

BAWEmpfehlung

**Konstruktive Grundlagen für die Planung und den Entwurf
von Drucksegmentverschlüssen mit Aufsatzklappen an
Wehranlagen**

Ausgabe 2026

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien

Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Telefon: +49 721 9726-0
E-Mail: info@baw.de
www.baw.de



creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/

Soweit nicht anders gekennzeichnet, stehen die Inhalte der Beiträge unter der Creative Commons Lizenz BY-ND 4.0 (Namensnennung – Keine Bearbeitungen 4.0 International). Bei anderweitiger Kennzeichnung unterliegen die entsprechenden Inhalte dem urheberrechtlichen Schutz und dürfen nicht weiterverwendet werden.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Allgemeine Vorgaben	4
1.1 Stahlgüte	4
1.2 Nutzungsdauer	4
1.3 Ausführungsklasse EXC	4
1.4 Transport und Montage	4
1.5 Korrosionsschutz	4
2 Aufsatzklappe	5
2.1 Klappenkonstruktion	5
2.2 Abflusskapazität	5
2.3 Klappenanzahl	5
2.4 Klappenbreite	5
2.5 Klappenhöhe	5
2.6 Klappenfreibord	6
2.7 Klappenstauwand	6
2.8 Klappenneigung	7
2.9 Klappenlager	7
2.10 Klappenbelüftung	8
2.11 Klappenseitenschilder	9
2.12 Schleifflächen der Klappenseitendichtung	9
2.13 Klappenverriegelung	9
2.14 Klappenauflagerung	9
2.15 Klappenantrieb	9
2.16 Seitendichtung	10
2.17 Brustdichtung	10
3 Drucksegment	11
3.1 Drucksegmentkonstruktion	11
3.2 Bautiefe	11
3.3 Stauwandradius	11
3.4 Stauwandexzentrizität	12
3.5 Stauwandneigung	13
3.6 Längsaussteifungen	13
3.7 Queraussteifung	13
3.8 Endschott	14
3.9 Unterer Stauwandüberstand	14
3.10 Sohlaufleger	15
3.11 Sohldichtung	15
3.12 Seitendichtung	16
3.13 Seitenführung	16
3.14 Zugangsöffnungen	16
3.15 Flut- und Lüftungsöffnungen	16
3.16 Druckarme	17
3.17 Drehlager	17
3.18 Montagestöße	18
3.19 Anschlagpunkt des Antriebs	18
3.20 Sohldichtungsträger/Sohldichtungsanschlag	18

3.21	Seitliche Einbauteile	18
3.22	Verriegelung	18
	Literaturverzeichnis	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Nomenklatur Wehrverschluss	3
Abbildung 2:	Nomenklatur Aufsatzklappe	3
Abbildung 3:	Definition Klappenhöhe und Freibord	6
Abbildung 4:	Definition Überfallhöhe	6
Abbildung 5:	Definition Klappenneigung	7
Abbildung 6:	Prinzipskizzen von zentrischen (links) und exzentrischen (rechts) Lagertypen	8
Abbildung 7:	Exemplarische Geometrie für hydraulisch wirksame Strahlstörer (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2024)	8
Abbildung 8:	Ausgerundeter Übergang am Seitenschild	9
Abbildung 9:	Lage der Schutzleiste für die Brustdichtung	10
Abbildung 10:	Definition Vorradius	12
Abbildung 11:	Stauwandexzentrizität	12
Abbildung 12:	Neigung der Stauwand gemessen an der Endtangente der Stauwand	13
Abbildung 13:	Queraussteifung mit Querrahmen (links) und Querschott (rechts)	14
Abbildung 14:	Erforderlicher Winkel für ungehinderte Strahlaufweitung	15

Vorbemerkung

Die folgenden Empfehlungen zur baulichen Durchbildung der Verschlüsse gelten sowohl bei einem Verschlusssersatz in einer bestehenden Wehranlage als auch für Verschlüsse in neuen Wehranlagen mit großen Wehrfeldbreiten (≥ 20 m lichte Wehrfeldbreite). Bei kleineren Wehrfeldbreiten können die Grundsätze sinngemäß angewendet werden.

Die Empfehlungen gelten sinngemäß auch für Drucksegmente ohne Aufsatzklappe.

Die Empfehlungen gelten ergänzend zum Technischen Regelwerk Wasserbau (TR-W).

Ziel der Empfehlungen ist es, die Planung von Drucksegmentverschlüssen in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) zu beschleunigen und möglichst einheitliche Konstruktionselemente in der WSV zu etablieren. Die Empfehlungen betreffen den Stahlbau der Verschlusskonstruktion. Maschinenbauliche Bestandteile von Stahlwasserbauten, Elektrotechnik und Lastannahmen werden nicht behandelt.

Die Empfehlungen sind entstanden unter der Federführung der BAW und der Mitwirkung von:

Martin Deutscher	BAW
Sibel Duyar	WNA Heidelberg
Gerrit Klemm	WSA Mosel-Saar-Lahn
Annett Jellinek	WSA Mosel-Saar-Lahn
Andreas Panenka	BAW
Dr. Andreas Rathgeb	WNA Heidelberg
Lionel Reichart	WNA Aschaffenburg
Christian Remmers	GDWS
Rüdiger Richter	WNA Magdeburg
Bernd Walter	GDWS
Elmar Wilde	WNA Aschaffenburg
Ludwig Zillmer	WNA Magdeburg

Abkürzungen

ASK	Aufsatzklappe
BWo	oberer Betriebswasserstand
DS	Drucksegment
EXC	Ausführungsklasse (engl. execution class)
OK	Oberkante
OW	Oberwasser
UK	Unterkante
UW	Unterwasser

Definitionen

Auftraggeber	in der Regel die WSV
Brustdichtung	Horizontale Dichtung zwischen Aufsatzklappe und Drucksegment
Feinregulierung	Regulierung der Abflussmenge durch Anpassung der Klappenstellung
Klappenradius	Krümmungsradius der Stauwand an der Aufsatzklappe
Mittlerer Wasserstand	Arithmetisches Mittel aller in gleichen Zeitabständen gemessenen Wasserstände, die über einen längeren Zeitraum beobachtet worden sind (Institut für Angewandte Geodäsie)
Mindestöffnungsweite	Abstand zwischen Verschlussunterkante und Wehrsohle, in dem der Verschluss bei Stellvorgängen im Betrieb nicht zum Stehen kommen darf. (siehe hierzu auch Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2024).
Stauwandradius	Krümmungsradius der Stauwand am Drucksegment
Strahlstörer	Bauteile an der Oberkante der Aufsatzklappe, die bei Überströmung den Überfallstrahl aufteilen und dadurch zur Belüftung betragen.
Überfallhöhe	Höhenunterschied zwischen der Oberkante eines überströmten Objekts und dem ungestörten Wasserspiegel des Oberwassers (Bretschneider 1982).
Verschlusshöhe	Abstand zwischen der Wehrsohle und der Oberkante der Aufsatzklappe in höchster Betriebsstellung
Vorkrümmung	Planmäßig hergestellte Abweichung von der geraden Verschlusskörperachse zur Kompensation der aus dem Wasserdruck resultierenden Verformung
Vorradius	Krümmungsradius der Stauwand im Anströmbereich zur Aufsatzklappe

Nomenklatur

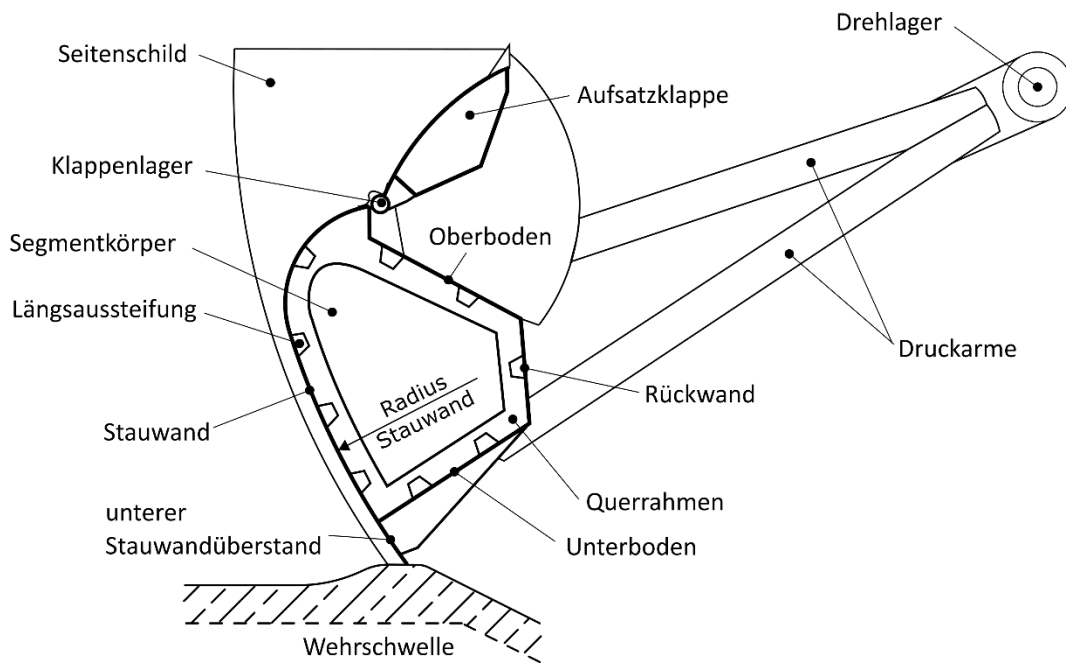


Abbildung 1: Nomenklatur Wehrverschluss

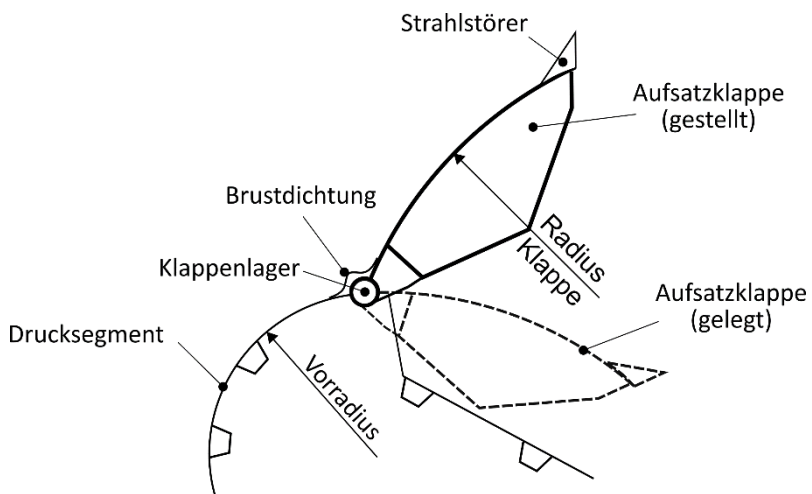


Abbildung 2: Nomenklatur Aufsatzklappe

1 Allgemeine Vorgaben

1.1 Stahlgüte

- Die Verschlusskonstruktion ist aus einem unlegierten Baustahl der Sorten S235 bis S355 gem. DIN EN 10025-2 herzustellen. Die Gütegruppe ist für die erforderliche Bruchzähigkeit in Abhängigkeit der Erzeugnisdicke, der Bezugstemperatur und dem Bemessungswert der vorhandenen Spannungen festzulegen.

1.2 Nutzungsdauer

- Es ist eine theoretische Nutzungsdauer von 70 Jahren anzunehmen (DIN 19704-1).

1.3 Ausführungsklasse EXC

- Stahlbauteile für das Drucksegment und die Aufsatzklappe sind gem. DIN EN 1993-1-1/NA in der Ausführungsklasse EXC 3 auszuführen.

1.4 Transport und Montage

- Für die Verschlusssteile mit den jeweiligen Antriebssystemen sind Einbau- und Ausbaurkonzepte für Transport und Montage und den späteren Betrieb zu erstellen.
- Für die Transport- und die Montagezustände (z. B. Heben und Drehen) des Verschlusses und seiner Teile sind Anschlagpunkte an den Verschlusssteilen vorzusehen und statisch zu bemessen. Die Orte der Anschlagpunkte richtet sich nach dem geplanten Montage- und Einbaukonzept.
- Für das Abstellen und zwischenzeitliche Lagern (z. B. auf Pallungen oder Druckstempel) sind ggf. lokal verstärkte Auflagerpunkte an den Verschlusssteilen vorzusehen und statisch zu bemessen.
- Die vorgenannten Bauteile sind vor der Beschichtung auszubilden.

1.5 Korrosionsschutz

- Eine korrosionsschutzgerechte Gestaltung ist nach DIN EN ISO 12944-3 vorzunehmen.
- Die Stahloberflächen sind gem. ZTV-W 216/1 mit Vorbereitungsgrad P2 bzw. P3 herzustellen. Des Weiteren sind die Vorgaben in ZTV-W 218 zu berücksichtigen.
- Zur Vermeidung von elektrolytischer Korrosion ist der Einsatz von nichtrostendem Stahl zu minimieren. Bauteile aus nichtrostendem Stahl sind nach Möglichkeit zu beschichten (z. B. Randbereiche von Dichtungsschleifflächen).
- Es sind Beschichtungen gem. der BAW-Listen der zugelassenen Systeme zu verwenden.
- Der innere und äußere Deckanstrich ist in einem hellen Farbton auszuführen. Dies vermindert das Aufheizen des Verschlusses durch Sonneneinstrahlung und verbessert die Inspizierbarkeit.
- Bei angeströmten Bauteilen sind Beschichtungen mit einem hohen Abriebwiderstand zu applizieren.
- Kommen galvanische Anoden oder ein Fremdstromsystem am Verschluss zum Einsatz, ist auf eine KKS-taugliche Beschichtung zu achten.

2 Aufsatzklappe

- Auf den Drucksegmenten angeordnete Aufsatzklappen („Klappen“) dienen der Feinregulierung und zur Eis- und Geschwemmselabfuhr. Die Anzahl der Klappen richtet sich nach den Vorgaben in Kap. 2.3.

2.1 Klappenkonstruktion

- Als Klappenkonstruktion ist ein ausgesteifter, dicht verschweißter, nicht begehbare Torsionskörper mit OW-seitig angeordneter, gekrümmter Stauwand (siehe *Klappenstauwand*) auszubilden. Die Klappenkonstruktion kann als „Fischbauchklappe“ mit kreisförmigem Torsionskörper oder als Kasten ausgeführt werden.

2.2 Abflusskapazität

- Die erforderliche Abflusskapazität der Klappen ist vom Auftraggeber vorzugeben.
- Die Abflusskapazität der Klappen orientiert sich an der Abflusskapazität der Drucksegmente bei Mindestöffnungsweite.

2.3 Klappenanzahl

- Bei bis zu zwei Wehrfeldern sind alle Drucksegmentverschlüsse mit Aufsatzklappen auszurüsten.
- Bei drei und mehr Wehrfeldern sind mindestens zwei Drucksegmentverschlüsse mit Aufsatzklappen auszurüsten. Darüber hinaus muss ggf. die Anzahl der Klappen an die erforderliche Abflusskapazität (siehe *Abflusskapazität*) angepasst werden.
- Bei einem vorhandenen Kraftwerk ist der kraftwerksnahe Verschluss für die Eis- und Geschwemmselabfuhr mit einer Klappe auszurüsten.

2.4 Klappenbreite

- Die Breite der Klappe ist durch das Einrücken der Klappenseitenschilder geringer als die des Drucksegments. Aufsatzklappen mit dazugehörigen Klappenseitenschildern, die bündig mit den Wehrpfeilern abschließen, sind nicht zulässig (siehe *Klappenseitenschilder*).
- Der Abstand der Klappenseitenschilder zum Wehrpfeiler ist so zu wählen, dass die Druckarme und andere exponierte Bauteile in der Nähe der Wehrpfeiler vor dem Überfallstrahl geschützt sind, die Zugangsmöglichkeit in den Drucksegmentkörper vereinfacht wird und die Arbeitssicherheit gewährleistet ist. Bei großen Wehrfelddbreiten werden die Seitenschilder um 2,0 m bis 2,5 m eingerückt.

2.5 Klappenhöhe

- Die Klappenhöhe definiert sich über den Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Drucksegments in Staustellung und der Oberkante der Klappe in Betriebsendlage (siehe Abbildung 3 und *Klappenfreibord*).
- Die Klappenhöhe ist auf ca. 25–30 % der Verschlusshöhe begrenzt.

Die Klappenhöhe sollte für eine vollständig gelegte Klappe eine Überfallhöhe von mindestens 1,50 m gewährleisten (Abbildung 4), um eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit zur Eis- und Gschwemmselabfuhr herstellen zu können.

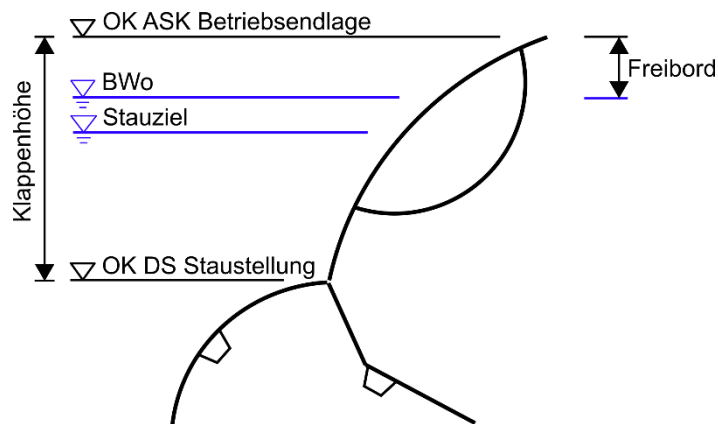


Abbildung 3: Definition Klappenhöhe und Freibord

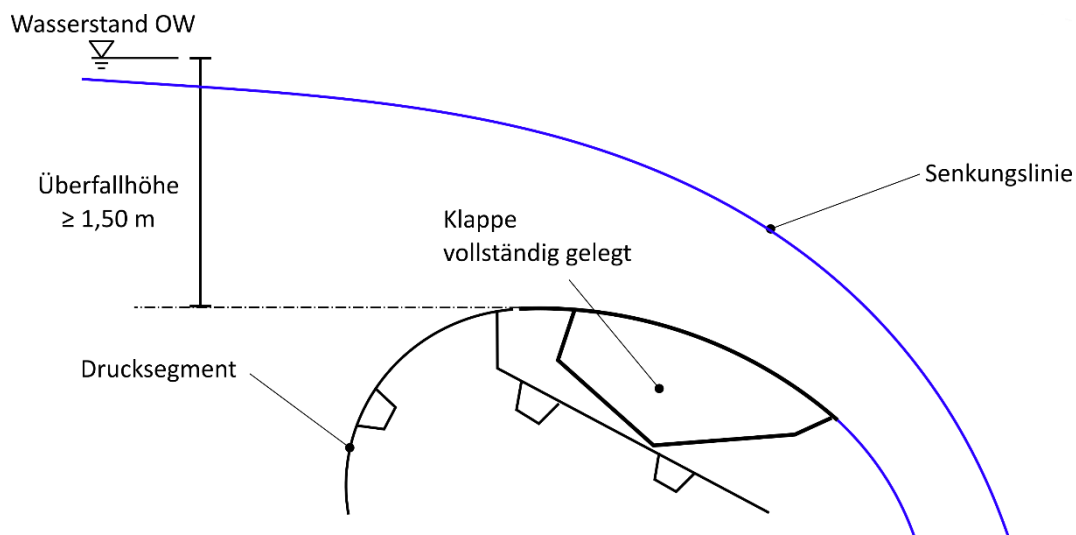


Abbildung 4: Definition Überfallhöhe

2.6 Klappenfreibord

- Der Wasserstand zur Freibordbemessung ist vom Auftraggeber vorzugeben. Der Freibord wird ab dem BW_o gemessen und sollte nach Möglichkeit 30 cm betragen (Abbildung 3).

2.7 Klappenstauwand

- Die Stauwand der Klappe ist kreiszylindrisch gekrümmt und oberwasserseitig des Torsionskörpers anzuordnen.
- Der Krümmungsradius der Klappenstauwand („Klappenradius“) sollte ca. dem 2,0-fachen der maximalen Überfallhöhe entsprechen.

- Um Schwingungen zu vermeiden, ist der Klappenradius so zu wählen, dass bei Überströmung kein die Klappe aufrichtendes Drehmoment um die Klappendrehachse aufgrund von hydrodynamischen Kräften auftritt.

2.8 Klappenneigung

- Die Klappenneigung wird gemessen zwischen der Endtangente der Stauwand und der Vertikalen (Abbildung 5). Die Klappenneigung ergibt sich aus den geometrischen Zusammenhängen zwischen Krümmungsmittelpunkt und Krümmungsradius der Klappenstauwand sowie der Lage der Drehachse.
- Die Klappenneigung beeinflusst die vertikale Wasserauflast auf die Klappe. Je geringer die Klappenneigung ist, desto geringer fällt die vertikale Wasserauflast und damit die erforderliche Antriebskraft aus.

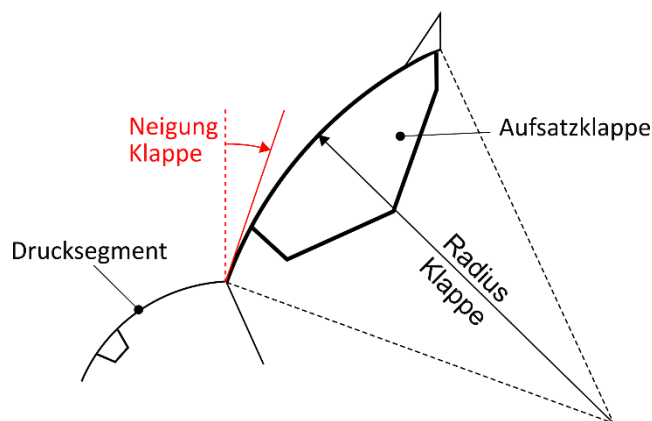


Abbildung 5: Definition Klappenneigung

2.9 Klappenlager

- Die Position der Klappendrehachse muss soweit in Richtung Unterwasser liegen, dass auch bei geringem Wasserabfluss der Überfallstrahl nicht auf das Drucksegment trifft.
- Die Klappenlagerböcke sind für einen unkomplizierten Austausch der Lager (d. h. ohne Ausbau der Klappe) mit Schraubanschlüssen an das Drucksegment anzuschließen.
- Die Klappenlager sind nachschmierbar auszubilden. Die Schmierung der Gelenke muss für alle betriebsrelevanten Verfahrenswege gegeben sein.
- Alle Klappenlager sind baugleich auszuführen. Die Dimensionierung richtet sich nach dem am höchsten beanspruchten Lager.
- Als Klappenlager sind sowohl zentrische als auch exzentrische Lagertypen denkbar (Abbildung 6). Die Wahl richtet sich u. a. nach der Lage der Klappenantriebe und der Lagerbelastung.

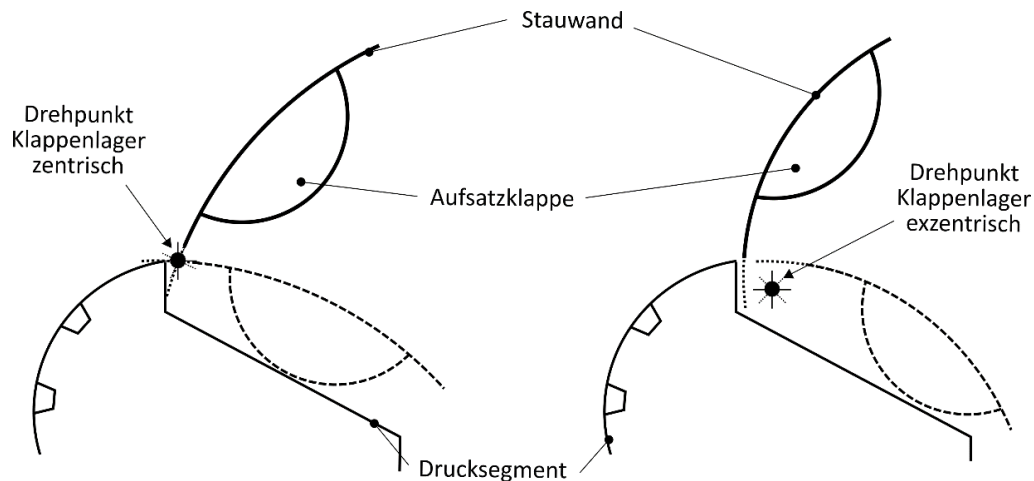
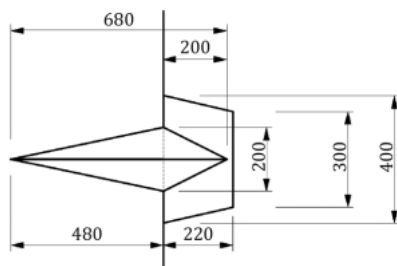


Abbildung 6: Prinzipischnen von zentrischen (links) und exzentrischen (rechts) Lagertypen

2.10 Klappenbelüftung

- Die Belüftung des Überfallstrahls ist bei eingerückten Seitenschilden (siehe *Klappenbreite*) und Anordnung von Strahlstörern gegeben.
- Die Geometrie der Strahlstörer kann Abbildung 7 entnommen werden.
- Die Strahlstörer sind entsprechend den Empfehlungen in (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2024) in einem Abstand von höchstens 2000 mm anzuordnen.
- Aus konstruktiver Sicht bietet sich die Anordnung der Strahlstörer im Bereich der Querschotte an.

Detail Draufsicht (Maße in mm)



Detail Seitenansicht (Maße in mm)

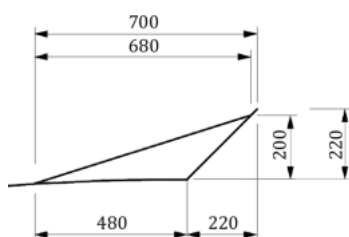


Abbildung 7: Exemplarische Geometrie für hydraulisch wirksame Strahlstörer (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2024)

2.11 Klappenseitenschilde

- Die Seitenschilde sind so weit in Richtung Unterwasser auszubilden, dass bei gelegter Klappe der Überfallstrahl geführt und der Anschlagpunkt der Hubmittel sowie die Druckarme des Drucksegments geschützt sind.
- Der Übergang zwischen dem Bereich parallel zur Fließrichtung und der Stauwandseite ist mit $R \geq 750$ mm auszurunden (Abbildung 8), um Ablöseerscheinungen bei der Anströmung zur Klappe weitestgehend zu vermeiden.

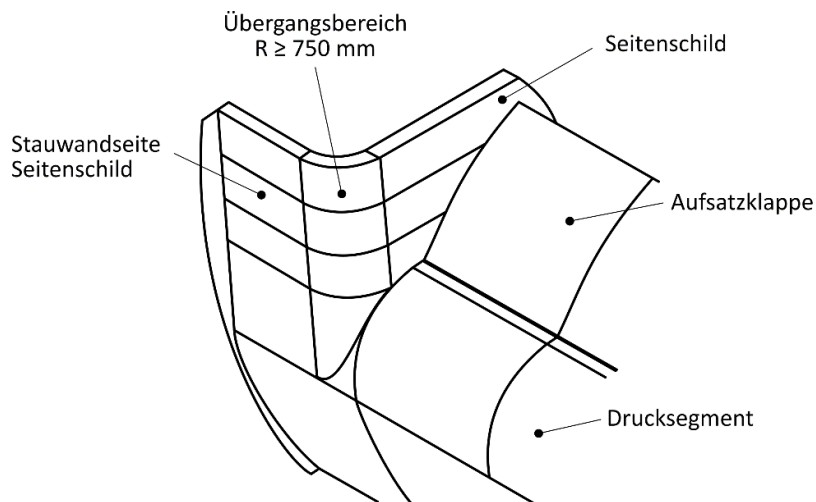


Abbildung 8: Ausgerundeter Übergang am Seitenschild

2.12 Schleifflächen der Klappenseitendichtung

- Die Schleifflächen der Klappenseitendichtungen sind beheizbar auszuführen. Die Heizelemente sind austauschbar auszubilden.
- Die Schleifflächen sind vorzugsweise aus beschichtetem Baustahl auszubilden.
- Die Verwendung von nichtrostenden Stählen ist zu minimieren (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2012). Dauerhaft wasserbenetzte Flächen sind zu beschichten.

2.13 Klappenverriegelung

- Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten ist die Klappe durch eine Verriegelung in der Lage zu fixieren.

2.14 Klappenauflagerung

- Auflager bzw. Konsolen zum Ablegen der Aufsatzklappe sind in Abhängigkeit vom Instandhaltungskonzept vorzusehen.

2.15 Klappenantrieb

- Es sind getrennte Antriebe für die Aufsatzklappe und das Drucksegment vorzusehen.

- Für die Antriebe ist ein Demontage-/Montagekonzept zu erstellen. Bei Anordnung der Antriebe im Bereich der Klappenseitenschilde bzw. außerhalb des Drucksegmentkörpers ist eine bessere Zugänglichkeit gegeben.
- Kolbenstangen mit Gabelkopf und Bolzen sind am Klappenkörper mit Gelenklagern anzuschließen.

2.16 Seitendichtung

- Die Seitendichtungen der Klappen sind als Winkelnotendichtungen oder Winkeldichtungen von der Unterwasserseite nachstellbar auszubilden.
- Die Klappenseitendichtungen sind durch Schutzbleche oberwasserseitig vor Beschädigungen zu schützen.
- Die Seitendichtung ist vorgespannt einzubauen. Die Vorspannung ist ggf. durch konstruktive Maßnahmen herzustellen. Insbesondere bei kleinen Stauwandradien muss ein Abheben der Dichtung verhindert werden, beispielsweise durch eine möglichst lineare Dichtungsführung.

2.17 Brustdichtung

- Die Dichtungsbahn ist gewebeverstärkt auszuführen.
- Die Brustdichtung ist zur Erhaltung einer geringen Biegesteifigkeit maximal 15 mm dick auszubilden.
- Der Endbereich der Brustdichtung ist für den Anschluss an den Seitenschild und den Anschluss an die Seitendichtung materiell und geometrisch anzupassen.
- Vor der Brustdichtung ist eine abgeschrägte horizontal liegende Schutzleiste aus Baustahl vorzusehen, um bei Überströmung die Dichtung und ihre Verschraubung vor anstoßendem Geschwemmsel oder Eis zu schützen (Abbildung 9).
- Die Länge der Dichtung ist auf die Art der Lagerung und die Lage des Drehpunkts (Abbildung 6) abzustimmen, um Zugbeanspruchung der Dichtung zu vermeiden.

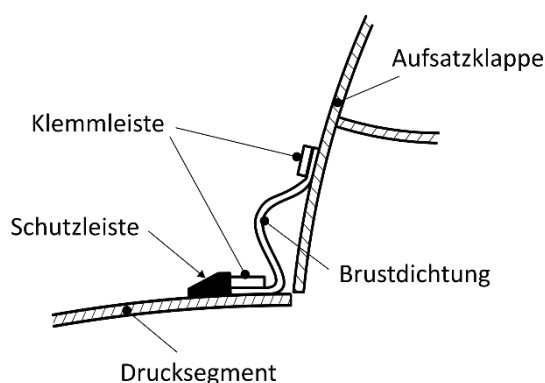


Abbildung 9: Lage der Schutzleiste für die Brustdichtung

3 Drucksegment

3.1 Drucksegmentkonstruktion

- Der Segmentkasten ist als biege- und torsionssteifer Hohlkasten auszubilden („Torsionskörper“). Eine Fachwerkkonstruktion ist wegen der Verklauungsgefahr nur bei sehr großen Stützweiten (> 35 m) zulässig und bedarf der Zustimmung des Auftraggebers.
- Muss in Ausnahmefällen zum Ausgleich der durch den Wasserdruck hervorgerufenen Durchbiegung eine konstruktive Vorkrümmung des Verschlusskörpers vorgesehen werden, bedarf dies der Zustimmung des Auftraggebers.
- Für die Inspektion und Instandhaltungsmaßnahmen ist die Zugänglichkeit des Drucksegments sicherzustellen. Die Zugänglichkeit zum Torsionskörper ist an beiden Enden über Inspektionsöffnungen hinter den Seitenschilden der Klappe (siehe *Zugangsöffnungen*) und Leitern im Inneren des Verschlusses zu ermöglichen. Der demontierbare Laufsteg im Inneren des Verschlusses ist nach Möglichkeit 30 cm oberhalb des mittleren Wasserstands des Unterwassers anzuordnen. An der Rückwand des Segmentkastens sind im Bereich der Klappenlager Anschlagpunkte für mobile Gerüste vorzusehen.
- Die Stauwand ist oberwasserseitig des Segmentkastens anzuordnen.
- Der Oberboden ist mit einem Gefälle ($\geq 2,5^\circ$) in Richtung Unterwasser auszubilden, um die Bildung von Wasser- und Schmutzansammlungen zu reduzieren.
- Der Unterboden ist mit einem Gefälle in Richtung Stauwand auszubilden. Der Unterboden ist mit einem ausreichenden Abstand zur Wehrsohle anzuordnen (siehe *Unterer Stauwandüberstand*).
- Unabhängig von der Konstruktionsweise darf die Wasserdruckresultierende keinesfalls oberhalb der Drehachse des Drucksegments verlaufen. Weitere Hinweise zur Hydraulik von Wehrverschlüssen aller Art sind in (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2024) zusammengefasst.

3.2 Bautiefe

- Die Bautiefe des Drucksegments ist so zu wählen, dass eine ausreichende Steifigkeit erreicht wird. Als Richtwert für die maximale horizontale Durchbiegung der Haupttragelemente ist $L/750$ in der maßgebenden ständigen Bemessungssituation anzunehmen.

3.3 Stauwandradius

- Die Stauwand ist kreiszylindrisch gekrümmt auszuführen. Im Regelfall ist die Achse der Stauwand deckungsgleich mit der Drehachse des Drucksegments (siehe *Stauwandexzentrizität*).
- Der Krümmungsradius der Stauwand („Stauwandradius“) ist in Abhängigkeit von der Drehlagerposition (siehe *Drehlager*), der erforderlichen Länge der Druckarme (siehe *Druckarme*) und der Bauteiltiefe des Torsionskörpers (siehe *Bautiefe*) zu wählen. Sind keine betrieblichen Bedingungen maßgebend (z. B. lichte Höhe für einen ungestörten Hochwasserabfluss), kann als erster Schätzwert für den Stauwandradius das 1,0- bis 1,3-fache der Verschlusshöhe angenommen werden.
- Die Verschlussgeometrie im Übergangsbereich zur Klappe ist mit einem Radius ≥ 700 mm (Vorradius) auszubilden (Abbildung 10).

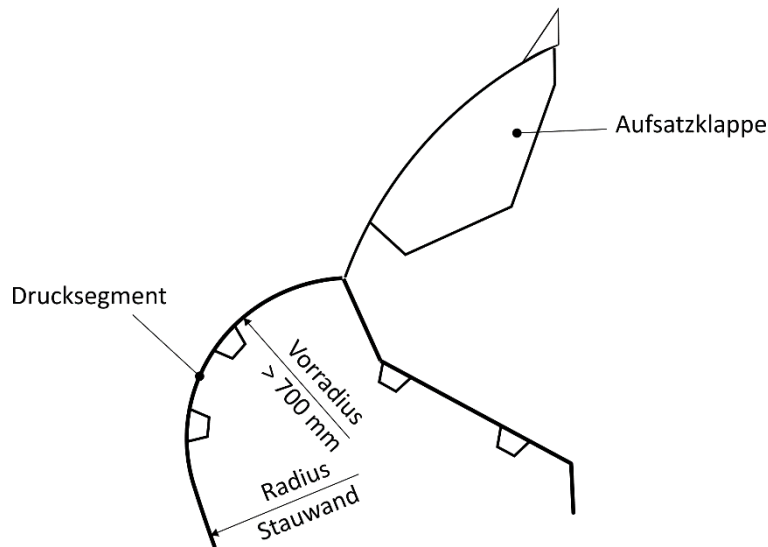


Abbildung 10: Definition Vorradius

3.4 Stauwandexzentrizität

- Bei Drucksegmenten mit Aufsatzklappe darf zur Kompensation von fehlendem Auftrieb die Stauwand leicht exzentrisch angeordnet werden. Die Stauwand gilt als exzentrisch angeordnet, wenn die Achse der Stauwand nicht deckungsgleich ist mit der Drehachse des Drucksegments (Abbildung 11).
- Auch bei exzentrisch angeordneter Stauwand darf die Wasserdruckresultierende nicht oberhalb der Drehachse des Drucksegments verlaufen.
- Bei exzentrischer Anordnung der Stauwand ist die Schubbelastung der Seitendichtung durch geeignete Maßnahmen zu minimieren (z. B. Krümmungsmittelpunkt der Seitendichtung konzentrisch mit der Drehachse des Drucksegments).

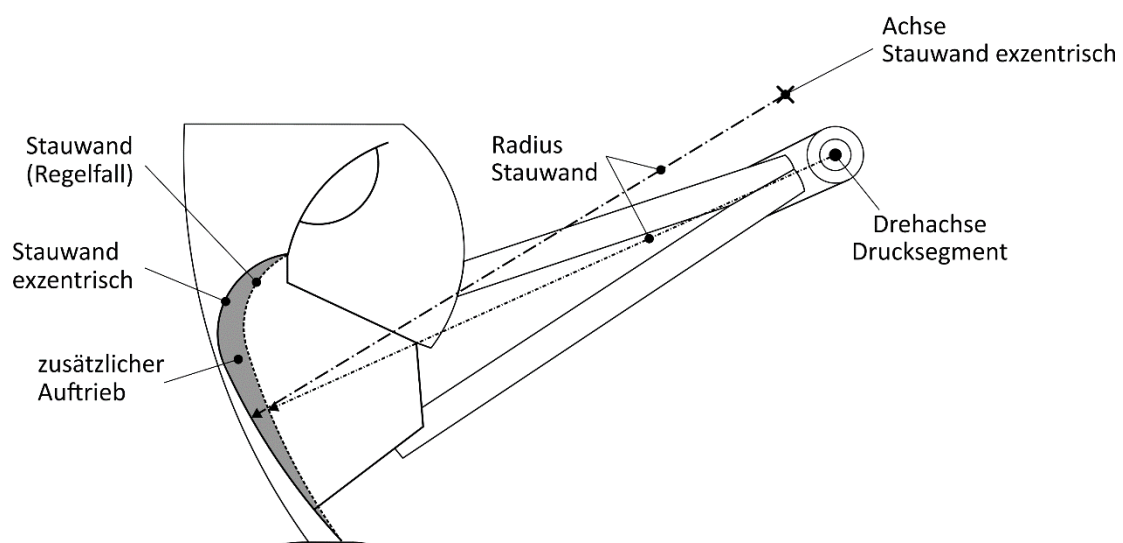


Abbildung 11: Stauwandexzentrizität

3.5 Stauwandneigung

- Die Stauwand ist in Richtung Oberwasser geneigt.
- Die Stauwandneigung ergibt sich aus den geometrischen Zusammenhängen zwischen der Lage des Krümmungsmittelpunkts (siehe *Stauwandexzentrizität*) und Krümmungsradius der Stauwand (siehe *Stauwandradius*) sowie der Lage des Segmentdrehlagers (siehe *Drehlager*).
- Der Winkel zwischen der Endtangente der Stauwand und der Vertikalen soll höchstens 50° betragen (Abbildung 12; siehe *Unterer Stauwandüberstand*).

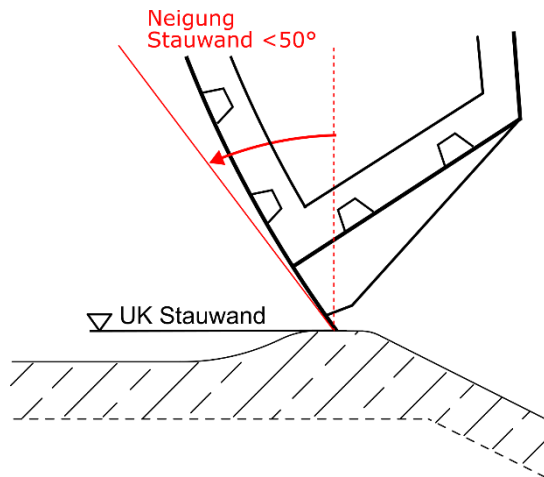


Abbildung 12: Neigung der Stauwand gemessen an der Endtangente der Stauwand

3.6 Längsaussteifungen

- Die Längsaussteifungen der Verschlusskörper sind mit geschlossenen Trapezprofilen auszuführen.
- Die Trapezprofile sind luftdicht zu verschweißen.

3.7 Queraussteifung

- Die Queraussteifung erfolgt durch Querrahmen, um für den Durchgang ein maximales Lichtraumprofil zu erhalten (Abbildung 13).
- Vollflächige Querschotte mit Durchstiegsöffnungen sind für Reinigung, Inspektion und Instandhaltung ungeeignet und daher zu vermeiden (Abbildung 13).
- Fachwerkkonstruktionen zur Queraussteifung sind nicht zulässig.

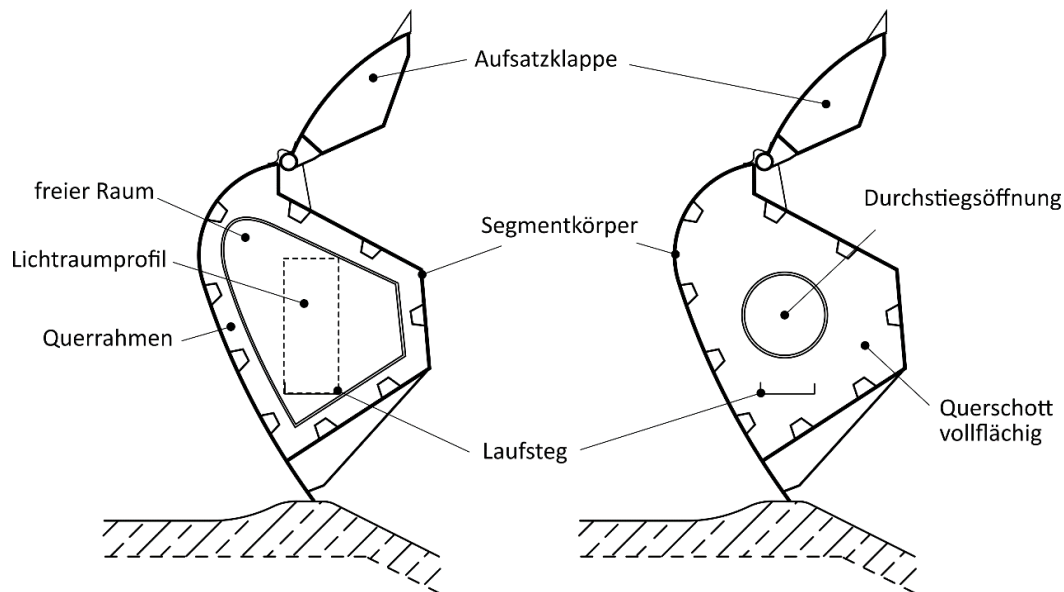


Abbildung 13: Queraussteifung mit Querrahmen (links) und Querschott (rechts)

3.8 Endschott

- Aufgrund der schlechten Zugänglichkeit für Instandsetzungsarbeiten von außen ist das Endschott mit einem Abrostungszuschlag von 4 mm auszubilden.
- Die Endschotte sind für Inspektionszwecke mit einer Inspektionsöffnung $\varnothing 800$ mm zu versehen. Die Inspektionsöffnung ist mit einem Deckel zu verschließen.
- Der Abstand zum Wehrpfeiler ist zu maximieren.

3.9 Unterer Stauwandüberstand

- Der untere Stauwandüberstand, d. h. der Abstand zwischen Verschlussunterkante und Segmentkasten, ist in Abhängigkeit der Verschlusstiefe zu wählen. Eine ungehinderte Strahlaufweitung mit mehr als 45° ist hinter der Verschlussunterkante zu ermöglichen (Abbildung 14). Auf die Anordnung von Konstruktionselementen ist in diesem Bereich zu verzichten (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) 2024). Zwischenstellungen des Verschlusses sind zu beachten.
- Im Nahbereich der Sohle sind horizontale Konstruktionselemente am Verschluss zu vermeiden. Bei geringen Öffnungsweiten können sich auf diesen Flächen starke Druckschwankungen ausbilden, die eine Schwingungsanregung begünstigen.
- Aussteifungselemente sind so anzuordnen, dass keine Bereiche entstehen, in denen sich dauerhaft Wasser, Schlamm und Geschwemmsel ablagern können. Winkel mit ungleichmäßigen Schenkellängen können als Aussteifungselement zweckmäßig sein.

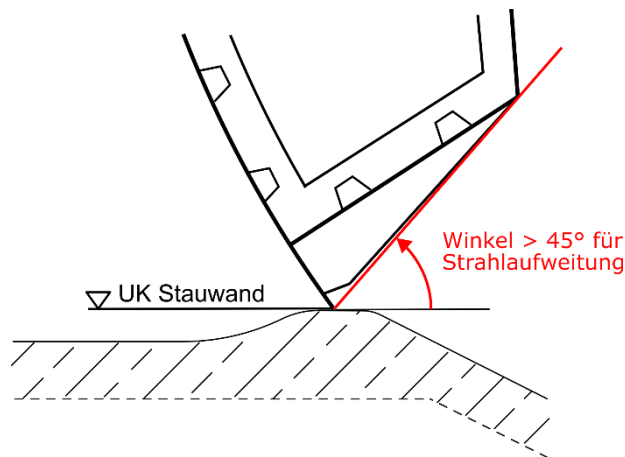


Abbildung 14: Erforderlicher Winkel für ungehinderte Strahlaufweitung

3.10 Sohlaufleger

- Der Verschluss ist auf ganzer Verschlussbreite auf der Sohle und punktuell auf den beiden Drehlagern an den Wehrpfeilern gelagert.
- Punktuelle Sohlaufleger oder eine planmäßige Auflagerung ausschließlich über die Sohldichtung sind nicht zugelassen.

3.11 Sohldichtung

- Die Sohldichtung ist mit einer Flachdichtung parallel zu Stauwand auszubilden. Die Ausbildung mit einem Notenprofil ist nicht zulässig.
- Die Flachdichtung ist auf der Unterwasserseite der Stauwand anzuordnen.
- Die Flachdichtung ist aus einem Elastomer nach DIN 19704-2 herzustellen.
- Die Dicke der Flachdichtung sollte zwischen 12 mm und 20 mm liegen.
- Der freie Überstand der nicht vorgespannten Flachdichtung (d. h. der Abstand zwischen UK Stauwand und UK Dichtung) sollte mindestens 5 mm (DIN 19704-2) und aus hydraulischen Gründen nicht mehr als 10 mm betragen.
- Im trockengelegten Zustand muss der Verschluss planmäßig über die gesamte Breite auf der stählernen Unterkante der Stauwand aufsitzen. Die Flachdichtung verformt sich entsprechend dem freien Überstand. Die Sohldichtungs konstruktion muss für Verformung der Flachdichtung ausreichend Raum bieten.
- Die Sohldichtungs konstruktion ist mit minimaler Tiefenentwicklung (in Fließrichtung) auszubilden.
- Wegen der zu erwartenden Verschlussverformung ist es nicht zulässig, die Dichtung auf dem schräg verlaufenden Abfallboden abzusetzen.
- Der resultierende Schließdruck muss über die gesamte Dichtungs länge den normativ geforderten Wert gem. DIN 19704-1 erreichen.
- Auf eine mechanische Einstellbarkeit des Dichtungsüberstands ist zu verzichten (siehe auch *Sohldichtungsträger/Sohldichtungsanschlag*).

3.12 Seitendichtung

- Die Mittelpunkte des Krümmungsradius der Seitendichtungen und des Drehlager sind konzentrisch anzuordnen.
- Die Seitendichtungen sind von der Unterwasserseite aus einstellbar auszubilden.
- Es sind Winkelnotenprofile aus einem Elastomer nach DIN 19704-2 zu verwenden.
- Die Dichtungen sind mit einer Vorspannung gegen die Schleiffläche einzubauen. Die Vorspannung ist über die Deformation des Notenhalbes vorzunehmen.

3.13 Seitenführung

- Die Seitenführung kann als Rollenkonstruktion oder als Gleitlager mit Klötzen aus ultrahochmolekularem Polyethylen realisiert werden.
- Unabhängig von der Ausführungsart soll die Seitenführung austauschbar ausgebildet werden.
- Seitenführungen müssen mit ausreichendem Spiel (Temperaturdehnung) eingebaut werden.
- Für die Ermittlung des Spiels sind die Durchbiegung des Verschlusses, Temperaturunterschiede sowie Herstellungs- und Montagetoleranzen zu berücksichtigen.

3.14 Zugangsöffnungen

- Die Zugangsöffnungen sind an den Enden des Verschlusses hinter den Seitenschilden der Klappe anzuordnen. Der Durchmesser der Öffnungen beträgt mindestens 800 mm.
- Im unteren Drittel der Rückwand des Segmentkastens sollte mindestens eine Öffnung (800 mm x 800 mm) vorgesehen werden, über die Fremdmaterial entfernt und im Bedarfsfall auch eine Personenrettung vorgenommen werden kann. Die Öffnungen sind mit druckdichten Türen, die von innen geöffnet werden können, zu verschließen.

3.15 Flut- und Lüftungsöffnungen

- Im Unterboden des Drucksegments sind Flutöffnungen anzuordnen, um ein Aufschwimmen des Verschlusses bei hohen Unterwasserständen zu vermeiden. