



Hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen für Kreisprofile und Eiprofile

Regelblatt 20

Sachgebiet: Hydraulische Berechnungen

Schlagwörter: Abwasserkanal, Hydraulik, Kreisprofil, Eiprofil

1 Anwendungsbereich

Dieses Regelblatt gilt in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 110 zur hydraulischen Berechnung von Abwasserkanälen mit Kreis- und Eiprofilen. Es dient zur überschläglichen Bemessung z. B. von Anfangshaltungen, provisorischen Umleitungen und für Variantenuntersuchungen in der Planungsphase und ersetzt nicht den ggf. erforderlichen Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Abwasserkanäle seitens der Grundsatzplanung im Hause der Berliner Wasserbetriebe.

2 Änderungen

Gegenüber Regelblatt 20: Juni 2010 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Redaktionelle Änderungen zwecks geplanter Veröffentlichung der Regelblätter im Internet.

3 Frühere Ausgaben

Regelblatt 20: 09.1984, 06.1994, 11.2006, 06.2010

Regelblatt 30: 09.1984, 06.1994

4 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DWA-A 110, *Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen*

5 Definitionen, Zeichen, Einheiten, Begriffe

| | | |
|------------------|------------------|--|
| A | m ² | Fließquerschnitt |
| A _t | m ² | Fließquerschnitt bei Teilfüllung |
| A _v | m ² | Fließquerschnitt bei Vollfüllung |
| b _{Pr} | m | Profilbreite |
| b _t | m | Breite bei Teilfüllung |
| d | m | Innendurchmesser des Kreisprofils, Kreisrohrdurchmesser |
| DN | mm | Nennweite |
| g | m/s ² | Normfallbeschleunigung, g ~ 9,81 m/s ² |
| h | m | Füllhöhe rechtwinklig zur Rohr- bzw. Profilsohle |
| h _{Pr} | m | Profilhöhe bei Eiprofilen |
| J _E | | Energieliniengefälle (entspricht Sohlgefälle J _{So} bei Vollfüllung und stationär gleichförmigem Abfluss) |
| J _{So} | | Sohlgefälle |
| k _b | m | betriebliche Rauheit der Profillinne für Abwasserkanäle, k _b = 0,0015 m |
| l _u | m | benetzter Umfang |
| l _{u,t} | m | benetzter Umfang bei Teilfüllung |
| l _{u,v} | m | benetzter Umfang bei Vollfüllung |

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Berliner Wasserbetriebe

Weitere Definitionen, Zeichen, Einheiten, Begriffe:

| | | |
|-------------------|-------------------|--|
| v | m ² /s | kinematische Zähigkeit von Abwasser, $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ |
| Q | m ³ /s | Durchfluss, Abfluss, Volumenstrom |
| Q _t | m ³ /s | Durchfluss, Abfluss, Volumenstrom bei Teilfüllung |
| Q _v | m ³ /s | Durchfluss, Abfluss, Volumenstrom bei Vollfüllung |
| r | m | Radius |
| r _{hy} | m | hydraulischer Radius |
| r _{hy,t} | m | hydraulischer Radius bei Teilfüllung |
| r _{hy,v} | m | hydraulischer Radius bei Vollfüllung |
| v | m/s | Fließgeschwindigkeit |
| v _t | m/s | Fließgeschwindigkeit bei Teilfüllung |
| v _v | m/s | Fließgeschwindigkeit bei Vollfüllung |

6 Hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen

6.1 Hydraulische Berechnung von Kreisprofilen

6.1.1 Vollfüllung von Kreisprofilen

Allgemeine Abflussformel

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left(-2 \cdot \lg \left[\frac{2,51 \cdot \nu}{d \cdot \sqrt{2g \cdot d \cdot J_E}} + \frac{k_b}{3,71 \cdot d} \right] \cdot \sqrt{2g \cdot d \cdot J_E} \right)$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

