleitet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß nur ein Schmutzwasserkanalnetz oder nur ein Regenwasserkanalnetz vorhanden ist. Im ersteren Fall wird das Regenwasser in offenen Gerinnen abgeleitet oder aber versickert (unvollkommenes Trennsystem), im letzteren das Schmutzwasser in Senkgruben gesammelt oder in Hauskläranlagen gereinigt. Da beim vollkommenen Trennsystem zwei Kanalleitungen vorhanden sein müssen, ist es klar, daß es wesentlich teurer ist als das Mischsystem. Ein besonderer Nachteil besteht auch darin, daß eine strenge Überwachung von nachträglich durchgeführten Einmündungen in das Kanalnetz erforderlich ist, weil es sonst leicht vorkommt, daß die Kanäle verwechselt werden und man Schmutzwasser in den Regenwasserkanal einmündet, der vielleicht im Verhältnis zur Liegenschaft günstiger gelegen ist, und umgekehrt.

Bei der Verlegung der Schmutzwasserkanäle ist besonders darauf zu achten, daß sie dicht sind, weil sie wegen ihrer geringeren Profilfläche gegen etwaiges Eindringen von Grundwasser, das ihre Abflußfähigkeit für Schmutzwasser beeinträchtigt, besonders empfindlich sind. Das Mischsystem ist billiger, einfacher und übersichtlicher. Mit Rücksicht auf die Abfuhr von Regenwasser, das besonders zur Kanalspülung beiträgt, hat es ein wesentlich größeres Abfuhrvermögen, das nur bei starken Regenfällen voll ausgenützt wird. Es ist damit viel unempfindlicher gegen das Einfließen von Grundwasser. Man sollte daher den Bau eines Kanalnetzes nach dem Mischsystem anstreben.

Gemäß § 30 d der Wasserrechtsnovelle 1959 ist für die Einleitung einer Kanalisation in ein öffentliches Gewässer eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen, in der „auf die technischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, insbesondere auch auf das Selbstreinigungsvermögen des Gewässers, entsprechend Bedacht zu nehmen ist“. Danach richtet sich die Art der vorzunehmenden Reinigung des Abwassers, ob diese nur

mechanisch oder auch biologisch zu sein hat. Bei einer Kanalisation nach dem Mischsystem kann man durch den Einbau eines Regenüberfalles in Form eines Streichwehres erreichen, daß lediglich die durch Regenwasser verdünnte zwei- bis fünffache Schmutzwassermenge in die Kläranlage gelangt, das übrige Abwasser aber unter Bedachtnahme auf den zitierten § 30 d in ein öffentliches Gewässer abgeleitet wird. Dies ist übrigens bei Mischwasserkanälen allgemein üblich, um die Profilgrößen der Sammelkanäle in annehmbaren Grenzen zu halten. Das Gewässer wird dadurch auch nicht stärker verschmutzt als durch eingemündete Regenwasserkanäle, in denen bei Regenbeginn die abgesetzten Kanalschmutzstoffe abgeschwemmt werden.

Beim unvollkommenen Trennsystem, bei dem sich Ersparungen beim Bau des Rohrnetzes ergeben und doch die Einleitung von ungereinigtem Schmutzwasser in die Vorflut vermieden wird, entstehen Schwierigkeiten bei der oberirdischen Ableitung des Regenwassers in offenen Gräben hinsichtlich des Straßenverkehrs, an der Einmündung von Grundstücksentwässerungen sowie wegen der Vereisung. Auch werden die Gräben nur zu gerne von den Anrainern als Schmutzablagerungsstätten verwendet. Er sollte daher nur in kleinen, weiträumig verbauten Gebieten ohne größerem Durchzugsverkehr zur Anwendung gelangen.

## **2. Das Einzugsgebiet (Generelles Projekt)**

Das Einzugsgebiet (Entwässerungsgebiet) eines Kanals ist das durch eine Wasser- oder Entwässerungsscheide begrenzte, in der Horizontalprojektion gemessene Gebiet, das zu einem bestimmten Punkt des Kanals entwässert. Diese Wasser- oder Entwässerungsscheide kann ein Höhenrücken, ein Gewässer, aber auch bloß ein sonstiges Hindernis, wie z. B. ein Hauptwasserrohr oder eine Kabelblocktrasse, sein. Für das generelle Projekt (Vorentwurf) der Kanalisierung eines Entwässerungsgebietes genügt ein Übersichtsplan 1:25.000 (besser wäre ein solcher von 1:10.000 oder 1:5000) mit Höhenangaben (Schichtenlinien) und eingezeichneten Bach- und Flußläufen sowie Straßenzügen, der das gegenwärtige und das künftige zu entwässernde Siedlungsgebiet enthalten muß (Abbildung 1). Angaben über Grundwasser- und Untergrundverhältnisse wie auch über die übrigen unterirdischen Einbauten (Wasser- und Gasrohre, verschiedene Kabel, Fernheizleitungen) sowie die Kellertiefe der Gebäude, über Straßenunterführungen und sonstige auf die Kanalverlegung Einfluß nehmende Umstände sind gleichfalls notwendig. Wichtig ist auch die Art und Dichte der Bebauung sowie die Art der Straßenbefestigung. Bei Abgrenzung des zu entwässernden Gebietes muß auf die künftige Entwicklung Rücksicht genommen werden, wobei

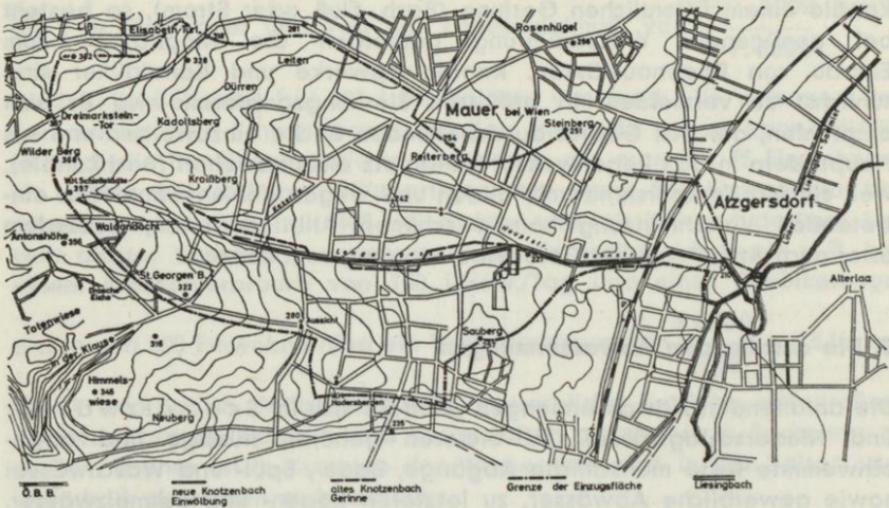


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Knotzenbaches

zunächst ein Zeitraum von 20 bis 30, für die fernere Zukunft ein solcher von etwa 50 Jahren anzunehmen ist. Auch ist zu erkunden, ob nicht das Gebiet einer benachbarten fremden Siedlung zwangsläufig mit entwässert werden muß und somit hinsichtlich dessen Kanalisierung eine Regelung zu treffen ist. Für das generelle Projekt eines großen Gebietes ist es in erster Linie notwendig, die Hauptzüge des Kanalnetzes festzulegen und zu dimensionieren. Für die Längenschnitte genügt ein Maßstab von 1:2000 bis 1:5000 für die Längen und von 1:200 für die Höhen. Sich in Details zu verlieren ist nicht notwendig, da sich im Laufe der Jahre vieles ändert und die Aufwendungen an Mühe und Kosten sich als vergeblich erweisen könnten. Selbst bei Vorliegen eines genauen Regulierungsplanes, der sich im übrigen auch noch ändern kann, ist es fraglich, wie die Aufschließung tatsächlich durchgeführt wird. Es kommt häufig vor, daß sie sich nicht nach der günstigsten Entwässerungsmöglichkeit richtet. Daher muß die Führung von Kanälen in den Grenzgebieten eine gewisse Elastizität zulassen.

Das Gebiet zwischen zwei Wasserscheiden wird durch einen Sammelkanal entwässert, der die kleineren Zubringerkanäle aufnimmt. Mehrere Sammelkanäle werden in einen Hauptsammelkanal eingemündet, der zu einem Tiefpunkt führt, wo die Einmündung in den Vorfluter, bei Mischwasser- bzw. Schmutzwasser-Führung im Wege einer Kläranlage, erfolgt. Grundsätzlich ist das Abwasser den Sammelkanälen bzw. dem Hauptsammelkanal auf dem kürzest möglichen Wege zuzuführen. Folgen diese

Kanäle einem öffentlichen Gerinne (Bach, Fluß oder Strom), so besteht bei genügender Wasserführung desselben die Möglichkeit zum Einbau von Regenauslässen. Kanalpumpwerke und Kanaldüker sind tunlichst zu vermeiden. In größeren Siedlungsgebieten wird es sich empfehlen, die das Gebiet durchziehenden Bäche einzuwölben und als Hauptadern in das Regenwasser-Kanalnetz einzubeziehen (Bachkanäle), weil sie ein Verkehrshindernis bilden und wegen der unvermeidlich eintretenden Verschmutzung keinen schönen Anblick bieten, außerdem aber auch Anlaß zu einer Geruchsbelästigung sein können.

### 3. Die anfallenden Abwassermengen

Die anfallenden Abwassermengen gliedern sich in Schmutzwässer und Niederschlagwässer. Zu ersteren gehören flüssige und abgeschwemmte feste menschliche Abgänge, Bade-, Spül- und Waschwässer sowie gewerbliche Abwässer, zu letzteren Regen- und Schmelzwässer. Das häusliche Abwasser ist zumeist schwach alkalisch und enthält organische und mineralische Bestandteile. Entsprechend den menschlichen Lebensgewohnheiten ist die Schmutzwassermenge im Laufe von 24 Stunden großen Schwankungen unterworfen (Abbildung 2). Zwischen 12 Uhr und 14 Uhr stellt sich die Tagesspitze mit  $\frac{1}{14}$  der Tagesmenge  $Q$  je Stunde ein. Das Tagesmittel beträgt  $\frac{1}{18} Q$ , das Nachtmittel  $\frac{1}{36} Q$  je Stunde. Die Tagesmenge  $Q$  kann man für Siedlungen zwischen 50.000 und 100.000 Einwohnern mit 150 l je Kopf und Tag annehmen, für größere Städte mit 200 bis 250 l und darüber. Es ist darin auch der Wasserverbrauch der Industrie und der Straßenreinigung enthalten. Danach ergibt sich für 1000 Personen bei einem Wasserverbrauch von

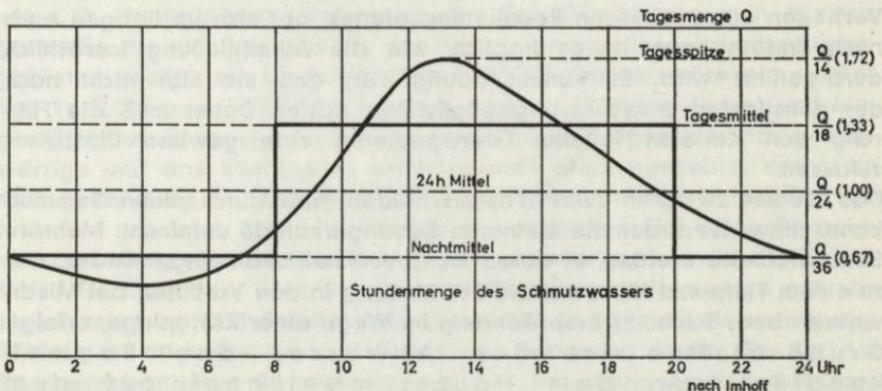


Abbildung 2: Schwankungen der Schmutzwassermenge im Laufe von 24 Stunden

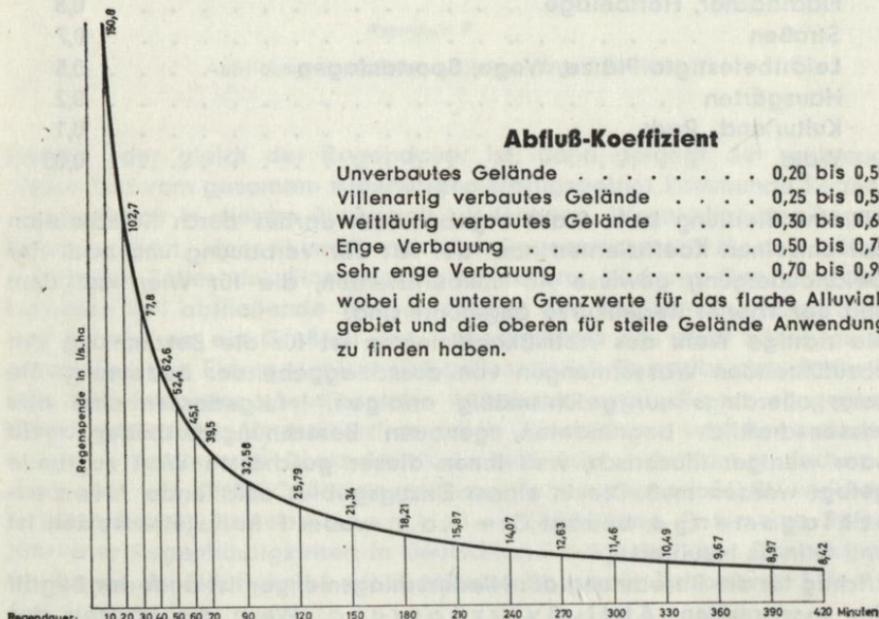
100 l je Einwohner und Tag ein Tagesmaximum von  $\frac{100 \cdot 1000}{14 \cdot 3600}$ , somit

rund 2 l je Sekunde, bei 150 l ein solches von rund 3 l/s, das man der Berechnung des Schmutzwasseranfalles zugrunde legen kann. Hiefür ist noch die Bevölkerungsdichte notwendig, die man mit 75 Einwohnern je Hektar bei lockerer, villenartiger, mit etwa 300 Einwohnern bei offener, weitläufiger, mit 400 bei dichter und mit 500 und darüber bei sehr dichter Verbauung annehmen kann. Es ergibt sich somit z. B. bei einem Wasserverbrauch von 150 l/Einw./Tag und einer Bevölkerungs-

dichte von 500 Einwohnern/ha ein Tagesmaximum von  $\frac{3 \times 500}{1000} = 1,5 \text{ l/s ha}$ .

