

5. Berechnung der Abwasserableitungsanlagen

Für die Berechnung der Abwasserableitungsanlagen sind neben den in Abschn. 4 dargelegten Bedingungen bezüglich der Verfahren zur Abwasserableitung bestimmte Richtwerte über den mengenmäßigen Anfall des Abwassers maßgebend.

5.1. Abwasseranfall

Der Abwasseranfall richtet sich nach der anfallenden Schmutzwassermenge (Trockenwetterabfluß) und den Niederschlagsmengen. Schmutzwasser fällt unterschiedlich an. Die Menge ist abhängig von

- den Gewerbe- und Industriebetrieben
- den anfallenden häuslichen Abwässern
- den Lebensgewohnheiten und dem Lebensstandard der Einwohner
- der Größe des Siedlungsgebietes

Die anfallende Menge Niederschlagswasser hängt ab von

- der Größe des Einzugsgebietes
- der Beschaffenheit des Einzugsgebietes

und macht ein Vielfaches (das 60fache im Mittel) der Schmutzwassermenge aus.

Für die Ermittlung des Rohrquerschnittes beim Mischsystem ist der Anfall an Niederschlagswasser allein maßgebend.

Die größte Beanspruchung der Entwässerungsleitungen tritt bei kurz andauernden, sehr heftigen Niederschlägen auf. Aus wirtschaftlichen Gründen werden aber nicht nur die sehr selten auftretenden Höchstniederschläge, sondern sogenannte Berechnungsregen zugrunde gelegt.

5.1.1. Schmutzwasseranfall

Die anfallende Schmutzwassermenge (Trockenwetterabfluß) ist abhängig von

- dem Wasserverbrauch des Siedlungsgebietes
- den Gewerbe- und Industriebetrieben
- den öffentlichen Einrichtungen

Im allgemeinen fallen 80 bis 100 Prozent des Wasserverbrauches als Schmutzwasser an.

Größere Abweichungen treten nur dann auf, wenn erhebliche Mengen für die Gartenbewässerung verbraucht werden oder wenn bei Industriebetrieben erhebliche Wassermengen in das Erzeugnis eingehen. Der Anfall des Schmutzwassers ist in Orten mit zentraler Wasserversorgung leicht zu bestimmen, da der Wasserverbrauch mit Wasserzählern oder Meßgeräten genau ermittelt werden kann.

In Wohngebieten ohne Wasserversorgung werden für den Schmutzwasseranfall Erfahrungswerte zugrunde gelegt, wobei Orte gleicher Größe und gleicher Bevölkerungsdichte zum Vergleich herangezogen werden.

Tafel 1 Richtzahlen für den Schmutzwasseranfall

	max. Schmutzwasseranfall in l/E d
Ländliche Gemeinden	70 ... 110
Orte bis 5000 E	100 ... 160
Orte bis 20000 E	120 ... 190
Orte bis 50000 E	140 ... 240
Orte bis 100000 E	160 ... 280
Orte über 100000 E	200 ... 320
neue Wohnsiedlungen	
100 % mit Bad	150 ... 220
desgl. + Warmwasser	180 ... 300

Die in Tafel 1 aufgeführten Werte für die Schmutzwassermengen sind nach der Bemessungsgrundlage zum Erarbeiten von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen [5] für die Berechnungen zugrunde zu legen, wenn örtlich keine anderen Werte angenommen werden können. In dieser Tafel sind die Abwassermengen des Kleingewerbes mit enthalten. Steigt der Abwasseranfall eines Gewerbebetriebes auf über 10 m³/d an, dann ist er gesondert zu erfassen und zusätzlich zu berücksichtigen. Für Industriebetriebe gilt sinngemäß das gleiche. Ihre Wassermengen sind ebenfalls für die Perspektive mit zu berücksichtigen.

Nach den Bemessungsgrundlagen gilt weiter, daß bei Betrieben ohne Abwasseranfall aus der Produktion oder solchen Betrieben, in denen das Abwasser aus Aborten, Waschräumen usw. getrennt von dem Abwasser aus der Produktion behandelt wird, einem Einwohner gleichzusetzen sind:

nur Spülabort- und Waschwasser	4 Betriebsangehörige,
Spülabort-, Wasch-, Bade- und Duschwasser	3 Betriebsangehörige,
Spülabort-, Wasch-, Bade- und Duschwasser mit Küchenbetrieb	2 Betriebsangehörige.

