Äquivalente Kanalprofile

Autor(en): **Dašek, Ivo V.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 38

PDF erstellt am: **29.03.2024**

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

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.

VON IVO V. DAŠEK, OBERENGSTRINGEN

Heutzutage werden die hydraulischen Kanalnetzberechnungen vorwiegend mit Computer ausgeführt. Die Mehrzahl 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 EDV-Programmen zu erbringen, lassen sich nicht kreisförmige Kanalprofile in den Berechnungsdaten durch äquivalente Kreisprofile ersetzen.

Durchfluss bei Vollfüllung

Zwei Leitungen mit gleichem Gefälle werden hydraulisch als äquivalent gekennzeichnet, wenn sie bei Vollfüllung gleiches Abflussvermögen aufweisen. Ihre Rauhigkeiten 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)

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

wobei

Q_1 – Durchfluss bei Vollfüllung im nicht kreisförmigen Profil [m³/s]
A_1 – Fliessquerschnitt des nicht kreisförmigen Profils [m²]
V_1 – Fliessgeschwindigkeit im nicht kreisförmigen Profil [m/s]
A_2 – Fliessquerschnitt des äquivalenten Kreisprofils [m²]
V_2 – Fliessgeschwindigkeit im äquivalenten Kreisprofil [m/s]
D_2 – äquivalenter Durchmesser des Kreisprofils [m]

Für die Fliessformel von Strickler gilt

(2)

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

wobei

K_1 – Rauhigkeitswert des nicht kreisförmigen Profils [–]
R_1 – hydraulischer Radius des nicht kreisförmigen Profils [m]
J_1 – Gefälle des nicht kreisförmigen Profils [–]
K_2 – Rauhigkeitswert des äquivalenten Kreisprofils [–]
R_2 – hydraulischer Radius des äquivalenten Kreisprofils [m]
J_2 – Gefälle des äquivalenten Kreisprofils [–]

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

(3)

