



**Wasserbau/ Rohrleitungsbau , Teil: Rohrleitungsbau
SG Umweltingenieurwissenschaften**

THEMA: *Berechnung und Gestaltung von Dükern in Abwasserkanälen*

I. Aufgabenstellung

Ein Mischwasserkanal der Abwasserableitung kreuzt in seiner Trassenführung einen Wasserlauf. Dieses Fließgewässer darf mit Schadstoffen nicht höher belastet werden. Ein Abschlagen eines Mischwasseranteils über einen Regenüberlauf in das Gewässer ist somit nicht möglich. Die gesamte Mischwassermenge ist über einen Düker als Kreuzungsbauwerk weiterzuführen.

II. Eingangsinformationen

- Lageplansituation in Längsschnitt und Grundriss ist dem Umdruck **ROBAU Ü2/16** zu entnehmen (Erläuterung Geometrie, Maße, Segmentkrümmer),
- ankommender Mischwasserkanal:
 - Eiprofil 1000/1500 mm
 - Sohlgefälle $S_O = 1 : 500$
 - Mischwassermenge: $Q_{ges} = 1600$ l/s
 - Trockenwetterabfluss: $Q_t = 100$ l/s
 - Regenwassermenge : $Q_r = 1500$ l/s
 - Rauheit: $k = 1,5$ mm
 - Sohlhöhe am Dükeranfang (Oberhaupt): $H = 100,00$ m ü. NN
- weiterführender Mischwasserkanal:
 - Daten wie ankommender Mischwasserkanal (Ausnahme: Sohlhöhe)
- Dükerausbildung mit Stahlrohren nach **DIN EN 10220** (geschweißte Stahlrohre)

III. Bearbeitungsschwerpunkte

1. Aufstellung des hydromechanischen Abflussmodells für den Düker
2. Bestimmung der Fließverhältnisse in dem ankommenden und in dem weiterführenden Mischwasserkanal
3. Dimensionierung und hydraulische Berechnung des Schmutzwasserdükers als Druckleitung
4. Dimensionierung und hydraulische Berechnung des Regen-/ Mischwasserdükers als Druckleitung
5. Vergleich der Verlusthöhen und Bestimmung der Sohlhöhe des Dükerunterhauptes
6. Diskussion technologischer Lösungen der Dükerherstellung
7. Untersuchung der Schwimmfähigkeit des Dükers, Beispiel: Regen-/ Mischwasserdükerrohr

IV. Literatur (Auswahl)

- ATV- DVWK- Arbeitsblatt A 157: Bauwerke der Kanalisation
- Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band II, Berlin, 1982
- Streck, O.: Grund- und Wasserbau in praktischen Beispielen, Band 2, 1950, S. 168 ff.
- Schneider, K.-J.: Bautabellen, Düsseldorf,
- Bollrich: Technische Hydromechanik, Band 1, Beuth Verlag Berlin



V. Lösung

V.0 Gestaltungsgrundsätze für Düker in Abwasserkanälen

- Düker sind Sonderbauwerke z. B. in Abwasser-Freispiegelleitungen zur Unterquerung von Hindernissen; hydraulisches Fließregime geht von der Freispiegelleitung zur Druckleitung über
- wegen Gefahr der Sinkstoffablagerungen und erhöhter Betriebskosten (Reinigung periodisch!) sind Düker möglichst zu vermeiden
- können Düker nicht vermieden werden (siehe vorliegender Fall), sind ausreichende Fließgeschwindigkeiten in den Dükerrohren zu gewährleisten ($> 1,0$ m/s)
- Düker in Mischwasserkanälen sind im Allgemeinen als Doppeldüker auszubilden (Trockenwetterabfluss durch kleineres Rohr ableiten); Ausnahme bildet die Möglichkeit, oberhalb des Dükers eine Regenwasserentlastung einzuordnen (Regenüberlauf) → nur ein Dükerrohr für Trockenwetterabfluss erforderlich
- Verteilung des Zuflusses auf die beiden Dükerrohre am zweckmäßigsten durch Überlaufschwelen oder unterschiedlich hoch angeordnete Einlaufsohlen am Dükeroberhaupt (Verminderung der Ablagerungen am Einlauf des Regenwasserdükers)
- Anordnung von Schiebern oder Dammbalkenverschlüssen vor dem Einlauf des Dükers und am Ende des aufsteigenden Astes des Dükers aus betrieblichen Gründen (Spülung, Wartungsarbeiten) → **ROBAU Ü2/17**
- eventuelle Anordnung von Sicherheitseinrichtungen gegen Einschwemmen von Personen in den Düker am Dükeroberhaupt erforderlich (z. B. Gitter)
- fallenden Ast am Anfang der Dükerleitungen stärker neigen ($1 : 3$ und steiler, evtl. senkrecht); aufsteigenden Ast mit schwächerer Neigung (z. B. $1 : 6$) möglichst ausbilden; senkrechte Anordnung des aufsteigenden Astes bei regelmäßiger Reinigung möglich
- Formen der Längsschnittgestaltung von Dükern daraus resultierend:

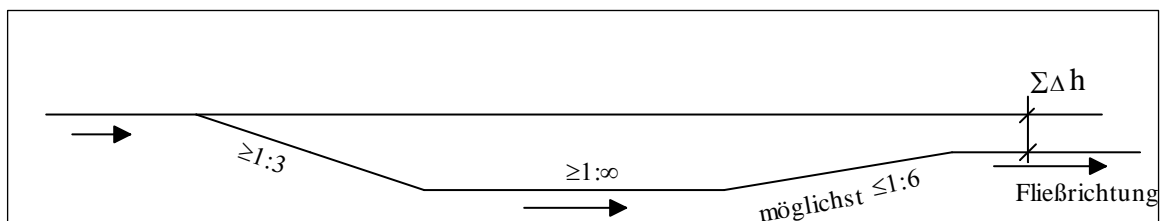


Bild 1

$\Sigma \Delta h$ = Gesamtheit der hydraulischen Verluste im Verlauf des Dükers

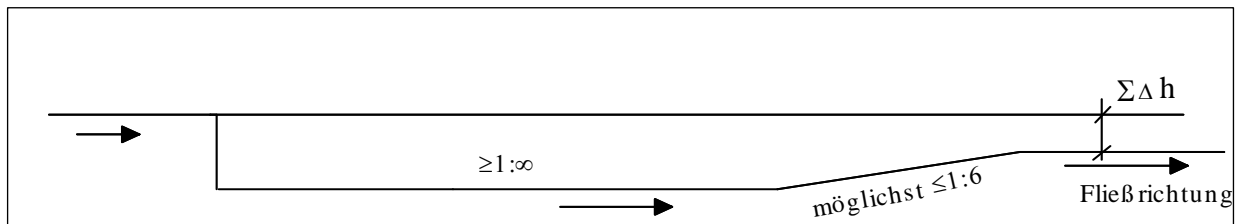


Bild 2

flache Neigung des aufsteigenden Astes vermeidet Sinkstoffablagerungen im Dükerverlauf

