

**Bemessung und Gestaltung getauchter, gelochter Ablaufrohre in Nachklärbecken \*)**  
**- Bemessungsbeispiel -**

**Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 2.5 „Absetzverfahren“**

Mitglieder dieses Fachausschusses sind:

- Prof. Dr.-Ing. F.W. Günther, München (Obmann)
- Prof. Dr.-Ing. E. Billmeier, Köln
- Dr.-Ing. T. Grünebaum, Essen
- Dr.-Ing. K.H. Kalbskopf, Essen
- Dr.-Ing. H. Resch, Weißenburg
- Dr.-Ing. R. Rölle, Stuttgart
- Dr.-Ing. A. Schulz, Essen
- Prof. Dr.-Ing. C.F. Seyfried, Hannover

Als Gäste haben an dem Arbeitsbericht mitgewirkt:

- Dipl.-Ing. W. Born, Kassel
- Dipl.-Ing. A. Deininger, München

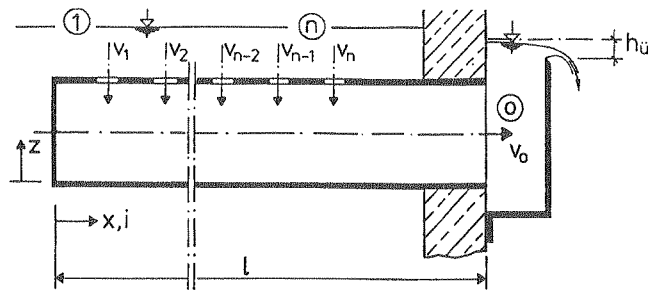
**1. Vorbemerkung**

Der Schlammabtrieb aus Nachklärbecken von Belebungsanlagen kann vielfältige Ursachen haben. Beobachtungen und verfeinerte Rechenmethoden führten zu der Erkenntnis, daß in horizontal durchströmten Becken eine Dichteströmung vom Einlauf in das Becken an der Sohle entlang zur Außenwand entsteht, die dort nach oben umgelenkt wird. Dies kann zu einer unerwünscht hohen Feststoffkonzentration im Bereich des vorwiegend als Überfall ausgebildeten Ablaufsystems und damit zu einem erhöhten Feststoffaustrag führen. Um diesen Vorgang nicht durch eine konzentrierte Entnahme des Ablaufes in der Nähe der Außenwand zu unterstützen, werden zunehmend Ablaufsysteme eingesetzt, die einen näherungsweise flächenhaften Abzug bewirken sollen.

Werden diese Systeme unterhalb des Wasserspiegels angeordnet, so wird gleichzeitig der übermäßige Zutritt von Schwimmschlamm verhindert. Darüber hinaus ist der Einfluß von Windstau auf den Ablauf gegenüber einer Ablaufrinne erheblich vermindert. Solche getauchten, gelochten Ablaufrohre bereiten häufig Schwierigkeiten bei der Konstruktion und der hydraulischen Berechnung.

Zur Berechnung der Strömung im Ablaufrohr und zur Bemessung und Gestaltung der getauchten Ablaufrohre wurden in einem ersten Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 2.5 „Absetzverfahren“ [1] sowie einer im gleichen Heft erschienenen Veröffentlichung [2] Hinweise gegeben, sowie die maßgebenden Zusammenhänge aufgezeigt. Als Grundlage für die Berechnung wird das hydraulische System nach (Abbildung 1) angenommen.

Im folgenden werden ein Berechnungsbeispiel sowie eine Nachberechnung für die Kläranlage Hattingen (Ruhrverband) aufgeführt, anhand dessen eine mögliche Vorgehensweise zur Berechnung und Bemessung getauchter, gelochter Ablaufrohre dargestellt wird. Dieses Beispiel zeigt eine Lösungsmöglichkeit auf, im praktischen Anwendungsfall müssen die Minimal-Maximalwerte nach den jeweiligen Gegebenheiten sinnvoll gewählt werden.



**Abb. 1: Hydraulisches System eines getauchten Ablaufrohres**

**2. Bemessungsbeispiel für getauchte, gelochte Ablaufrohre**

**Vorgaben:**  $Q_m = 750 \text{ m}^3/\text{h} = 208,3 \text{ l/s}$   
 $d_{NB} = 35 \text{ m}$   
 zul  $\Delta z_{sp} = 0,20 \text{ m}$

**1. Schritt: Berechnung Anzahl der Löcher**

**gewählt:** Eintrittsgeschwindigkeit  $v_i = 1,0 \text{ m/s} = 3600 \text{ m/h}$

Bei einer Austrittsgeschwindigkeit am Rohrauslauf  $v_0$  von kleiner  $0,6 \text{ m/s}$  ist eine Eintrittsgeschwindigkeit  $v_i$  bei Bemessungszufluß von  $0,6$  bis  $1,0 \text{ m/s}$  zu wählen, um den erforderlichen hydraulischen Verlust an den Eintrittsöffnungen zu erreichen. Die Eintrittsgeschwindigkeit  $v_i$  darf jedoch nicht größer als  $1,0 \text{ m/s}$  sein, um den hydraulischen Verlust und damit die Spiegelschwankung  $\Delta z_{sp}$  zu begrenzen.