**Tabelle 1 – Zahlentafel für ein Sohlgefälle J_{so} = 1 : 100
- Kreisprofile -**

| DN [mm] | A [m ²] | v ₁₀₀ [m/s] | Q ₁₀₀ [l/s] |
|------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 150 | 0,018 | 0,87 | 15 |
| 200 | 0,031 | 1,06 | 33 |
| 250 | 0,049 | 1,23 | 60 |
| 300 | 0,071 | 1,39 | 98 |
| 350 | 0,096 | 1,53 | 147 |
| 400 | 0,126 | 1,67 | 210 |
| 450 | 0,159 | 1,80 | 286 |
| 500 | 0,196 | 1,93 | 378 |
| 600 | 0,283 | 2,17 | 613 |
| 700 | 0,385 | 2,39 | 921 |
| 800 | 0,503 | 2,60 | 1309 |
| 900 | 0,636 | 2,81 | 1785 |
| 1000 | 0,785 | 3,00 | 2355 |
| 1100 | 0,950 | 3,18 | 3026 |
| 1200 | 1,131 | 3,36 | 3803 |
| 1300 | 1,327 | 3,54 | 4692 |
| 1400 | 1,539 | 3,70 | 5700 |
| 1500 | 1,767 | 3,87 | 6831 |
| 1600 | 2,011 | 4,02 | 8091 |
| 1700 | 2,270 | 4,18 | 9484 |
| 1800 | 2,545 | 4,33 | 11017 |
| 1900 | 2,835 | 4,48 | 12693 |

| DN [mm] | A [m ²] | v ₁₀₀ [m/s] | Q ₁₀₀ [l/s] |
|------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 2000 | 3,142 | 4,62 | 14518 |
| 2100 | 3,464 | 4,76 | 16496 |
| 2200 | 3,801 | 4,90 | 18632 |
| 2300 | 4,155 | 5,04 | 20931 |
| 2400 | 4,524 | 5,17 | 23896 |
| 2500 | 4,909 | 5,30 | 26033 |
| 2600 | 5,309 | 5,43 | 28845 |
| 2800 | 6,158 | 5,69 | 35011 |
| 3000 | 7,069 | 5,93 | 41929 |
| 3200 | 8,042 | 6,17 | 49630 |
| 3400 | 9,080 | 6,40 | 58144 |
| 3600 | 10,180 | 6,63 | 67502 |

Für die Umrechnung der Volumenströme und Fließgeschwindigkeiten in vollgefüllten Kreisprofilen bei anderem Gefälle gilt:

$$v_{J_{so}} = v_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{J_{so}}$$

$$Q_{J_{so}} = Q_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{J_{so}}$$

6.1.2 Teilfüllung von Kreisprofilen

Die Teilfüllungskurven lauten für die Fließgeschwindigkeiten

$$\frac{v_t}{v_v} = \left(\frac{r_{hy,t}}{r_{hy,v}} \right)^{0,625}$$

sowie für die Volumenströme

$$\frac{Q_t}{Q_v} = \frac{A_t}{A_v} \cdot \left(\frac{r_{hy,t}}{r_{hy,v}} \right)^{0,625}$$

