BAWBrief 01/2018

Ansatz von Riss- und Porenwasserdruck bei massiven, unbewehrten Wasserbauwerken gemäß BAWMerkblatt TbW

Dieser **BAW**Brief nimmt Bezug auf das **BAW**Merkblatt "Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW)", Ausgabe Juli 2016.

1 Veranlassung

Mit Erlass WS 12/5257.13/9 vom 18.08.2016 wurde das **BAW**Merkblatt "Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW)" für den Geschäftsbereich der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes eingeführt und ist bei Vergaben an Ingenieurbüros als fachliche Grundlage für Nachrechnungen zur Verfügung zu stellen (BAW (Hg.) 2016).

Das Merkblatt enthält in Bezug auf den Ansatz des inneren Wasserdrucks bei massiven Wasserbauwerken ergänzende Regelungen zur DIN 19702, die im Folgenden erläutert werden.

2 Regelwerk

Der Ansatz von Riss- und Porenwasserdruck bei Massivbauwerken im Wasser wird in DIN 19702 ("Massivbauwerke im Wasser – Tragfähigkeit, Gebrauchstaug-

lichkeit und Dauerhaftigkeit") festgelegt. Diese ist eine Grundnorm des konstruktiven Wasserbaus und enthält wasserbauliche Anforderungen, Sicherheitsnachweise und Besonderheiten für massive Wasserbauwerke (Kunz, 2010). Die aktuelle Ausgabe stammt aus dem Februar 2013 (DIN 19702:2013-02).

3 Ausgangslage

Neben äußeren Einwirkungen, wie beispielsweise Erddruck und Wasserdruck in Schleusenkammern, erfahren massive Wasserbauwerke zusätzliche Beanspruchungen aus Wasserdruck im Inneren der Bauteile. In Rissen, Poren und offenen Spalten oder Fugen ist bei von Wasser berührten Bauteilen mit einem als Auftriebskraft wirkenden Wasserdruck zu rechnen (vgl. DIN 19702:2013-02).

Diese Beanspruchung durch inneren Wasserdruck führt zu einer Vergrößerung der klaffenden Fuge bzw. zu einer Verringerung der Druckzone, was insbesondere bei Bauwerken aus Mauerwerk und unbewehrtem Beton einen erheblichen Einfluss auf die Nachweisführung haben kann.

BAWBrief 01/2018 1

4 Historie

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts beschäftigten sich in Deutschland mehrere Veröffentlichungen (Lieckfeldt, 1898; Kiel, 1889; Fecht, 1889) im Zentralblatt der Bauverwaltung mit der Problematik der Standsicherheit von Staumauern. Anlass war das Versagen mehrerer Talsperren (s. Bild 1).



Bild 1: Réservoir de Bouzey, Épinal (Frankreich), April 1895 (Quelle: http://www.barrages-cfbr.eu/Etude-de-caset-accidentologie.html, aufgerufen am 01.10.2015)

Bild 2: Druckfigur einer einseitig durch Wasserdruck beanspruchten Staumauer nach Lieckfeldt (Quelle: Zentralblatt der Bauverwaltung)

Die Verfasser waren sich einig, dass infolge der Materialdurchlässigkeit (Poren) sowie nicht vollständig dichter Arbeitsfugen Wasser in den Bauwerkskörper eindringen könne und als Auftriebskraft auf den Querschnitt wirke. Sie bemängelten die Tatsache, dass bei der Berechnung von durch Wasserdruck beanspruchten Bauwerken der Auftrieb in den horizontalen Fugen nicht berücksichtigt werde. Hervorzuheben ist dabei der Aufsatz von Lieckfeldt aus dem Jahre 1898 (Lieckfeldt, 1898).

Dieser erläutert den Sachverhalt anhand eines einzelnen Risses in einer einseitig durch Wasserdruck beanspruchten Staumauer. Das in den Riss eindringende Wasser erzeugt eine Auftriebskraft, welche die Exzentrizität der Lastresultierenden und somit das Kippmoment der Mauer vergrößert. Er zeigt rechnerisch, dass die Größe des Wasserdrucks durch die Pressung im Mauerwerk be-

grenzt wird und es somit für den fortschreitenden (iterativen) Prozess eine geschlossene Lösung gibt (vgl. Bild 2).