**gewählt:** Durchmesser der Eintrittsöffnung  
 $d_i = 30 \text{ mm} = 0,03 \text{ m} > 25 \text{ mm}$   
 $< 45 \text{ mm}$

Einerseits soll der Durchmesser der Eintrittsöffnungen klein sein, um einen möglichst großen Anteil am hydraulischen Widerstand zu konzentrieren und eine möglichst gleichmäßige Zuflußverteilung im Rohr zu gewährleisten. Andererseits muß ein mögliches Zuwachsen der Eintrittsöffnungen verhindert werden, es muß ein Mindestdurchmesser von  $25 \text{ mm}$  gewährleistet werden.

$$n_{\text{Loch}} = \frac{Q_m}{A_i \cdot v_i} = \frac{750 \cdot 4}{0,03^2 \cdot \pi \cdot 3600} = 295 \text{ Löcher gesamt}$$

**2. Schritt: Berechnung Anzahl der Rohre (Abbildung 2)**

**gewählt:** Austrittsgeschwindigkeit  $v_0 = 0,4 \text{ m/s} = 1440 \text{ m/h}$   
 $< 2160 \text{ m/h} = 0,6 \text{ m/s}$

Die Austrittsgeschwindigkeit am Rohrauslauf  $v_0$  soll nicht größer als  $0,6 \text{ m/s}$  sein. Wenn nur geringe Wasserspiegelschwankungen im Becken zulässig sind, soll die Austrittsgeschwindigkeit  $0,3 \text{ m/s}$  nicht übersteigen.

$$A_{\text{Rohr, ges}} = \frac{Q_m}{v_0} = \frac{750}{1440} = 0,521 \text{ m}^2$$

$$\frac{d_i}{d} = \frac{1}{8} \rightarrow d = 240 \text{ mm} = 0,24 \text{ m}$$

**gewählt:**  $d = 250 \text{ mm}$

Das Verhältnis der Durchmesser von Eintrittsöffnung  $d_i$  und Abzugsrohr  $d$  soll  $1/10$  bis  $1/8$  betragen.

$$n_{\text{Rohr}} = \frac{A_{\text{Rohr, ges}}}{A_{\text{Rohr}}} = \frac{Q_m}{A_{\text{Rohr}} \cdot v_0} = \frac{750 \cdot 4}{0,25^2 \cdot \pi \cdot 1440} = 10,6$$

**gewählt:** 12 Rohre

Um einen flächenhaften Abzug zu gewährleisten, wird eine Rohrzahl von etwa  $d_{NB}/3$  empfohlen. Die Anzahl der Rohre sollte geradzahlig und möglichst durch 4 teilbar sein, sowie mindestens 8 betragen.

Anzahl der Löcher pro Rohr:  $295/12 \approx 25$

\*) Anregungen zum nachfolgenden Arbeitsbericht sind erwünscht. Richten Sie diese bitte an die ATV-Hauptgeschäftsstelle, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef

### 3. Schritt: Konstruktives (Abbildung 2)

Vorgabe:  $d_{NB} = 35 \text{ m}$

$$\text{Rohrlänge } l = \frac{d_{NB}}{6} = \frac{35}{6} = 5,83 \text{ m} < 10 \text{ m}$$

Die Rohre sollten bei konstantem Durchmesser  $d$  nicht länger als 10 m sein und bei radialer Anordnung in horizontal durchströmten Becken nicht weiter als  $d_{NB}/6$  in das Becken hineinragen. Die Statik des Rohres und die Räumerkonstruktion sind zu berücksichtigen.

gewählt: Rohrlänge  $l = 6,0 \text{ m}$   
Lochdurchmesser  $d_l = 30 \text{ mm}$

Die Löcher sollten nicht dichter als 1 m an die Beckenwand heranreichen. Es wird ein konstruktiver Abstand des letzten Loches vom Rohrende von 0,1 m gewählt.

