

Äquivalente Kanalprofile

Autor(en): **Dašek, Ivo V.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 38

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85809>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Äquivalente Kanalprofile

Bekanntlich weisen nicht kreisförmige Profile besonders in städtischen Kanalnetzen geometrisch komplizierte Formen auf; die Ermittlung ihrer hydraulischen Kennwerte ist häufig mit erheblichem Zeitaufwand verbunden. Um den hydraulischen Nachweis der Kanalnetze mit vorhandenen, nicht kreisförmigen Kanalprofilen auch mit den nur für das Kreisprofil erstellten EDV-Programmen zu erbringen, lassen sich nicht kreisförmige Kanalprofile in den Berechnungsdaten durch äquivalente Kreisprofile ersetzen.

Heutzutage werden die hydraulischen Kanalnetzrechnungen vorwiegend mit Computer ausgeführt. Die Mehr-

EDV-Programmen zu erbringen, lassen sich nicht kreisförmige Kanalprofile in den Berechnungsdaten durch äquivalente Kreisprofile ersetzen.

VON IVO V. DAŠEK,
OBERENGSTRINGEN

zahl der angebotenen EDV-Programme führt jedoch nur die hydraulische Berechnung der Kreisprofile aus. Einige Programme erlauben, in die Berechnung eine meist begrenzte Anzahl von nicht kreisförmigen Kanalprofilen einzubeziehen; wenn es sich dabei nicht um gebräuchliche Ei- und Maulprofile handelt, müssen die hydraulischen Kennwerte der Sonderprofile zuerst ermittelt und dann tabellarisch in einer Zusatzdatei abgespeichert werden. Bekanntlich weisen nicht kreisförmige Profile, besonders in städtischen Kanalnetzen geometrisch komplizierte Formen auf; die Ermittlung ihrer hydraulischen Kennwerte ist häufig mit erheblichem Zeitaufwand verbunden.

Um den hydraulischen Nachweis der Kanalnetze mit vorhandenen, nicht kreisförmigen Kanalprofilen auch mit den nur für das Kreisprofil erstellten

Durchfluss bei Vollfüllung

Zwei Leitungen mit gleichem Gefälle werden hydraulisch als äquivalent gekennzeichnet, wenn sie bei Vollfüllung gleiches Abflussvermögen aufweisen. Ihre Rauigkeiten müssen dabei nicht den gleichen Wert haben.

Die geometrische Form eines nicht kreisförmigen Profils lässt sich durch den äquivalenten Durchmesser eines Kreisprofils ausdrücken. In der Regel wird dafür ein auf die Höhe des nicht kreisförmigen Profils bezogener Umrechnungsfaktor zugrunde gelegt.

Für die Bestimmung des äquivalenten Kreisprofildurchmessers wird von der Kontinuitätsgleichung ausgegangen:

(1)

$$Q_1 = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} V_2 \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

wobei

- Q_1 – Durchfluss bei Vollfüllung im nicht kreisförmigen Profil $[\text{m}^3/\text{s}]$
- A_1 – Fließquerschnitt des nicht kreisförmigen Profils $[\text{m}^2]$
- V_1 – Fließgeschwindigkeit im nicht kreisförmigen Profil $[\text{m/s}]$
- A_2 – Fließquerschnitt des äquivalenten Kreisprofils $[\text{m}^2]$
- V_2 – Fließgeschwindigkeit im äquivalenten Kreisprofil $[\text{m/s}]$
- D_2 – äquivalenter Durchmesser des Kreisprofils $[\text{m}]$

Für die Fließformel von Strickler gilt

(2)

$$A_1 \cdot K_1 \cdot R_1^{2/3} \cdot \sqrt{J} = A_2 \cdot K_2 \cdot R_2^{2/3} \cdot \sqrt{J} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

wobei

- K_1 – Rauigkeitswert des nicht kreisförmigen Profils $[-]$
- R_1 – hydraulischer Radius des nicht kreisförmigen Profils $[\text{m}]$
- J_1 – Gefälle des nicht kreisförmigen Profils $[-]$
- K_2 – Rauigkeitswert des äquivalenten Kreisprofils $[-]$
- R_2 – hydraulischer Radius des äquivalenten Kreisprofils $[\text{m}]$
- J_2 – Gefälle des äquivalenten Kreisprofils $[-]$