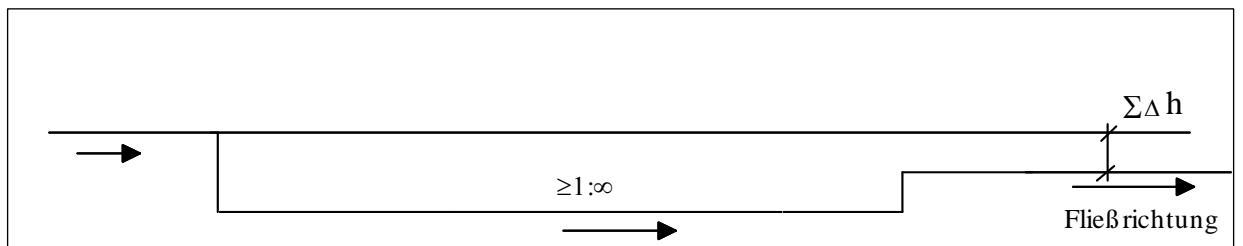


Bild 3

nur bei regelmäßiger Reinigung des Dükers am aufsteigenden Ast anwendbar

- Entlüftungen vor dem Dükerverlauf und am Ende des Dükers erforderlich → entweder separate Entlüftungsrohre oder Lüftung über Öffnungen in Bauwerksabdeckung vorsehen → siehe ROBAU Ü2/17
- unterhalb der Schieber am Dükerverlauf Zusammenfassung der getrennten Dükerverläufe mit eventuell höher angeordneten Auslaufsohlen, um Ansammlungen von Schmutzstoffen zu vermeiden → siehe ROBAU Ü2/17
- an tiefster Stelle der Dükerverlauf sollte ein Pumpensumpf angeordnet werden zwecks Entleerung des Dükers; schwaches Gefälle des mittleren Dükerteils in Tiefpunktichtung vorsehen; → siehe Blatt ROBAU Ü2/17; bei Längsschnittvariante a) ist Pumpensumpf nicht einzuordnen, Einsatz von Tauchpumpen zur Entleerung des Dükers erforderlich;
- Verlegung der Dükerverläufe in Betonumhüllung bzw. bei Kreuzung von Wasserläufen ausreichende Überdeckung der in einer Rinne in der Flusssohle verlegten Dükerverläufe gewährleisten (ca. 0,6 ... 1,0 m Überdeckung);
- ausreichende Sicherung der Sohle und Böschung von Wasserläufen im Dükerverlauf vorsehen;
- regelmäßige Spülung von Schmutzwasser-Dükerverläufen durchführen (Schwallspülung mittels aufgestauten Abwassers im ankommenden Abwasserkanal oder Einsatz von Hochdruckspülgeräten; eventuell Anordnung spezieller Spülschächte am Dükerverlauf)



V.1. Hydromechanisches Abflussmodell für den Düker

- Für Druckleitungen gelten Kontinuitätsgesetz $Q = v \cdot A$

- und Satz von Bernoulli

$$H = H_1 = H_2 = z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{1...2}$$

mit $h_l = h_f + \Sigma h_s$

H_1	Energiehöhe am Dükeranfang (Oberhaupt)
H_2	Energiehöhe am Dükerende (Unterhaupt)
$h_{1...2}$	hydraulische Verlusthöhe im Verlauf des Dükers
h_f	Reibungsverluste
Σh_s	Einzelverluste (örtliche Verluste)

- als Einzelverluste können Berücksichtigung finden:
 - Einlaufverlusthöhe h_e
 - Verlusthöhe infolge Geschwindigkeitsänderung h_v
 - Verlusthöhe infolge Querschnittsänderung h_B
 - Krümmerverlusthöhen h_k
 - Austrittsverlusthöhe h_a (nur bei Austritt in Luft oder ruhendes Wasser zutreffend);
- Sohlhöhe des Dükerunterhauptes muss um mindestens Σ 'Verlusthöhen' unter dem Sohlhöhen-niveau des Dükeroberhauptes liegen, damit Düker als Druckleitung mit freiem Ausfluss am Dükerunterhaupt betrachtet werden kann!
- Anordnung eines Schmutzwasserdükers und eines oder mehrerer Rohre für den Mischwasser-abfluss
- Verteilung des Zuflusses auf die Dükerrohre durch
 - a) unterschiedliche Höhenlage der Rohreinläufe oder
 - b) Anordnung von Überfallschwellen bzw. Streichwehren (Regenüberlauf, siehe Lehrgebiet Siedlungswasserwirtschaft)

Festlegungen für vorliegende Aufgabe:

Gleiche Höhenlage der Rohrsohlen aller Dükerrohre am Einlauf, Trennung des Zuflusses zwischen Schmutzwasserdüker und Regen-/Mischwasserdüker durch Regenüberlauf mit Streichwehr

- Abflussmodell:
 - $Q = Q_t$ wird bei gerade vollaufender Schmutzwasser-Dükerleitung abgeführt
 - $Q > Q_t$ Beginn des Überlaufs über Streichwehr bei vollkommenem Überfall
 - Q **wächst weiter:** Überstauung des Rohrscheitels des Schmutzwasserdükers und Zunahme des Leistungsvermögens des SW-Dükers, Streichwehr geht zu unvollkommenem Überfall über
 - $Q = Q_{ges}$ maximale Überstauung des SW-Dükers erreicht, max. Leistungsfähigkeit des SW-Dükers; bei nunmehr gleicher Wasserspiegelhöhe vor den beiden Einläufen und hinter den beiden Ausläufen (SW-Düker und RW-/MW-Düker) folgt:
- Σ *der Verlusthöhen des SW-Dükers* = Σ *der Verlusthöhen des RW-/MW-Dükers* !
(daraus sind Dükerrohre hydromechanisch berechenbar)



V.2. Fließverhältnisse im ankommenden und weiterführenden Mischwasserkanal

• **Mischwasserkanal:**

- Eiprofil 1000/1500 mm
- Sohlgefälle $S_0 = 1 : 500$
- Mischwassermenge: $Q_{\text{ges}} = 1600 \text{ l/s}$
- Trockenwetterabfluss: $Q_t = 100 \text{ l/s}$
- Regenwassermenge : $Q_r = 1500 \text{ l/s}$
- Rauheit: $k = 1,5 \text{ mm}$

