



# 11

## Sicherung durch Betonwiderlager

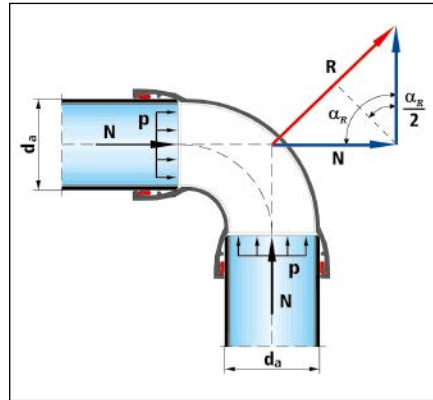
- 11.1 Ermittlung der Anlagefläche  $A_G$  eines Betonwiderlagers
- 11.2 Berechnungsbeispiel für ein Betonwiderlager mit quadratischer Anlagefläche  $A_G$  und der Widerlagerlänge  $l$
- 11.3 Berechnung der Übertragungsfläche zwischen Beton und Formstückaußenfläche
- 11.4 Formelzeichen

## 11 Sicherung durch Betonwiderlager

Rohrsysteme mit Steckmuffen-Verbindungen sind üblicherweise nicht längskraftschlüssig ausgeführt. Aus dem Innendruck resultieren an Richtungs-, Querschnittsänderungen und Endverschlüssen sowie an Abzweigen Kräfte, die in den Baugrund eingeleitet werden müssen. Das vorliegende Kapitel befasst sich mit der Bemessung und Ausführung der Betonwiderlager zur Sicherung von nicht längskraftschlüssigen Rohrsystemen auf Grundlage des DVGW-Arbeitsblattes GW 310, „Widerlager aus Beton; Bemessungsgrundlagen“, Januar 2008.

### 11.1 Ermittlung der Anlagefläche $A_G$ eines Betonwiderlagers

Es sei noch einmal an das Prinzip aus **Kapitel 9** erinnert, wonach an einem Bogen aus dem Wasserinnendruck Kräfte entstehen, die mit den Widerstandskräften des Bodens im Gleichgewicht stehen müssen (**Bild 11.1**).



**Bild 11.1:**  
Resultierende Kraft  $R$  aus  
Prüfdruck  $STP$  am Bogen

Diese Kräfte hängen vom Durchmesser der Rohrleitung, der Art des Formstückes bzw. dem Winkel des Bogens und dem Prüfdruck  $STP$  ab. Dabei errechnet sich die resultierende Kraft  $R$  [kN] nach Gleichung 11.4:

$$N = STP \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_a^2 \quad (11.1)$$

$$R = N \cdot a \quad (11.2)$$

$$a = 2 \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2} \quad (11.3)$$

$$R = STP \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_a^2 \cdot 2 \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2} \quad (11.4)$$

Für eine einfachere Berechnung entsprechend Gleichung 11.2 ist in der **Tabelle 11.1** der Koeffizient  $a$  als Funktion des Winkels typischer Druckformstücke aus duktilem Gusseisen aufgeführt, wobei für Endverschlüsse und Abzweige der Koeffizient

$$a_1 = \frac{a}{2} \quad \text{ist.}$$

**Tabelle 11.1:**Koeffizient  $a$  ( $a_i$ ) als Funktion der Formstückart

$\alpha_R$	11°	22°	30°	45°	90°	180° Endverschluss und Abzweig ( $R = N \cdot a_i$ )	$a = 2 \cdot \sin \frac{\alpha_R}{2}$
$a$ ( $a_i$ )	0,2	0,4	0,5	0,8	1,4	(1,0)	

Die Größe der Anlagefläche  $A_G$  des Widerlagers am gewachsenen Erdboden ist dann

$$A_G = \frac{R}{\sigma_{h,w}} \quad (11.5)$$

$\sigma_{h,w}$  ist die horizontale Bodenpressung für Widerlager in der vertikalen Widerlagerdruckfläche.

In **Bild 11.2** sind die horizontalen Bodenpressungen  $\sigma_{h,w}$  über der Gründungstiefe  $h$  für verschiedene nichtbindige Bodenarten und bindige Bodenschichten aufgetragen.