Es ist erforderlich, industrielle und gewerbliche Betriebe mit großem Wasserverbrauch, Spitäler und Kuranstalten gesondert in Rechnung zu stellen. Ebenso ist in Kurorten der Wasserverbrauch in der Saison und außerhalb derselben zu beachten.

Die Menge des Niederschlagswassers ist im Verhältnis zur Schmutzwassermenge derart groß, daß letztere bei Bemessung des Kanalquerschnittes im Mischsystem im allgemeinen vernachlässigt werden kann. Zur Berechnung der Niederschlagswassermenge ist eine für



### Abfluß-Koeffizient

Unverbautes Gelände . . . . .	0,20 bis 0,50
Villenartig verbautes Gelände . . . . .	0,25 bis 0,50
Weitläufig verbautes Gelände . . . . .	0,30 bis 0,60
Enge Verbauung . . . . .	0,50 bis 0,70
Sehr enge Verbauung . . . . .	0,70 bis 0,90

wobei die unteren Grenzwerte für das flache Alluvialgebiet und die oberen für steile Gelände Anwendung zu finden haben.

Abbildung 3: Wiener Regenkurve nach E. BODENSEHER

das betreffende Gebiet gültige Regenreihe anzuwenden, die am besten in einer Regenkurve (Abbildung 3) anschaulich gemacht wird. Für Wien hat Senatsrat Ing. E. BODENSEHER auf Grund von Beobachtungen in den Jahren 1894 bis 1902 eine solche aufgestellt. Aus ihr geht hervor, daß die Regenstärke (mm/min) mit der Regendauer normalerweise abnimmt. Zur Bemessung eines Kanalnetzes wird aus wirtschaftlichen Gründen verlangt, daß nur jene höheren Niederschläge, die im Durchschnitt ein- bis zweimal im Jahr vorkommen, rückstaufrei abgeführt werden sollen, das heißt, daß die gewählten Kanalprofile bei maximalem Abfuhrvermögen die anfallenden Wassermengen anstandslos bewältigen können. Die Wiener Regenkurve wurde unter diesen Gesichtspunkten aufgestellt. In Wien wird in sehr dicht verbauten Stadtgebieten ein Sturzregen mit einer Regenspende von 125 l/s ha und 15 Min. Dauer, in den übrigen Gebieten eine Regenspende von 100 l/s ha und 20 Min. Dauer als Norm angenommen. Von dieser Regenmenge gelangt jedoch infolge Versickerung und Verdunstung nur ein gewisser Prozentsatz tatsächlich in das Kanalnetz. Man muß somit die errechnete Regenmenge mit einem Abflußkoeffizienten (Abflußbeiwert) a multiplizieren, der kleiner als eins ist. Das Bauamt der Stadt Winterthur (Schweiz) gibt hierfür folgende Koeffizienten an:

Steildächer . . . . .	0,9
Flachdächer, Hartbeläge . . . . .	0,8
Straßen . . . . .	0,7
Leichtbefestigte Plätze, Wege, Sportanlagen . . . . .	0,5
Hausgärten . . . . .	0,2
Kulturland, Park . . . . .	0,1
Wald . . . . .	0,05

Für eine Siedlung bzw. Stadt ergeben sich daraus durch Kombination der einzelnen Koeffizienten nach der Art der Verbauung und nach der Geländeneigung gewisse Abflußkoeffizienten, die für Wien auf dem Bild der Wiener Regenkurve angeführt sind.

Die richtige Wahl des Abflußkoeffizienten ist für die Bestimmung der abzuführenden Wassermengen von ausschlaggebender Bedeutung. Sie kann allerdings nur gefühlsmäßig erfolgen. Infolgedessen sind alle wissenschaftlich begründeten, genauen Berechnungsmethoden mehr oder weniger illusorisch, weil ihnen dieser geschätzte Wert zugrunde gelegt werden muß. Die in einem Einzugsgebiet anfallende Niederschlagsmenge beträgt  $Q = F \cdot a \cdot r$ , wobei F in ha einzusetzen ist und Q in l/s resultiert.

Wichtig für die Berechnung der Niederschlagsmengen ist auch der Begriff der sogenannten Abflußverzögerung. Wenn die Laufzeit des Abwassers in einem Kanalzug bis zu einem bestimmten Punkt desselben

n = Regenhäufigkeit pro Jahr

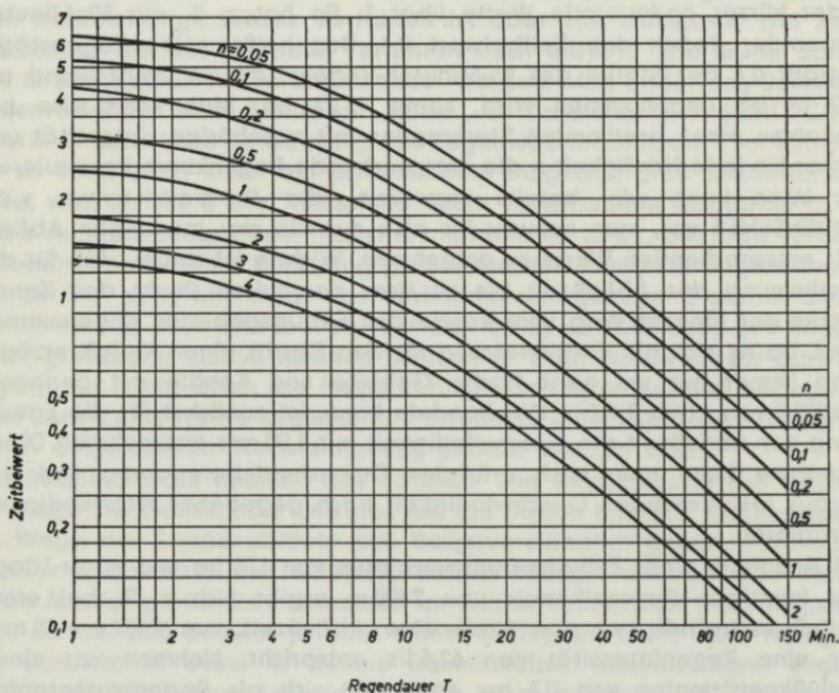


Abbildung 4: Zeitbeiwertlinien nach REINHOLD

kleiner oder gleich der Regendauer ist, dann gelangt der während dieser Zeit vom gesamten zugehörigen Einzugsgebiet kommende Regenwasserabfluß in diesem Punkt voll zur Geltung. Wenn aber der Regen früher aufhört, dann kommt nur der Regenwasserabfluß des näher gelegenen Teiles des Einzugsgebietes voll zur Wirkung. Das vom entfernteren Teil abfließende Wasser erreicht den Meßpunkt verzögert, so daß inzwischen ein Großteil des Regenwassers aus dem näher gelegenen Teil des Einzugsgebietes abgeflossen ist. Es ergibt sich dadurch eine Reduktion der abzuführenden Abwassermenge, die um so größer ist, je größer der Unterschied zwischen Ablaufdauer und Regendauer in einem bestimmten Punkt ist. Diese Reduktion wird am einfachsten durch den von K. IMHOFF\*) eingeführten Zeitbeiwert erfaßt, für welchen F. REINHOLD\*\*) Zeitbeiwertlinien (Abbildung 4) für eine Reihe jährlicher Regenhäufigkeiten in Deutschland aufgestellt hat. Danach hat ein Regen der Häufigkeit 1 mit 15 Minuten Dauer den Zeitbeiwert 1. Jeder

\*) K. Imhoff, Taschenbuch Stadtentwässerung, Verlag R. Oldenbourg, 1964.

\*\*) F. Reinhold, „Österr. Bauzeitschrift“ 1/1955, „Gesundheits-Ingenieur“ 62, 1939.

länger andauernde Regen hat Zeitbeiwerte, die kleiner als 1 sind, jeder kürzer andauernde Werte über 1. So hat z. B. ein 50 Minuten dauernder Regen den Zeitbeiwert 0,4. Das heißt, seine Regenstärke beträgt 0,4 der Stärke des 15-Minuten-Regens, der in Deutschland mit 100 l/s ha angenommen wird, somit 40 l/s ha. Man kann also bei Annahme eines bestimmten Starkregens mit zugehöriger Intensität und Dauer für jede Häufigkeit  $n$  die entsprechende Regenkurve konstruieren. Für Wien liegt, wie bereits angeführt, die Regenkurve von BODENSEHER vor, man braucht ihr also nur die der jeweiligen Abflußzeit entsprechenden Werte zu entnehmen. Wichtig ist dabei, daß für die Bestimmung der Abflußzeit bis zu dem gewählten Punkt des Kanalnetzes der längste Weg vom Rande des Einzugsgebietes angenommen wird. Da es sich als Voraussetzung für den Eintritt einer Abflußverzögerung immer nur um ganz flache Gebiete und Kanäle mit geringem Gefälle von etwa 0,4 bis 1‰ handeln kann, ist zunächst für die Errechnung der Abflußzeit die Geschwindigkeit mit 1,00 m/s anzunehmen. Diese Annahme kann man nach erfolgter Querschnittsberechnung und der daraus resultierenden Geschwindigkeit nach gegebener Notwendigkeit korrigieren.

Bei Annahme eines Entwässerungsgebietes von 175 ha und einer Länge des künftigen Sammelkanals von 2400 m ergibt sich z. B. bei einer Abflußgeschwindigkeit von 1 m/s eine Abflußzeit von  $2400 \text{ s} = 40 \text{ min}$ , der eine Regenintensität von 62,6 l/s entspricht. Nehmen wir einen Abflußkoeffizienten von 0,3 an, so ergibt sich als Regenwasseranfall eine sekundlich abzuführende Wassermenge von  $Q = 175 \times 0,3 \times 62,6 = 3287 \text{ l/s}$  oder rund  $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Unter Zugrundelegung der kleinen KUTTERschen Formel ( $m = 0,35$ ) würde bei 0,4‰ Gefälle und einer rechnungsmäßigen Geschwindigkeit von 0,96 m/s ein Maulprofil 2,40/1,80 m zur Abfuhr dieser Menge ausreichend sein. Voraussetzung für die annähernde Richtigkeit der Berechnung ist, daß das Einzugsgebiet nicht zu ungleichmäßig hinsichtlich der Form als auch des Gefälles ist. Ist dies jedoch der Fall, dann müßte man es in einzelne Flächen unterteilen und versuchen, immer unter Bedachtnahme auf eine Abflußverzögerung, die größtmögliche Belastung in dem gewählten Punkt des Kanalnetzes durch verschiedene Annahmen der Regenspende und Einzugsfläche bei gleichzeitiger Berechnung herauszufinden. Es ist z. B. möglich, daß man bei einem langgestreckten Gebiet, das in dem unmittelbar an den Berechnungspunkt anschließenden Teil schmal, im weiteren Verlauf aber breit ist, durch Weglassen des schmalen Teiles größere Abflußwerte erhält, weil die verbleibende Einzugsfläche eine kürzere Fließzeit aufweist und damit für sie eine größere Regenspende in Frage kommt, die sich trotz kleinerer Fläche in einem größeren Abfluß äußert. Der Einfluß der Gebietsform und von stark wechselndem Gefälle auf den Regenwasserabfluß wird durch das zeichnerische Verfahren der Sum-

menlinie (die Anlaufkurve mit dem HAUFFschen Regenschaubild) voll berücksichtigt. Dieses Verfahren ist aber viel mühsamer und zeitraubender als das einfache Verfahren nach IMHOFF und sollte daher nur in besonderen Fällen angewendet werden. Man findet das Summenlinienverfahren im 3. Band der „Hütte“, im Taschenbuch F. SCHLEICHER und in D. KEHR „Die Berechnung von Regenwasserabflüssen“. Im übrigen ist es vorteilhaft, wenn ein Sammelkanal möglichst groß dimensioniert wird, weil im Laufe der Jahrzehnte durch verschiedene Umstände (z. B. neue Aufschließungspläne, Industrieunternehmen u. ä.), die nicht voraussehen waren, seine Belastung größer werden kann, als angenommen wurde. Das setzt allerdings das Vorhandensein genügend großer Geldmittel voraus, die somit indirekt auf den Gang der Rechnung (ob knapp oder großzügig) Einfluß nehmen können. In Wien wurde dieser Schwierigkeit mit Erfolg durch die Projektierung von Doppelprofilen begegnet, von denen eine Hälfte sogleich, die zweite zu einem späteren Zeitpunkt (nach eingetretener Notwendigkeit) gebaut werden kann.

Die Straßenkanäle nehmen das Schmutz- und Regenwasser der Häuser im Wege der Hauskanäle und das auf die Straße fallende Regenwasser im Wege der Straßenabläufe auf. Selbstverständlich gehört dazu auch das Schmelzwasser des Schnees, dessen Menge sehr oft von Laien beim Anblick großer Schneemassen im Winter überschätzt wird. Abgesehen davon, daß Schnee, je nach seiner Konsistenz mehr oder weniger, im Durchschnitt etwa  $\frac{1}{3}$  seines Rauminhaltes Schmelzwasser ergibt (bei frisch gefallenem, lockerem Schnee ist es nur mehr  $\frac{1}{5}$ ), fällt dieses nur sehr langsam an und bildet daher keine wesentliche Belastung des Kanalnetzes. Unangenehm ist nur, daß mit dem in den Kanal eingeworfenen Schnee sehr viel Streusand, Asche und sonstige Abfälle, die von der Bevölkerung mit Vorliebe auf Schneehaufen geworfen werden, in die Kanäle gelangen. Zum Schneekippen eignen sich nur Kanäle mit großen Profilen und ständiger, genügender Wasserführung.