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

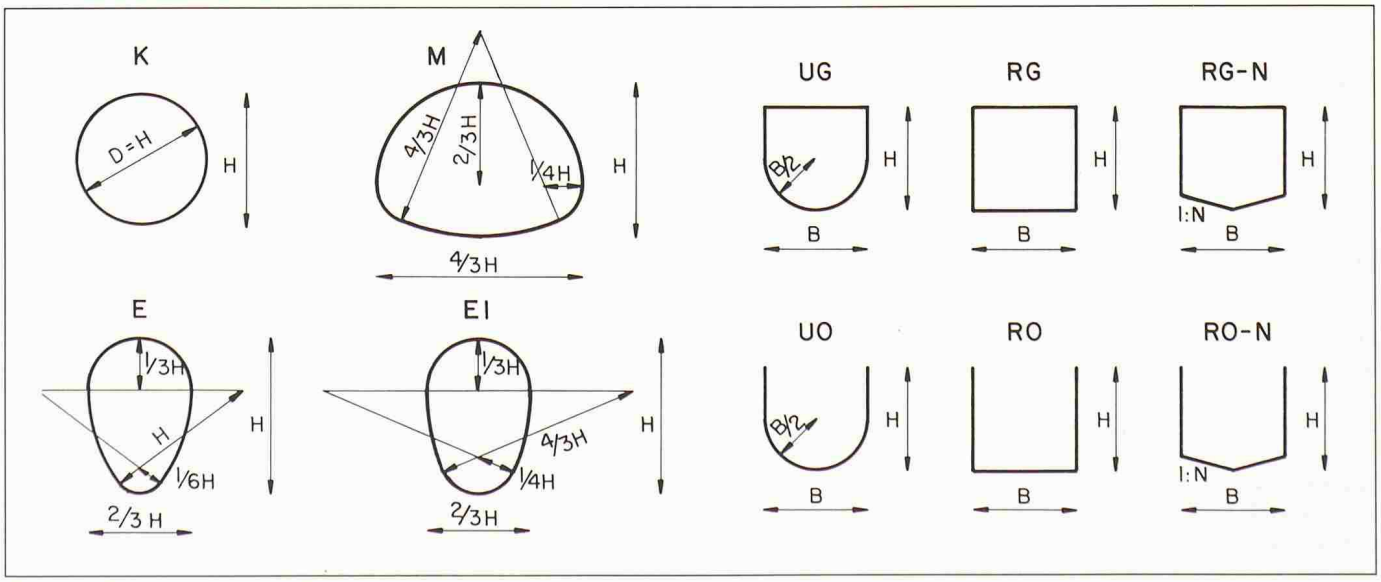


Bild 1. Übliche Kanal- und Rinnenprofile

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	RG-20	2:5	0.4000	0.3980	2.7805	0.1431	0.6741	0.8968	0.8043
mit Bodenrinne	RG-20	1:2	0.5000	0.4969	2.9756	0.1670	0.7614	0.9164	0.8398
1:20	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	RG-10	2:5	0.4000	0.3960	2.7620	0.1434	0.6731	0.8987	0.8077
mit Bodenrinne	RG-10	1:2	0.5000	0.4938	2.9525	0.1672	0.7599	0.9185	0.8437
1:10	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	RG-5	2:5	0.4000	0.3920	2.7279	0.1437	0.6710	0.9020	0.8136
mit Bodenrinne	RG-5	1:2	0.5000	0.4875	2.9099	0.1675	0.7566	0.9223	0.8506
1:5	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	RG-3	2:5	0.4000	0.3867	2.6883	0.1438	0.6677	0.9055	0.8200
mit Bodenrinne	RG-3	1:2	0.5000	0.4792	2.8604	0.1675	0.7517	0.9262	0.8579
1:3	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 Rauhigkeitswerten der Leitungen

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

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:

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

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

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

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 $B = 2{,}40$ m und $H = 1{,}60$ m weist ein Gefälle von $J = 3‰$ und eine Rauhigkeit 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 $D_{äqv} = 1{,}3340\ H = 1{,}330 \cdot 1{,}60 = 2{,}134$ m. Für ein Kreisprofil mit $D = 2{,}134$ m, $K = 85$ und $J = 3‰$ betragen $Q_{k\text{-voll}} = 10{,}959$ m³/s, $V_{k\text{-voll}} = 3{,}062$ m/s und $V_k^2/2g = 0{,}478$ m. Die Fliessgeschwindigkeit im Rechteckprofil wird mit Faktor $V\ V_{r\text{-voll}} = 0{,}9318 \cdot 3{,}062 = 2{,}854$ m/s und die Geschwindigkeitshöhe mit Faktor $E \cdot L \cdot V_r^2/2_g = 0{,}8683 \cdot 0{,}478 = 0{,}415$ 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 m³/s abfliessen. Die Fülltiefe und Fliessgeschwindigkeit sind zu ermitteln.