Lieckfeldt leitete Formeln zur Berechnung der Tiefe der verbleibenden Druckzone sowie der Randspannungen im Mauerwerk her, die heute in der DIN 19702 verankert sind und für die Bemessung von massiven Wasserbauwerken genutzt werden.

5 Ansatz gemäß DIN 19702

Für die Bemessung von massiven Wasserbauwerken sind gemäß DIN 19702 (DIN 19702:2013-02), Abschnitt 5.3.2.3.1 "die Beanspruchungen aus dem inneren Wasserdruck zu den Beanspruchungen aus den äußeren Lasten zu addieren". Die Erläuterungen erfolgen am Beispiel einer

vertikalen Stützwand. Es wird grundsätzlich von horizontal verlaufenden Bemessungsschnitten ausgegangen.

Die horizontale Wasserdruckkomponente wird wie gewohnt als äußere, auf die Oberfläche des Bauteils wirkende Flächenlast betrachtet. Für die im Bemessungsschnitt wirkende Vertikalkomponente des inneren Wasserdrucks wird dagegen eine bilineare Verteilung angenommen.

Der innere Wasserdruck am Ende der klaffenden Fuge (Zugrand) bzw. am geringer gedrückten Bauteilrand überdrückter Querschnitte ist dabei in der Höhe des dort anstehenden äußeren Wasserdrucks anzusetzen (vgl. Bild 3). Zum Druckrand hin verläuft der Wasserdruck linear bis auf null bzw. bis zum dort anstehenden Wasserdruck. Der Wasserdruck am Druckrand darf jedoch nur dann angesetzt werden, wenn er ständig vorhanden ist, da er die Druckspannung im Querschnitt vermindert. Er kann damit einen günstigen Einfluss auf den Nachweis zur Begrenzung der Druckspannungen haben. In der klaffenden Fuge von unbewehrten Betonbauteilen ist der volle hydrostatische Wasserdruck anzusetzen.

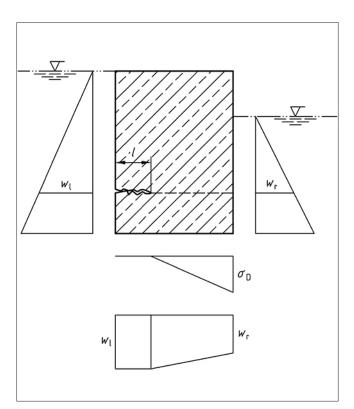


Bild 3: Ansatz des Wasserdrucks im Inneren von Bauteilen nach DIN 19702 (Quelle: DIN 19702)

Durch den Ausschluss der Zugfestigkeit des Betons bzw. Mauerwerks sowie durch den Ansatz des vollen Wasserdrucks im Riss bis zur Rissspitze liegt diese Festlegung auf der sicheren Seite.

Für die Bemessung von Bauteilen aus unbewehrtem Beton und Mauerwerk enthält die DIN 19702 die Gleichungen (3) bis (7), die dem zuvor erwähnten Ansatz von Lieckfeldt entsprechen. Diese dienen der Ermittlung der Druckzonentiefe unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks sowie der Bemessungsschnittgrößen $N_{\rm wd}$ und $M_{\rm wd}$ unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks.

Gleichung (3) in DIN 19702:

Bezogene Ausmitte infolge äußerer Bemessungslasten:

$$\frac{e_d}{h} = \frac{M_d}{N_d \cdot h}$$

Gleichung (4) in DIN 19702:

Bezogener Wasserdruck:

$$\overline{\sigma}_{wd} = \frac{\sigma_{wd} \cdot h}{N_d}$$

Gleichung (5) in DIN 19702:

Tiefe der Druckzone unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks:

$$\frac{X_{wd}}{h} = 3 \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{e_d / h}{1 - \overline{\sigma}_{wd}} \right)$$

Gleichungen (6) und (7) in DIN 19702:

Bemessungsschnittgrößen unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks:

$$N_{wd} = \left(1 - \overline{\sigma}_{wd} \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{X_{wd}}{h}\right)\right) \cdot N_{d}$$

$$M_{wd} = \frac{1}{1 - \overline{\sigma}_{wd}} \cdot \frac{N_{wd}}{N_d} \cdot M_d$$

6 Ergänzende Regelungen im BAWMerkblatt TbW

Das Ablaufdiagramm aus dem **BAW**Merkblatt "Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW)" sowie eine Aufstellung der verwendeten Formelzeichen sind am Ende des vorliegenden **BAW**Briefes enthalten.