#### **4. Die Bestimmung der Abflußmengen**

Zur Bestimmung der Abflußmengen in den einzelnen Kanalsträngen werden die Baublöcke durch die Mittellinien und die Winkelhalbierenden an den Ecken in Einzugsflächen (Abbildung 5) geteilt, die in der Regel aus Dreiecken und Trapezen bestehen und zu den Kanälen der begrenzenden Straßen gehören. Verschiedene Grundstückstiefen können durch Verschiebung der Mittellinie berücksichtigt werden. Eine genaue Teilung der Baublöcke nach Einzelobjekten ist jedoch nicht erforderlich. Die errechneten Einzugsflächen zuzüglich der Straßenflächen werden mit dem angenommenen Schmutzwasser- und Regenwasseranfall in l/s. ha multipliziert, woraus sich der Abwasseranfall des Straßenkanals am

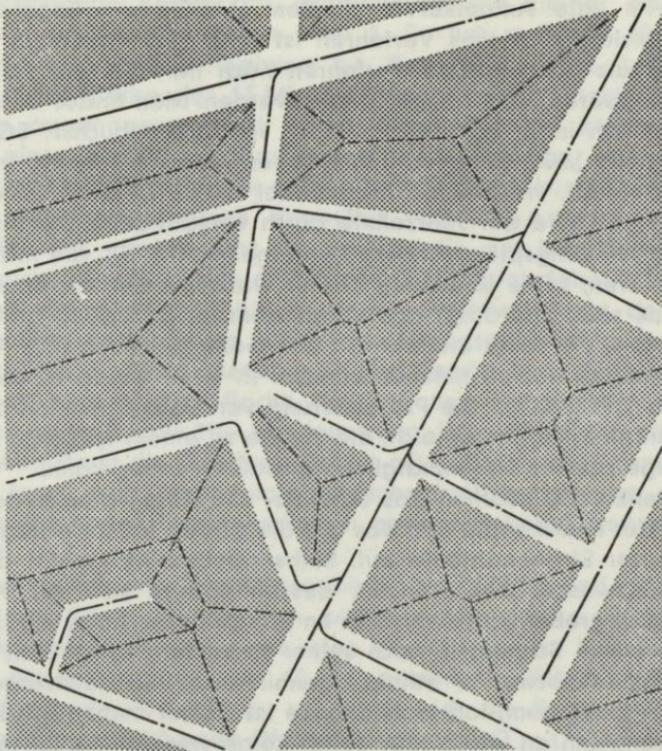


Abbildung 5: Einzugsflächen eines Kanalnetzes

Beginn eines Baublockes ergibt. Da die Größe der Kanalprofile dem erforderlichen Abfuhrvermögen nur sprunghaft angepaßt werden kann, wird dieses nur am Anfang eines gleichkalibrigen Kanalstranges voll ausgenützt. Dadurch ist jedoch eine gewisse Speichermöglichkeit und damit Sicherheit gegen Überstauungen gegeben.

Bei der Bemessung von Mischwasserkanälen kann im allgemeinen von der Berechnung des Schmutzwasserabflusses bei Trockenwetter wegen seiner Geringfügigkeit im Verhältnis zur großen Regenwassermenge abgesehen werden. Dies gilt allerdings nicht, wenn Regenauslässe in die Kanalleitung eingeschaltet werden, die bei einer gewissen, etwa sechsfachen Verdünnung des Schmutzwassers (1 + 5) anspringen sollen. Im übrigen legt man neuestens der Berechnung von Regenauslässen die Belastbarkeit des Vorfluters mit Schmutzwasser zugrunde. Im Trennsystem ist selbstverständlich die Berechnung der Schmutzwasser- und Regenwassermengen durchzuführen und sind diese getrennt auszuweisen. Abwassermengen aus größeren Gewerbe-

und aus Industriebetrieben sind gesondert in Rechnung zu stellen.

Die Berechnung der Abflußmenge sowie der hierfür erforderlichen Kanalprofile und Abflußgeschwindigkeiten wird am besten an Hand einer Liste vorgenommen (Abbildung 6), die für Mischwasser- bzw. Regenwasserkanäle etwa folgende Form haben kann:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nr.	Name der Straße	Kanalstrecke	Einzugsgebiet	Abflußbeiwert	Abflußspende	Regenwasserabfluß	Zufluß von Kanalstrecke	Gesamtabfluß	Kanalgefälle	Kanalquerschnitt	Abfuhrvermögen	Abflußgeschwindigkeit	Anmerkung

Abbildung 6: Liste zur Berechnung der Abflußmengen

Man beginnt mit der Rechnung am Ende des projektierten Kanalzuges (Vorkopf) und summiert die aus den Baublöcken kommenden Abflußmengen einschließlich jener aus Zubringerkanälen kanalabwärts bis zum Kanalbeginn, der an seiner Einmündung in die Vorflut liegt. Die erforderlichen Kanalquerschnitte werden sodann in verkehrter Folge vom Beginne bis zum Ende bestimmt. Wenn in diesem Verlaufe des Kanalstranges die abzuführende Abwassermenge so weit gesunken ist, daß das nächstkleinere Profil ausreicht, wird ein Profilwechsel vorgenommen. Dies kann nur in einem Einsteigschacht bzw. einer Putzkammer geschehen. Wenn aber, durch ein geringeres Gefälle bedingt, das Profil einer gewissen Strecke neuerlich vergrößert werden müßte, empfiehlt es sich, bei kleineren Kanal-Querschnitten aus Betriebsrück-sichten zur Vermeidung von Verstopfungen von einer Profilreduktion abzusehen und das größere Profil durchlaufen zu lassen.

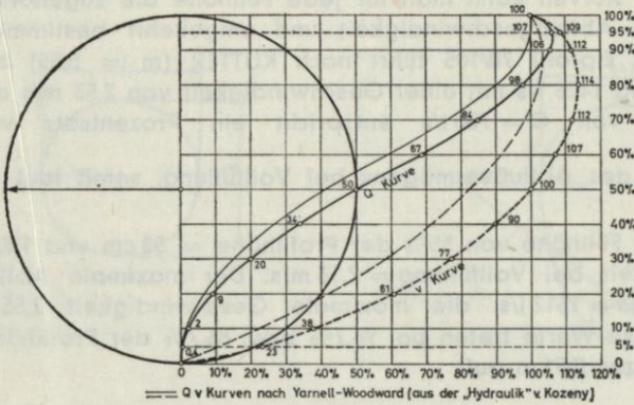
Bei Schmutzwasserkanälen entfällt Rubrik 5 und ist Rubrik 7 sinngemäß in „Schmutzwasserabfluß“ abzuändern. Das Abfuhrvermögen wird für die Vollfüllung des Kanalquerschnittes angegeben, wodurch rechnerisch eine gewisse Reserve gegeben ist, da nach der am häufigsten verwen-

deten kleinen Formel von KUTTER, der von DARCY-BAZIN oder MANNING-STRICKLER, die nur den hydraulischen Radius

$$R = \frac{F}{U} \quad (F = \text{Fläche in m}^2, U = \text{Umfang in m})$$

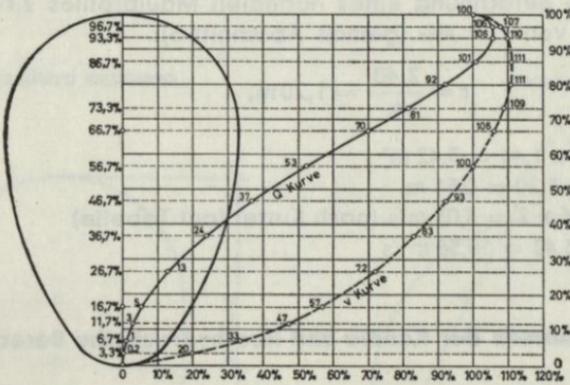
zur Charakterisierung des Kanalprofils verwenden, die größte Leistung bereits bei etwa 95% Füllung eintritt und je nach der Art des Profils 106 bis 108% der Abflußmenge bei Vollfüllung beträgt. Nach Versuchen der Amerikaner YARNELL und WOODWARD tritt demgegenüber der größte Durchfluß bei Füllung bis zum Kanalscheitel ein. Dies mag nach Meinung von J. KOZENY damit zusammenhängen, daß nicht nur ein Widerstand am benetzten Umfang, sondern auch im Wasserspiegel wirksam ist. Demnach dürfte die Luftreibung eine Rolle spielen. Es ist jedoch zu bedenken, daß es sich bei Abwasser um ein unhomogenes Medium handelt, das in seiner Zusammensetzung großen Schwankungen unterworfen ist. Auch der Zustand der Kanalleitungen, ihre mehr oder weniger präzise Art der Herstellung und Verlegung sowie die Ablagerungen im Betrieb haben einen wesentlichen Einfluß auf die Abflußverhältnisse, so daß eine genaue mathematische Berechnung, wie dies bei Reinwasserleitungen möglich ist, problematisch erscheint. Es genügen also auch nach Ansicht von Altmeister IMHOFF die auf dem hydraulischen Radius aufgebauten verhältnismäßig einfachen Formeln.

Die errechneten Wassermengen sind in Rubrik 9 zusammenzufassen. Daneben sind das Kanalgefälle und das erforderliche Kanalprofil einzutragen. In Rubrik 13 ist die Abflußgeschwindigkeit bei Vollfüllung einzusetzen. Sie ist je nach Kanalprofil ungefähr gleich der Geschwindigkeit, die sich bei einer 50- bis 60%igen Füllung desselben ergibt; ihren Höchstwert, der größer ist als jener bei Vollfüllung, erreicht sie bei einer solchen von 80 bis 90%. Falls für die unterhalb der bisher untersuchten Kanalstrecke gelegenen Strecke auf Grund einer Geschwindigkeitsschätzung die Möglichkeit für eine Abflußverzögerung besteht, kann man dies durch Berechnung der Geschwindigkeit im letztgewählten Kanalprofil auf Grund der tatsächlichen Inanspruchnahme desselben überprüfen. Die vorangeführten Prozentsätze des Abflusses und der Geschwindigkeit gelten für die auf dem hydraulischen Radius basierenden Formeln und gehen aus den in Abbildung 7 dargestellten Graphiken (Q und v Kurven) hervor, in denen für das Kreisprofil, normale Eiprofil und Maulprofil die Leistungs- und Geschwindigkeitskurven in Prozenten der Vollfüllung dargestellt sind. Sie sind für jedes Kanalgefälle gültig, mit Ausnahme des überhöhten Kreisprofils, weil in diesem die zwischengeschaltete Gerade variabel ist. Die Berechnung dieser Kurven für einen speziellen Fall ist in Abschnitt 26, Regenauslässe, durchgeführt.



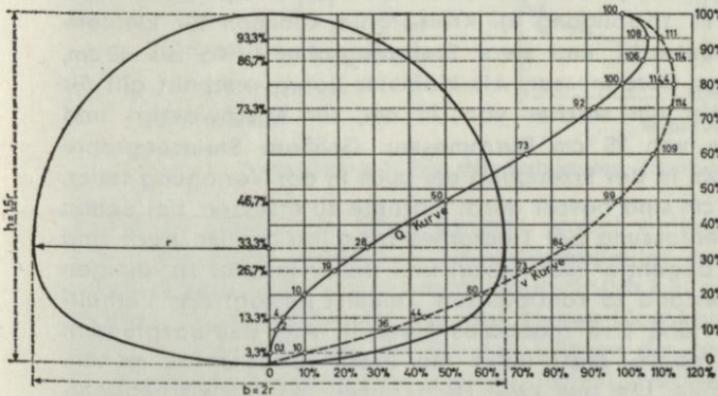
### Kreisprofil

$b : h = 2 : 2$   
 $F = 3,142 r^2$   
 $U = 6,283 r$   
 $R = 0,500 r$



### Normales Eiprofil

$b : h = 2 : 3$   
 $F = 4,594 r^2$   
 $U = 7,930 r$   
 $R = 0,579 r$



### Normales Maulprofil

$b : h = 2 : 1,5$   
 $F = 2,378 r^2$   
 $U = 5,603 r$   
 $R = 0,424 r$

Abbildung 7: Leistungs- und Geschwindigkeitskurven in Prozenten

Aus den Q und v Kurven kann man für jede Füllhöhe die zugehörige Abflußmenge und Abflußgeschwindigkeit und umgekehrt bestimmen. Zum Beispiel: Ein Eiprofil 70/105 führt nach KUTTER ( $m = 0,35$ ) bei 10‰ und Vollfüllung 1426 l/s mit einer Geschwindigkeit von 2,53 m/s ab. Einer Teilfüllung von  $Q = 700$  l/s entspricht ein Prozentsatz von  $\frac{700}{1426} \cdot 100 = 49\%$  des Abflußvermögens bei Vollfüllung, somit laut O

und v Kurve einer Füllhöhe von 55% der Profilhöhe = 58 cm und 100% der Geschwindigkeit bei Vollfüllung = 2,53 m/s. Der maximale Abfluß beträgt  $1426 \times 1,06 = 1512$  l/s, die maximale Geschwindigkeit  $2,53 \times 1,11 = 2,82$  m/s. Diese Werte treten bei 96,7% bzw. 86,7% der Profilhöhe, somit bei 1,02 m bzw. 0,91 m auf.