$$r_{hy,v} = \frac{A_v}{l_{u,v}}$$

$$r_{hy,t} = \frac{A_t}{l_{u,t}}$$

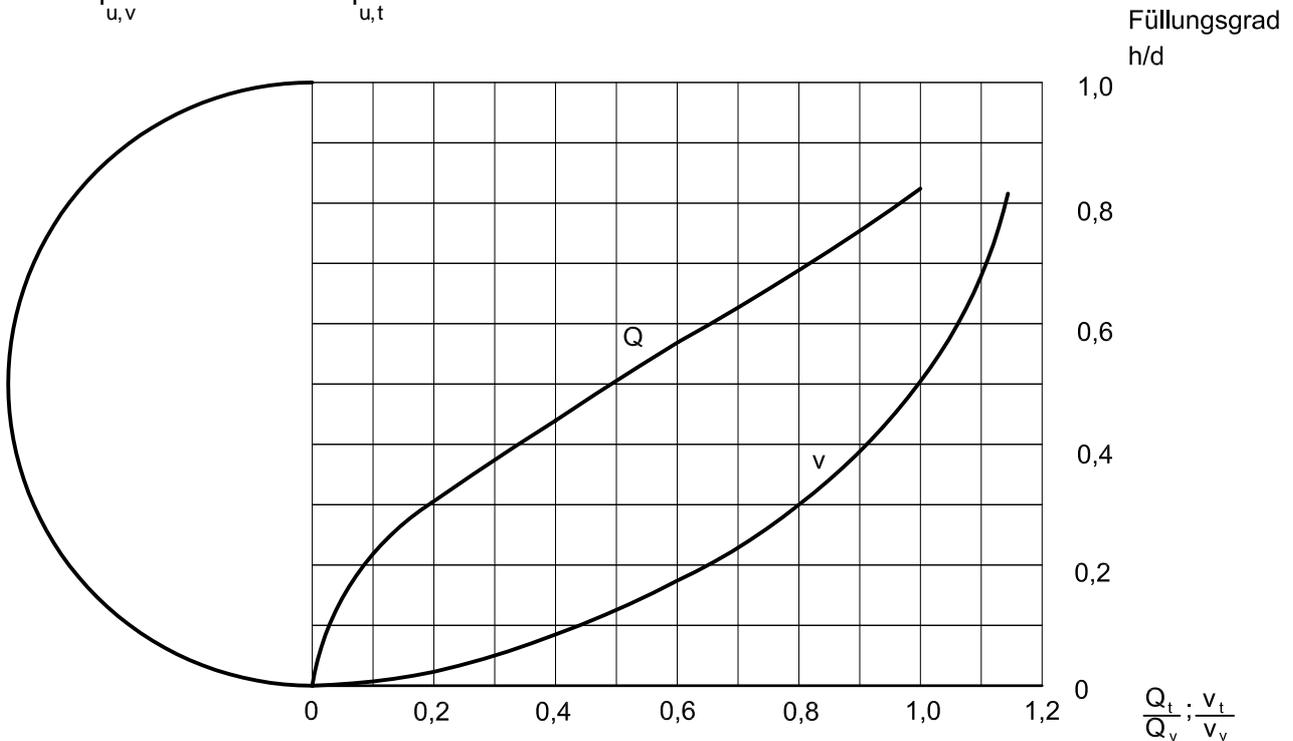


Bild 1 – Teilfüllungskurven von Kreisprofilen nach DWA-A 110

6.1.3 Berechnungsbeispiele für Kreisprofile

Beispiel 1

- a) Welche Nennweite eines Kreisprofils ist erforderlich, um bei einem Gefälle von $J_{So} = 1 : 500$ eine Wassermenge von 850 l/s abzuleiten?

$$Q_{500} = Q_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{1/500}$$

$$Q_{100} = \frac{Q_{500}}{10 \cdot \sqrt{1/500}}$$

$$Q_{100} = \frac{850 \text{ l/s}}{10 \cdot \sqrt{0,002}} = 1901 \text{ l/s bei Vollfüllung}$$

nach Tabelle 1 ist erforderlich: DN 1000

$$\text{mit } Q_{500} = 2355 \text{ l/s} \cdot 10 \cdot \sqrt{1/500}$$

$$= 1053 \text{ l/s bei Vollfüllung}$$

- b) Welche Füllhöhe h ergibt sich für das Kreisprofil DN 1000 (d = 1,00 m) bei $Q_{500} = 850 \text{ l/s}$?

Die Füllhöhe des Kreisprofils bei $\frac{Q_t}{Q_v} = \frac{850 \text{ l/s}}{1053 \text{ l/s}} = 0,81$ ergibt sich nach Füllhöhenkurve aus

$h/d = 0,69$ zu $h = \underline{\underline{0,69 \text{ m}}}$.