• **Leistungsfähigkeit bei Vollfüllung (DWA- A 110)**

- Querschnittsfläche $A = 1,149 \text{ m}^2$

$$(A = 4,594 \cdot r^2; \quad r = \frac{1,0}{2} \text{ m} = 0,5 \text{ m}; \quad \Rightarrow A = 4,594 \cdot 0,5^2 = 1,149 \text{ m}^2)$$

- $Q_{\text{voll}} = 1682 \text{ l/s}$
- $v_{\text{voll}} = 1,47 \text{ m/s}$

• **Teilfüllung für Q_t**

$$\frac{Q_t}{Q_{\text{voll}}} =$$

- Füllhöhenkurven Eiprofil, z. B. Tabellenbücher SCHNEIDER, WENDEHORST, :

$$\frac{h_t}{h} =$$

(Teilfüllhöhe Trockenwetterabfluss)

$$\frac{v_t}{v} =$$

(Teilfüllgeschwindigkeit Trockenwetterabfluss)

• **Teilfüllung für $Q_{\text{ges}} = Q_t + Q_r$**

$$\frac{Q_{\text{ges}}}{Q_{\text{voll}}} =$$

- Füllhöhenkurven Eiprofil:

$$\frac{h_{\text{ges}}}{h} =$$

(Teilfüllhöhe Mischwasserabfluss)

$$\frac{v_{\text{ges}}}{v} =$$

(Teilfüllgeschwindigkeit Mischwasserabfluss)

- Weiterführender Mischwasserkanal nach dem Düker weist die gleichen Fließverhältnisse auf!



V.3. Schmutzwasserdüker als Druckleitung

- Schmutzwasserdüker wird für den einfachen Trockenwetterabfluss $Q_t = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ bemessen.
- **Dimensionierung SW-Düker:**

$$v_{\min} = \quad A \leq$$

- **gewählt:** Stahlrohr DN 300 (Rohr $323,9 \cdot 7,1$; nach [DIN EN 10220](#) erhöhte Wanddicke wegen Korrosion); Auswahl aus Tabellenbuch, z.B. SCHNEIDER, Kapitel "Stahlbau":

$$d_i = 0,3097 \text{ m} \approx 0,310 \text{ m}; \quad A_{SW} = 0,0754 \text{ m}^2$$

- Geschwindigkeit im SW-Dükerrohr

$$v_{SW} = \frac{Q_t}{A_{SW}} =$$

- **Ermittlung der Verlusthöhen**

$$h_l = h_f + \Sigma h_s$$

- a) Rohrreibungsverlusthöhe

$$h_f = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v_{SW}^2}{2g} \quad \lambda = f(\text{Re}; \varepsilon) \text{ nach Pr andtl - Colebrook}$$

Diagramm für λ (z. B. Tabellenwerke)

$$\varepsilon = \frac{k}{d} =$$

$$\text{Re} = v \cdot \frac{d}{\nu} =$$

($\nu = 10^{-6}$ kinematische Viskosität von Wasser)

$$\Rightarrow \lambda = \quad (\text{hydraulisch rauher Bereich})$$

$$h_f = \quad (\text{Reibungsverlusthöhe})$$

- b) Verlusthöhe aus Geschwindigkeitsänderung am Dükeranfang (Übergang Eiprofil auf Dükerrohr)

$$h_v = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = v_t = \quad (\text{SW - Teilfüllung Eiprofil})$$

$$v_2 = v_{SW} = \quad (\text{SW - Dükerrohr})$$

$$h_v = \quad (\text{Verlusthöhe Geschwindigkeitsänderung})$$



- c) Einlaufverlusthöhe:

$$h_e = \zeta_e \cdot \frac{v_{SW}^2}{2g}$$

für gut ausgerundeten Übergang: $\zeta_e =$
[z.B. SCHNEIDER: Bautabellen für Ingenieure]

$$h_e =$$

- d) Verlusthöhe aus Richtungsänderung

Neigung des fallenden Astes 1 : 1 $\rightarrow \alpha = 45^\circ$

Neigung des aufsteigenden Astes 1:3 $\rightarrow \alpha = 18,4^\circ$

Festlegung für hydromechanische Berechnung:

Knie 1) mit $\alpha = 45^\circ$, rau $\rightarrow \zeta_{k1} = 0,325$

Knie 2) mit $\alpha \approx 20^\circ$, rau $\rightarrow \zeta_{k2} = 0,091$

[nach Bollrich: Technische Hydromechanik, Band 1]:

$$h_k = \zeta_k \cdot \frac{v_{SW}^2}{2g}$$

$$h_{k1} =$$

$$h_{k2} =$$

- e) Austrittsverlusthöhe aus Querschnittserweiterung

Übergang Dükerrohr in Dükerunterhaupt (Bauwerk) bringt Austrittsverlust durch
Übergang von DN 300 auf Bauwerk bzw. Eiprofil 1000/1500

$$h_B = \zeta_B \cdot \frac{v_t^2}{2g}$$

$$\zeta_B = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \quad [\text{Bollrich: Technische Hydromechanik, Band 1}]$$

$$A_1 = A_{SW} = \quad (DN 300)$$

$$A_2 = \frac{Q_t}{v_t} =$$

(tatsächlich gefüllter Querschnittsanteil des Eiprofils bei Q_t)

$$\zeta_B =$$

$$h_B =$$

- f) Druckhöhenrückgewinn am Dükerende

Geschwindigkeitsunterschied Düker/ Eiprofil bringt Druckhöhenrückgewinn

$$h_v' = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \Rightarrow \text{Zahlenwerte siehe b)}$$

$$h_v' =$$

(Druckhöhenrückgewinn aus Geschwindigkeitsänderung)



- Gesamtverlusthöhe Schmutzwasserdüker:

$$h_{l,SW} = h_f + h_v + h_e + h_{k1} + h_{k2} + h_B + h_v'$$

$$h_{l,SW} =$$

- **Festlegungen** (vorläufig für SW-Dükerrohr):

- Bauwerkssohle Oberhaupt: 100,00 m ü.NN (lt.Aufgabenstellung)
- Einlauf Wasserspiegel SW: _____ m ü.NN (Sohlhöhe Einlauf + _____ m Füllhöhe h_t)
- Rohrsohle Einlauf SW-Düker: _____ m ü.NN (aufgrund Vollfüllung des Rohres DN 300 und Verlusten aus Geschwindigkeitsänderung und Einlauf → _____ m ü. NN)
- Auslauf Wasserspiegel SW: _____ m ü. NN
 (Einlauf Wasserspiegel - Verlusthöhe $h_{l,SW}$: _____ = _____ m ü. NN)
- Bauwerkssohle Unterhaupt:
- Rohrsohle Auslauf SW-Düker:

V.4. Regen-/Mischwasserdüker als Druckleitung

- Bezeichnung ungenau, da bei Regenwasseranfall im Schmutzwasserdüker und auch im Regenwasserdüker Mischwasser fließt; siehe Vorlesung Siedlungswasserwirtschaft zu Regenüberläufen
- **Dimensionierung des RW-Dükers**
 - über Energieliniengefälle → grobe Abschätzung des DN (mit Sicherheit wählen)
 - DN so wählen, als ob Energieliniengefälle das Sohlgefälle des RW-Dükers wäre → am Ende des RW-Dükers (Unterhaupt) wäre dann freier Ausfluss, d.h. keine Druckhöhe mehr vorhanden
 - Energieliniengefälle RW-Düker entsprechend Abflussmodell (Pkt. V.1.) aus Länge des Dükers und Verlusthöhe SW-Düker berechnen
 (da Abflussmodell besagte: Verlusthöhe SW-Düker = Verlusthöhe RW-Düker)

$$S_E = \frac{h_l}{\text{Länge Düker}} = \quad \quad \quad (\text{Energieliniengefälle})$$

- nach z. B. SCHNEIDER: Bautabellen
 gewählt DN _____ mit $Q_{\text{voll}} =$ _____ l/s
 (da DN _____ nur $Q_{\text{voll}} \approx$ _____ l/s < $Q_f \approx 1500$ l/s)
- Stahlrohr DN _____ (Rohr _____ nach **DIN EN 10220**, erhöhte Wanddicke wegen Korrosion), $d_i =$ _____ m; $A_{RW} =$ _____ m²



- weitere Schritte
 - Berechnung der Verlusthöhen für den RW-Düker
 - Vergleich der Verlusthöhen von SW-Düker und RW-Düker

Bedingung: $h_{l,RW} \leq h_{l,SW}$

→ Düker arbeitet nur unter dieser Bedingung mit gleichen Auslaufsohlhöhen von SW- und RW-Dükerrohr

sonst: Auslauf SW-Düker absenken

→ SW-Düker ist am Auslauf dann noch Druckleitung mit Druckhöhe h_d

oder: ungleiche Sohlhöhen Auslauf SW- und RW-Dükerrohr

- Geschwindigkeit im RW-Dükerrohr

$$v_{RW} = \frac{Q_r}{A_{RW}} =$$

- **Ermittlung der Verlusthöhen**

$$h_l = h_f + \Sigma h_s$$

- a) Rohrreibungsverlusthöhe

$$h_f = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v_{RW}^2}{2g} \quad \lambda = f(\text{Re}; \varepsilon) \text{ nach Prandtl - Colebrook}$$

Diagramm für λ (z. B. Tabellenwerke)

$$\varepsilon = \frac{k}{d} =$$

$$\text{Re} = v \cdot \frac{d}{\nu} =$$

$$\Rightarrow \lambda =$$

$$h_f =$$

- b) Verlusthöhe aus Geschwindigkeitsänderung [Streck, S. 171]

$$h_v = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = v_{ges} =$$

$$v_2 = v_{RW} =$$

$$h_v =$$



- c) Einlaufverlusthöhe:

$$h_e = \zeta_e \cdot \frac{v_{RW}^2}{2g}$$

für gut ausgerundeten Übergang: $\zeta_e = 0,06$

[SCHNEIDER: Bautabellen]

$$h_e =$$

- d) Verlusthöhe aus Richtungsänderung

Festlegung für hydromechanische Berechnung analog SW-Düker:

Knie 1) mit $\alpha = 45^\circ$, rau $\rightarrow \zeta_{k1} = 0,325$

Knie 2) mit $\alpha \approx 20^\circ$, rau $\rightarrow \zeta_{k2} = 0,091$

$$h_k = \zeta_k \cdot \frac{v_{RW}^2}{2g}$$

$$h_{k1} =$$

$$h_{k2} =$$

- e) Austrittsverlusthöhe aus Querschnittserweiterung

Übergang Dükerrohr in Dükerunterhaupt (Bauwerk) bringt Austrittsverlust durch Übergang von DN auf Bauwerk bzw. Eiprofil 1000/1500

$$h_B = \zeta_B \cdot \frac{v_{ges}^2}{2g}$$

$$\zeta_B = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \quad \text{Bollrich: Technische Hydromechanik, Band 1}$$

$$A_1 = A_{RW} = \quad m^2 \quad (DN \quad)$$

$$A_2 =$$

(tatsächlich gefüllter Querschnittsanteil des Eiprofils bei Q_{ges})

$$\zeta_B =$$

$$h_B =$$

- f) Druckhöhenrückgewinn am Dükerende

Geschwindigkeitsunterschied Düker/Eiprofil bringt Druckhöhenrückgewinn

$$h_v' = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \Rightarrow \text{Zahlenwerte siehe b)}$$

$$h_v' =$$



- Gesamtverlusthöhe Regenwasserdüker:

$$h_{l,RW} = h_f + h_v + h_e + h_{k1} + h_{k2+} h_B + h_v'$$

$$h_v' =$$

V.5. Vergleich Verlusthöhen SW/ RW und Sohlhöhenfestlegung Dükerunterhaupt

- **Bedingung:**

$$h_{l,RW} \leq h_{l,SW}$$

→ Bedingungerfüllt

Variante 1:

- unterschiedliche Verlusthöhen von SW-Düker und RW-Düker werden akzeptiert; damit liegt Auslaufsohlhöhe SW-Düker um $\Delta h = \dots\dots\dots$ m über der Auslaufsohlhöhe des RW-Dükers

Variante 2:

- gleiche Auslaufsohlhöhen SW-Düker und RW-Düker werden erreicht, indem SW-Düker-Auslauf um $\dots\dots\dots$ m $\dots\dots\dots$ wird, d.h., SW- Düker besitzt am Auslauf (Dükerunterhaupt) keinen freien (drucklosen) Austritt, sondern ist noch eine Druckleitung mit $h_d = \dots\dots\dots$ m bei Trockenwetterabfluss.