Ein Beispiel für die Berechnung eines normalen Maulprofils 2,40/1,80 m bei einem Gefälle von  $J = 4\%$  (gemäß Abschnitt 5):

$$r = \frac{2,40}{2} = 1,20 \text{ m,}$$

$$F = 2,378 r^2 = 2,378 \times 1,44 = 3,42 \text{ m}^2$$

$$R = 0,424 r = 0,424 \times 1,20 = 0,51 \text{ m}$$

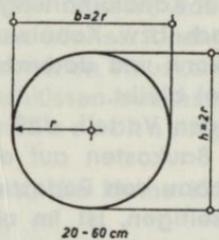
$$v = c' \cdot \sqrt{J} = 1,5156 \times 2 = 3,03 \text{ m/s (nach Kutter laut Tabelle)}$$

$$Q = v \cdot F = 3,03 \times 3,42 = 10,36 \text{ m}^3/\text{s}$$

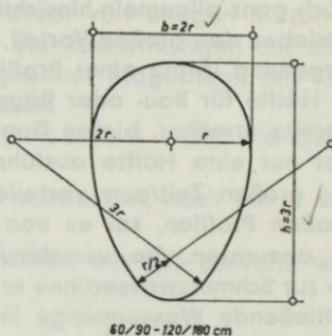
## 5. Die Querschnittsformen der Kanäle und ihre hydraulische Berechnung

Die gebräuchlichsten Querschnittsformen der Kanäle sind: das Kreisprofil, das Eiprofil, das überhöhte Kreisprofil und das Maulprofil (Abbildung 8). Kreisprofile kommen für kleinere Wassermengen in Betracht, und zwar Steinzeugrohre etwa bis 40 cm, Betonrohre bis 60 cm Durchmesser. Als kleinster Rohrquerschnitt gilt für Schmutzwasserkanäle ein solcher von 20 cm, für Mischwasser- und Regenwasserkanäle von 25 cm Durchmesser. Größere Steinzeugrohre als 40 cm sind sowohl in der Erzeugung als auch in der Verlegung teuer, Betonrohre über 60 cm sind besser durch Eiprofile zu ersetzen, bei denen die Wasserzusammenfassung bei Trockenwetter günstiger ist. Auch sind sie ab 90 cm Höhe begehbar (schließbar) und daher leichter zu reinigen und auf ihren Bauzustand zu kontrollieren. Zumeist beträgt das Verhältnis der Breite zur Höhe 2:3 (normales Eiprofil). Aus Betriebsgründen empfiehlt es sich jedoch, nicht unter ein Profil 70/105 cm zu gehen. Überhöhte Kreisprofile, die aus zwei Halbkreisen mit dazwischengelegtem Rechteck bestehen, kommen nur für große Sammelkanäle in Betracht. Das gleiche gilt für das Maulprofil, das aus einem Kreisaus-

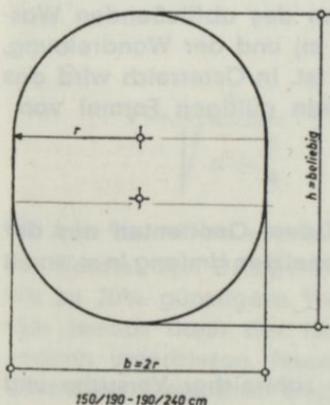
KREISPROFIL



NORMALES EIPROFIL



ÜBERHÖHTES KREISPROFIL



MAULPROFIL

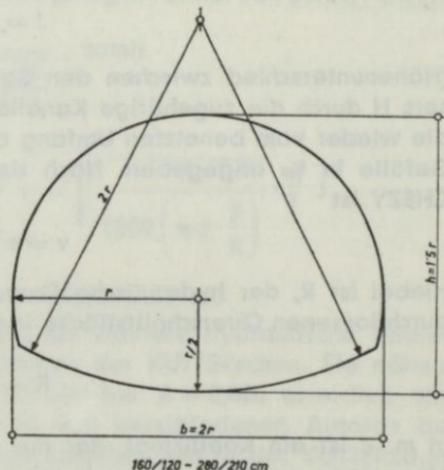


Abbildung 8: Die gebräuchlichsten Kanalprofile

schnitt auf bombierter Sohle besteht, wobei vielfach noch ein gerades oder gebogenes Wandstück zwischengeschaltet ist (überhöhtes Maulprofil). Dieses Profil wendet man hauptsächlich bei ganz großen Wassermengen an, so bei Einwölbung von Bächen (Bachkanälen) mit ständiger größerer Wasserführung. Im übrigen können die an Ort und Stelle im Kanalgraben hergestellten Kanäle jedes zweckentsprechende Profil haben, das den statischen und hydraulischen Erfordernissen entspricht. Bei geringer Einbautiefe können Sammel- und Bachkanäle zur Erreichung

eines genügend großen Abflußquerschnittes auch als Doppelprofile ausgeführt werden. Diese Bauart bietet insbesondere bei Bachkanälen, aber auch ganz allgemein hinsichtlich des Baues, der Kanalerhaltung und des Betriebes den großen Vorteil, daß man das Bach- bzw. Kanalwasser vorübergehend in nur einer Profilhälfte ableiten kann und dadurch die andere Hälfte für Bau- oder Räumungsarbeiten frei bleibt.

Wie bereits erwähnt, bieten Doppelprofile auch den Vorteil, daß man zunächst nur eine Hälfte ausführen und so die Baukosten auf einen beliebig großen Zeitraum verteilen kann. Vom Einbau von Podesten in den großen Profilen, sei es von ein- oder beidseitigen, ist im allgemeinen abzuraten. Sie verschmutzen ständig und sind, weil sie ein Gefälle zur Schmutzwasserrinne erhalten müssen, schwer begehbar.

Die abfließende Wassermenge in  $m^3/s$  ist

$$Q = F \cdot v,$$

Fläche mal Geschwindigkeit, wobei  $F$  in  $m^2$  und  $v$  in  $m/s$  einzusetzen sind. Die Geschwindigkeit ist eine Funktion des Gefälles

$$J = \frac{H}{L}$$

(Höhenunterschied zwischen den Spiegelhöhen des abfließenden Wassers  $H$  durch die zugehörige Kanallänge  $L$  in  $m$ ) und der Wandreibung, die wieder vom benetzten Umfang abhängig ist. In Österreich wird das Gefälle in ‰ angegeben. Nach der allgemein gültigen Formel von CHÉZY ist

$$v = c \sqrt{RJ}.$$

Hiebei ist  $R$ , der hydraulische Radius, gleich dem Quotienten aus der durchflossenen Querschnittsfläche in  $m^2$  und benetzten Umfang in  $m$ , somit

$$R = \frac{F}{U}$$

in  $m$ ,  $c$  ist ein Koeffizient, der nur im Wege zahlreicher Versuche und Messungen ermittelt werden konnte.

In Freispiegelleitungen ist  $J$  das Gefälle des freien Wasserspiegels, das gleich dem Sohlengefälle gesetzt werden kann, falls der Kanal nicht unter Rückstau aus dem Vorfluter steht. Kommt ein Kanal unter Druck, das heißt, es steigt der Wasserspiegel in den Einsteigschächten über den Kanalscheitel, dann ist an Stelle des Spiegelgefälles das Druckgefälle, das ist das Gefälle der Drucklinie, zu setzen, die sich aus der Verbindung der Wasserspiegelhöhen in den einzelnen Schächten ergibt. Bei heftigen Regengüssen kann dies vorübergehend vorkommen. Da das Druckgefälle dabei meist größer als das Sohlengefälle ist, leistet dann das Kanalprofil entsprechend mehr und vermag

die größere Wassermenge abzuführen. Wenn sich der Druck in mäßigen Grenzen hält, ist dies nicht weiter gefährlich, da die Kanäle so gebaut werden müssen, daß sie einem Überdruck von einigen Metern standhalten können. Unangenehm sind nur die Rückwirkungen auf die angeschlossenen Hauskanäle, die bei gegebener Möglichkeit mit Rückstauverschlüssen ausgestattet werden müssen.

Zur Berechnung von Kanalprofilen wird, wie bereits er-

wähnt, die kleine KUTTERSche Formel verwendet, nach der  $c = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$

ist, wobei  $m$  mit einer gewissen Sicherheit mit 0,35 gewählt wird. Die Formel lautet somit:

$$v = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{RJ} \quad \text{oder} \quad v = \frac{100 \cdot R}{(0,35 + \sqrt{R}) \cdot \sqrt{1000}} \cdot \sqrt{J}$$

wenn  $J$  in ‰ eingesetzt wird.

Die Wiener Magistratsabteilung Kanalisation verwendet die der Berechnung des Wiener Kanalnetzes zugrunde gelegte Formel von DARCY-BAZIN

$$c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}, \quad \text{somit}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \cdot \sqrt{RJ} \quad \text{oder} \quad v = \sqrt{\frac{R}{1000 \left( \alpha + \frac{\beta}{R} \right)}} \cdot \sqrt{J}$$

für  $J$  in ‰, wobei  $\alpha = 0,00019$  und  $\beta = 0,0000133$  ist.

Die Formel von DARCY-BAZIN ergibt für kleinere hydraulische Radien bis zu 20% günstigere Werte gegenüber der KUTTERSchen. Sie nähern sich jedoch dann der letzteren, die sie bei  $R = 0,600$  erreichen und sodann unterbieten. Neuerdings wird von verschiedenen Autoren auf Grund von Versuchen empfohlen, den Koeffizienten in der KUTTERSchen Formel mit  $m = 0,25$  einzusetzen. Dadurch würden sich die Werte der errechneten Geschwindigkeiten erhöhen und damit bei kleinerem  $R$  eine Angleichung an jene der DARCY-BAZINschen Formel erfolgen. Für größere hydraulische Radien ergeben sich dann höhere Werte, die bei  $R = 0,600$  um 9,5% günstiger sind als jene nach DARCY-BAZIN und nach KUTTER mit  $m = 0,35$ . Zur Orientierung sei mitgeteilt, daß die Werte für  $R = 0,050$  bis  $0,600$  für alle üblichen Querschnitte vom Kreisprofil  $\phi$  20 cm bis zum Maulprofil 280/210 cm reichen.

Höhere Werte für die Abflußleistung als die Formel von KUTTER mit  $m = 0,35$  ergeben auch die Formeln von PRANDTL-v. KÁRMÁN-COLEBROOK und von MANNING-STRICKLER.

Erstere ist nach den neueren Theorien entwickelt und lautet für Kreisprofile

$$v = 2 \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{J \cdot d} \cdot \lg \left( \frac{3,71 \cdot d}{k} \right)$$

wobei  $d$  der Rohrdurchmesser in m und  $k$  der Rauigkeitswert ist, der für gewöhnliches Rohrmaterial mit  $k = 0,0015 \text{ m}$  zu wählen ist. Letztere Formel ist in der üblichen Art aufgebaut:

$$v = k \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2},$$

wobei  $k = 75$  für Steinzeug und geglätteten Beton ist. Abbildung 9 zeigt einen Vergleich der Mehrleistung in Prozenten, bei Berechnung nach den Formeln von KUTTER für  $m = 0,25$  (1), DARCY-BAZIN (2), PRANDTL-v. KÁRMÁN-COLEBROOK (3) und MANNING-STRICKLER (4) gegenüber der gebräuchlichen KUTTERSchen Formel mit  $m = 0,35$  für Rohrkanäle bis 100 cm Durchmesser. Daraus geht hervor, daß die Formel 1 die günstigsten Abflußwerte ergibt. Beim Durchmesser 20 cm liegen alle Werte ganz nahe beisammen, gehen aber dann stark auseinander, wobei sich die Werte der Formeln 3 und 4 bei 100 cm Durchmesser jener der gebräuchlichen KUTTERSchen Formel mit  $m = 0,35$  sehr weit nähern. Diese Formel weist in den kleinen Rohrdimensionen bis zu 20% geringere Werte und daher eine dementsprechende Sicherheit auf (Abbildung 10).

Wenn man sich zur Berechnung eines Kanalnetzes für eine bestimmte Formel entschieden hat, muß man sie unbedingt beibehalten, damit die errechneten Querschnitte miteinander übereinstimmen. Deshalb wird in Wien die Formel von DARCY-BAZIN auch weiterhin angewendet. Für die Errechnung der Geschwindigkeitswerte verwendet man am besten Tabellen, Nomogramme oder Graphiken, die in technischen Handbüchern zu finden sind. Besonders ausführlich ist das „Handbuch für Berechnung von Kanälen, Leitungen und Durchlässen des Wasserbaues“ von WILD-SCHÖBERLEIN, das im Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, im Jahre 1952 erschienen ist. Angeschlossen folgen Tafeln und Tabellen zur Errechnung von Kreis- und Eiprofilen nach DARCY-BAZIN und KUTTER. Hierbei wurde der Koeffizient

$$c' = \frac{100 R}{(0,35 + \sqrt{R}) \cdot \sqrt{1000}} \text{ bzw. } \sqrt{\frac{R}{1000 \left( \alpha + \frac{\beta}{R} \right)}}$$

gesetzt und damit die Formel auf  $v = c' \cdot \sqrt{J}$  vereinfacht, wobei das Gefälle  $J$  in ‰ eingesetzt ist (Abbildungen 11, 12, 13, 14, 15).

Zur Anwendung dieser Tafeln seien zwei Beispiele angeführt:

1. Wie groß muß nach KUTTER der Durchmesser eines Kreisprofils sein, das bei 10‰ Gefälle eine Wassermenge von 100 l/s abführen kann?

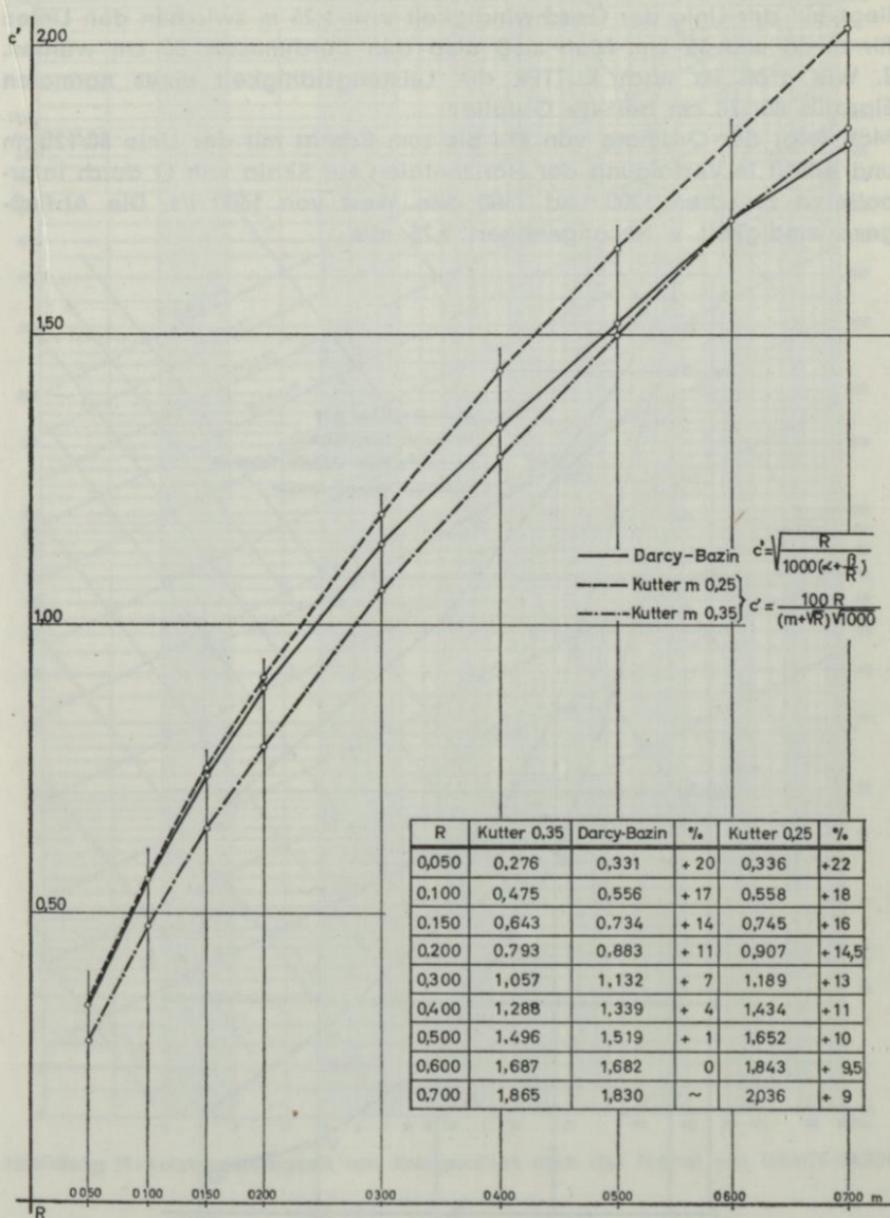


Abbildung 9: Vergleich der Werte von  $c'$

Der Schnittpunkt der Ordinate von 10‰ mit der Horizontalen von 100 l/s liegt auf der Linie der Geschwindigkeit  $v = 1,25$  m zwischen den Linien für  $\phi$  30 und 35 cm. Man muß also den Durchmesser 35 cm wählen.  
 2. Wie groß ist nach KUTTER die Leistungsfähigkeit eines normalen Eiprofils 80/120 cm bei 4‰ Gefälle?