Für das gleiche Gefälle der Leitungen ergibt sich der äquivalente Durchmesser des Kreisprofils aus

(3)

$$D_2 = 1,5483 \left(\frac{K_1}{K_2} A_1 \cdot R_1^{2/3} \right)^{3/8} \quad [\text{m}]$$

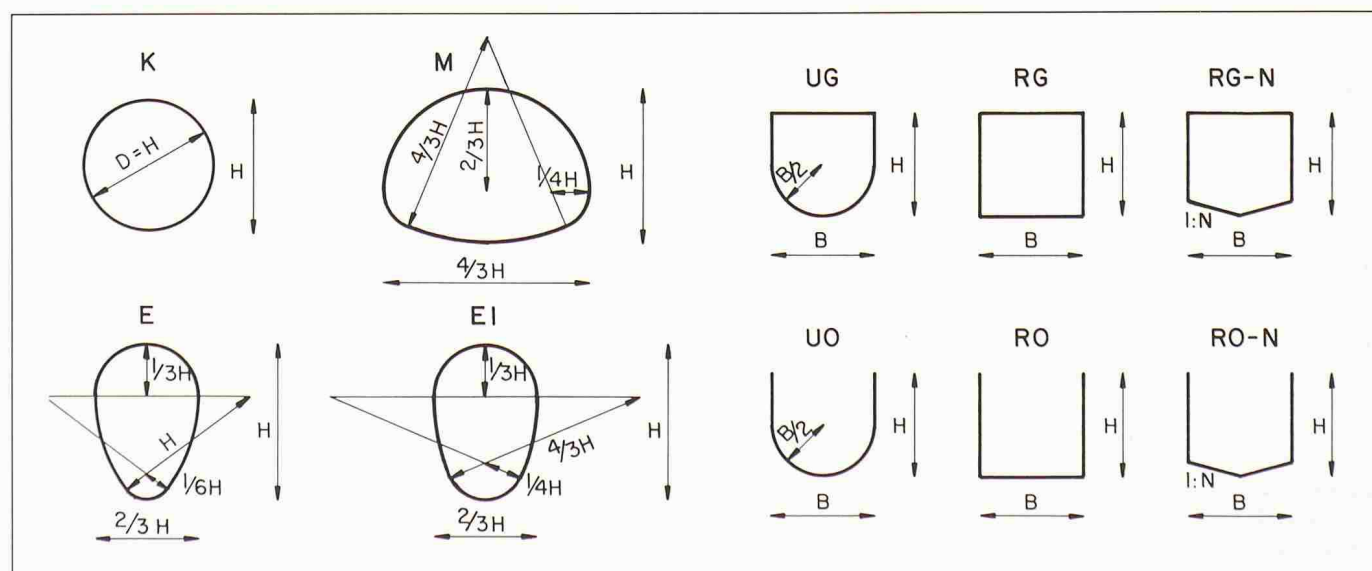


Bild 1. Übliche Kanal- und Rinnenprofile

Profil	Typ	B:H	max Breite B/H	Fläche A/H ²	Umfang U/H	Hydr. Radius R/H	äquiv. Durchm. D/H	Faktor V Ad/A	Faktor E.L. (Ad/A) ²
Kreis	K	1:1	1.0000	0.7854	3.1416	0.2500	1.0000	1.0000	1.0000
Ei normal	E	2:3	0.6667	0.5105	2.6433	0.1931	0.7976	0.9789	0.9582
Ei	E1	2:3	0.6667	0.5332	2.6880	0.1984	0.8162	0.9813	0.9630
Maulprofil	M	4:3	1.3333	1.0569	3.7353	0.2829	1.1529	0.9877	0.9756
U-Profil	UG	2:5	0.4000	0.3828	2.6283	0.1457	0.6673	0.9135	0.8345
	UG	1:2	0.5000	0.4732	2.7854	0.1699	0.7508	0.9357	0.8754
	UG	2:3	0.6667	0.6190	3.0472	0.2031	0.8683	0.9567	0.9153
	UG	1:1	1.0000	0.8927	3.5708	0.2500	1.0492	0.9685	0.9380
	UG	3:2	1.5000	1.2586	4.3562	0.2889	1.2374	0.9555	0.9129
Rechteckprofil	RG	2:5	0.4000	0.4000	2.8000	0.1429	0.6751	0.8948	0.8007
	RG	1:2	0.5000	0.5000	3.0000	0.1667	0.7628	0.9141	0.8355
	RG	2:3	0.6667	0.6667	3.3333	0.2000	0.8894	0.9318	0.8683
	RG	1:1	1.0000	1.0000	4.0000	0.2500	1.0948	0.9414	0.8862
	RG	3:2	1.5000	1.5000	5.0000	0.3000	1.3340	0.9318	0.8683
	RG	2:1	2.0000	2.0000	6.0000	0.3333	1.5257	0.9141	0.8355
	RG	5:2	2.5000	2.5000	7.0000	0.3571	1.6877	0.8948	0.8007
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:20	RG-20	2:5	0.4000	0.3980	2.7805	0.1431	0.6741	0.8968	0.8043
	RG-20	1:2	0.5000	0.4969	2.9756	0.1670	0.7614	0.9164	0.8398
	RG-20	2:3	0.6667	0.6611	3.3008	0.2003	0.8869	0.9345	0.8732
	RG-20	1:1	1.0000	0.9875	3.9512	0.2499	1.0896	0.9442	0.8915
	RG-20	3:2	1.5000	1.4719	4.9269	0.2987	1.3232	0.9343	0.8729
	RG-20	2:1	2.0000	1.9500	5.9025	0.3304	1.5079	0.9158	0.8387
	RG-20	5:2	2.5000	2.4219	6.8781	0.3521	1.6618	0.8956	0.8021
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:10	RG-10	2:5	0.4000	0.3960	2.7620	0.1434	0.6731	0.8987	0.8077
	RG-10	1:2	0.5000	0.4938	2.9525	0.1672	0.7599	0.9185	0.8437