Die DIN 19702 erlaubt zwar den Ansatz eines Wasserdrucks am Druckrand des untersuchten Querschnitts. Gleichung (6) zur Ermittlung der Bemessungsnormalkraft unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks ist dabei jedoch nur für einseitigen äußeren Wasserdruck gültig, worauf leider im Normentext nicht hingewiesen wird. Darüber hinaus ist es für einige Nachweise, wie beispielsweise den Nachweis zur Begrenzung der Betondruckspannungen, hilfreich, anstelle der Bemessungsnormalkraft direkt die Betondruckspannung zu ermitteln.

Das **BAW**Merkblatt TbW (BAW (Hg.), 2016) enthält daher mit Bild A1-9b ein Ablaufdiagramm als Zusammenstellung aller möglichen Anwendungsfälle des erläuterten Ansatzes sowie der zugehörigen Bemessungsgleichungen. Dabei werden sowohl überdrückte als auch klaffende Querschnitte mit einseitig oder beidseitig anstehendem äußeren Wasserdruck berücksichtigt. Die verwendeten Größen sind jeweils auf einen Querschnitt der Breite b = 1 m bezogen.

Es ist bei der Berechnung unbedingt zu berücksichtigen, dass eine klaffende Fuge auch erst infolge des inneren Wasserdrucks auftreten kann, obwohl aus den äußeren Lasten nur Druckspannungen im Querschnitt entstehen. Eine Kontrolle der Fugenklaffung aus äußeren Lasten ist damit nicht ausreichend.

Grundsätzlich wird von horizontal verlaufenden Bemessungsschnitten ausgegangen. Für vertikale oder geneigt verlaufende Bemessungsschnitte können Vereinfachungen getroffen werden, wie beispielsweise der Ansatz von auf die Systemachsen bezogenen Mittelwerten der anstehenden Wasserdruckhöhen H_i.

6.1 Einflussgrößen bezogene Ausmitte, bezogener Wasserdruck und bezogene Tiefe der Druckzone

Im oberen Teil des Ablaufdiagramms werden zunächst die drei Einflussgrößen bezogene Ausmitte, bezogener Wasserdruck und bezogene Tiefe der Druckzone ermittelt. Die zugehörigen geometrischen und physikalischen Größen werden im Merkblatt in Bild A1-9a erläutert (vgl. Bild 4).

Die auf die Querschnittshöhe bezogene Lastausmitte $\frac{e_d}{h}$ infolge äußerer Bemessungslasten liegt zwischen 0 (Resultierende aus äußeren Lasten im Schwerpunkt) und 0,5 (Resultierende aus äußeren Lasten am Bauteilrand).

Bezogene Ausmitte infolge äußerer Bemessungslasten:

$$\frac{\mathbf{e}_{d}}{\mathbf{h}} = \frac{\mathbf{M}_{d}}{\mathbf{N}_{d} \cdot \mathbf{h}}$$

Die Lastausmitte e_d ist hierbei als Exzentrizität unter äußeren Bemessungslasten, d. h. ohne inneren Wasserdruck, zu verstehen und wird stets positiv angesetzt. Dies ermöglicht die einfache Zuordnung der anstehenden Wasserstände zu den Bezeichnungen H_1 und H_2 gemäß Ablaufdiagramm. H_1 ist dabei nicht unbedingt der höhere Wasserstand, sondern stets der Wasserstand am geringer gedrückten Rand bzw. Zugrand. Es können sich vier Einwirkungskonstellationen ergeben, die sowohl für überdrückte als auch klaffende Querschnitte skizzenhaft dargestellt sind:

- H₁ = 0: kein anstehender Wasserstand am geringer gedrückten Rand bzw. Zugrand
- $H_2 = 0$: kein anstehender Wasserstand am Druckrand
- H₁>H₂: höherer Wasserstand am geringer gedrückten Rand bzw. Zugrand
- H₁ < H₂: höherer Wasserstand am Druckrand

Auf die Darstellung des Sonderfalls $H_1 = H_2$ im Schaubild wurde verzichtet, jedoch sind die Gleichungen gültig. Für die Wasserdruckfigur ergibt sich hier ein Rechteck als Sonderform des dargestellten Trapezes.