Man folgt der Ordinate von 4‰ bis zum Schnitt mit der Linie 80/120 cm und erhält in Verfolgung der Horizontalen zur Skala von Q durch Interpolieren zwischen 1200 und 1400 den Wert von 1300 l/s. Die Abfließgeschwindigkeit  $v$  ist angenähert 1,75 m/s.

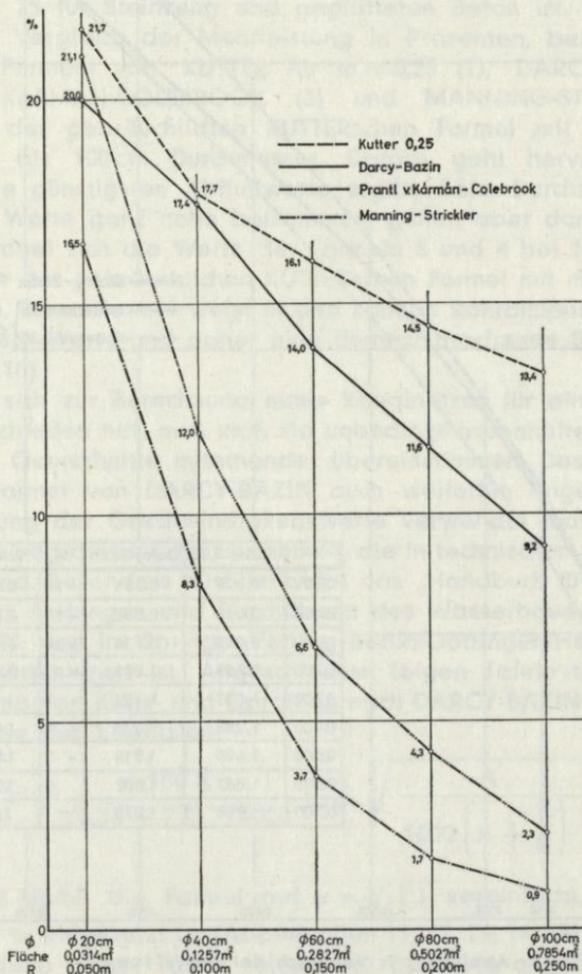


Abbildung 10: Mehrleistung in Prozent gegenüber der KUTTERschen Formel mit  $m = 0,35$

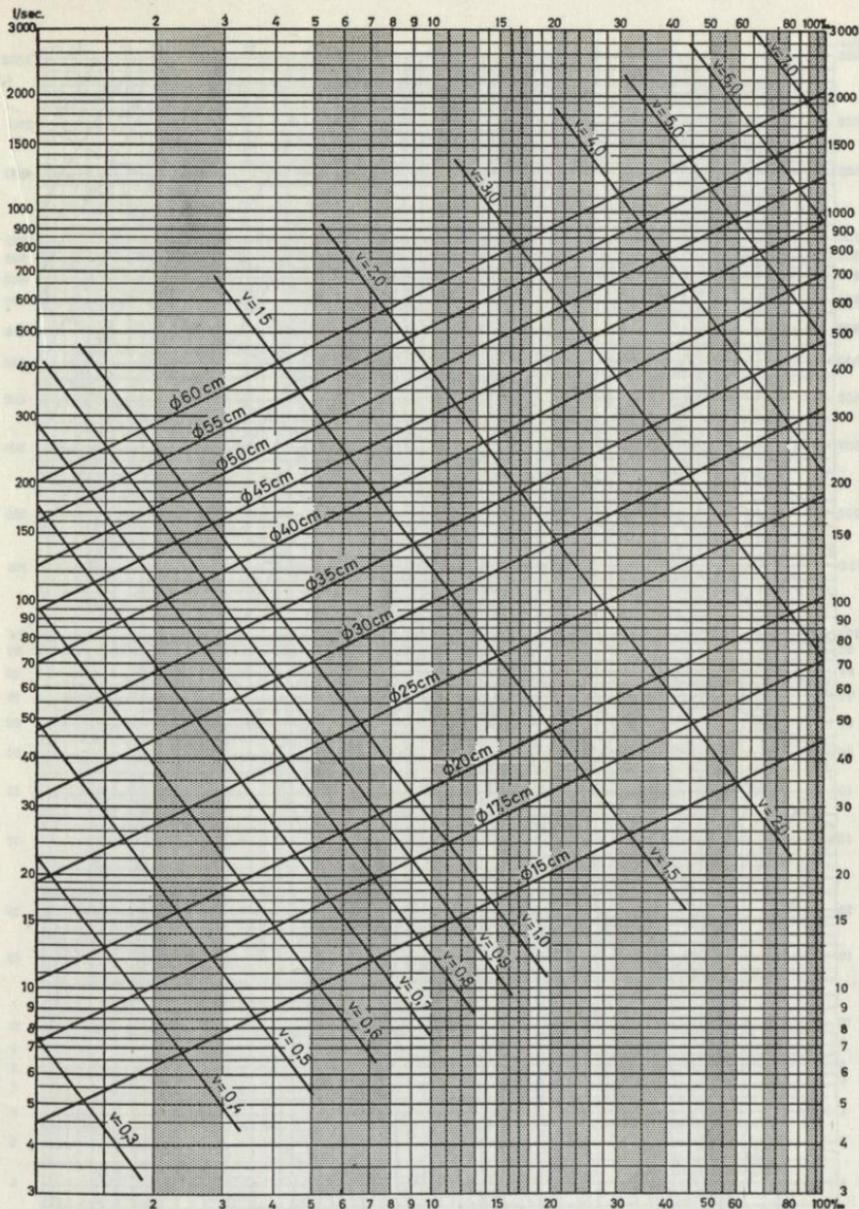


Abbildung 11: Leistungsfähigkeit von Kreisprofilen nach der Formel von DARCY-BAZIN

$$v = \sqrt{\frac{R}{1000 \left( \alpha + \frac{\beta}{R} \right)}} \cdot \sqrt{J}$$