	RG-10	2:3	0.6667	0.6556	3.2700	0.2005	0.8843	0.9369	0.8777
	RG-10	1:1	1.0000	0.9750	3.9050	0.2497	1.0841	0.9468	0.8964
	RG-10	3:2	1.5000	1.4438	4.8575	0.2972	1.3120	0.9364	0.8769
	RG-10	2:1	2.0000	1.9000	5.8100	0.3270	1.4895	0.9171	0.8410
	RG-10	5:2	2.5000	2.3438	6.7625	0.3466	1.6350	0.8958	0.8025
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:5	RG-5	2:5	0.4000	0.3920	2.7279	0.1437	0.6710	0.9020	0.8136
	RG-5	1:2	0.5000	0.4875	2.9099	0.1675	0.7566	0.9223	0.8506
	RG-5	2:3	0.6667	0.6444	3.2132	0.2006	0.8787	0.9411	0.8856
	RG-5	1:1	1.0000	0.9500	3.8198	0.2487	1.0726	0.9511	0.9045
	RG-5	3:2	1.5000	1.3875	4.7297	0.2934	1.2884	0.9396	0.8829
	RG-5	2:1	2.0000	1.8000	5.6396	0.3192	1.4507	0.9183	0.8433
	RG-5	5:2	2.5000	2.1875	6.5495	0.3340	1.5786	0.8947	0.8005
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:3	RG-3	2:5	0.4000	0.3867	2.6883	0.1438	0.6677	0.9055	0.8200
	RG-3	1:2	0.5000	0.4792	2.8604	0.1675	0.7517	0.9262	0.8579
	RG-3	2:3	0.6667	0.6296	3.1472	0.2001	0.8706	0.9454	0.8938
	RG-3	1:1	1.0000	0.9167	3.7208	0.2464	1.0558	0.9551	0.9122
	RG-3	3:2	1.5000	1.3125	4.5811	0.2865	1.2544	0.9415	0.8865
	RG-3	2:1	2.0000	1.6667	5.4415	0.3063	1.3950	0.9171	0.8410
	RG-3	5:2	2.5000	1.9792	6.3019	0.3141	1.4972	0.8896	0.7914

Tabelle 1. Hydraulische Kennwerte von geschlossenen Kanalprofilen und ihr äquivalenter Durchmesser

und bei gleichen Rauheitswerten der Leitungen

$$(4) \quad D_2 = 1,5483 \left(A_1 \cdot R_1^{2/3} \right)^{3/8} \text{ [m]}$$

Die Fließgeschwindigkeit im äquivalenten Kreisprofil weicht von der im nicht kreisförmigen Profil ab, weil die Fließquerschnitte verschieden sind. Bei geschlossenen Profilen weist das äquivalente Kreisprofil in der Regel eine höhere Fließgeschwindigkeit auf. Die entsprechende Fließgeschwindigkeit im nicht kreisförmigen Profil lässt

sich durch Multiplikation des Verhältnisses der Fließquerschnitte bestimmen:

$$(5) \quad V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2 \text{ [m/s]}$$