**Bild 11.2:**

Horizontale Bodenpressung  $\sigma_{h,w}$  [kN/m<sup>2</sup>] verschiedener Boden-  
gruppen in Abhängigkeit von  
der Gründungstiefe oberhalb des  
Grundwassers zur Bemessung von  
Widerlagern mit quadratischer  
Druckfläche

$$\frac{h_G}{b_G} = 1$$

**Nichtbindige Bodenarten:**

NB1: Naturschotter scharfkantig; Kies ohne Sand; Sand dicht gelagert

NB2: sandiger Kies oder Sand mitteldicht gelagert

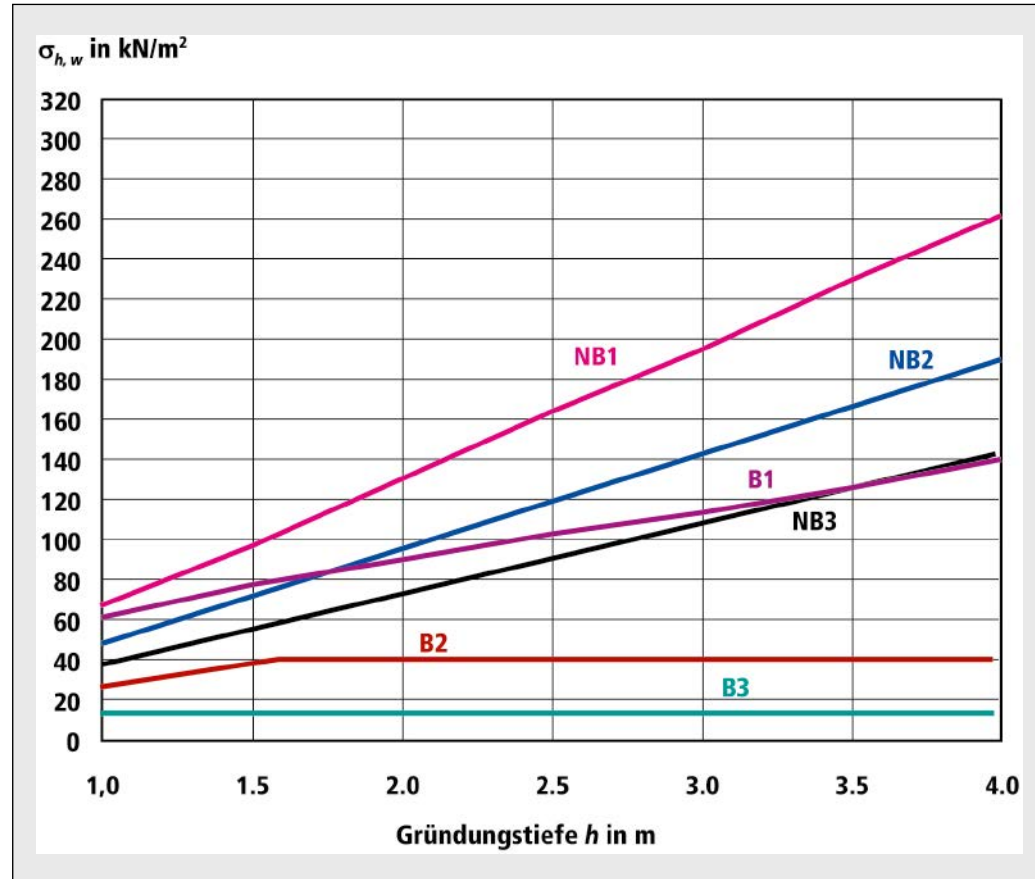
NB3: sandiger Kies oder Sand, locker gelagert

**Bindige Bodenschichten:**

B1: Geschiebemergel, fest, Lehm oder Ton, mindestens halb-fest (nicht knetbar)

B2: Lehm, Schluff oder Ton, mindestens steif (schwer knetbar)

B3: Lehm, Schluff oder Ton, mindestens weich (leicht knetbar)



## 11.2 Berechnungsbeispiel für ein Betonwiderlager mit quadratischer Anlagefläche $A_G$ und der Widerlagerlänge $l$

In den **Bildern 11.3 und 11.4** ist die prinzipielle Ausbildung der Widerlager an den entsprechenden Formstücken zu erkennen. Für die beispielhafte Bemessung eines Betonwiderlagers in einem einfachen Regelfall werden folgende Vorgaben als Rechenbasis angenommen:

### Druckleitung DN 300

Betriebsdruck:

$$\text{MDP} = 16 \text{ bar}$$

Rohraußendurchmesser:

$$d_a = 0,33 \text{ m}$$

Bogenwinkel:

$$\alpha_R = 30^\circ$$

Prüfdruck:

$$\text{STP} = 21 \text{ bar ( } 2100 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