Für $Q_t = 2{,}0$ m/s im äquivalenten Kreisprofil $D_{äqv} = 2{,}123$ m mit $K = 85$ und $J = 3‰$ betragen $H_{dt/D} = 0{,}289$ bzw. $H_{dt} = 0{,}618$ m und $V_{dt} = 3{,}06$ m/s. Aus dem überlagerten Teilfüllungsdiagramm für Kreisprofil und Rechteckprofil mit $b:h = 3:2$ (Bild 2) ergibt sich $H_{rt/H} = 0{,}25$ bzw. $H_{rt} = 0{,}40$ m und $V_{rt} = 0{,}73 \cdot 2{,}854 = 2{,}086$ 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	UO	2:5	0.4000	0.3828	2.2283	0.1718	0.6954	0.9921	0.9843
	UO	1:2	0.5000	0.4732	2.2854	0.2070	0.7889	1.0329	1.0670
	UO	2:3	0.6667	0.6190	2.3805	0.2600	0.9236	1.0824	1.1716
	UO	1:1	1.0000	0.8927	2.5708	0.3472	1.1390	1.1414	1.3028
	UO	3:2	1.5000	1.2586	2.8562	0.4406	1.3751	1.1800	1.3924
Rechteckprofil	RO	2:5	0.4000	0.4000	2.4000	0.1667	0.7016	0.9665	0.9342
	RO	1:2	0.5000	0.5000	2.5000	0.2000	0.7984	1.0013	1.0027
	RO	2:3	0.6667	0.6667	2.6667	0.2500	0.9404	1.0418	1.0854
	RO	1:1	1.0000	1.0000	3.0000	0.3333	1.1765	1.0870	1.1816
	RO	3:2	1.5000	1.5000	3.5000	0.4286	1.4585	1.1138	1.2405
	RO	2:1	2.0000	2.0000	4.0000	0.5000	1.6884	1.1195	1.2533
	RO	5:2	2.5000	2.5000	4.5000	0.5556	1.8848	1.1160	1.2456
Rechteckprofil	RO-20	2:5	0.4000	0.3980	2.3805	0.1672	0.7008	0.9693	0.9395
mit Bodenrinne	RO-20	1:2	0.5000	0.4969	2.4756	0.2007	0.7972	1.0047	1.0094
1:20	RO-20	2:3	0.6667	0.6611	2.6342	0.2510	0.9384	1.0460	1.0942
	RO-20	1:1	1.0000	0.9875	2.9512	0.3346	1.1720	1.0925	1.1936
	RO-20	3:2	1.5000	1.4719	3.4269	0.4295	1.4489	1.1203	1.2550
	RO-20	2:1	2.0000	1.9500	3.9025	0.4997	1.6722	1.1263	1.2685
	RO-20	5:2	2.5000	2.4219	4.3781	0.5532	1.8605	1.1225	1.2601
Rechteckprofil	RO-10	2:5	0.4000	0.3960	2.3620	0.1677	0.7000	0.9718	0.9444
mit Bodenrinne	RO-10	1:2	0.5000	0.4938	2.4525	0.2013	0.7960	1.0078	1.0157
1:10	RO-10	2:3	0.6667	0.6556	2.6033	0.2518	0.9362	1.0500	1.1025
	RO-10	1:1	1.0000	0.9750	2.9050	0.3356	1.1673	1.0977	1.2049
	RO-10	3:2	1.5000	1.4438	3.3575	0.4300	1.4389	1.1263	1.2686
	RO-10	2:1	2.0000	1.9000	3.8100	0.4987	1.6552	1.1325	1.2825
	RO-10	5:2	2.5000	2.3438	4.2625	0.5499	1.8350	1.1284	1.2732
Rechteckprofil	RO-5	2:5	0.4000	0.3920	2.3279	0.1684	0.6981	0.9764	0.9534
mit Bodenrinne	RO-5	1:2	0.5000	0.4875	2.4099	0.2023	0.7931	1.0134	1.0271
1:5	RO-5	2:3	0.6667	0.6444	2.5465	0.2531	0.9313	1.0571	1.1175
	RO-5	1:1	1.0000	0.9500	2.8198	0.3369	1.1571	1.1069	1.2253
	RO-5	3:2	1.5000	1.3875	3.2297	0.4296	1.4173	1.1370	1.2929
	RO-5	2:1	2.0000	1.8000	3.6396	0.4946	1.6186	1.1431	1.3067
	RO-5	5:2	2.5000	2.1875	4.0495	0.5402	1.7802	1.1379	1.2947
Rechteckprofil	RO-3	2:5	0.4000	0.3867	2.2883	0.1690	0.6951	0.9815	0.9633
mit Bodenrinne	RO-3	1:2	0.5000	0.4792	2.3604	0.2030	0.7887	1.0196	1.0396
1:3	RO-3	2:3	0.6667	0.6296	2.4805	0.2538	0.9240	1.0649	1.1340
	RO-3	1:1	1.0000	0.9167	2.7208	0.3369	1.1417	1.1169	1.2474
	RO-3	3:2	1.5000	1.3125	3.0811	0.4260	1.3851	1.1481	1.3181
	RO-3	2:1	2.0000	1.6667	3.4415	0.4843	1.5643	1.1532	1.3298
	RO-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

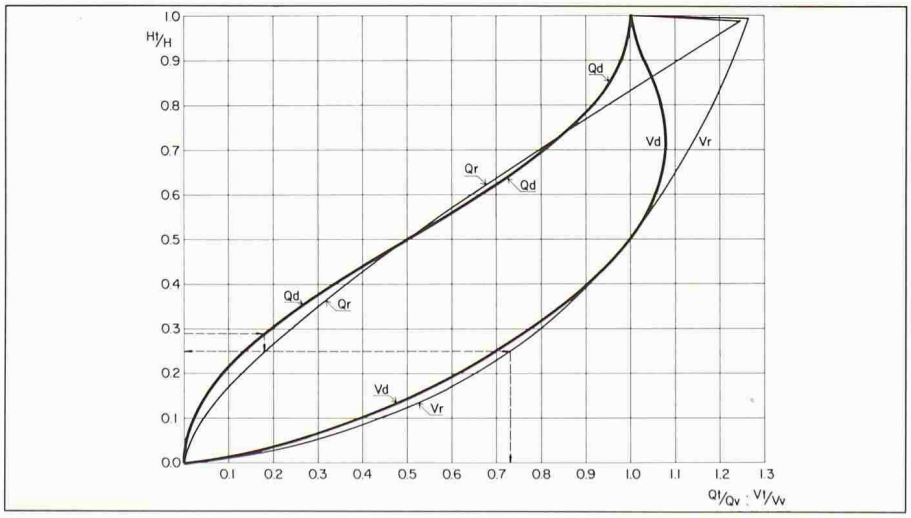


Bild 2. Überlagerte Teilfüllungsdiagramme für Kreisprofil und geschlossenes Rechteckprofil mit b:h = 3:2

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 allzulang 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