Abzug für Wandanbindung  $l_w = 1,0 \text{ m}$

$$\Delta x = \frac{l - l_w - 0,1}{n_l - 1} = \frac{6,0 - 1,0 - 0,1}{24} = 0,2 \text{ m}$$

gewählt: 20 cm Lochabstand

Aus fertigungstechnischen und hydraulischen Gründen wird ein konstanter Lochabstand gewählt. Eine Verdichtung der Eintrittsöffnungen zum Auslauf hin ist im allgemeinen nicht richtig.

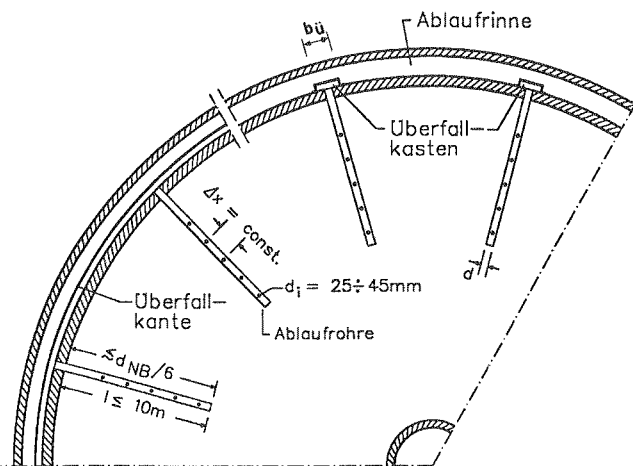


Abb. 2: Radial angeordnete Ablaufrohre in Absetzbecken für  $\Delta x = \text{const.}$  und  $d_l/d$  1/10 bis 1/8

### 4. Schritt: Abschätzung der Energiehöhenverluste (Abbildung 3)

Siehe auch Literatur [2]. Kontinuierliche Verluste (durch Integration über die Rohrlänge ermittelt):

$$h_{v,\text{konti}} = \lambda \cdot \frac{l}{3 \cdot d} \cdot \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \approx 0,02 \cdot \frac{6}{3 \cdot 0,3} \cdot \frac{0,4^2}{2 \cdot g} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 0$$

Durchgangsverluste:

$$h_{v,D} = \sum_{i=1}^n \left( 0,6 - 0,56 \cdot \frac{i-1}{i} \right) \cdot \left( \frac{i}{n} \right)^2 \cdot \frac{v_0^2}{2 \cdot g} =$$

$$\sum_{i=1}^{25} \left( 0,6 - 0,56 \cdot \frac{i-1}{i} \right) \cdot \left( \frac{i}{25} \right)^2 \cdot \frac{0,4^2}{2 \cdot g} =$$

$$0,64 \cdot 0,008 \approx 0,005 \text{ m} \approx 0$$

Eintrittsverluste an der seitlichen Öffnung:

$$h_{v,E} \approx 1,5 \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g} = 1,5 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot g} = 0,08 \text{ m}$$

Verluste beim Eintritt in den Überfallkasten (hier als Eintritt in ein Becken angesetzt):

$$h_{v,K} = 1,0 \cdot \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = 1,0 \cdot \frac{0,4^2}{2 \cdot g} = 0,01 \text{ m}$$

Gesamtverlust:

$$h_v = h_{v,\text{konti}} + h_{v,d} + h_{v,\text{Einl}} + h_{v,K} =$$

$$0 + 0 + 0,08 + 0,01 = 0,09 \text{ m}$$

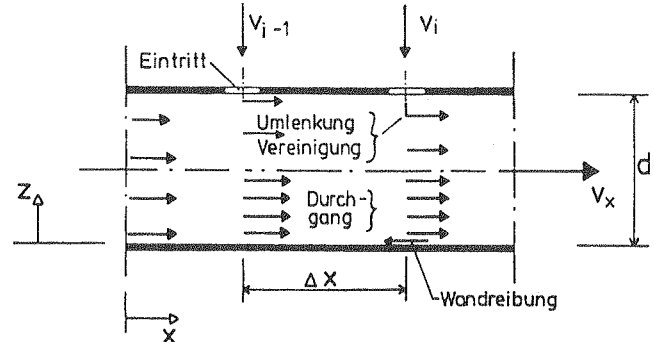


Abb. 3: Verlustanteile im Rohr

Bemessung der Überfallbreite  $b_{\bar{u}}$ :

Aus der zugelassenen Spiegelschwankung  $\Delta z_{sp} = 0,2 \text{ m}$  folgt die zulässige Überfallhöhe zu

$$\text{zul } h_{\bar{u}} = \text{zul } \Delta z_{sp} - h_v$$

(Bei  $Q \approx 0$ , gilt:  $h_v \approx h_{\bar{u}} \approx 0$ . Damit entspricht die Spiegelschwankung im Becken etwa der Summe aus Verlust- und Überfallhöhe bei Mischwasserzufluß).