Bodenart:

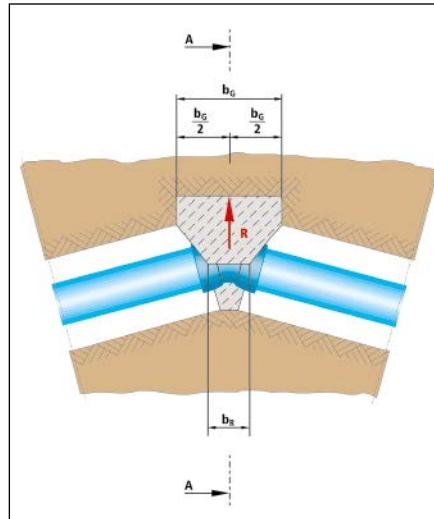
NB2 (Sand, mitteldicht gelagert)

Grundwasser:

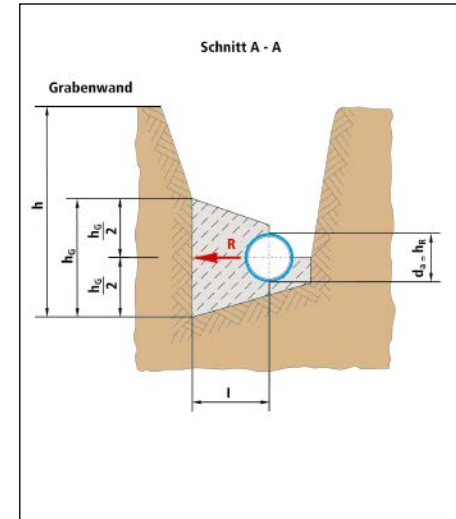
nicht vorhanden

Gründungstiefe:

$$h = 1,5 \text{ m}$$



**Bild 11.3:**  
Abmessungen eines Betonwiderlagers  
am Bogen (Grundriss)



**Bild 11.4:**  
Abmessungen eines Betonwiderlagers am  
Bogen (Schnitt A - A)

Mit diesen Größen wird im ersten Schritt die Resultierende  $R$  entsprechend Gleichung 11.4 mit

$$R = 87,6 \text{ kN}$$

ermittelt. Der zweite Schritt gilt der Ermittlung der horizontalen Bodenpressung  $\sigma_{h,w}$  für das gewählte Rechenbeispiel. Aus Bild 9.2 ergibt sich

$$\sigma_{h,w} = 72 \text{ kN/m}^2$$

Aus der Gleichung 11.5 lässt sich jetzt die Druckfläche  $A_G$  des Betonwiderlagers an der Grabenwand ermitteln

$$A_G = \frac{87,6}{72} = 1,22 \text{ m}^2$$

Für eine quadratische Anlagefläche gilt

$$A_G = b_G \cdot h_G \quad (11.6)$$

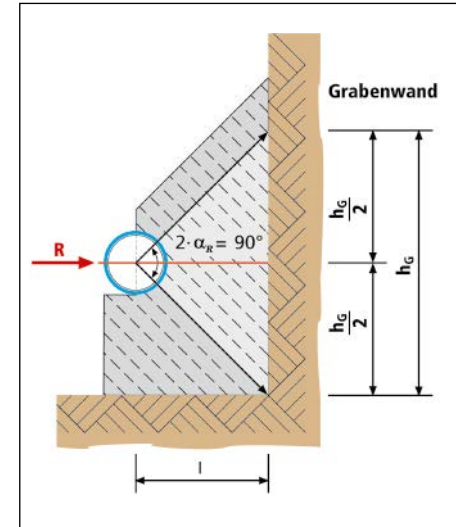
Die Seitenlänge  $b_G = h_G$  ist dann 1,1 m.

Üblicherweise wird für die Kraftausbreitung im Betonwiderlager ein Winkel von  $2 \cdot \alpha_K = 90^\circ$  angesetzt (**Bild 11.5**), woraus sich eine Widerlagerlänge  $l$  (Tiefe des Widerlagers) nach Gleichung 11.7 von

$$l = \frac{\frac{h_G}{2}}{\tan \alpha_K} \quad (11.7)$$

$$l = \frac{\frac{1,10}{2}}{1} = 0,55 \text{ m}$$

ergibt.



**Bild 11.5:**  
Kraftausbreitung im Betonwiderlager;  
Kraftaufnahme durch die Grabenwand

### 11.3 Berechnung der Übertragungsfläche zwischen Beton und Formstückaußenfläche

Betonwiderlager werden im Allgemeinen aus unbewehrtem Beton der Druckfestigkeitsklasse C 20/25 hergestellt; mit Rücksicht auf die zeitlichen Erfordernisse des Bauablaufs können jedoch meist nur drei Tage Abbindezeit in Kauf genommen werden, sodass mit einer Betonfestigkeit  $\sigma_{c,k}$  zum Zeitpunkt der Druckprüfung von  $\sigma_{c,k} = 2 \text{ N/mm}^2$  ( $2000 \text{ kN/m}^2$ ) zu rechnen ist. Die Kraftübertragungsfläche  $A_R$  ist

$$A_R = d_a \cdot b_R = \frac{R}{\sigma_{c,k}} \quad (11.8)$$

$$d_a = 326 \text{ mm} = 0,33 \text{ m}$$

$$b_R = \frac{87,6}{2000 \cdot 0,33} = 0,13 \text{ m}$$

Die Kontaktfläche zwischen Formstück und Widerlager ist  $0,13 \text{ m}$  breit ( $b_R$ ) und geht über den ganzen Durchmesser des Formstücks ( $d_a$ ).

Für die erforderliche Standsicherheit muss ein Widerlager symmetrisch zur Rohrleitung gebaut werden. Die Anlagefläche an der gewachsenen Grabenwand soll eben und rechtwinklig zur Resultierenden  $R$  liegen. Bei Unsicherheit in der Beurteilung des Bodens soll ein Bodengutachter herangezogen werden.

Die Website der European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/ Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V., [www.eadips.org](http://www.eadips.org), hält ein online-Rechenprogramm bereit, welches nach Eingabe der erforderlichen Eingangsdaten die Widerlagerabmessungen anzeigt und ausdrucken lässt. Dieses „online-Rechentool“ sollte nur bei Bemessung einfacher Regelfälle angewendet werden. Grundsätzlich ist das DVGW Arbeitsblatt GW 310, Ausgabe Januar 2008, maßgebend.

### 11.4 Formelzeichen

$a$  [ - ]  
Koeffizient als Funktion der Formstückart

$a_i$  [ - ]  
Koeffizient als Funktion bei Endverschlüssen und Abzweigen ( $\alpha_R = 180^\circ$ )

$A_G$  [m<sup>2</sup>]  
Druckfläche des Betonwiderlagers an der Grabenwand

$A_R$  [m<sup>2</sup>]  
Kraftübertragungsfläche am Rohrleitungsteil

$b_G$  [m]  
Breite des Betonwiderlagers an der Grabenwand

$b_R$  [m]  
Breite der Kraftübertragungsfläche am Rohrleitungsteil

$d_a$  [m]  
Rohraußendurchmesser (entspricht OD, Einheit hier jedoch in m)

$h$ [m] Gründungstiefe des Betonwiderlagers	$R$ [kN] Resultierende aller wirkenden Kräfte, allgemein
$h_G$ [m] Höhe des Betonwiderlagers an der Grabenwand	$STP$ [bar] Systemprüfdruck ( <b>S</b> ystem <b>T</b> est <b>P</b> ressure)
$h_R$ [m] Höhe der Kraftübertragungsfläche am Rohrleitungsteil	$\alpha_K$ [°] halber Kraftausbreitungswinkel
$l$ [m] Widerlagerlänge	$\alpha_R$ [°] Winkel der Richtungsänderung der Rohrleitung (Bogenwinkel)
$MDP$ [bar] Höchster Systembetriebsdruck ( <b>M</b> aximum <b>D</b> esign <b>P</b> ressure)	$\sigma_{c,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ] charakteristische Betondruckspannung (3-Tage-Wert)
$N$ [kN] Längskraft (Normalkraft), allgemein	$\sigma_{h,w}$ [kN/m <sup>2</sup> ] Rechenwert der horizontalen Boden- pressung für Widerlager in der vertikalen Widerlagerdruckfläche
$OD$ [m] Rohraußendurchmesser ( <b>O</b> utside <b>D</b> iameter)	
$p$ [bar] Innendruck einer Rohrleitung (1 bar = 100 kN/m <sup>2</sup> )	