wobei J in ‰ einzusetzen,  $\alpha = 0,00019$  und  $\beta = 0,0000133$  ist



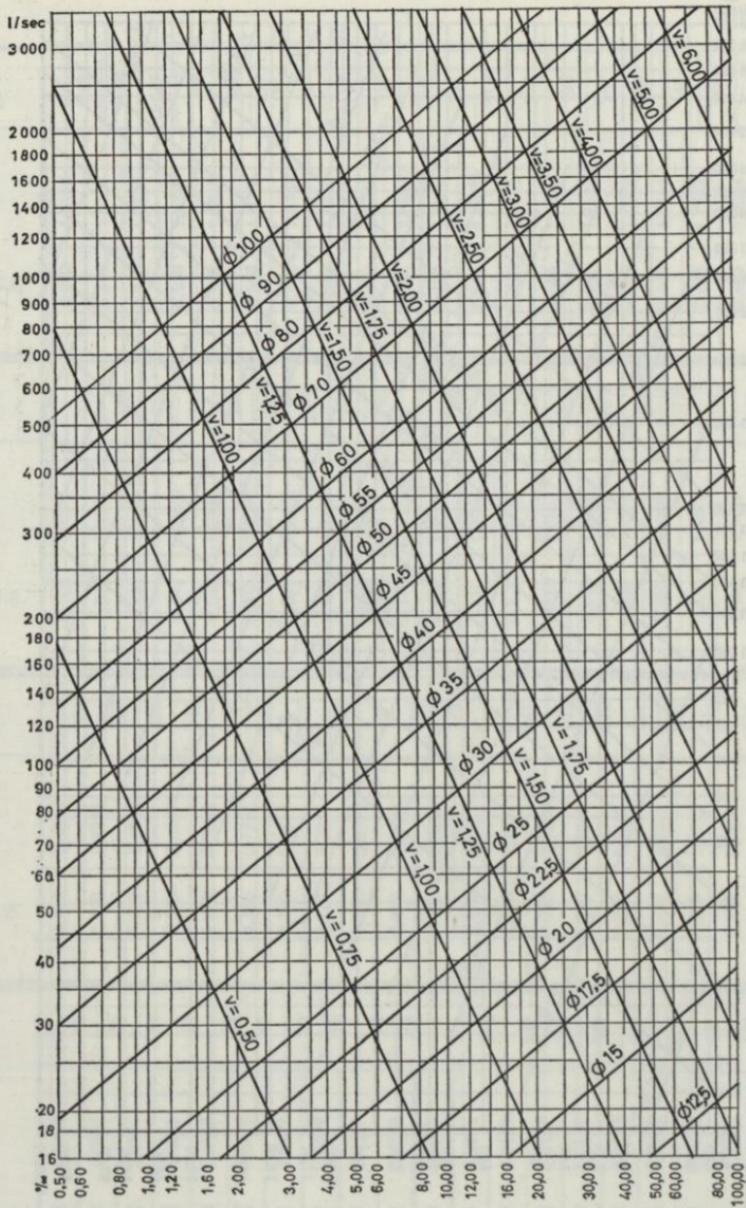


Abbildung 13: Leistungsfähigkeit von Kreisprofilen nach der Formel von KUTTER

$$v = \frac{100 R}{(0,35 + \sqrt{R}) \cdot \sqrt{1000}} \cdot \sqrt{J}$$

wobei J in ‰ einzusetzen ist

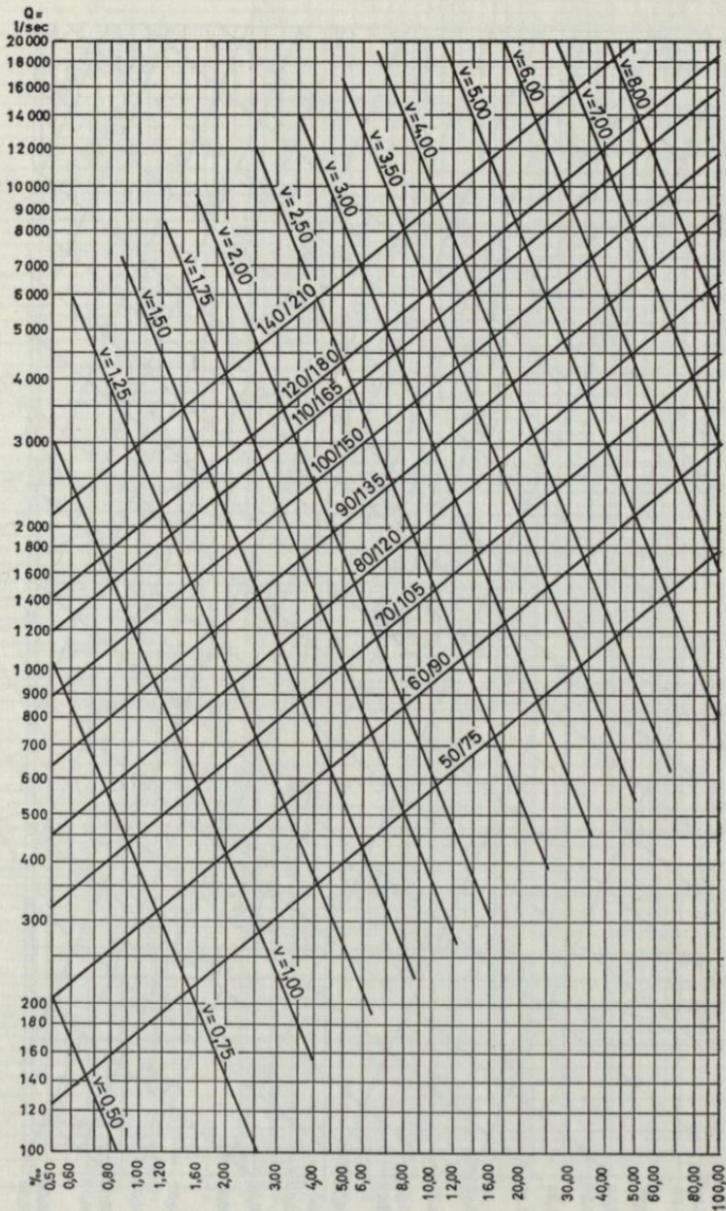


Abbildung 14: Leistungsfähigkeit von Eiprofilen nach der Formel von KUTTER

$$v = \frac{100 R}{(0,35 + \sqrt{R}) \cdot \sqrt{1000}} \cdot \sqrt{J}$$

wobei J in ‰ einzusetzen ist

Werte von  $c'$  für die Formel  $v = c' / \sqrt{J}$  nach Darcy-Bazin

$R_m$	$c'$	$\Delta c'$									
0,000	0,0000	86	0,100	0,5564	384	0,300	1,1315	222	0,500	1,5194	169
0,001	0,0086	85	0,110	0,5948	368	0,310	1,1537	219	0,510	1,5363	168
0,002	0,0171	84	0,120	0,6316	353	0,320	1,1756	214	0,520	1,5531	167
0,003	0,0255	82	0,130	0,6669	340	0,330	1,1970	212	0,530	1,5698	164
0,004	0,0337	82	0,140	0,7009	328	0,340	1,2182	208	0,540	1,5862	163
0,005	0,0419	80	0,150	0,7337	317	0,350	1,2390	205	0,550	1,6025	161
0,006	0,0499	80	0,160	0,7654	307	0,360	1,2595	202	0,560	1,6186	160
0,007	0,0579	78	0,170	0,7961	298	0,370	1,2797	199	0,570	1,6346	158
0,008	0,0657	78	0,180	0,8259	289	0,380	1,2996	196	0,580	1,6504	157
0,009	0,0735	76	0,190	0,8548	282	0,390	1,3192	194	0,590	1,6661	156
0,010	0,0811	76	0,200	0,8830	275	0,400	1,3386	190	0,600	1,6817	154
0,010	0,0811	718	0,210	0,9105	267	0,410	1,3576	189	0,610	1,6971	152
0,020	0,1529	648	0,220	0,9372	262	0,420	1,3765	186	0,620	1,7123	152
0,030	0,2177	590	0,230	0,9634	255	0,430	1,3951	184	0,630	1,7275	150
0,040	0,2767	545	0,240	0,9889	250	0,440	1,4135	181	0,640	1,7425	149
0,050	0,3312	506	0,250	1,0139	244	0,450	1,4316	180	0,650	1,7574	148
0,060	0,3818	474	0,260	1,0383	240	0,460	1,4496	177	0,660	1,7722	146
0,070	0,4292	446	0,270	1,0623	235	0,470	1,4673	176	0,670	1,7868	146
0,080	0,4738	424	0,280	1,0858	230	0,480	1,4849	173	0,680	1,8014	144
0,090	0,5162	402	0,290	1,1088	227	0,490	1,5022	172	0,690	1,8158	143
0,100	0,5564	384	0,300	1,1315	222	0,500	1,5194	169	0,700	1,8301	142

Abbildung 15 a

Werte von  $c'$  für die Formel  $v = c' \sqrt{j}$  nach Kutler ( $m = 0,35$ ).

$R$ $m$	$c'$	$\Delta c'$	$R$ $m$	$c'$	$\Delta c'$	$R$ $m$	$c'$	$\Delta c'$	$R$ $m$	$c'$	$\Delta c'$
0,000	0,0000	83	0,100	0,4747	356	0,300	1,0568	243	0,500	1,4957	199
0,001	0,0083	77	0,110	0,5103	346	0,310	1,0811	240	0,510	1,5156	196
0,002	0,0160	74	0,120	0,5449	337	0,320	1,1051	237	0,520	1,5352	195
0,003	0,0234	72	0,130	0,5786	328	0,330	1,1288	235	0,530	1,5547	194
0,004	0,0306	70	0,140	0,6114	320	0,340	1,1523	231	0,540	1,5741	192
0,005	0,0376	68	0,150	0,6434	312	0,350	1,1754	229	0,550	1,5933	190
0,006	0,0444	66	0,160	0,6746	306	0,360	1,1983	227	0,560	1,6123	190
0,007	0,0510	66	0,170	0,7052	300	0,370	1,2210	224	0,570	1,6313	187
0,008	0,0576	64	0,180	0,7352	293	0,380	1,2434	222	0,580	1,6500	187
0,009	0,0640	63	0,190	0,7645	288	0,390	1,2656	219	0,590	1,6687	185
0,010	0,0703		0,200	0,7933	283	0,400	1,2875	217	0,600	1,6872	183
			0,210	0,8216	278	0,410	1,3092	215	0,610	1,7055	183
0,020	0,01287	584	0,220	0,8494	273	0,420	1,3307	213	0,620	1,7238	181
0,030	0,01813	487	0,230	0,8767	269	0,430	1,3520	211	0,630	1,7419	180
0,040	0,02300	457	0,240	0,9036	265	0,440	1,3731	209	0,640	1,7599	178
0,050	0,02757	432	0,250	0,9301	261	0,450	1,3940	207	0,650	1,7777	178
0,060	0,03189	413	0,260	0,9562	256	0,460	1,4147	205	0,660	1,7955	176
0,070	0,03602	396	0,270	0,9818	254	0,470	1,4352	204	0,670	1,8131	176
0,080	0,03998	381	0,280	1,0072	249	0,480	1,4556	201	0,680	1,8307	174
0,090	0,04379	368	0,290	1,0321	247	0,490	1,4757	200	0,690	1,8481	173
0,100	0,04747	356	0,300	1,0568	243	0,500	1,4957	199	0,700	1,8654	172



und links das Gas- und Wasserrohr aufnimmt. Kabel sollten (mit Ausnahme der Kabelblocktrassen) nur im Gehsteig verlegt werden.

Auf breiten Plätzen sind zwei Kanäle parallel zu den Häuserfronten zu verlegen, niemals aber soll ein Platz diagonal durchschnitten werden. Auch Grünflächen kreuzt man am besten nicht, weil diese sehr leicht verändert oder in irgendeiner Weise (durch Standbild, Brunnen u. ä.) verbaut werden können. Bei platzartigen Erweiterungen sieht man einen Parallelkanal vor, der die Hauskanäle einer Häuserzeile zusammenfaßt und an geeigneter Stelle in den durchlaufenden Kanal einmündet. Oberster Grundsatz muß die Zugänglichkeit der Kanäle zu Betriebs- und Erhaltungszwecken sein. Darum ist auch die Benützung von Privatgrundstücken auszuschließen, die nur durch die Erstellung eines Servituts möglich wäre. Abgesehen davon, daß das Grundstück dadurch entwertet wird, ergeben sich für Betrieb und Erhaltung Schwierigkeiten. Der Straßenkanal gehört unbedingt auf öffentliches Gut, selbst dann, wenn die Benützung von Privatgrund eine Verbilligung der Baukosten mit sich bringen würde.

Bei begehbaren Kanälen, in der Folge kurz Profilkonäle genannt, sind die geraden Strecken mit Kreisbogen zu verbinden, deren Radius auch bei kleinen Profilen 10 m nicht unterschreiten soll, weil dieses Maß ein Minimum für die ordnungsgemäße Durchführung der Bauarbeiten (Pölung, Schablonen) darstellt. Besser sind Radien von 12 bis 15 m, bei größeren Profilen von 20 m und mehr. Die Einmündung eines Seitenkanals in den Hauptkanal soll unter  $45^\circ$  erfolgen. Einmündungen unter einem kleineren Winkel als  $45^\circ$  sind hydraulisch zwar besser, bieten aber bauliche Schwierigkeiten, steilere schneiden die Wasserführung des durchlaufenden Kanals zu stark ab. Profilkonäle müssen mit Einmündungsbogen eingemündet werden. Die Kanaltrasse soll durch Einsteigschächte, die bei begehbaren Kanälen je nach Profilgröße in einer Entfernung von 60 bis 80 m voneinander entfernt liegen, eindeutig festgelegt werden. Sie sollen deshalb am Bogenanfang oder -ende, an Straßenkreuzungen im Schnittpunkt der beiden Achsen oder am Beginn des Einmündungsbogens angeordnet werden.

Rohrkanäle sollen zwischen den max. 30 bis 35 m voneinander entfernten, mit Einsteigschächten versehenen Putzkammern gerade geführt werden, um eine Durchleuchtung der Kanäle zu ermöglichen. Ausnahmen sind nur in engen, stark gekrümmten Gassen zulässig, wenn eine andere Trassenführung sich als unmöglich erweist. Sonst ist ein der Straßenachse angepaßtes Polygon mit maximal 35 m Seitenlänge einzulegen, an dessen Eckpunkten die Putzkammern liegen. Diese sind mit ihrer Längsachse senkrecht zur Winkelhalbierenden zu legen. Die in Putzkammern aus Halbrohren bestehende Sohlenrinne ist in ihrer Längsachse einzulegen. Zur Verbindung mit den anschließenden Rohren werden diese entsprechend gehackt (bei einem  $90^\circ$  Polygonwinkel z. B. unter  $45^\circ$ ). Aus

Gründen des Kanalbetriebes empfiehlt es sich, die Einsteigschächte in der Fließrichtung am unteren Ende der Kammern anzuordnen. Zur Einmündung von Straßenkanälen werden 45° Abweiger versetzt, Hauskanäle werden mit 45° Abzweigern, Straßenabläufe mit T-Stücken eingemündet. Bei Profilkänen wird die Seitenwand einfach durchgestemmt und das einmündende Rohr versetzt.

## 7. Die Tiefenlage und das Gefälle der Kanäle

Mischwasser- und Schmutzwasserkanäle sollen so tief gelegt werden, daß die Keller der angrenzenden Häuser entwässert werden können. Dies erfordert eine Tiefenlage von 3 bis 4 m im engverbauten Stadtgebiet, die sich in Wohnsiedlungen und Landgemeinden auf 2 bis 2,5 m ermäßigen kann. Einzelne außergewöhnlich tiefe Keller müssen durch Pumpwerke entwässert werden. Die Kanalleitungen müssen unbedingt frostsicher verlegt werden. Ihre Tiefenlage ist auch durch jene der Gas- und Wasserrohre bedingt, unter denen die Hausanschlüsse zum Straßenkanal geführt werden; daher soll der Kanal von allen übrigen Versorgungsleitungen am tiefsten liegen. Regenwasserleitungen können unter sinngemäßer Berücksichtigung des Vorangeführten seichter verlegt werden, sie sollen jedenfalls über dem Niveau der Schmutzwasserleitungen zu liegen kommen. Einmündungen in einen Rohrkanal sind mit einer Stufe von mindestens 5 cm, in Profilkänel jedoch von mindestens 10 cm, das ist über der Steinzeugsohlenschale, herzustellen. Wenn eine Sohlensicherung, wie bei Regenwasserkanälen, nicht vorhanden ist, kann auch bei Profilkänel eine Mindeststufe von 5 cm ausgeführt werden. Anzustreben ist jedoch ein Stufe, die möglichst über der Linie der Schmutzwasserführung des Vorflutkanals liegt, um den ständigen Rückstau in den Seitenkanal zu vermeiden. Eine tiefere Einmündung würde zwar das Sohlengefälle desselben vergrößern, das Spiegelgefälle, das vom Spiegel des Vorflutkanals ausgeht und für die Abflußgeschwindigkeit maßgebend ist, bliebe aber gleich, und der Rückstau würde zu Ablagerungen Anlaß geben. Wasserleitungsentleerungen müssen unter einem Winkel von höchstens 45° eingemündet werden. Eine Kreuzung des Lichtraumprofils eines Straßenkanals durch Gas- oder Wasserleitungsrohre ist verboten.

Das Gefälle der Kanäle bestimmt die Abflußgeschwindigkeit und damit die Querschnittsfläche derselben sowie die Schleppkraft des Abwassers, die zur Fortbewegung der mitgeführten Schwerstoffe nötig ist. Anzustreben ist eine Mindestgeschwindigkeit des Schmutzwassers von 0,60 m/s. Hingegen kann die Geschwindigkeit bei maximalem Abfluß ohne weiteres auf 4 bis 5 m und darüber ansteigen, wenn die Kanalsole durch abriebfestes Material gesichert ist. Vom Einbau von Abstürzen,

durch die die Kanalsohle sägeblattartig ausgestaltet und damit das Kanalgefälle zwischen ihnen ermäßigt wird, ist unbedingt abzuraten. Dadurch wird die Kanalaräumung nur unnötigerweise erschwert und verteuert, weil sich die Sinkstoffe bei jedem Absturz ablagern. Je größer die Geschwindigkeit des Schmutzwasserabflusses — die ganz grob ein Drittel jener des Maximalabflusses beträgt — ist, desto weniger Sinkstoffe werden im Kanal liegenbleiben. Die unterste Grenze des Gefälles soll bei Profilkänen mit Steinzeug- oder abgezogener Betonsohle bei  $1\text{‰}$  liegen. Bei Sammelkanälen muß man notgedrungen auch auf  $0,4\text{‰}$  heruntergehen, um deren Reichweite, z. B. im flachen Alluvialgebiet, möglichst groß zu gestalten und Pumpwerke zu vermeiden. Bei Rohrkanälen sollte die unterste Grenze  $5\text{‰}$  betragen, weil es bei Verlegung der einmetrigen Rohre schwer ist, ein kleineres Gefälle genau einzuhalten, und auch die Geschwindigkeit zu stark zurückgeht. Gefällsbrüche sind unbedingt in Einsteigschächten und niemals dazwischen anzuordnen, weil man sonst die Höhenlage der Kanalsohle zwischen den Schächten nur sehr schwer genau feststellen kann, was aber für allfällig später herzustellende Einmündungen von größter Wichtigkeit ist.

## 8. Die Arten der Kanäle

Nach Art der Herstellung unterscheidet man Kanäle, die aus einzelnen fertigen Rohrstücken (Kanalrohren) im Kanalgraben verlegt, und Kanäle, die an Ort und Stelle hergestellt werden. Nach ihrer Größe unterscheidet man nicht begehbare Kanäle und begehbare (schlifbare) Kanäle. Die nicht begehbaren sind zumeist kreisrunde Rohre, die schlifbaren Kanäle beginnen mit einem Durchmesser bzw. einer Höhe von 0,90 m. (In Wien wird als kleinstes Eiprofil ein solches mit den Maßen 0,70/1,05 m eingebaut.) Der Querschnitt der aus Kanalrohren bestehenden Kanäle kann kreis- oder eiförmig sein, die im Kanalgraben hergestellten Kanäle (Profilkanäle) können, wie bereits erwähnt, jedes zweckmäßige Profil haben.