Nur selten kommt es vor, daß das Industrieabwasser gleichmäßig anfällt. Deshalb ist es wichtig, den zeitlichen Ablauf des Abwassers zu kennen (z. B. stoßweiser Abwasser-

anfall bei Inbetriebnahme von großen Wasch- und Duschanlagen). Der Anfall dieses Abwassers ist sehr schwierig zu ermitteln. Nur ein ständig gemessener Wasserverbrauch kann hier als Abwasseranfall angenommen werden.

Bei neu zu errichtenden Industriebetrieben dürfen die Abwassermengen von gleichartigen Industriebetrieben mit gleicher Produktion nicht einfach übernommen werden, da die gewählten Technologien unterschiedlich sein können. Eine gute und brauchbare Zusammenstellung des Abwasseranfalls bei sowjetischen Industriebetrieben ist in *Demidow-Schigerins* Fachbuch „Kanalisation“ [7] enthalten.

In landwirtschaftlichen Produktionsstätten mit Viehhaltung können folgende Abwassermengen bei 100 Prozent Abfluß in die Kanalisation angesetzt werden:

Großvieh	45 . . . 68 l je Stück und Tag
Kleinvieh	14 . . . 18 l je Stück und Tag

Zum *Großvieh* gehören Pferde, Fohlen, Bullen, Rinder und Jungrinder. Zum *Kleinvieh* gehören Schweine, Läuferschweine, Schafe und Ziegen. Bei Geflügelfarmen ist mit 1 l Abwasseranfall je Stück und Tag zu rechnen.

5.1.2. Regenwasseranfall

Für die Berechnung der Regenwasserleitungen und der Leitungen des Mischsystems sind die Berechnungsregen maßgebend. Beim Bauen der Entwässerungsleitungen bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Rohrquerschnitte nach Erfahrungswerten festgelegt. Erst im Laufe des 19. Jahrhunderts wurden in den größeren Städten Regenschreiber aufgestellt. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wurde von *Frühling* [8] eine Beziehung zwischen Regendauer und Regenabfluß aufgestellt, die von *Reinhold* [9] nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen verbessert wurde und noch heute Gültigkeit besitzt.

Ermittlung der Regenspende

Die Messungen des Regens werden mit Regenschreibern oder mit Regenmessern vorgenommen. Der Unterschied dieser beiden Meßgeräte besteht darin, daß beim Regenmesser nur die tägliche Regenhöhe angegeben wird, während beim Regenschreiber die Regenstärken gemessen werden, die für unsere Berechnungen in der Kanalisation von Bedeutung sind.

Die Regenspende r , die für die Abflußermittlung ausschlaggebend ist, wird gemessen in l/s ba. Sie ist abhängig von der Regenhöhe und der Regendauer.

Es gilt die Beziehung:

$$i = \frac{N}{T} \quad (1)$$

Darin bedeuten

i Regendichte in mm/min N Regenhöhe in mm T Regendauer in min

Mit dieser Beziehung und 1 mm Regenhöhe entsprechend 10 m³/ha ergibt sich

$$r = \frac{i \cdot 10}{60}$$

$$r = 0,167 i \text{ m}^3/\text{s ha}$$

$$r = 167 i \text{ l/s ha}$$

Berechnungsregen

Unter Berechnungsregen wird ein Regen von bestimmter Dichte, Dauer und Häufigkeit verstanden.

In der DDR kann dieser Berechnungsregen (r_{15}) im Mittel mit $r_{15} = 100 \text{ l/s ha}$ angenommen werden, wenn örtliche Regenaufzeichnungen keine anderen Werte ergeben. Dabei wird die Häufigkeit $n = 1$ zugrunde gelegt. Die Häufigkeit $n = 1$ bedeutet, daß der Niederschlag einmal im Jahr erreicht oder überschritten wird. Die Häufigkeit $n = 0,2$ besagt, daß der Regen alle 5 Jahre erreicht oder überschritten wird.

Die Berechnungsregen sind um so ergiebiger, je kürzer sie andauern und je seltener sie auftreten.