Beispiel 2

Welchen Volumenstrom und welche Fließgeschwindigkeit weist ein Kreisprofil DN 400 bei einem Gefälle $J_{So} = 1 : 300$ und Vollfüllung auf?

$$\begin{aligned} Q_{300} &= Q_{100} \cdot 10\sqrt{1/300} \\ &= 210 \text{ l/s} \cdot 10\sqrt{0,003} \\ &= \underline{\underline{121 \text{ l/s}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{300} &= v_{100} \cdot 10\sqrt{J_{So}} \\ &= 1,67 \text{ m/s} \cdot 10 \cdot \sqrt{1/300} \\ &= \underline{\underline{0,96 \text{ m/s}}} \end{aligned}$$

Beispiel 3

Welches Sohlgefälle ist erforderlich, um einen Volumenstrom von 36 l/s mit einem Kreisprofil DN 300 zu erreichen?

$$Q_{J_{So}} = Q_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{J_{So}} \quad J_{So} = \left(\frac{Q_{J_{So}}}{10 \cdot Q_{100}} \right)^2 \quad J_{So} = \left(\frac{36 \text{ l/s}}{10 \cdot 98 \text{ l/s}} \right)^2$$

$$J_{So} = 0,001349$$

$$\underline{\underline{J_{So} = 1 : 741}}$$

Welche Fließgeschwindigkeit wird dabei erreicht?

$$v_{J_{So}} = v_{100} \cdot 10\sqrt{J_{So}} \quad v_{741} = 1,39 \text{ m/s} \cdot 10\sqrt{1/741} \quad \underline{\underline{v_{741} = 0,51 \text{ m/s}}}$$

Tabelle 2 – Sohlgefälle für Kreisprofile, $k_b = 0,0015 \text{ m}$

| DN | Idealfälle von - bis J_{So} ($v \approx 1 - 2 \text{ m/s}$) | Maximalgefälle J_{So} ($v \approx 3 \text{ m/s}$) | Minimalgefälle J_{So} ($v \approx 0,5 \text{ m/s}$) |
|-------------------|--|--|--|
| 150 ^{a)} | 1 : 50 | - | 1 : 200 |
| 200 | 1 : 110 - 1 : 30 | 1 : 12 | 1 : 450 |
| 250 | 1 : 150 - 1 : 40 | 1 : 17 | 1 : 600 |
| 300 | 1 : 190 - 1 : 50 | 1 : 20 | 1 : 700 |
| 400 | 1 : 280 - 1 : 70 | 1 : 30 | 1 : 1000 |
| 500 | 1 : 350 - 1 : 90 | 1 : 40 | 1 : 1400 |
| 600 | 1 : 450 - 1 : 120 | 1 : 50 | 1 : 1800 ^{b)} |
| 800 | 1 : 670 - 1 : 170 | 1 : 80 | 1 : 2500 ^{b)} |
| 1000 | 1 : 900 - 1 : 220 | 1 : 100 | 1 : 3330 ^{b)} |
| 1200 | 1 : 1200 - 1 : 280 | 1 : 125 | c) |
| 1400 | 1 : 1300 - 1 : 340 | 1 : 155 | c) |
| 1600 | 1 : 1600 - 1 : 400 | 1 : 180 | c) |
| 1800 | 1 : 1850 - 1 : 460 | 1 : 210 | c) |
| 2000 | 1 : 2100 - 1 : 530 | 1 : 240 | c) |
| 2200 | 1 : 2350 - 1 : 600 | 1 : 270 | c) |
| 2400 | 1 : 2650 - 1 : 670 | 1 : 300 | c) |

a) gilt für Anschlusskanäle b) nur mit Betonunterbettung c) flacher nicht verlegbar

6.2 Hydraulische Berechnung von Eiprofilen

Allgemeine Abflussformel für Nicht-Kreisprofile

$$Q = A \cdot \left(-2 \cdot \lg \left[\frac{2,51 \cdot v}{4r_{hy} \cdot \sqrt{2g \cdot 4r_{hy} \cdot J_E}} + \frac{k_b}{14,84 \cdot r_{hy}} \right] \cdot \sqrt{2g \cdot 4r_{hy} \cdot J_E} \right) \quad v = \frac{Q}{A}$$

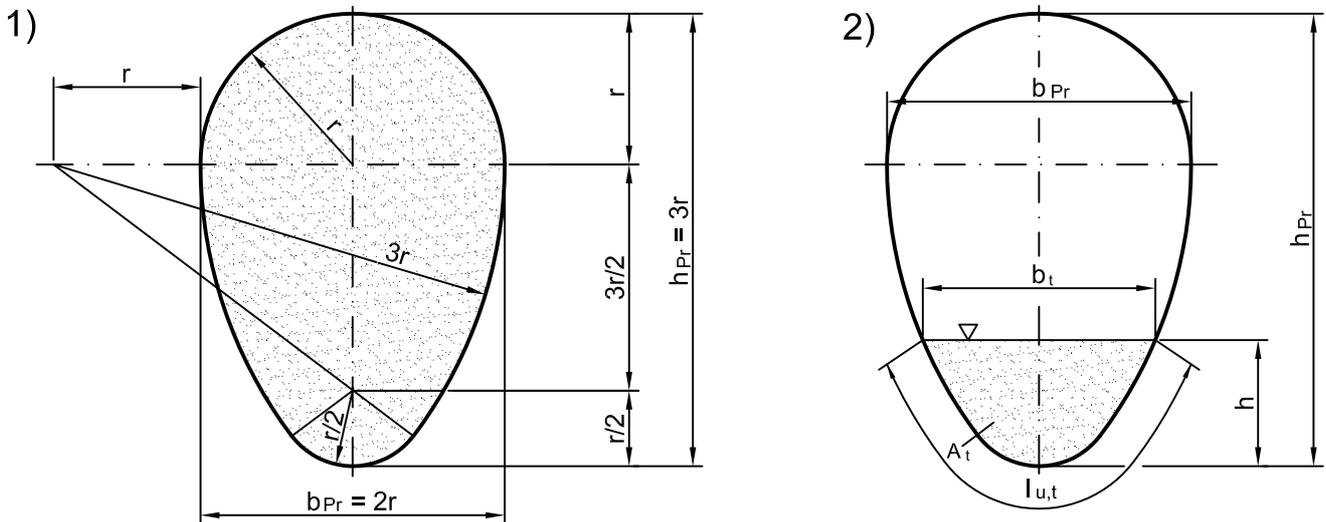


Bild 2 – Normal-Eiprofil bei 1) Vollfüllung und 2) Teilfüllung nach DWA-A 110

6.2.1 Vollfüllung von Normal-Eiprofilen

Hydraulische Daten für 1): $A = 4,594 \cdot r^2$; $l_u = 7,930 \cdot r$; $r_{hy} = 0,579 \cdot r$

Tabelle 3 – Zahlentafel für ein Sohlgefälle $J_{so} = 1 : 100$ – Normal-Eiprofil –

| $b_{Pr} / h_{Pr} = 2:3$ [mm] | A [m ²] | v_{100} [m/s] | Q_{100} [l/s] |
|---------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| 300 / 450 | 0,103 | 1,53 | 158 |
| 400 / 600 | 0,184 | 1,84 | 338 |
| 500 / 750 | 0,287 | 2,12 | 609 |
| 600 / 900 | 0,413 | 2,38 | 985 |
| 667 / 1000 | 0,510 | 2,55 | 1299 |
| 700 / 1050 | 0,563 | 2,63 | 1479 |
| 733 / 1100 | 0,618 | 2,71 | 1669 |
| 800 / 1200 | 0,735 | 2,86 | 2102 |
| 867 / 1300 | 0,862 | 3,00 | 2589 |
| 900 / 1350 | 0,930 | 3,08 | 2865 |
| 933 / 1400 | 1,000 | 3,15 | 3144 |
| 1000 / 1500 | 1,149 | 3,29 | 3778 |
| 1067 / 1600 | 1,307 | 3,42 | 4468 |
| 1100 / 1650 | 1,390 | 3,49 | 4846 |
| 1133 / 1700 | 1,475 | 3,55 | 5240 |
| 1200 / 1800 | 1,654 | 3,69 | 6098 |
| 1267 / 1900 | 1,842 | 3,81 | 7018 |
| 1300 / 1950 | 1,941 | 3,87 | 7517 |
| 1333 / 2000 | 2,041 | 3,93 | 8018 |
| 1400 / 2100 | 2,251 | 4,06 | 9137 |
| 1500 / 2250 | 2,584 | 4,23 | 10944 |
| 1600 / 2400 | 2,940 | 4,41 | 12965 |

Für die Umrechnung der Volumenströme und Fließgeschwindigkeiten in voll gefüllten Eiprofilen bei anderen Gefällen gilt:

$$v_{J_{So}} = v_{100} \cdot 10\sqrt{J_{So}}$$

$$Q_{J_{So}} = Q_{100} \cdot 10\sqrt{J_{So}}$$

6.2.2 Teilfüllung von Eiprofilen

Die Teilfüllungskurven lauten für Fließgeschwindigkeiten

$$\frac{v_t}{v_v} = \left(\frac{r_{hy,t}}{r_{hy,v}} \right)^{0,625}$$

sowie für Volumenströme

$$\frac{Q_t}{Q_v} = \frac{A_t}{A_v} \cdot \left(\frac{r_{hy,t}}{r_{hy,v}} \right)^{0,625}$$

$$r_{hy,v} = \frac{A_v}{l_{u,v}} \quad r_{hy,t} = \frac{A_t}{l_{u,t}}$$

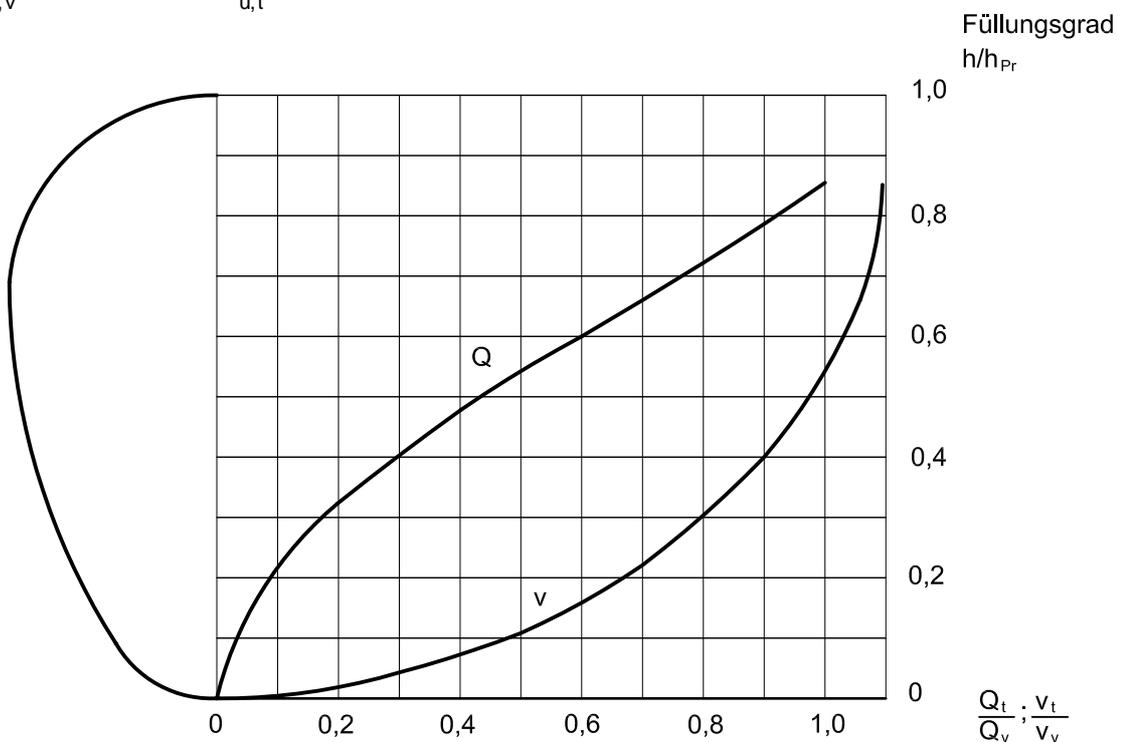


Bild 3 – Teilfüllungskurven von Eiprofilen nach DWA-A 110

6.2.3 Berechnungsbeispiele für Eiprofile

Beispiel 1

- a) Welches Eiprofil ist erforderlich, um bei einem Gefälle von $J_{So} = 1 : 500$ eine Wassermenge von 850 l/s abzuleiten?

$$Q_{500} = Q_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{1/500}$$

$$Q_{100} = \frac{Q_{500}}{10 \cdot \sqrt{1/500}}$$

$$Q_{100} = \frac{850 \text{ l/s}}{10 \cdot \sqrt{0,002}} = 1901 \text{ l/s}$$

nach Tabelle 3 ist erforderlich: $b_{Pr}/h_{Pr} = \underline{800/1200}$

$$\begin{aligned} \text{mit } Q_{500} &= 2102 \text{ l/s} \cdot 10 \cdot \sqrt{1/500} \\ &= 940 \text{ l/s bei Vollfüllung} \end{aligned}$$

- b) Welche Füllhöhe h ergibt sich für das Eiprofil $b_{Pr}/h_{Pr} = 800/1200$ bei $Q_{500} = 850$ l/s?

Die Füllhöhe des Eiprofiles bei $\frac{Q_t}{Q_v} = \frac{850 \text{ l/s}}{940 \text{ l/s}} = 0,90$ ergibt sich nach Füllhöhenkurve aus

$$h/h_{Pr} = 0,79 \text{ zu } h = 1200 \cdot 0,79 = \underline{\underline{948 \text{ mm}}}$$

Beispiel 2

Welchen Volumenstrom und welche Fließgeschwindigkeit weist ein Eiprofil $b_{Pr}/h_{Pr} = 400/600$ bei einem Gefälle von $J_{So} = 1 : 300$ und Vollfüllung auf?

$$\begin{aligned} Q_{300} &= Q_{100} \cdot 10 \sqrt{1/300} \\ &= 338 \text{ l/s} \cdot 10 \sqrt{0,003} \\ &= \underline{\underline{195 \text{ l/s}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{300} &= v_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{1/300} \\ &= 1,84 \text{ m/s} \cdot 10 \cdot \sqrt{0,003} \\ &= \underline{\underline{1,06 \text{ m/s}}} \end{aligned}$$

Beispiel 3

Welches Sohlgefälle ist erforderlich, um einen Volumenstrom von 70 l/s mit einem Eiprofil $b_{Pr}/h_{Pr} = 300/450$ zu erreichen?

$$Q_{J_{So}} = Q_{100} \cdot 10 \cdot \sqrt{J_{So}}$$

$$J_{So} = \left(\frac{Q_{J_{So}}}{10 \cdot Q_{100}} \right)^2$$

$$J_{So} = \left(\frac{70 \text{ l/s}}{10 \cdot 158 \text{ l/s}} \right)^2$$

$$J_{So} = 0,001963$$

$$\underline{\underline{J_{So} = 1:509}}$$

Welche Fließgeschwindigkeit wird dabei erreicht?

$$v_{J_{So}} = v_{100} \cdot 10 \sqrt{J_{So}}$$

$$v_{500} = 1,53 \text{ m/s} \cdot 10 \sqrt{1/509}$$

$$\underline{\underline{v_{500} = 0,68 \text{ m/s}}}$$