Zur Herstellung von Kanälen ist das beste Material gerade gut genug, denn die Baukosten sind im Verhältnis zu den Materialkosten außerordentlich hoch (etwa 70 : 30). Kanäle sollen 100 Jahre und darüber ihren Dienst klaglos versehen, früher wird man kaum Zeit und Geld haben, sie auszuwechseln. Dazu kommen noch die großen Schwierigkeiten mancherlei Art, verursacht durch die Aufgrabungen in städtischen Straßen, die man daher möglichst vermeiden soll. Die Planung und Bauausführung von Kanälen muß deshalb sorgfältig und auf lange Sicht geschehen. Als Baumaterial kommt in erster Linie Steinzeug und Beton in Betracht. Steinzeugrohre sind für die Ableitung von Schmutzwässern jeder Art besonders geeignet, sie sind gegen mechanische und chemische Einflüsse

praktisch unempfindlich und gewährleisten daher bei sorgfältiger Verlegung eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer des Kanals. Betonrohre sind im Gegensatz dazu besonders gegen Säureeinwirkung, sei es durch Industrieabwässer oder aggressive Grundwässer, empfindlich und weisen im allgemeinen auch eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Abrieb auf. Ein Schutzanstrich mit Fluat oder bituminösen Teerpräparaten im Inneren der Rohre hält zumeist nicht lange vor. Neuerdings werden besonders haltbare Betonrohre im Rüttelverfahren mit der Bezeichnung „Phlomaxrohre“ hergestellt, deren Härte jener der Steinzeugrohre gleichkommt und die durch ihre besondere Dichte und Glätte auch gegen chemische Einwirkungen weitgehend unempfindlich sind. Im Gegensatz zu den einmetrigen Steinzeug- und Betonrohren werden sie mit 2 m Baulänge geliefert. Auch werden imprägnierte Betonmuffenrohre mit einer glatten, gegen Fäkalien und chemische Angriffe widerstandsfähigeren und verschleißfesten Auflage auf der Rohinnenwand erzeugt. Im allgemeinen wird man jedoch in Siedlungsgebieten mit gewerblichen und industriellen Betrieben Steinzeugrohre verwenden und handelsübliche Betonrohre nur in Wohnsiedlungen und bei nicht allzu großem Gefälle (Geschwindigkeit 3 bis 4 m) verlegen. Für Regenwasserkanäle können mit letzterer Einschränkung ohne weiteres handelsübliche Betonrohre verwendet werden. Was die Form betrifft, sind bei kreisrunden Rohren die Rohre mit Glockenmuffen den Falzrohren wegen der leichteren Verlegung und Dichtung unbedingt vorzuziehen. Für unter hohem Innendruck (z. B. nach Pumpwerken) stehende Rohrkanäle verwendet man am besten Stahlrohre mit Schraubmuffen oder mit Verschweißung der Rohrstöße. Für die im Kanalgraben hergestellten Kanäle kommt in erster Linie dichter Stampfbeton in Frage. Die am meisten verwendeten Eiprofile mit der Bezeichnung 0 bis VI reichen von den Ausmaßen 0,60/0,90 m bis 1,20/1,80 m, wobei die Profilbreite jeweils um 10 cm, die Profilhöhe um 15 cm springt. Die Wanddicke beträgt mit Unterschieden von je 1 cm 16 bis 22 cm. Die übrigen Profile, wie z. B. die überhöhten Kreis- und die Maulprofile sowie die Doppelprofile, müssen, sofern sie nicht bereits erprobt sind, nach den Regeln der Statik berechnet werden. Hierbei ist zu beachten, daß im Gewölbe im wesentlichen nur Druckspannungen auftreten sollen. Als Belastung ist das Gewicht des auf dem Kanal lastenden Bodens und die gleichmäßig verteilt angenommene Verkehrslast zu rechnen, ohne daß auf eine Verspannung des wieder verfüllten Aushubes Rücksicht genommen wird, die erfahrungsgemäß im Laufe der Jahre eintritt. Zumeist wird man mit einer Gewölbedicke von etwa 30 bis 40 cm, einer Widerlagerdicke von 50 bis 60 cm und einer Sohlendicke von 45 bis 55 cm auskommen. Wenn der Kanal bei seiner Erbauung ganz oder teilweise frei steht und erst später überschüttet wird, müssen die Profile verstärkt werden. Dasselbe gilt auch bei der Kreuzung mit Eisenbahnen und

wird von der Bahnverwaltung ausdrücklich verlangt, gleichgültig, ob die Kreuzung unmittelbar unter den Geleisen oder auch nur in einer Brückenöffnung erfolgt. Rohrkanäle müssen in diesen Fällen einbetoniert werden. Bei Schmutzwasser- oder Mischwasserkanälen muß unbedingt ein entsprechender Schutz der Schmutzwasserrinne bzw. Sohle aus Steinzeugsohlschalen und -wandplatten, Klinkern oder Granitsteinen, die beiden letzteren in Sammelkanälen, eingebaut werden. Bei Maulprofilen wird die Sohlensicherung vielfach mit behauenen Kämpfersteinen aus Granit eingefast. In ganz besondern Fällen, wenn es zum Beispiel möglich ist, daß der Kanal unter Druck kommt, findet Stahlbeton Verwendung.

Ist eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse erforderlich, dann soll man Profilkonäle auch aus Mauerwerk herstellen. Die Innenwandungen der Leitungen werden sodann aus Klinkern bzw. Keilklinkern gemauert, für die Nachmauerung verwendet man Hartbrandziegel. Zur Mauerung kommt nur Zementmörtel in Frage, die Innenleibung soll mit Bitumenmörtel verfugt werden. Sonst werden Kanäle nicht mehr aus Ziegelmauerwerk gebaut.

Die beim Kanalbau verwendeten Materialien müssen in jeder Weise einwandfrei sein und den betreffenden Normen entsprechen, worauf bei ihrer Übernahme besonders zu achten ist. Bei größeren Kanalbauten empfiehlt es sich, den Zement sowie die Steinzeug- und Betonwaren durch eine staatlich autorisierte Material-Prüfanstalt auf ihre Normgerechtigkeit überprüfen zu lassen. (Abbildungen 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24.)

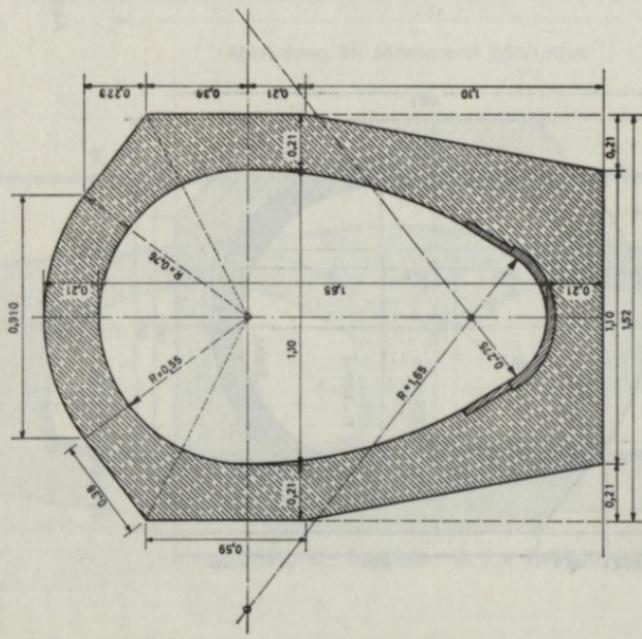
## **9. Die Verfassung eines Detailprojektes**

Zur Ausarbeitung des baureifen Detailprojektes eines Straßenkanals ist ein *Lageplan* von mindestens 1 : 2500, besser von 1 : 1000 oder 1 : 500 erforderlich, der die bereits vorhandenen Kanäle, die Gas- und Wasserrohre sowie die wichtigsten Kabel aufweisen muß. Trasse, Querschnitt und Tiefenlage derselben im Straßenkörper müssen genau erhoben werden, ebenso die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse. Die Terrainhöhen sind durch ein genaues Nivellement, bezogen auf einen Fixpunkt, festzustellen, in das die Sohlenhöhe des die Vorflut bildenden Kanals einbezogen werden muß. Nach Einzeichnung der Kanaltrasse sind die Einsteigschächte bzw. Putzkammern aufzuteilen und ist der Längenschnitt zu entwerfen, wobei die Höhen gegenüber den Längen in mindestens zehnfachem Maßstab aufzutragen sind, am einfachsten 1 : 100 für erstere und 1 : 1000 für letztere. Für das Auftragen der Höhen ist eine auf absoluter Höhenmessung basierende Vergleichsebene zu wählen, die bei gegebener Notwendigkeit (zum Beispiel sehr starkem Gefälle) gewechselt werden kann.

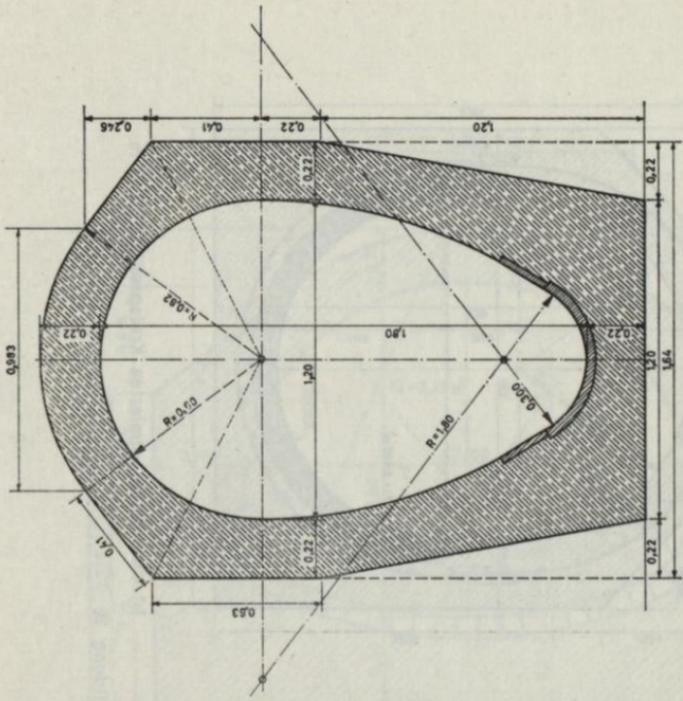




Eiprofil V  
1,10/1,65 m

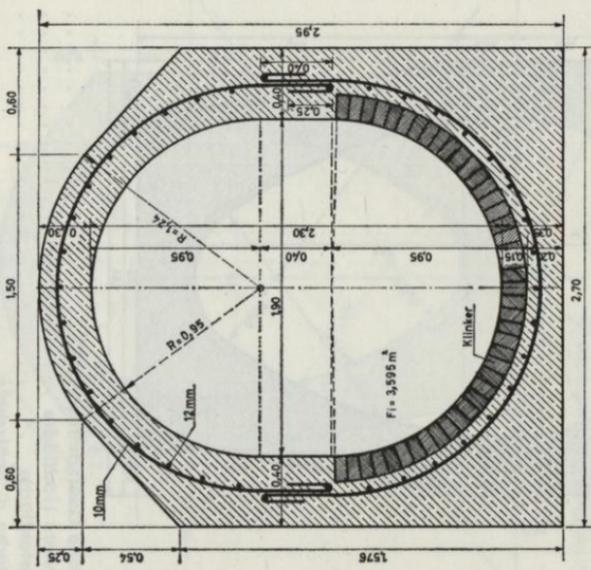


Eiprofil VI  
1,20/1,80 m



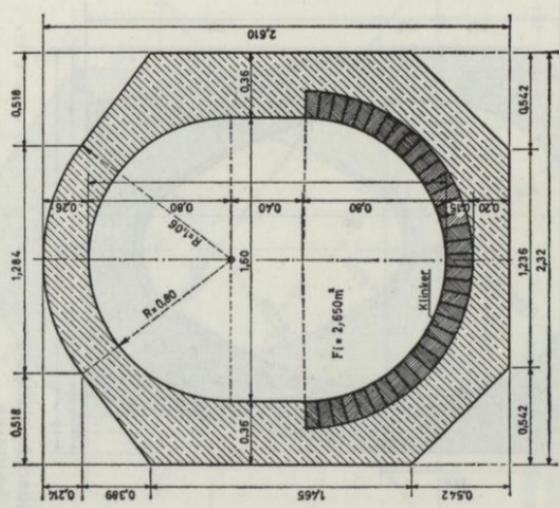
Volle Querschnittsfläche . . . . .	2,709 m <sup>2</sup>	3,170 m <sup>2</sup>
Innere Lichtfläche . . . . .	1,390 m <sup>2</sup>	1,654 m <sup>2</sup>
Betonfläche . . . . .	1,296 m <sup>2</sup>	1,495 m <sup>2</sup>
Fläche d. Sohlenschale . . . . .	0,013 m <sup>2</sup>	0,011 m <sup>2</sup>
Fläche d. beiden Wandplatten . . . . .	0,010 m <sup>2</sup>	0,010 m <sup>2</sup>
Fläche d. Böschungsdreiecke . . . . .	0,231 m <sup>2</sup>	0,264 m <sup>2</sup>
Zementbedarf pro lfd. Meter Kanal . . . . .	284 kg	326 kg