- **Festlegungen:** Erläuterung an Blatt [ROBAU Ü2/16](#)

- Wahl der Variante 2, d.h. gleiche Auslaufsohlhöhen für SW- und RW-Dükerrohr
- Bauwerkssohle Oberhaupt: $\dots\dots\dots$ m ü.NN (lt. Aufgabenstellung)
- Einlauf Wasserspiegel SW: $\dots\dots\dots$ m ü.NN (Sohlhöhe Einlauf + $\dots\dots\dots$ m Füllhöhe h_f)
- Rohrsohle Einlauf SW-Düker: $\dots\dots\dots$ m ü.NN (aufgrund Vollfüllung des Rohres DN 300 und Verlusten aus Geschwindigkeitsänderung und Einlauf → $\dots\dots\dots$ m ü. NN)
- Einlauf Wasserspiegel RW: $\dots\dots\dots$ m ü. NN (Sohlhöhe Bauwerk + $\dots\dots\dots$ m Füllhöhe h_{ges})
- Rohrsohle Einlauf RW-Düker: $\dots\dots\dots$ m ü. NN (da Füllhöhe $h_{ges} = \dots\dots\dots$ m $>$ $d_{iRW} = \dots\dots\dots$ m, d.h. RW-Düker ist Druckleitung am Einlauf)
- Auslauf Wasserspiegel RW: $\dots\dots\dots$ m ü. NN (Einlauf Wasserspiegel - Verlusthöhe $h_{l,RW}$: $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ m)
- Bauwerkssohle Unterhaupt: $\dots\dots\dots$ m ü. NN (Auslauf Wasserspiegel - Füllhöhe h_{ges} , $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ m)



- Rohrsohle Auslauf RW-Düker = Rohrsohle Auslauf SW-Düker:
 - Variante a:
(Auslauf Wasserspiegel RW - d_{iRW} ,), d.h. Rohrsohlen liegenm über Bauwerkssohle
 - Variante b:
d. h. Rohrsohlen liegen auf Bauwerkssohlniveau, Rohrscheitel sind überstaut.
→ **gewählt: Variante b** aus konstruktiven Gründen (siehe [ROBAU Ü2/16](#))
- Auslauf Wasserspiegel SW: m ü. NN (bei Trockenwetterabfluss)
(Einlauf Wasserspiegel - Verlusthöhe h_{lSW} :), d. h. Scheitel des SW-Dükers ist am Auslauf bei Trockenwetterabfluss um ca.m überstaut
(.....); Wsp. - BW-Sohle - d_{iSW} = Überstauung

⇒ Werte in [ROBAU Ü2/16](#) und [ROBAU Ü2/19](#) eintragen!

V.6. Technologie der Dükerverlegung

- **Vorteile von Dükern:**
 - frostsichere Verlegung Kreuzungsbauwerk
 - keine Behinderung des Fließquerschnittes bei Wasserläufen
 - keine sichtbaren Eingriffe in das Landschaftsbild (gegenüber z. B. Rohrbrücken)
 - keine Verkehrseinschränkung im Bereich des Kreuzungsbauwerks
- **Nachteile von Dükern:**
 - schlechte Kontrollmöglichkeit der Rohrleitungen
 - erhöhte Schutzmaßnahmen für Rohrleitungen erforderlich
 - Sonderbauwerke an Dükeranfang und Dükerende erforderlich.
- **Verlegeverfahren für Flussdüker:**
 - a) Verlegung in "trockener" Baugrube (kleine Wasserläufe mit Wasserumleitung)
 - b) Absenkverfahren (Profildüker vormontiert; kleine Flüsse mit großen Böschungen; Absenken in ausgebaggerte Rinne von Gerüst oder Schwimmkran aus oder mit Hilfe mehrerer Kräne durch Fluten des Dükers)
 - c) Einschwimmverfahren (Profildüker oder elastische Düker verschlossen und luftgefüllt einschwimmen; Absenken in ausgebaggerte Rinne durch Fluten des Dükers; Anwendung bei breiten Flüssen)
 - d) Einschleppverfahren (elastische Düker; Durchziehen des am Ufer vormontierten Dükers vom anderen Ufer aus in vorgebaggerte Rinne bei gleichzeitigem Fluten des Dükers; Anwendung bei breiten Flüssen mit sehr flachen Böschungen)
 - e) Durchpressen von trockener Baugrube aus (unterirdisches Vortriebsverfahren für horizontalen Dükerteil; anschließend Bau des fallenden und aufsteigenden Dükerastes)
 - f) Tunnelvortrieb unter Druckluft (Bauweise für große Dükerprofile oder gemeinsame Tunnelverlegung mehrerer Dükerleitungen)



- **Mögliche Dükerverfahren für vorliegende Aufgabe:**

- b) Absenkverfahren
- c) Einschwimmverfahren

- **Vorgangsliste für Dükerverlegung**

- 1. Dükherstellung**

- 1.1 Planieren des Montageplatzes (direkt neben Dükerrachse)
- 1.2 Auslegen der Montageunterlagen (Rohraufleger); Kanthölzer, Profile, Schwellen o.ä.
- 1.3 Antransport des Rohrmaterials
- 1.4 Zuschneiden der Rohre und der Segmentkrümmer/Kniestücke
- 1.5 Schweißen des Dükers
- 1.6 Schweißnahtprüfung
- 1.7 Nachisolieren der Schweißstöße
- 1.8 Verschließen der Dükerrenden [z. B. Vorschweißflansche nach [DIN EN 1092-1](#) mit Blindflanschen nach [DIN EN 545](#) (Gusseisen) und Montageösen]
- 1.9 Druckprüfung, Entleeren
- 1.10 Anbringen des mechanischen Schutzes für die Rohraußenisolierung an gefährdeten Stellen (z. B. Holzlattenschutz)

- 2. Herstellen der Dükerverbaugrube**

- 2.1 Baugrubenaushub mit Greiferbagger, Zugschaufelbagger, (im Flussbereich evtl. mit Spülbagger)
- 2.2 Kontrollmessung für Rinnensohle (Peilung vom Boot aus)

- 3. Dükerverlegung (jeweils für SW- und RW-Düker)**

- 3.1 Aufrichten des Dükers am Montageplatz (neben Baugrube) durch 2 Kräne
- 3.2 Entfernen der Montageunterlagen
- 3.3 Einschwenken des Dükers in Mischwasserkanalachse und Absetzen in Montagelage 1 (1 Dükerrende etwa über Flussmitte, andere Dükerrende liegt auf Baugrubensohle der Dükerverbaugrube am Böschungsrand auf)
- 3.4 Kran 1 setzt um auf anderes Flussufer (oder Einsatz eines 3. Kranes), während Kran 2 das Dükerrende über der Flussmitte hält.
- 3.5 Kran 1 (oder 3. Kran) übernimmt Dükerrende über Flussmitte (2 Montageösen an diesem Dükerrende!), Kran 2 übernimmt danach andere Dükerrende an Böschung
- 3.6 Einschwenken des Dükers in Solllage
- 3.7 Absenken des Dükers durch Füllen mit Reinwasser
- 3.8 Verfüllung der Rinne in der Flusssohle und des Grabenprofils in den Böschungen
- 3.9 Zweite Druckprüfung des Dükers
- 3.10 Herstellen des Dükeroberhauptes und des Dükerrunterhauptes und Anschluss an den Mischwasserkanal
- 3.11 Wiederherstellungsarbeiten (Verfüllung, Rekultivierung)



V.7. Untersuchung der Schwimmfähigkeit RW-Dükerrohr DN 900

Für Dükerverfahren " c) Einschwimmverfahren " soll die Schwimmfähigkeit am Beispiel des RW-Dükerrohres DN (Rohr nach DIN EN 10220 mit 2 Vorschweißflanschen nach DIN EN 1092-1, 2 Blindflanschen nach DIN EN 545, verstärktem bituminösen Außenschutz 8 mm und Holzlattenschutz mit 20 Latten 100 x 20 mm um Rohrumfang verteilt) untersucht werden; dazu ist die Eintauchtiefe des Dükers im liegenden Zustand zu ermitteln.

- **Dükerlänge L =**

- **Eigenmasse des Dükers je m Länge:**

- 1 Dükerrohr (DIN EN 10220) $m' = 223,00 \text{ kg/m}$
 - 1 Korrosionsschutz AV 8 (15 kg/m²)
 (ungünstigerer Fall gegenüber PE-Umhüllung);
 $d_m \text{ Korrosionsschutz} = + 0,008 = \text{ m}$
 $m' = \cdot \pi \cdot 15 \cdot 1$ $m' = \text{ kg/m}$
 - Holzlattenschutz 20 Latten :
 (Nadelschnittholz 650 kg/m³)
 $m' = 20 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 650$ $m' = \text{ kg/m}$
 - 2 Vorschweißflansche a 55,6 kg/Stück = 111,2 kg
 2 Blindflansche a 273 kg/Stück = 546,0 kg
 $m' = 657,2 \text{ kg} : \text{ m}$ $m' = \text{ kg/m}$
-
- $\Sigma m' = \text{ kg/m}$

\Rightarrow Gewichtskraft **G = kN/m**

- **Eintauchtiefe des Dükers**

- a) Auftrieb bei vollem Eintauchen :

$$\Sigma \text{Auftrieb} = A_{\text{Rohr}} \cdot \rho_w \cdot g + A_{\text{Holz}} \cdot \rho_w \cdot g$$

$$\Sigma \text{Auftrieb} = [kN / m]$$

- Auftrieb wird durch Gewichtskraft des Rohres reduziert; da Gewichtskraft geringer als Auftrieb ist, taucht Rohr nur zum Teil ein; resultierender Auftrieb kann daher der nicht eingetauchten Fläche gleichgesetzt werden; aus dieser Fläche (Kreissegment) lässt sich bei gegebenem Rohrradius über den Zentriwinkel α die Höhe h der nicht eingetauchten Fläche und nachfolgend die Eintauchtiefe $t = d_a - h$ ermitteln.

- b) resultierender Auftrieb:

$$\text{Auftrieb}_{\text{result}} = \Sigma \text{Auftrieb} - G =$$

\Rightarrow Düker ist

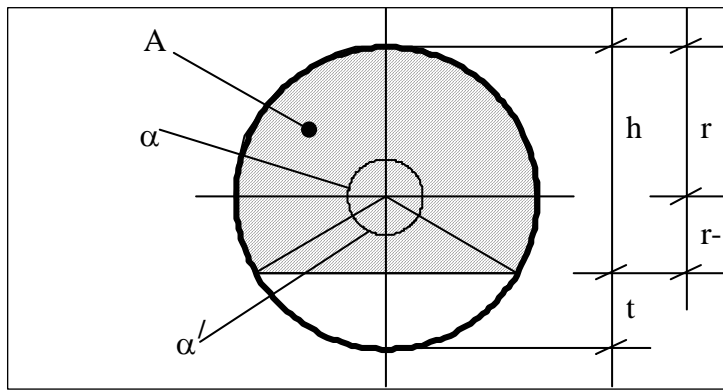


$$\text{Auftrieb}_{\text{result}} = \frac{kN}{m} = \frac{\text{m}^2 \text{ nicht eingetauchter Rohrquerschnittsfläche}}{m}$$

(für $\rho_w \cdot g = 10 \text{ kN/m}^3$)

Kreissegment:
$$A = \left(\frac{\alpha}{180} \cdot \pi - \sin \alpha \right) \cdot \frac{r^2}{2}$$

$$\frac{A}{r^2} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\alpha}{180} \cdot \pi - \sin \alpha \right) =$$



Durch eine Iteration für obige Gleichung findet man die Lösung für α bei $\alpha \approx$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{180} \cdot \pi - \sin \alpha \right) =$$

$$\alpha' = 360 - \alpha =$$

$$\cos \frac{\alpha'}{2} = \frac{r-t}{r} \Rightarrow$$

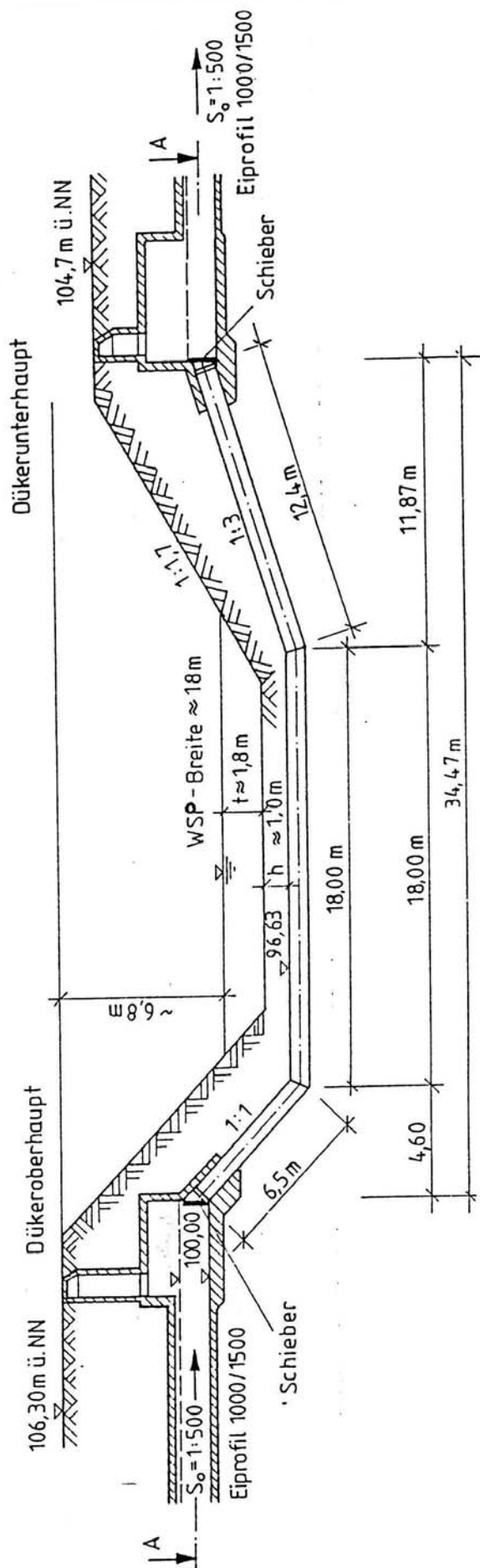
$$t = r \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha'}{2} \right) = \quad m$$

Die Eintauchtiefe des Dükers beträgt ___ cm

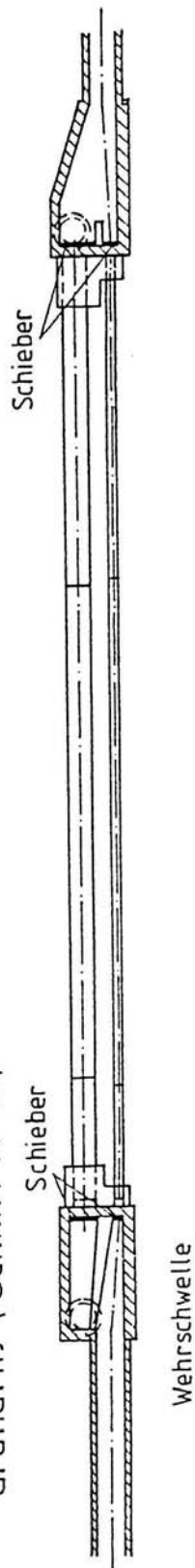
(Eintauchtiefe _____ als Rohrradius DN !)

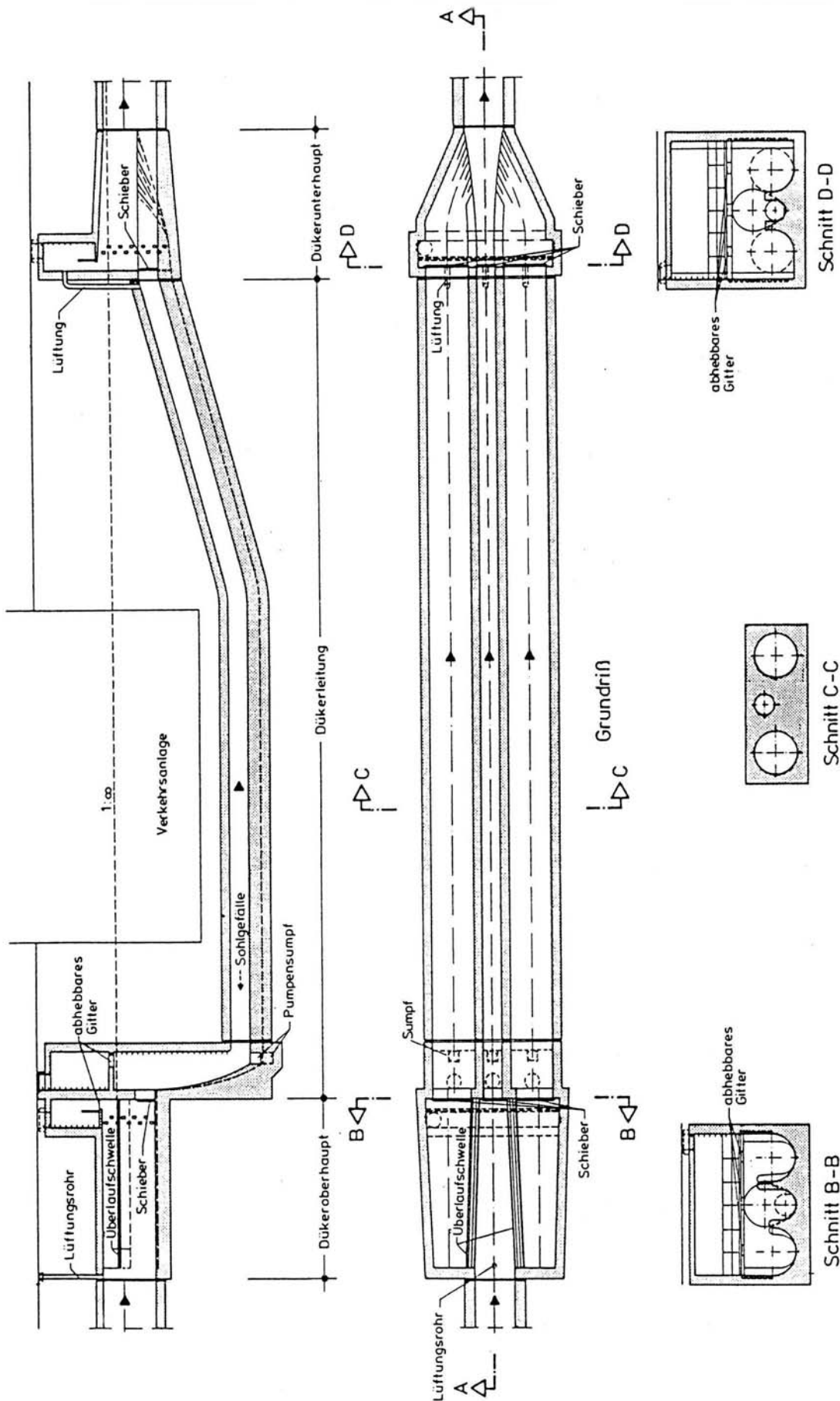


Längsschnitt



Grundriß (Schnitt A-A)

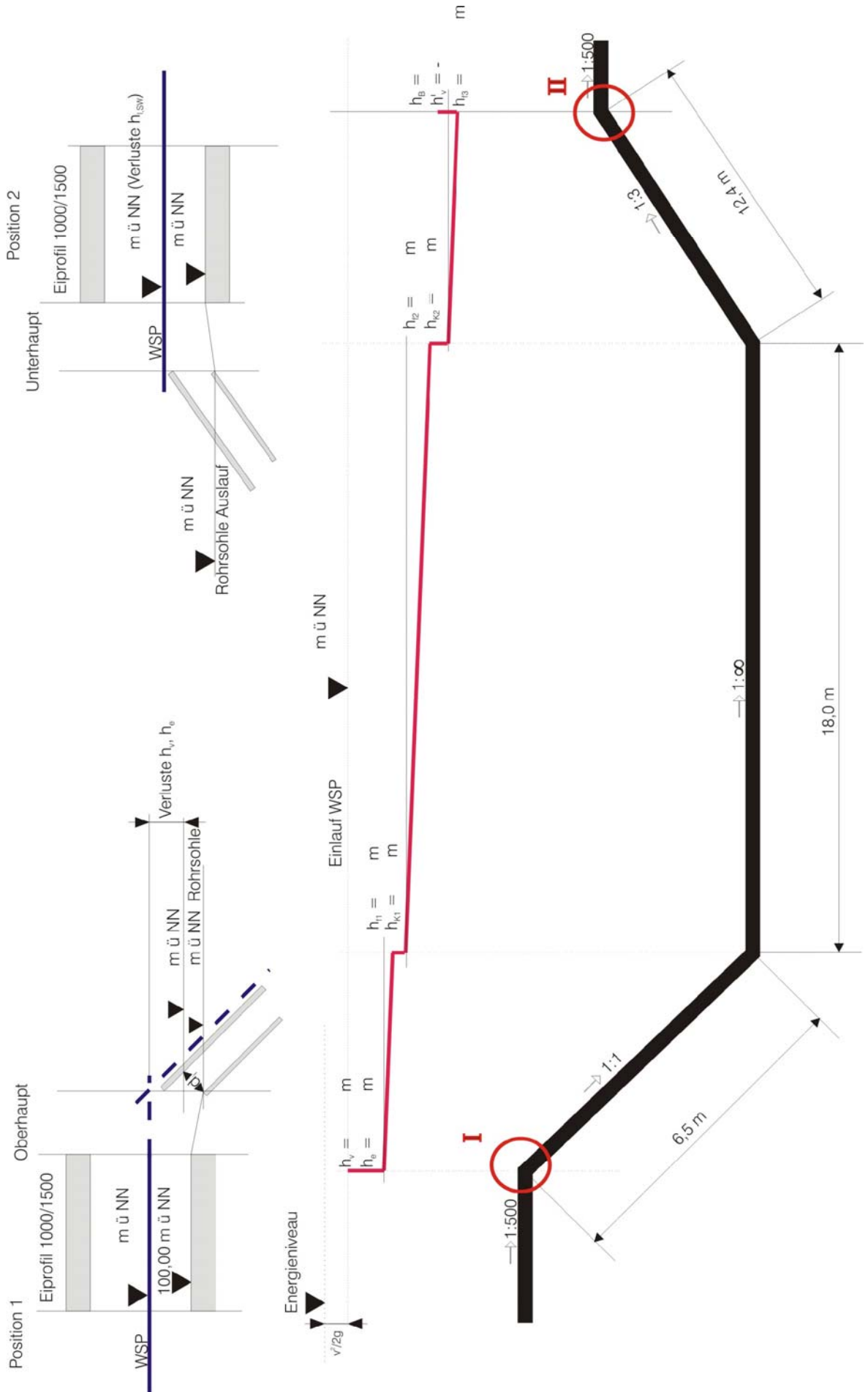




Dükerbauwerk mit drei Dükerleitungen (Entnommen dem ATV-Regelwerk, A 241, GFA, St. Augustin).

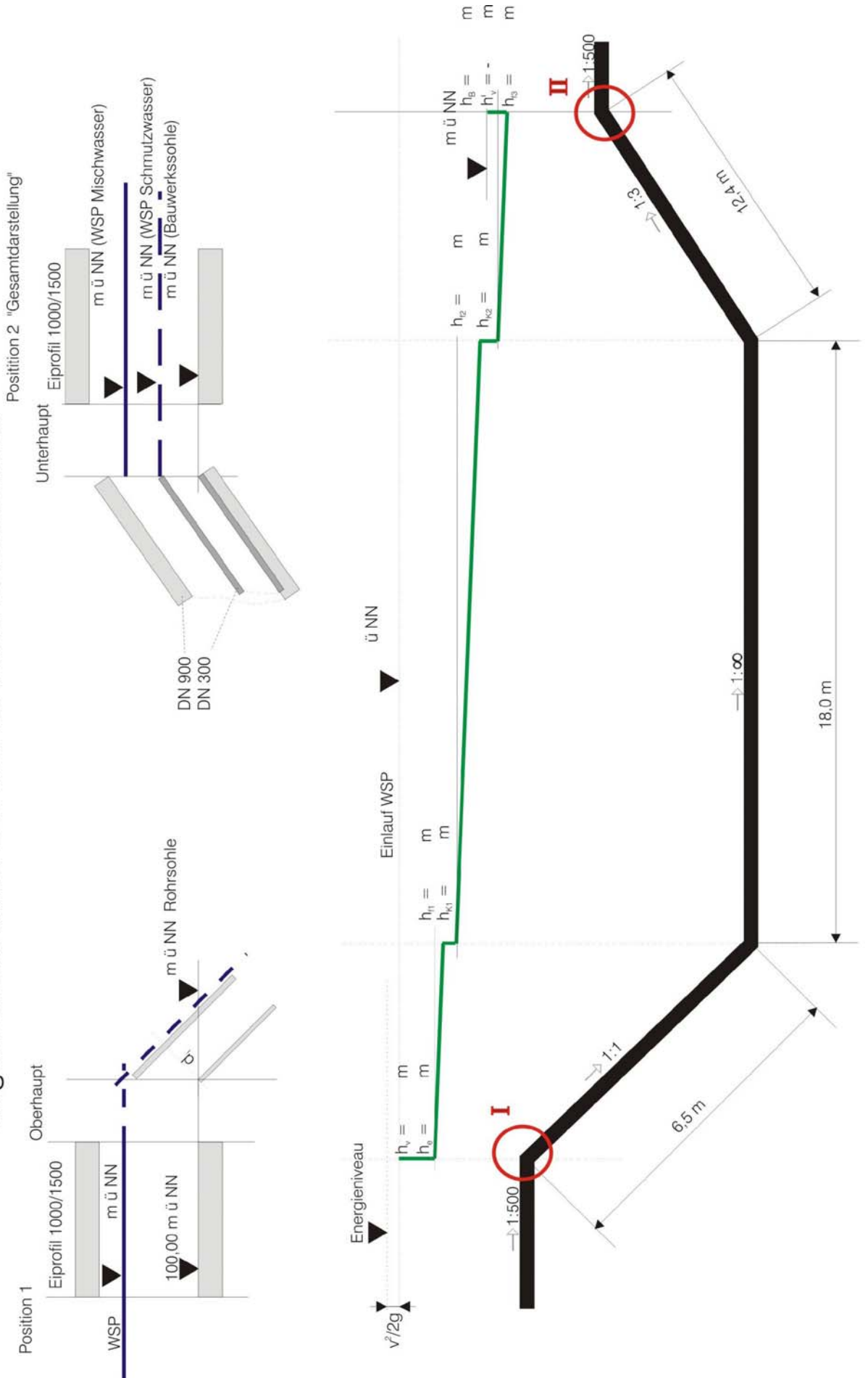


Schmutzwasserdüker DN 300 für Trockenwetterabfluß





Regenwasserdüker DN 900 für Mischwasserabfluß



Skizze nicht maßstabgerecht