Werden aus wirtschaftlichen Gründen andere Häufigkeiten gewählt, dann können nach den Berechnungsgrundlagen folgende Umrechnungsfaktoren angewendet werden:

Häufigkeit	0,2	0,5	1	2	3
d. h. einmal in Jahren	5	2	1	1/2	1/3
$r_{(n)}/r_{(1)} =$	1,78	1,30	1,00	0,75	0,62

Bei offenen Regenwasserableitern werden sogar 200 l/s ha als Regenspende angesetzt, sofern in Zeitabständen von mehreren Jahren Überflutungen in Kauf genommen werden können. Andernfalls müssen noch höhere Werte angenommen werden.

Nach Reinbold [9] läßt sich die Regenspende r bei einer bekannten Regenspende r_{15} , einer Regendauer T und der Häufigkeit n nach folgenden Gleichungen berechnen:

$$r = \frac{38}{T + 9} \cdot \left(\frac{1}{4 \sqrt{n}} - 0,369 \right) \cdot r_{15} = r = \varphi \cdot r_{15}$$

Der Wert φ wird als Zeitbeiwert bezeichnet.

5.2. Abflußermittlung

Aus der Summe des anfallenden Schmutzwassers ergibt sich der Gesamtabfluß. Liegen keine genauen Werte vor, dann kann der Abfluß über die Schmutzwasserabflußspende ermittelt werden.

Bei Mischsystemen ist fast immer der Regenwasserabfluß ausschlaggebend.

5.2.1. Schmutzwasserabfluß

Der Gesamtabfluß für die Schmutzwasserleitung ist ausschlaggebend für die Berechnung unserer Kanalisationsleitungen. Sie errechnet sich aus der Anzahl der angeschlossenen Einwohner einschließlich der in [5] angegebenen Anschlußwerte, aus dem anfallenden Industrieabwasser und dem sonstigen Schmutzwasseranfall. Aus der Summe aller dieser Werte ergibt sich beim Trennsystem der Gesamtabfluß für unsere Kanalisationsleitungen. Für Mischsysteme ist dieser Wert der Trockenwetterabfluß.

Häufig ist die Erfassung dieser Werte kompliziert und schwierig. Vor allem kann man für große Entwässerungsgebiete bei Fehlen von Bebauungsplänen und anderen Faktoren den Kanalleitungen nicht immer die Anschlußwerte aus den Einwohnerzahlen zuordnen. In derartigen Fällen ermittelt man für das zu entwässernde Gebiet die

Schmutzwasserabflußspende

$$q_s = \frac{m \cdot W \cdot S}{3600} \quad (2)$$

Darin bedeuten:

m höchster Stundenabfluß (als Verhältniswert),

W Wohndichte in Einwohnern/ha,

S Schmutzwasseranfall in l/E d

Die Werte für den Schmutzwasseranfall sind in Abschn. 5.1.1. angegeben. Die Werte für die Wohndichte werden aus den Flächennutzungsplänen, den Bebauungsplänen oder ähnlichen Unterlagen entnommen.

Die in alten Veröffentlichungen angegebenen Wohndichten können heute den Berechnungen nicht mehr zugrunde gelegt werden, da fast in der gesamten Welt (vor allem in Europa) eine Auflockerung der Stadtkerne angestrebt wird und außerhalb der Stadtkerne eine oft dichtere Bebauung festzustellen ist.

Nach *Randolf* [3] gelten heute folgende Werte für die Wohndichten

sehr dichte Stadtkern- bebauung . . .	mit ≥ 5 Geschossen 600 E/ha,
dichte innerstädtische Bebauung . . .	mit 4 bis 5 Geschossen 500 E/ha,
geschlossene städtische Bebauung mit großen Hof- und Gartenflächen . . .	mit 3 bis 4 Geschossen 300 bis 400 E/ha,
aufgelockerte Bauweise (Außenbezirke der Großstädte, Landorte) . . .	mit 2 bis 3 Geschossen 150 bis 200 E/ha,
weiträumige Bebauung, garten- reiche Außenviertel . . .	mit 1 bis 2 Geschossen 100 E/ha,

Stadttrand-, Klein-
siedlungen . . .

mit 1 Geschoß 50 E/ha.