Für die Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe und der Energielinie im nicht kreisförmigen Profil gilt

$$(6) \quad \frac{V_1^2}{2g} = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \text{ [m]}$$

Um die Ermittlung des äquivalenten Kreisprofildurchmessers für die üblichen Kanal- und Rinnenprofile (Bild 1) zu erleichtern, sind die entsprechenden hydraulischen Kennwerte und Umrechnungsfaktoren in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt.

Beispiel 1: Ein geschlossenes Rechteckprofil mit $B = 2,40 \text{ m}$ und $H = 1,60 \text{ m}$ weist ein Gefälle von $J = 3\text{‰}$ und eine Rauigkeit von $K = 85$ auf. Das äquivalente Kreisprofil, der Durchfluss, die Fließgeschwindigkeit und Geschwindigkeitshöhe bei der Vollfüllung sind zu ermitteln.

Für geschlossenes Rechteckprofil mit $b:h = 3:2$ folgt aus der Tabelle 1 $D_{\text{äqv}} = 1,3340 \text{ m}$, $H = 1,330 \cdot 1,60 = 2,134 \text{ m}$. Für ein Kreisprofil mit $D = 2,134 \text{ m}$, $K = 85$ und $J = 3\text{‰}$ betragen $Q_{k\text{-voll}} = 10,959 \text{ m}^3/\text{s}$, $V_{k\text{-voll}} = 3,062 \text{ m/s}$ und $V_k^2/2g = 0,478 \text{ m}$. Die Fließgeschwindigkeit im Rechteckprofil wird mit Faktor $V_{r\text{-voll}} = 0,9318 \cdot 3,062 = 2,854 \text{ m/s}$ und die Geschwindigkeitshöhe mit Faktor $E \cdot L \cdot V_r^2/2g = 0,8683 \cdot 0,478 = 0,415 \text{ m}$ bestimmt.

Durchfluss unter Druck

Beim Durchfluss unter Druck herrschen die gleichen Verhältnisse wie beim Durchfluss bei Vollfüllung. Die Fließgeschwindigkeiten, Druck- und Energielinien lassen sich ähnlich nach den bereits aufgeführten Formeln und Beispiel 1 berechnen.

Durchfluss bei Teilfüllung

Die ermittelten Fliesstiefen und -geschwindigkeiten im äquivalenten Kreisprofil weichen von denen im nicht kreisförmigen Profil ab. Die Differenz variiert je nach Profilform und entsprechendem Verlauf der Teilfüllungskurve. Mit Hilfe überlagerter dimensionsloser Teilfüllungsdiagramme für beide Profile lassen sich die zutreffende Fliesstiefe und -geschwindigkeit im nicht kreisförmigen Profil ermitteln.

Beispiel 2: In einem wie im Beispiel 1 aufgeführten Rechteckprofil sollen $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ abfließen. Die Fülltiefe und Fließgeschwindigkeit sind zu ermitteln.

Für $Q_t = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ im äquivalenten Kreisprofil $D_{\text{äqv}} = 2,123 \text{ m}$ mit $K = 85$ und $J = 3\text{‰}$ betragen $H_{\text{dt/D}} = 0,289$ bzw. $H_{\text{dt}} = 0,618 \text{ m}$ und $V_{\text{dt}} = 3,06 \text{ m/s}$. Aus dem überlagerten Teilfüllungsdiagramm für Kreisprofil und Rechteckprofil mit $b:h = 3:2$ (Bild 2) ergibt sich $H_{\text{rt/H}} = 0,25$ bzw. $H_{\text{rt}} = 0,40 \text{ m}$ und $V_{\text{rt}} = 0,73 \cdot 2,854 = 2,086 \text{ m/s}$.