Der bezogene Wasserdruck $\overline{\sigma}_{wd,1}$ beschreibt das Verhältnis des als Auftriebskraft wirkenden Wasserdrucks zu der aus äußeren Lasten resultierenden Normalkraft.

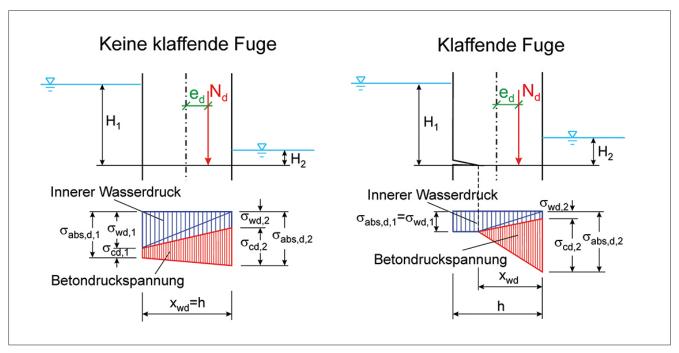


Bild 4: Definition der geometrischen und physikalischen Größen zum inneren Wasserdruck (Quelle: BAWMerkblatt TbW, Bild A1-9a)

Dieser liegt zwischen 0 (kein Wasserdruck) und 1,0. Bei einem Wert $\bar{\sigma}_{wd,1} \ge 1,0$ ist kein Gleichgewicht und damit keine Standsicherheit gegeben.

Bezogener Wasserdruck:

$$\overline{\sigma}_{wd,1} = \frac{\sigma_{wd,1} \cdot h}{N_d}$$

Der hydrostatische Wasserdruck $\sigma_{wd,1}$ fließt als Bemessungswert in die Gleichung ein. Er wird mit dem Teilsicherheitsbeiwert des zugehörigen Wasserstandes H_1 multipliziert.

Hydrostatischer Wasserdruck:

$$\sigma_{wd.1} = \gamma_{F.1} \cdot H_1 \cdot \rho_w \cdot g$$

Bei der Auswahl der Teilsicherheitsbeiwerte ist für jeden Nachweis zu prüfen, ob der jeweilige hydrostatische Wasserdruck einen günstigen oder ungünstigen Einfluss auf den Nachweis hat.

Die Ermittlung der bezogenen Tiefe der Druckzone unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks ermöglicht eine erste Einordnung des untersuchten Querschnitts: Tiefe der Druckzone unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks:

$$\frac{\mathbf{x}_{\text{wd}}}{\mathbf{h}} = 3 \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\mathbf{e}_{\text{d}} / \mathbf{h}}{1 - \overline{\sigma}_{\text{wd},1}} \right)$$

- Für Werte $\frac{x_{wd}}{h} \le 0$ ist keine Druckzone vorhanden, der Querschnitt ist nicht im Gleichgewicht. Es können keine Nachweise der Standsicherheit erbracht werden.
- Für Werte $0 < \frac{X_{wd}}{h} < 1,0$ tritt eine klaffende Fuge auf. Die resultierenden Werte für die bezogene Druckzonentiefe zwischen 0 und 1,0 können direkt in die Nachweise übernommen werden. Es sind die Formeln auf der rechten Seite des Schaubilds anzuwenden.
- Für Werte $\frac{x_{wd}}{h} \ge 1,0$ ist der Querschnitt völlig überdrückt. Es tritt keine klaffende Fuge auf. Bei der nachfolgenden Bemessung ist mit $\frac{x_{wd}}{h} = 1,0$ weiterzurechnen, da die Tiefe der Druckzone durch die Querschnittshöhe begrenzt wird. Im Schaubild sind die Formeln auf der linken Seite anzuwenden.

BAWBrief 01/2018 5

Es fällt auf, dass in den Gleichungen für die Einflussgrößen $\overline{\sigma}_{wd,1}$ und $\frac{x_{wd}}{h}$ der Wasserstand H_2 am Druckrand nicht auftritt. Dieser beeinflusst nur die bezogene Ausmitte $\frac{e_d}{h}$ und damit die Tiefe der Druckzone als äußere Horizontallast.

6.2 Bemessungsspannungen und Bemessungsschnittgrößen

Im unteren Teil des Ablaufdiagramms sind die Gleichungen zur Ermittlung der effektiven Druckspannungen $\sigma_{cd,i}$ im Bauteil für überdrückte und klaffende Querschnitte zusammengestellt.

Für überdrückte Querschnitte können die allgemein bekannten Formeln zur Spannungsermittlung verwendet werden. Von der absoluten Spannung $\sigma_{abs,d,i}$ im Bauteil muss lediglich der Bemessungswert des hydrostatischen Wasserdrucks $\sigma_{wd,i}$ aus dem jeweils anstehenden Wasserstand H_i abgezogen werden:

Bemessungswert der absoluten Spannung am geringer gedrückten Rand:

$$\sigma_{abs,d,1} = \frac{N_d}{h} - \frac{6 \cdot N_d \cdot e_d}{h^2}$$

Bemessungswert der effektiven Spannung am geringer gedrückten Rand:

$$\sigma_{cd,1} = \sigma_{abs,d,1} - \sigma_{wd,1}$$

Bemessungswert der absoluten Spannung am Druckrand:

$$\sigma_{abs,d,2} = \frac{N_d}{h} + \frac{6 \cdot N_d \cdot e_d}{h^2}$$

Bemessungswert der effektiven Spannung am Druckrand:

$$\sigma_{cd,2} = \sigma_{abs,d,2} - \sigma_{wd,2}$$

Für Querschnitte mit klaffender Fuge werden zur Spannungsermittlung im **BAW**Merkblatt TbW Gleichungen zur Verfügung gestellt, die auf einer älteren Ausgabe der DIN 19702 basieren (DIN 19702:1966-10).

Bemessungswert der absoluten Spannung am Zugrand:

$$\sigma_{abs,d,1} = \sigma_{wd,1}$$

Bemessungswert der effektiven Spannung am Zugrand:

$$\sigma_{cd.1} = 0$$

Bemessungswert der absoluten Spannung am Druckrand:

$$\sigma_{abs,d,2} = \sigma_{wd,1} + \frac{4}{3} \cdot \frac{\left(N_d - h \cdot \sigma_{wd,1}\right)^2}{h \cdot \left(N_d - h \cdot \sigma_{wd,1}\right) - 2 \cdot N_d \cdot e_d}$$

Bemessungswert der effektiven Spannung am Druckrand:

$$\sigma_{cd,2} = \sigma_{abs,d,2} - \sigma_{wd,2}$$

Aus der absoluten Randspannung kann die effektive Betondruckspannung ermittelt werden, indem der hydrostatische Wasserdruck abgezogen wird.

Die wirksame Normalkraft im Betonquerschnitt kann bei Bedarf über die Fläche der Wasserdruckfigur aus der Betondruckspannung abgeleitet werden. Alternativ können die Bemessungsschnittgrößen $N_{\rm wd}$ und $M_{\rm wd}$ über folgende Gleichungen direkt ermittelt werden:

Resultierende Bemessungsnormalkraft:

$$\boldsymbol{N}_{\mathrm{wd}} = \boldsymbol{N}_{\mathrm{d}} - \boldsymbol{\sigma}_{\mathrm{wd,1}} \cdot \boldsymbol{h} + \frac{1}{2} \cdot \left(\boldsymbol{\sigma}_{\mathrm{wd,1}} - \boldsymbol{\sigma}_{\mathrm{wd,2}}\right) \cdot \boldsymbol{x}_{\mathrm{wd}}$$

Resultierendes Bemessungsmoment:

$$\boldsymbol{M}_{\mathrm{wd}} = \boldsymbol{N}_{\mathrm{d}} \cdot \boldsymbol{e}_{\mathrm{d}} + \frac{1}{2} \cdot \left(\boldsymbol{\sigma}_{\mathrm{wd,1}} - \boldsymbol{\sigma}_{\mathrm{wd,2}} \right) \cdot \boldsymbol{x}_{\mathrm{wd}} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{\boldsymbol{x}_{\mathrm{wd}}}{3} \right)$$

Zur Berechnung der resultierenden Bemessungsnormalkraft wurde die zuvor erwähnte Gleichung (6) der DIN 19702 um einen Summanden ergänzt, der den Einfluss des Wasserstandes am Druckrand berücksichtigt.

Für die Ermittlung des resultierenden Bemessungsmomentes wurde eine Gleichung gewählt, in die entgegen Gleichung (7) in DIN 19702 nicht die resultierende Bemessungsnormalkraft, sondern die geometrischen und physikalischen Ausgangsgrößen eingesetzt werden.

Beide Gleichungen lassen sich herleiten, indem man sich die trapezförmige Wasserdruckfigur bei beidseitigem Wasserdruck als zusammengesetzte Fläche aus zwei Dreiecken veranschaulicht (vgl. Bild 4). Die Dreiecke haben dann die Höhe $\sigma_{\rm wd,1}$ und die Breite $x_{\rm wd}$ bzw. die Höhe $\sigma_{\rm wd,2}$ und die Breite $x_{\rm wd}$. Der rechteckige Teil der Druckfigur in der klaffenden Fuge hat die Höhe $\sigma_{\rm wd,1}$ und die Breite $(h-x_{\rm wd})$.

7 Sonderfälle

Das erläuterte Ablaufdiagramm eignet sich zur Anwendung für Querschnitte unter Druck und einachsiger Biegung, wie z. B. Schleusenkammerwände und Ufermauern. Für Querschnitte, die einer Beanspruchung aus Druck und zweiachsiger Biegung unterliegen, wie beispielsweise Wehrpfeiler, sind weiterführende Überlegungen anzustellen. Die Untersuchung der Fugenklaffung und die Bestimmung der resultierenden Druckfiguren werden wesentlich schwieriger, da es sich um ein dreidimensionales Problem handelt. Darüber hinaus können lokale Besonderheiten wie beispielsweise Spundwandkästen oder andere Dichtungslinien die Ermittlung der bemessungsrelevanten Wasserdruckfiguren erschweren. Für entsprechende Untersuchungen wird auf den Aufsatz "Über die Standfestigkeit von Wehrpfeilern" von Fritz Czerny verwiesen (Czerny, 1955), in dem diese Problematik untersucht wird.

8 Fazit

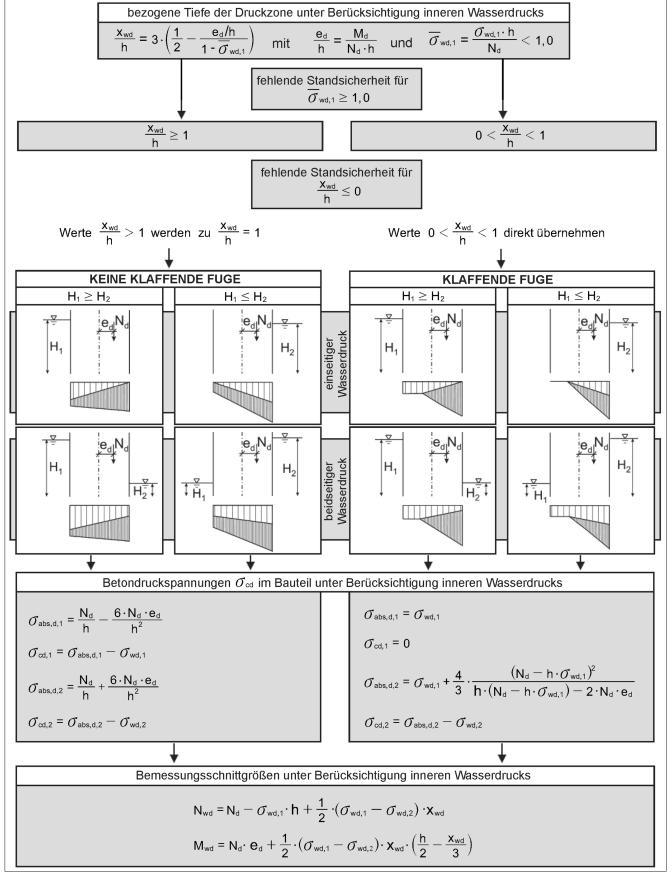
Der in der DIN 19702 geregelte Ansatz von innerem Wasserdruck bei massiven Wasserbauwerken ist auf den Ansatz nach Lieckfeldt zurückzuführen. Dieser liegt durch den Ausschluss der Zugfestigkeit des Betons bzw. Mauerwerks sowie durch den Ansatz des vollen Wasserdrucks im Riss bis zur Rissspitze auf der sicheren Seite. Die Angaben der DIN 19702 werden im BAWMerkblatt TbW für weitere Berechnungsfälle und Nachweise ergänzt.

9 Zusammenstellung aller verwendeten geometrischen und physikalischen Größen

- H_1 Wasserstand am geringer gedrückten Rand bzw. am Zugrand
- H₂ Wasserstand am Druckrand
- $\gamma_{F,i} \qquad \text{Teilsicherheitsbeiwert für den hydrostatischen} \\ \text{Wasserdruck aus } H_i$
- ed Lastausmitte infolge äußerer Bemessungslasten
- h Querschnittshöhe
- $\underline{\mathbf{e}_{\mathtt{d}}}$ auf die Querschnittshöhe bezogene Lastausmitte
- h infolge äußerer Bemessungslasten
- N_d resultierende Bemessungsnormalkraft infolge äußerer Lasten
- M_d resultierendes Bemessungsmoment infolge äußerer Lasten
- ${f x}_{wd}$ Bemessungswert der Druckzonenhöhe unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks
- $\frac{x_{\text{wd}}}{h} \hspace{0.5cm} \text{auf die Querschnittsh\"ohe bezogener Bemessungswert der Druckzonenh\"ohe unter Ber\"ucksichtigung des inneren Wasserdrucks}$
- $\sigma_{wd,i} \quad \text{Bemessungswert des hydrostatischen Wasser-} \\ \quad \text{drucks aus } H_i$
- $\overline{\sigma}_{wd,i} \qquad \text{Bemessungswertdes} \ auf die resultierende \ Bemessungsnormalkraft infolge \"{a}ußerer \ Lasten \ bezogenen \ hydrostatischen \ Wasserdrucks \ aus \ H_i$
- $\sigma_{abs,d,i}$ Bemessungswert der absoluten Spannung im Bauteil
- $\sigma_{\text{cd},i}$ Bemessungswert der effektiven Spannung im Bauteil
- N_{wd} resultierende Bemessungsnormalkraft unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks
- M_{wd} resultierendes Bemessungsmoment unter Berücksichtigung des inneren Wasserdrucks

BAWBrief 01/2018 **7**

10 Ablaufdiagramm zur Ermittlung der Bemessungsgrößen unter Berücksichtigung inneren Wasserdrucks



11 Literatur

BAW (2016): **BAW**Merkblatt: "Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW)", Aus-gabe Juli 2016.

Czerny, F. (1955): Über die Standfestigkeit von Wehrpfeilern. In: Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 7/1955.

DIN 19702:1966-10: Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten – Richtlinien. Fachnormenausschuß Wasserwesen im Deutschen Normenausschuß (DNA). Beuth Verlag, Berlin.

DIN 19702:2013-02: Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Normenausschuss Wasserwesen im DIN. Beuth Verlag, Berlin.

Fecht (1889): Über Staumauern. In: Zentralblatt der Bauverwaltung Nr. 47A, S. 443-444.

Kiel (1889): Zur Berechnung von Wasserdruckmauern, insbesondere von Thalsperren. In: Zentralblatt der Bauverwaltung Nr. 42A, S. 397-398.

Kunz, C. (2010): DIN 19702 – Die Norm für massive Wasserbauwerke. In: Bautechnik, Heft 12/2010, S. 806-809.

Lieckfeldt (1898): Die Standfestigkeit von Staumauern mit offenen Lagerfugen. In: Zentralblatt der Bauverwaltung Nr. 9, S. 105-111.

Annika Kiesel M. Sc. Bundesanstalt für Wasserbau Abteilung Bautechnik Referat Massivbau

Telefon: 0721-9726-2845 Telefax: 0721-9726-2150

E-Mail: annika.kiesel@baw.de



BAWBrief 01/2018

Impressum

Herausgeber (im Eigenverlag): Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 97 26-0 Telefax: +49 (0) 721 97 26-4540 E-Mail: info@baw.de, www.baw.de



Creative Commons BY 4.0

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.

ISSN 2196-5900

© BAW 2018

Karlsruhe · Januar 2018