Der für die Errechnung der Schmutzwasserabflußspende (q_s) noch fehlende *höchste Stundenabfluß* m wird als Verhältniswert des größten Tagesabflusses ausgedrückt. Dieser Wert ist erfahrungsgemäß in kleineren und größeren Orten unterschiedlich. Liegen keine genauen Werte vor, so kann m als Bruchteil der maximalen Tagesabflußmenge wie folgt angenommen werden:

in Orten bis	20000 E	$\frac{1}{10} \dots \frac{1}{12}$
in Orten bis	100000 E	$\frac{1}{12} \dots \frac{1}{14}$
in Orten über	100000 E	$\frac{1}{14} \dots \frac{1}{16}$

Bei Vorhandensein großer Industriegebiete, deren Abwässer in die Kanalisation mit eingeleitet werden, weil für sie keine eigenen Abwasserreinigungsanlagen mit vom Ortsnetz getrennten Leitungen vorhanden sind, können für die angegebenen Verhältniswerte (m) Korrekturen erforderlich werden.

Sind die Werte m , W , S bekannt, dann errechnet sich der Schmutzwasserabfluß Q_s in l/s über die Schmutzwasserabflußspende q_s zu

$$Q_s = q_s \cdot F \quad (3)$$

F Fläche des Entwässerungsgebietes in ha

Bei dieser Berechnungsart wird der einem Schmutzwasserkanal zugehörige Schmutzwasserabfluß aus einer Abflußspende für das Gesamteinzugsgebiet und der dem Kanal zugeordneten Beitragsfläche F ermittelt. Diese zugehörige Beitragsfläche erhält man, indem das Gesamtgebiet in einzelne Flächen aufgeteilt wird.

Regen- und Fremdwässerzuschläge

Beim Trennverfahren müssen für die in den Schmutzwasserleitungen beabsichtigt oder unbeabsichtigt abfließenden Regen- und Fremdwässer Zuschläge zum Abfluß Q_s gemacht werden, die in ungünstigen Fällen bis zu 100 Prozent des Schmutzwasserabflusses betragen können.

Diese Zuschläge sind auch dann erforderlich, wenn die Wasserverluste einer Leitung bei einer Druckprobe in den zulässigen Grenzen (TGL 92-045) liegen. Die Leitungen müssen dicht sein. Der Dichtigkeitsnachweis wird durch die Druckprobe der einzelnen Haltungen erbracht. Trotzdem lehren die Erfahrungen, daß Fremdwässer oder Regenwässer mit abgeführt werden. Undichtigkeiten treten durch Erdbewegungen, Setzungen, Erschütterungen, Wurzelfraß u. a. auf. In jedem Falle müssen Zuschläge angenommen werden, die nach den Berechnungsgrundlagen [5] etwa folgende Werte haben können:

bei einer Wohndichte von	Zuschlag für Regen- und Fremdwässer zur Schmutzwasserabflußspende
50 . . . 250 E/ha	0,5 l/s ha
300 . . . 400 E/ha	0,6 l/s ha
400 . . . 500 E/ha	0,8 l/s ha
über 500 E/ha	1,0 l/s ha

Bei allen Kanalleitungen, die nicht im Grundwasser liegen, sollte der Zuschlag mindestens 20 Prozent des Schmutzwasserabflusses betragen.

5.2.2. Regenwasserabfluß

Für die Berechnung des Regenwasserabflusses ist neben der Regenstärke der Abflußbeiwert maßgebend.

Abflußbeiwert

Er ist abhängig von

- der Beschaffenheit der Niederschlagsfläche (wie Oberflächenbefestigung, Bodenart, Bodenbewachung)
- der Regendauer
- der Jahreszeit
- den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen.

Obwohl in Waldgebieten mehr Niederschläge fallen, verringert sich dort der Niederschlagsabfluß beträchtlich. Allein von den Baumkronen werden bis zu 40 Prozent eines Starkregens zurückgehalten.

Aus diesem Grunde gelangt von dem auf die Erdoberfläche niederfallenden Regen nur ein Teil zum Abfluß, ein Teil versickert, verdunstet oder wird in Mulden zurückgehalten. Oft fließt ein Teil der Regenspende direkt Vorflutern zu.

Die *Regenwasserabflußspende* ist also nur ein Teil der Regenspende und wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_r = \psi \cdot r \quad (4)$$

Darin bedeuten

q_r Regenwasserabflußspende in l/s ha

r Regenspende in l/s ha

ψ Abfluß- oder Versickerungsbeiwert

Die richtige Wahl des Abflußbeiwertes ist für die Abflußermittlung besonders wichtig, denn kleine Ungenauigkeiten bei der Annahme des Abflußwertes wirken sich im Endergebnis oft wesentlich stärker aus als vereinfachende Rechnungen. Der Abflußbeiwert für ein bestimmtes Einzugsgebiet ist aus mehreren Einzelabflußbeiwerten zu berechnen, da die Oberflächenarten unterschiedlich sind (Tafel 2).

Danach ist der Abflußbeiwert gleich oder kleiner als 1. Der Wert 1 kann auch bei den günstigsten Bedingungen kaum erreicht werden, da durch Verdunstungen oder durch andere Faktoren immer eine kleine Menge zurückgehalten wird. Der Faktor $\psi = 0$ wird dann erreicht, wenn kein Wasser in die Kanalleitung gelangt.

Tafel 2 Abflußbeiwerte für Einzelflächen

Oberflächenart	Abflußbeiwert
Dachflächen	0,85 ... 0,95
Fugenlose Oberflächenbefestigung (Asphalt- und Betonstraßen, Reihenpflaster mit Fugenverguß)	0,8 ... 0,9
Gewöhnliches Pflaster, Kleinpflaster	0,5 ... 0,7
Wassergebundene Schotterdecken, Mosaikpflaster	0,4 ... 0,6
Sand- und Kieswege	0,15 ... 0,3
Unbefestigte Flächen, Sport- und Spielplätze, Gleisanlagen und dgl.	0,1 ... 0,2
Rasen-, Park- und Gartenflächen	0 ... 0,1

Der für die Berechnung maßgebende Abflußbeiwert errechnet sich aus dem Mittel der Einzelabflußbeiwerte nach folgender Gleichung:

$$\psi_m = \frac{F_1 \cdot \psi_1 + F_2 \cdot \psi_2 + F_3 \cdot \psi_3 + \dots + F_n \cdot \psi_n}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n} \quad (5)$$

oder anders geschrieben

$$\psi_m = \sum_{n=1}^{n=i} \frac{F_n \cdot \psi_n}{F_n}$$

Bei großen Einzugsgebieten mit ähnlichen Oberflächenarten reicht es aus, wenn für ein charakteristisches Gebiet der Abflußbeiwert ermittelt und für das Gesamteinzugsgebiet eingesetzt wird. Es besteht auch die Möglichkeit, den Abflußbeiwert bei großen Entwässerungsgebieten aus den Gebietsabflußbeiwerten [3] zu entnehmen (Tafel 3).

Tafel 3 Gebietsabflußbeiwerte

Bebauungsart	Abflußbeiwert
Sehr dichte Bebauung (alte Stadtkerne)	0,6 ... 0,8
Geschlossene Bebauung (Reihenhäuser)	0,5 ... 0,6
Gruppenhäuser in guter Aufteilung, Industrieflächen	0,4 ... 0,5
Offene Bebauung (Doppel- und Einzelhäuser)	0,3 ... 0,4
Weiträumige offene Bebauung (gartenreiche Außenviertel)	0,2 ... 0,3

Die Gebietsabflußbeiwerte sollen aber nur für Überschlagsrechnungen angesetzt werden, denn sie weisen oft erhebliche Ungenauigkeiten auf. Häufig werden diese Werte zum Nachprüfen von Berechnungen verwendet.

Eine Korrektur der angegebenen Abflußbeiwerte kann in Gebieten mit großen Höhenunterschieden erforderlich werden. Es ist sicherlich leicht vorstellbar, daß bei steilem Gefälle der Wert ψ größer sein muß als in Tafel 2 ausgewiesen. Den Abflußbeiwerten sind deshalb folgende Zuschläge beizugeben:

bei Geländeneigungen	Zuschlag in %
von 2 ... 5% (1 : 50 ... 1 : 20)	5
von 5 ... 10% (1 : 20 ... 1 : 10)	10
> 10%	15

Abflußminderung

Infolge der verschiedenen Längen und der oft unterschiedlichen Querschnitte bei Nebensammlern ist zu beachten, daß die maximalen Abflußwerte aller Nebensammler nicht gleichzeitig im Hauptsammler zusammentreffen. Die Summierung aller Werte aus den Nebensammlern ergäbe daher für den Gesamtabfluß im Hauptsammler zu hohe Werte und hätte Überdimensionierungen zur Folge. Aus ökonomischen Gründen wurden deshalb Berechnungsmethoden aufgestellt, bei denen der sogenannte Verzögerungsbeiwert (oder besser Abflußminderung) eingeführt wurde. Bei regelmäßigen Gebietsformen ist das Zeitbeiwertverfahren nach *Imhoff*, bei unregelmäßigen Gebieten das Summenlinienverfahren angebracht.

Im folgenden werden das Zeitbeiwertverfahren einschließlich der Verfahren, die auf Schätzungen beruhen, behandelt.

Für ein weiterführendes Studium wird auf die entsprechende Fachliteratur [3], [6], [11], [12], [13] verwiesen.

Zeitbeiwertverfahren

Dieses Verfahren wird auch als das Hauptverfahren zur Berechnung der Regenwasserabflüsse bezeichnet.

Das Verfahren stützt sich auf die Annahme, daß die Dauer des ungünstigsten Regens gleich der Fließzeit ist.

Daraus folgt auch, daß die erfolgreichste Anwendung sich auf regelmäßig geformte Entwässerungsgebiete beschränkt. Aber auch unregelmäßig geformte Entwässerungsgebiete lassen sich mit dem Zeitbeiwertverfahren erfassen.

Zeitbeiwert

Die Berechnung der Regenwasserabflüsse nach diesem Verfahren wird am zweckmäßigsten anhand einer Tafel durchgeführt. Der kürzeste Regen der Regenreihe dient dazu als Grundlage.

Beginnend mit dem äußersten Kanalstrang, wird die Fließzeit aller hintereinanderliegenden Stränge addiert, und zwar so lange, bis die Fließzeitsumme die Dauer des Berechnungsregens überschreitet. Dieser ermittelte Gesamtabfluß wird nun mit einem Zeitbeiwert, der aus Bild 12 zu entnehmen ist, multipliziert.

Es ist darauf zu achten, daß nicht der Zeitbeiwert für die Fließzeitsumme eingesetzt wird, sondern sein Verhältnis zum Zeitbeiwert des jeweiligen kürzesten Berechnungsregens.

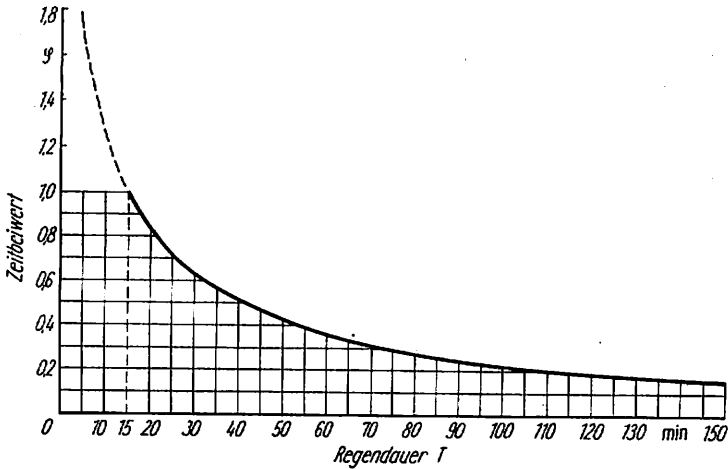


Bild 12. Zeitwertdiagramm

Zeitwert φ für $n \cdot 1$, $\varphi = \frac{24}{T + 9}$

Jetzt muß mit diesem gefundenen Größtabfluß die Kanalbemessung überprüft werden. Dabei kommt es vor, daß die Fließzeit und somit auch der Zeitbeiwert korrigiert werden müssen. Die gegenseitige Abstimmung aller Bemessungswerte ist fortlaufend mit der Weiterführung der Berechnungstafel vorzunehmen.

Schätzungsverfahren aus der Länge oder aus der Fläche nach Imhoff [6]

Aus der Länge eines Rohrnetzes oder aus der Fläche läßt sich der maximale Abfluß, der bei Regen abgeführt werden soll, leicht ermitteln. Imhoff hat hierfür Kurven aufgestellt, die in Bild 13 und 14 wiedergegeben sind.

Diese Kurven, die aus einer Vielzahl von praktischen Erfahrungswerten zusammengestellt sind, eignen sich besonders für Entwürfe, zum Nachprüfen von Berechnungen

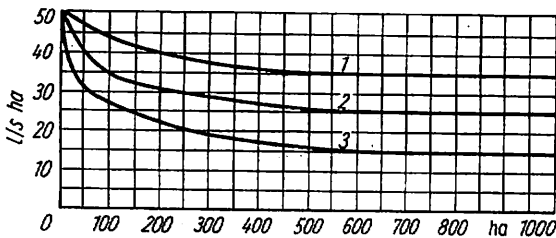


Bild 13. Schätzung der Abflußmenge für geschlossene Abwasserkanäle aus der Fläche

- 1 Abfluß bei dichter Bebauung und gutem Gefälle.
- 2 Abfluß bei mittleren Verhältnissen.
- 3 Abfluß bei schwacher Bebauung und schwachem Gefälle

und für vorläufige Schätzungen. Die Ergebnisse weichen meist nicht wesentlich von genauen Berechnungen ab.

Abgekürzte Berechnung aus der Länge, der Geschwindigkeit und dem Abflußbeiwert
Bild 15 gibt eine weitere Kurvenschar wieder, bei der man, wenn der Abflußbeiwert und die Wassergeschwindigkeit angenommen werden, aus der Lauflänge den Höchstwasserabfluß in l/s ha ablesen kann.

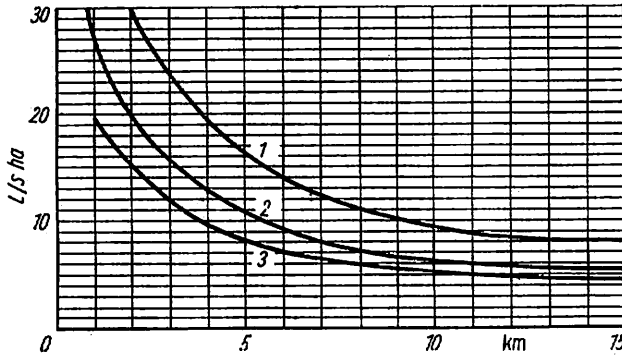


Bild 14. Schätzung der Abflußmenge für offene Abwasserkanäle aus der Länge

- 1 Abfluß bei mäßiger Bebauung und gutem Gefälle,
- 2 Abfluß bei schwacher Bebauung und gutem Gefälle,
- 3 Abfluß bei schwacher Bebauung und schwachem Gefälle

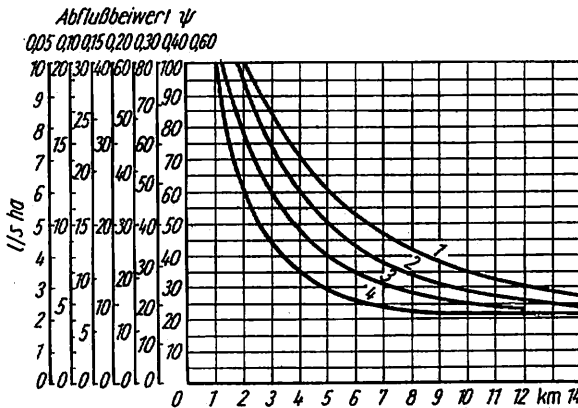


Bild 15. Abflußmenge aus Länge, Geschwindigkeit und Abflußbeiwert

- 1 bei Geschwindigkeit $v = 2,5$ m/s, 2 bei $v = 2,0$ m/s, 3 bei $v = 1,5$ m/s, 4 bei $v = 1,0$ m/s

5.3. Berechnung der Hydraulik in Entwässerungsnetzen

Die Berechnung der Kanalquerschnitte erfolgt beim Trennsystem nach den Gleichungen für die Teilfüllung, während beim Mischsystem die volle Füllung des Rohrquerschnittes maßgebend ist.

Die wichtigste Aufgabe einer Kanalisationsleitung besteht darin, daß alle im städtischen Abwasser befindlichen Stoffe sicher abgeschwemmt werden, d. h., es muß in den Kanälen eine gewisse *Schleppkraft* des Wassers vorhanden sein.

Voraussetzungen für diese Schleppkraft sind:

- richtiger Rohrquerschnitt
- keine Unterschreitung des Mindestgefälles
- keine Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit

5.3.1. Gefälle der Entwässerungsleitungen

Die erforderlichen Grundlagen für die Berechnung der Rohrleitungen sind:

- die Abwassermenge
- das Gefälle
- das Rohrmaterial

In Abschn. 5.2. wurden die Methoden für die Berechnung der Abwassermenge behandelt.

Nach den Bemessungsgrundlagen [5] ist das Gefälle der Entwässerungsleitungen so zu wählen, daß Ablagerungen bei kleiner Geschwindigkeit und Materialzerstörungen bei großer Geschwindigkeit vermieden werden. Im Regelfall soll das Gefälle nicht

kleiner als $I = \frac{100}{d}$ sein.

I Gefälle in ‰

d Rohrdurchmesser in cm

Die Fließgeschwindigkeit soll bei voller Füllung der Robre nicht größer als 2,5 m/s sein.

In Steinzeug- oder Schleuderbeton- und Rüttelbetonrohren sind Geschwindigkeiten bis 5,0 m/s noch zulässig. Sollten sich örtlich noch größere Geschwindigkeiten oder andere Abweichungen von den oben angegebenen Werten ergeben, dann sind diese besonders zu begründen.

Aus Bild 16 können die Grenzwerte für die Fließgeschwindigkeiten entsprechend dem Rohrdurchmesser sofort abgelesen werden.

Als Faustformel für grobe Schätzungen kann gelten:

Mindestgefälle

1 : Dmr. in mm,

Höchstgefälle

1 : Dmr. in cm.

Für Hausanschlüsse ist ein Mindestgefälle von 1 : 50 vorgeschrieben.

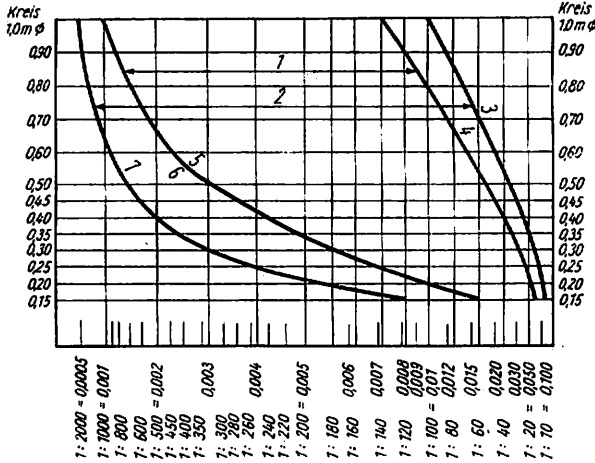


Bild 16. Mindest- und Höchstgefälle beim Kreisprofil

1 Gefällebereich der gewöhnlichen Abwässer, 2 Gefällebereich bei sandfreiem Abwasser, 3 Höchstgefälle $v = 3,0$ m/s, 4 volle Füllung $b = 1,0$ d, $v = 2,5$ m/s, 5 volle Füllung $b = 1,0$ d, $v = 1,0$ m/s, 6 Teilfüllung $b = 0,20$ d, $v = 0,5$ m/s, 7 Teilfüllung $b = 0,25$ d, $v = 0,4$ m/s, 8 Mindestgefälle

5.3.2. Berechnung der Hydraulik in Kanälen

Volle Füllung

Für die Berechnung von Rohrleitungen werden folgende Beziehungen verwendet:

$$\begin{aligned}
 Q &= v \cdot A \\
 l \cdot v^2 & \\
 I &= \frac{l \cdot v^2}{d \cdot g^2} \\
 v &= k_s \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Darin bedeuten

v Geschwindigkeit in m/s

A Fläche in m^2

Q Widerstandsbeiwert

k_s Rauigkeitsbeiwert

d Rohrdurchmesser in mm

g Erdbeschleunigung m/s^2

R hydraulischer Radius = $\frac{\text{Fläche}}{\text{benetzter Umfang}}$ in mm

I Gefälle in ‰

Um die aufwendige Rechenarbeit zu ersparen, sind für verschiedene Rauigkeiten Berechnungstabellen aufgestellt worden.

Zur Berechnung von Teilfüllungen von Rohrquerschnitten sind sogenannte Füllhöhenkurven für Abfluß und Geschwindigkeit aufgestellt worden.

Aufgaben

1. Was versteht man unter dem Berechnungsregen?
2. Wie wird die Schmutzwasserabflußspende ermittelt?
3. Welche Berechnungsmethoden für Mischwasserleitungen kennen Sie, und was beinhaltet das Zeitbeiwertverfahren?
4. Wozu werden die Füllhöhenkurven verwendet?