Mit der Überfallformel für vollkommenen Überfall folgt die erforderliche Breite erf  $b_{\bar{u}}$  aus:

$$Q_{\text{Rohr}} = \frac{2}{3} \cdot c \cdot \mu \cdot b_{\bar{u}} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_{\bar{u}}^{3/2}$$

$$\text{erf } b_{\bar{u}} = \frac{3 \cdot Q_{\text{Rohr}}}{2 \cdot c \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \text{zul } h_{\bar{u}}^{3/2}}$$

mit  $c = 1$  (vollkommener Überfall)

$$\mu = 0,64 \text{ (hinterlüftet, scharfkantig)}$$

$$\text{zul } h_{\bar{u}} = \text{zul } \Delta z_{sp} - h_v = 0,2 - 0,09 = 0,11 \text{ m}$$

$$Q_{\text{Rohr}} = \frac{Q_m}{n_{\text{Rohr}}} = \frac{750}{12} = 62,5 \text{ m}^3/\text{h} = 17,4 \text{ l/s}$$

$$\text{erf } b_{\bar{u}} = \frac{3 \cdot 17,4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,64 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot 0,11^{3/2}} = 0,254 \text{ m, gewählt } b_{\bar{u}} = 0,3 \text{ m}$$

### 3. Nachrechnung Kläranlage Hattingen (Ruhrverband)

Anhand der bestehenden Kläranlage Hattingen soll die Ausrüstung der Nachklärbecken mit getauchten Ablaufrohren mit den vorgeschlagenen Bemessungsansätzen verglichen werden.

Vorgaben:  $Q_m = 1146 \text{ m}^3/\text{h}$

$$d_{NB} = 30,6 \text{ m}$$

Ablaufrohre:

$$n_{\text{Rohr}} = 16$$

$$l = 7 \text{ m}$$

$$d = 300 \text{ mm}$$

$$d_l = 30 \text{ mm}$$

$$n = 30 \text{ Löcher pro Rohr}$$

#### 1. Schritt: Nachweis der Eintrittsgeschwindigkeit

$$n_{\text{Loch}} = 30 \cdot 16 = 480 \text{ Löcher}$$

$$v_i = \frac{Q_m}{A_i \cdot n} = \frac{1146 \cdot 4}{0,03^2 \cdot \pi \cdot 480} = 3377,6 \text{ m/h} = 0,94 \text{ m/s}$$

Bemessung:  $0,6 \text{ m/s} < v_i < 1,0 \text{ m/s}$  (für  $v_0 = 0,6 \text{ m/s}$ )

## 2. Schritt: Nachweis der Austrittsgeschwindigkeit

$$v_0 = \frac{Q_m}{A_{\text{Rohr}} \cdot n_{\text{Rohr}}} = \frac{1146,4}{0,3^2 \cdot \pi \cdot 16} = 1013,3 \text{ m/h} = 0,28 \text{ m/s}$$

Bemessung:  $v_0 < 0,3 \text{ m/s}$

## 3. Schritt: Konstruktives

vorhanden:  $l = 7 \text{ m} \geq \frac{d_{\text{NB}}}{6} = 5,1 \text{ m}$

$$\frac{d_i}{d} = \frac{30}{300} = \frac{1}{10}$$

Bemessung:  $\frac{d_i}{d} = \frac{1}{8} \cdot \dots \cdot \frac{1}{10}$

$$l = \frac{d_{\text{NB}}}{6} = 5,1 \text{ m}$$

Der Vergleich zeigt, daß die gewählte Ausrüstung der Nachklärbecken mit Ausnahme der Rohrlänge den Bemessungsansätzen entspricht.

## 4. Verwendete Formelzeichen

|                 |              |                                  |
|-----------------|--------------|----------------------------------|
| $A_i$           | $\text{m}^2$ | Lochfläche                       |
| $b_0$           | $\text{m}$   | Überfallbreite                   |
| $d$             | $\text{m}$   | Rohrdurchmesser                  |
| $d_i$           | $\text{m}$   | Durchmesser der Eintrittsöffnung |
| $d_{\text{NB}}$ | $\text{m}$   | Durchmesser des Nachklärbeckens  |

|                        |                       |  |
|------------------------|-----------------------|--|
| $l$                    | $\text{m}$            | Länge des Rohres                                       |
| $n$                    | -                     | Anzahl der Eintrittsöffnungen                          |
| $Q_m$                  | $\text{m}^3/\text{h}$ | Mischwasserzufluß                                      |
| $v_i$                  | $\text{m/s}$          | Eintrittsgeschwindigkeit an der i-ten Eintrittsöffnung |
| $v_0$                  | $\text{m/s}$          | Austrittsgeschwindigkeit am Rohrauslauf                |
| $x$                    | $\text{m}$            | Ordinate in Rohrachse                                  |
| $\Delta x$             | $\text{m}$            | Lochabstand  |
| $z$                    | $\text{m}$            | lotrechte Ordinate                                     |
| $\Delta z_{\text{sp}}$ | $\text{m}$            | Wasserspiegelschwankungen                              |
| $h_{\text{Ü}}$         | $\text{m}$            | Höhe Überfall  |
| $h_{\text{v}}$         | $\text{m}$            | Verlusthöhe  |
| $h_{\text{v,E}}$       | $\text{m}$            | Eintrittsverlust an der Öffnung                        |
| $h_{\text{v,V}}$       | $\text{m}$            | Verlust bei Vereinigung mit Hauptstrom                 |
| $h_{\text{v,D}}$       | $\text{m}$            | Durchgangsverluste                                     |
| $h_{\text{v,R}}$       | $\text{m}$            | Reibungsverlust  |
| $h_{\text{v,U}}$       | $\text{m}$            | Umlenkungsverluste                                     |

## Literatur

- [1] *ATV-Fachaussschuß 2.5 Absetzverfahren:*  
Arbeitsbericht: Bemessung und Gestaltung getauchter, gelochter Ablaufrohre in Nachklärbecken, *Korrespondenz Abwasser*, 1995, 42, 1851 (Heft 10)
- [2] *Schulz, A.:*  
Hydraulische Aspekte der Strömung in getauchten, gelochten Ablaufrohren, *Korrespondenz Abwasser*, 1995, 42, 1847 (Heft 10)

## Neue Normen bzw. Norm-Entwürfe des Normenausschusses Wasserwesen (NAW) und sachverwandter Normenausschüsse im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

### Normenausschuß Wasserwesen

#### Normen

|              |  |
|--------------|--|
| DIN 19569-5  | Kläranlagen – Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen – Teil 5: Besondere Baugrundsätze für Anlagen zur anaeroben Behandlung von Klärschlamm und Abwasser<br>Ausgabedatum: Januar 1997  |
| DIN 19850-1  | Faserzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle – Teil 1: Maße von Rohren, Abzweigen und Bogen<br>Ausgabedatum: November 1996   |
| DIN 19850-2  | Faserzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle – Teil 2: Maße von Rohrverbindungen<br>Ausgabedatum: November 1996  |
| DIN 38415-3  | Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Suborganismische Testverfahren (Gruppe T) – Teil 3: Bestimmung des erbgutverändernden Potentials von Wasser mit dem umu-Test (T 3)<br>Ausgabedatum: Dezember 1996          |
| DIN EN 295-1 | Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 1: Anforderungen (enthält Änderung A1: 1996 und Änderung A2: 1996); Deutsche Fassung EN 295-1: 1991 + A1: 1996 + A2: 1996<br>Ausgabedatum: November 1996 |

|                    |   |
|--------------------|---|
| DIN EN 588-1       | Faserzementrohre für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 1: Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke für Freispiegelleitungen; Deutsche Fassung EN 588-1: 1996<br>Ausgabedatum: November 1996  |
| DIN EN 1115-3      | Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Druckentwässerung und Druckabwasserleitungen – Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK) auf der Basis von ungesättigtem Polyesterharz (UP) – Teil 3: Formstücke; Deutsche Fassung EN 1115-3: 1996<br>Ausgabedatum: November 1996                             |
| DIN EN 1115-5      | Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Druckentwässerung und Druckabwasserleitungen – Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK) auf der Basis von ungesättigtem Polyesterharz (UP) – Teil 5: Gebrauchstauglichkeit der Verbindungen; Deutsche Fassung EN 1115-5: 1996<br>Ausgabedatum: November 1996 |
| DIN EN 1189        | Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Phosphor – Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat; Deutsche Fassung EN 1189: 1996<br>Ausgabedatum: Dezember 1996  |
| DIN EN 1485        | Wasserbeschaffenheit – Bestimmung absorbierbarer organisch gebundener Halogene (AOX); Deutsche Fassung EN 1485: 1996<br>Ausgabedatum: November 1996   |
| DIN EN ISO 10304-2 | Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie – Teil 2: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Nitrat, Nitrit, Orthophosphat und Sulfat in Abwasser (ISO 10304-2: 1995); Deutsche Fassung EN ISO 10304-2: 1996<br>Ausgabedatum: November 1996  |