Abbildung 19



b) Überhöhtes armiertes Kreisprofil 1,90/2,30 m

Abbildung 20



a) Überhöhtes Kreisprofil 1,60/2,00 m

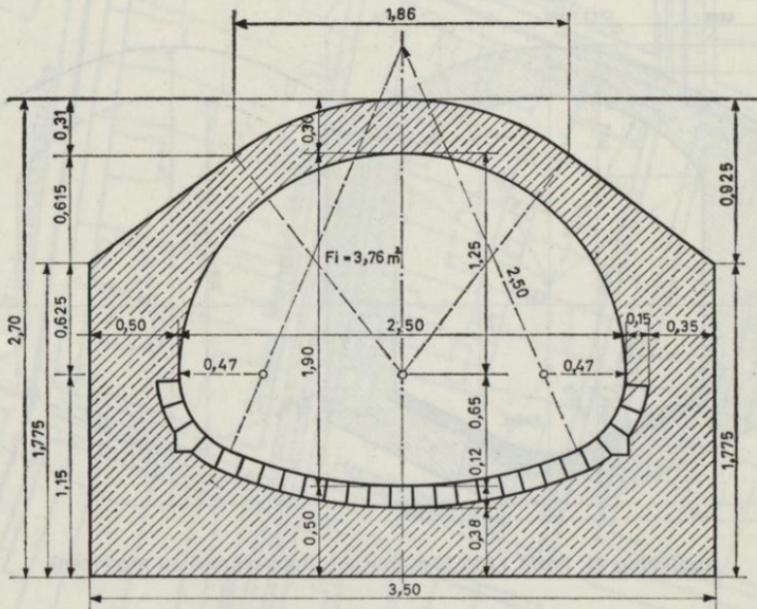


Abbildung 21: Maulprofil 2,50/1,90 m

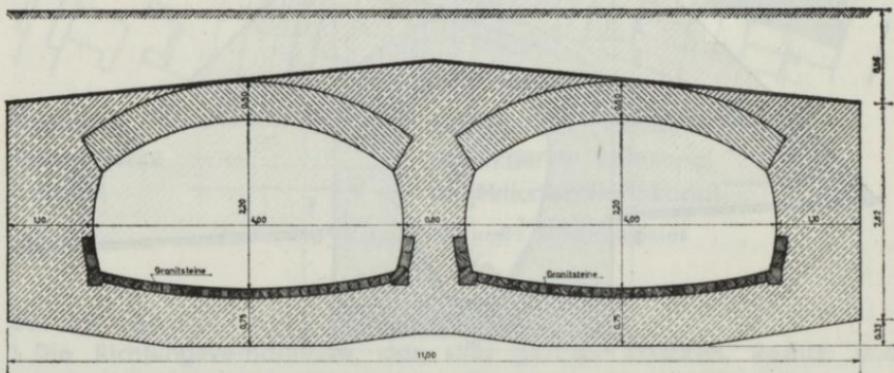


Abbildung 22: Doppelprofil 2 x 4,00/2,20 m

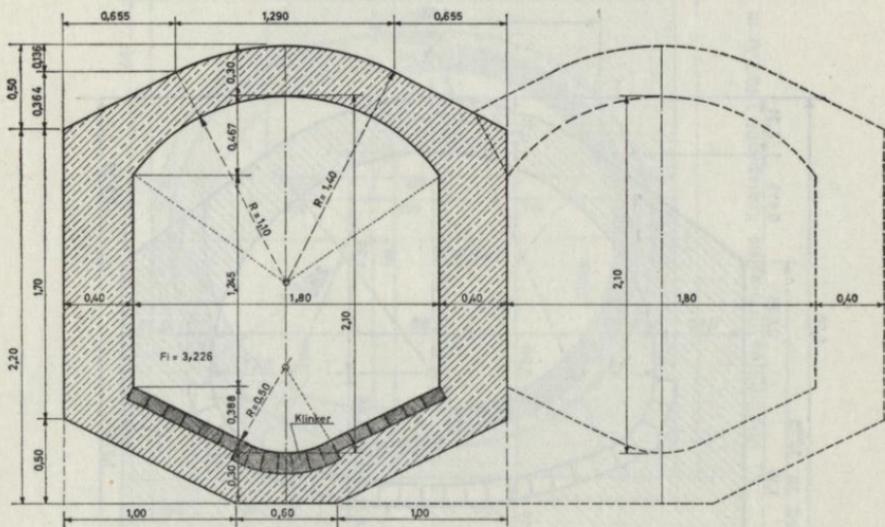


Abbildung 23: Profil 1,80/2,10 m (auf ein Doppelprofil zu ergänzen)

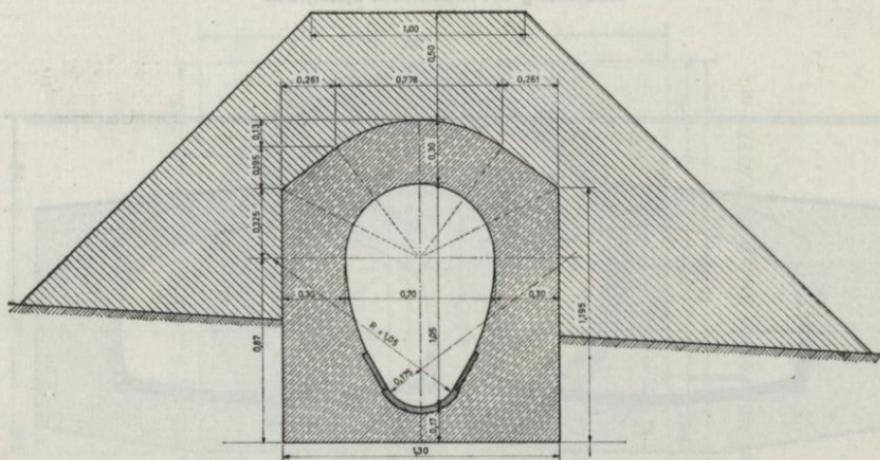
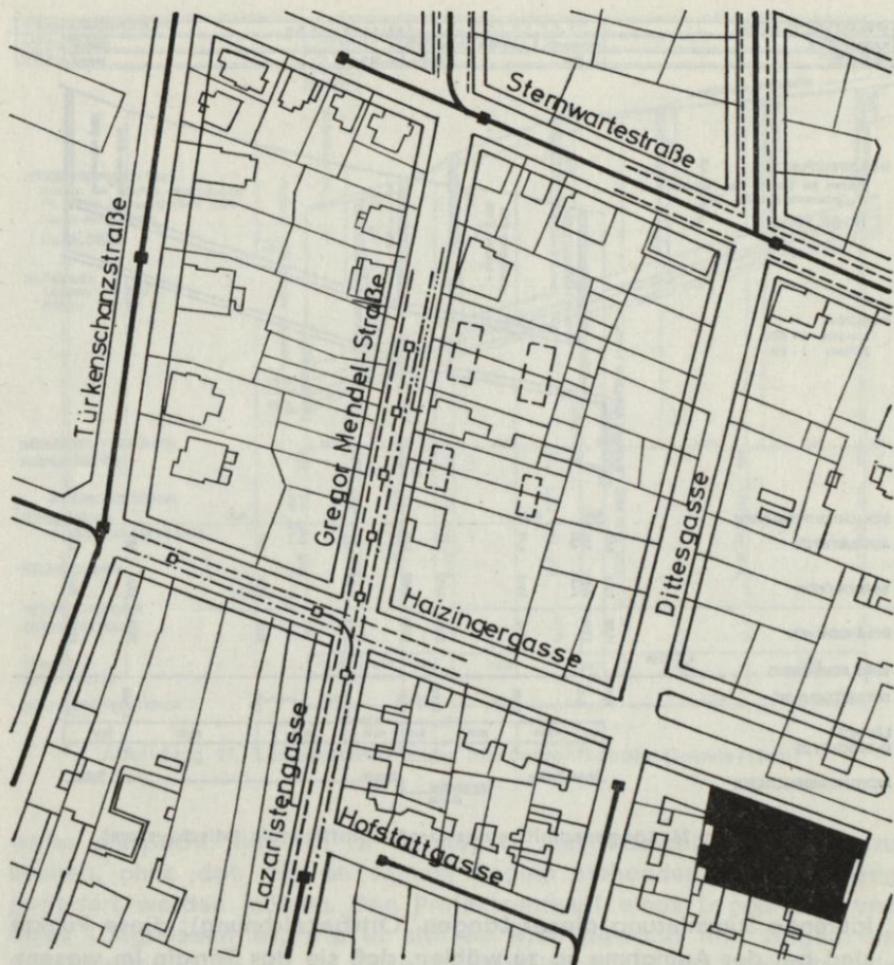


Abbildung 24: Verstärktes Eiprofil I (0,70/1,05 m)



Gasrohre	-----	bestehender Profilkanal	—■—
Wasserrohre	- - - - -	projektierter Profilkanal	—□—
E.Kabel	· · · · ·	projektierter Rohrkanal	- - □ - -

Abbildung 25: Lageplan eines Kanalprojektes

Der Längenschnitt hat zu enthalten:

1. Die Richtungsverhältnisse, das sind gerade Strecken, Rechts- und Linksbogen, in einem Richtungsband mit Längenangabe und Angabe der Radien.
2. Die bei der Terrinaufnahme gemessenen Längen zwischen den einzelnen Punkten der Höhenbestimmung (Querschnitte) und die fort-

STRASSENBEZEICHNUNG	Fabigonstraße	
KANALPROFIL	Betonprofil I 0,70/105 m m. S.S. u. W.P.I.	100,00 m
GEFÄLLE	J = 20‰	4500 m J = 32‰

HÖHENFESTPUNKT  
Bolzen im Sockel des Hauses  
11, Schemmerstraße 40  
H = 26,362 m

Maßstäbe:  
Längen: 1 : 500  
Höhen: 1 : 50

SCHACHTENTFERNUNGEN

AUSHUBTIEFEN

SOHLENHÖHEN

GELÄNDEHÖHEN

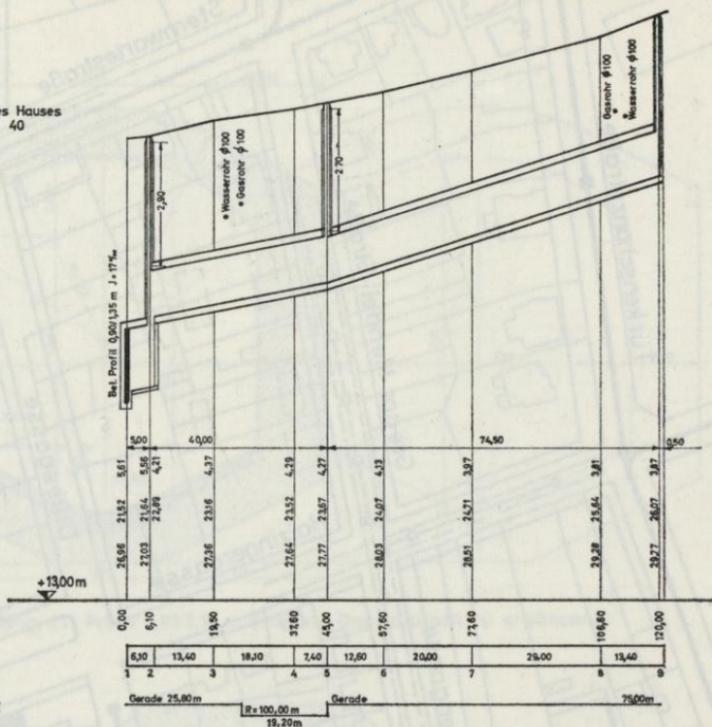
VERGLEICHSEBENE

ORTSBEZEICHNUNG

LÄNGEN

QUERSCHNITTE

RICHTUNGSVERHÄLTNISSE



STRASSENBEZEICHNUNG	Mittelgasse	
KANALPROFIL	Trennprofil 30/20cm	125,00m
GEFÄLLE	J = 49‰ lg = 12,00m	125,00m

HÖHENFESTPUNKT: 7003  
Bolzen im Sockel des Hauses  
23. Mauer Wienerstraße 1 Ecke  
Mauer-Hauptplatz  
H = 88,082m

Maßstäbe:  
Längen 1: 500  
Höhen 1: 50

SCHACHTENTFERNUNGEN  
AUSHUBTIEFEN

REGENWASSERKANAL  
SOHLENHÖHEN  
SCHMUTZWASSERKANAL

GELÄNDEHÖHEN

VERGLEICHSEBENE  
ORTSBEZEICHNUNG

LÄNGEN  
QUERSCHNITTE

RICHTUNGSVERHÄLTNISS

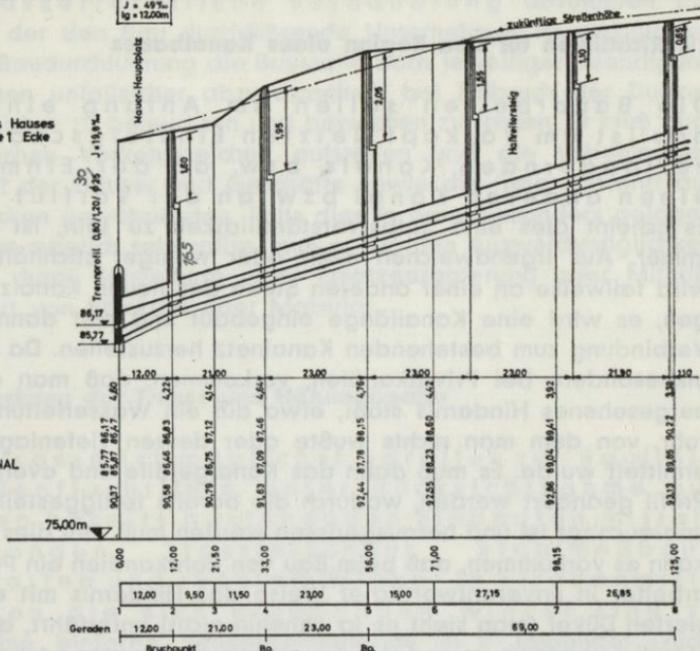


Abbildung 27: Längenschnitt eines Straßenrohrkanals (Trennsystem)

weise entspricht. Dadurch ist es möglich, ihn jederzeit verlängern zu können, ohne daß die an seinem Beginn stehenden Bezeichnungen geändert werden müssen. Den Projektentwurf eines Lageplanes und eines Längenschnittes, wie er sich in Wien bewährt hat, zeigen die Abbildungen 25, 26, 27. Ein Kanal beginnt immer an der Einmündung in die Vorflut, sei es in ein Gewässer, eine Kläranlage oder in einen anderen Kanal. Dies ist ohne weiteres einleuchtend, wenn man bedenkt, daß der Einmündungspunkt immer fest bleibt, während der Kanalstrang verlängert werden kann und sein Ende vielfach erst nach mehreren Bauperioden erreicht wird. Dementsprechend fällt der Nullpunkt der Längenmessung mit dem Einmündungspunkt zusammen. Trotz dieser einfachen Überlegung kommt es vor, daß der Nullpunkt an das jeweilige Kanalende verlegt wird und bei einer Kanalverlängerung verschoben werden muß, was für eine ordnungsgemäße Planevidenz unmöglich ist. Und gerade diese ist bei Kanälen, von denen nur mehr die Schacht- abdeckungen in Erscheinung treten, besonders wichtig.