Profil	Typ	B:H	max Breite B/H	Fläche A/H ²	Umfang U/H	Hydr. Radius R/H	äquiv. Durchm. D/H	Faktor V Ad/A	Faktor E.L. (Ad/A) ²
Kreis	K	1:1	1.0000	0.7854	3.1416	0.2500	1.0000	1.0000	1.0000
U-Profil	UD	2:5	0.4000	0.3828	2.2283	0.1718	0.6954	0.9921	0.9843
	UD	1:2	0.5000	0.4732	2.2854	0.2070	0.7889	1.0329	1.0670
	UD	2:3	0.6667	0.6190	2.3805	0.2600	0.9236	1.0824	1.1716
	UD	1:1	1.0000	0.8927	2.5708	0.3472	1.1390	1.1414	1.3028
	UD	3:2	1.5000	1.2586	2.8562	0.4406	1.3751	1.1800	1.3924
Rechteckprofil	RD	2:5	0.4000	0.4000	2.4000	0.1667	0.7016	0.9665	0.9342
	RD	1:2	0.5000	0.5000	2.5000	0.2000	0.7984	1.0013	1.0027
	RD	2:3	0.6667	0.6667	2.6667	0.2500	0.9404	1.0418	1.0854
	RD	1:1	1.0000	1.0000	3.0000	0.3333	1.1765	1.0870	1.1816
	RD	3:2	1.5000	1.5000	3.5000	0.4286	1.4585	1.1138	1.2405
	RD	2:1	2.0000	2.0000	4.0000	0.5000	1.6884	1.1195	1.2533
	RD	5:2	2.5000	2.5000	4.5000	0.5556	1.8848	1.1160	1.2456
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:20	RD-20	2:5	0.4000	0.3980	2.3805	0.1672	0.7008	0.9693	0.9395
	RD-20	1:2	0.5000	0.4969	2.4756	0.2007	0.7972	1.0047	1.0094
	RD-20	2:3	0.6667	0.6611	2.6342	0.2510	0.9384	1.0460	1.0942
	RD-20	1:1	1.0000	0.9875	2.9512	0.3346	1.1720	1.0925	1.1936
	RD-20	3:2	1.5000	1.4719	3.4269	0.4295	1.4489	1.1203	1.2550
	RD-20	2:1	2.0000	1.9500	3.9025	0.4997	1.6722	1.1263	1.2685
	RD-20	5:2	2.5000	2.4219	4.3781	0.5532	1.8605	1.1225	1.2601
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:10	RD-10	2:5	0.4000	0.3960	2.3620	0.1677	0.7000	0.9718	0.9444
	RD-10	1:2	0.5000	0.4938	2.4525	0.2013	0.7960	1.0078	1.0157
	RD-10	2:3	0.6667	0.6556	2.6033	0.2518	0.9362	1.0500	1.1025
	RD-10	1:1	1.0000	0.9750	2.9050	0.3356	1.1673	1.0977	1.2049
	RD-10	3:2	1.5000	1.4438	3.3575	0.4300	1.4389	1.1263	1.2686
	RD-10	2:1	2.0000	1.9000	3.8100	0.4987	1.6552	1.1325	1.2825
	RD-10	5:2	2.5000	2.3438	4.2625	0.5499	1.8350	1.1284	1.2732
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:5	RD-5	2:5	0.4000	0.3920	2.3279	0.1684	0.6981	0.9764	0.9534
	RD-5	1:2	0.5000	0.4875	2.4099	0.2023	0.7931	1.0134	1.0271
	RD-5	2:3	0.6667	0.6444	2.5465	0.2531	0.9313	1.0571	1.1175
	RD-5	1:1	1.0000	0.9500	2.8198	0.3369	1.1571	1.1069	1.2253
	RD-5	3:2	1.5000	1.3875	3.2297	0.4296	1.4173	1.1370	1.2929
	RD-5	2:1	2.0000	1.8000	3.6396	0.4946	1.6186	1.1431	1.3067
	RD-5	5:2	2.5000	2.1875	4.0495	0.5402	1.7802	1.1379	1.2947
Rechteckprofil mit Bodenrinne 1:3	RD-3	2:5	0.4000	0.3867	2.2883	0.1690	0.6951	0.9815	0.9633
	RD-3	1:2	0.5000	0.4792	2.3604	0.2030	0.7887	1.0196	1.0396
	RD-3	2:3	0.6667	0.6296	2.4805	0.2538	0.9240	1.0649	1.1340
	RD-3	1:1	1.0000	0.9167	2.7208	0.3369	1.1417	1.1169	1.2474
	RD-3	3:2	1.5000	1.3125	3.0811	0.4260	1.3851	1.1481	1.3181
	RD-3	2:1	2.0000	1.6667	3.4415	0.4843	1.5643	1.1532	1.3298
	RD-3	5:2	2.5000	1.9792	3.8019	0.5206	1.6989	1.1453	1.3117

Tabelle 2. Hydraulische Kennwerte von offenen Kanalprofilen und ihr äquivalenter Durchmesser

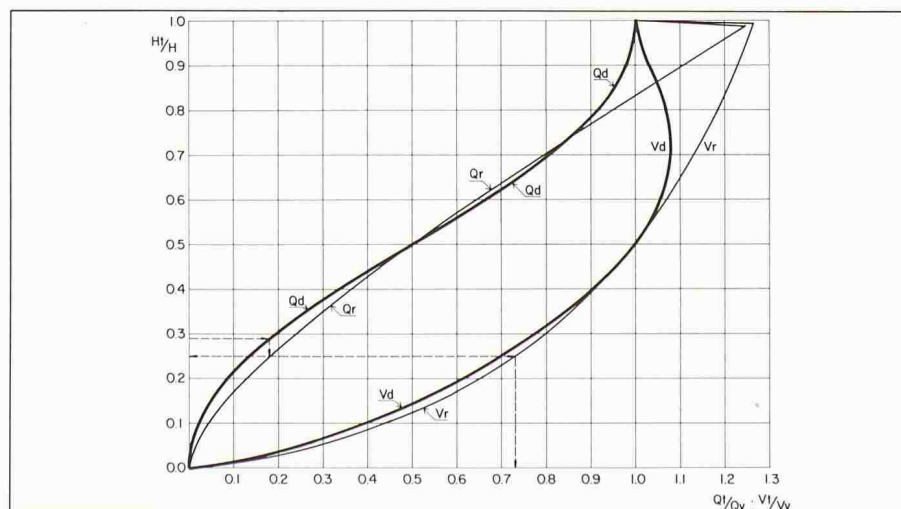


Bild 2. Überlagerte Teilfüllungsdiagramme für Kreisprofil und geschlossenes Rechteckprofil mit $b:h = 3:2$

Kanalnetzberechnung

Wenn eine Kanalnetzberechnung mit den äquivalenten Kreisprofilen ausgeführt wird, ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Kanalnetz andere Fließzeiten. Bei der Listenrechnung nach Imhoff führt dieser Umstand zur Anwendung anderer Regenintensitäten, und somit werden abweichende maximale Regenabflüsse berechnet. Da die Fließgeschwindigkeiten im äquivalenten Kreisprofil in der Regel höher ausfallen, entsteht dadurch eigentlich eine Überdimensionierung der Kanalprofile oder es kann beim hydraulischen Nachweis der bestehenden Kanäle eine Überlastung angezeigt werden. Wie aus den Tabellen 1 und 2 hervorgeht, können die Differenzen in den Fließgeschwindigkeiten je nach Profilart bis zu 15% betragen. Wenn die Kanäle mit den äquivalenten Kreisprofilen nicht allzulänglich sind, können so entstandene Überdimensionierung bzw. Überlastung vernachlässigt werden.

Bei Kanalnetzberechnungen mit Rückstauermittlung können die unterschiedlichen Fülltiefen bei äquivalenten Kreisprofilen und nicht kreisförmigen Profilen unzulängliche Werte ergeben.

Für die hydraulischen Berechnungen der einfacheren Kanalnetze im Rahmen des generellen Kanalisationsprojekts ist die Methode der äquivalenten Kreisprofile ausreichend. Hydraulische Berechnungen für kritische Stellen und allgemeine Bauprojekte sind immer mit den richtigen Profilen auszuführen.

Adresse des Verfassers: I.V. Dašek, Dipl.-Bauingenieur SIA, Holinger Ingenieure AG, Stauffacherstr. 149, 8026 Zürich.

Literatur

- [1] ATV: «Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen», Entwurf Oktober 1985.
- [2] Dašek I.: «Tabellen zur hydraulischen Berechnung von Abwasserleitungen nach Strickler», Ingenieurbüro Holinger AG, 1973.
- [3] Dašek I.: «Hydraulische Berechnungen von Eiprofilen», Gas-, Wasser-, Abwasser, Nr. 6, Juni 1974, SVGW Zürich.
- [4] Dašek I.: «Die Berechnung der Abwasserhydraulik mit dem Tischcomputer», Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 19, 1980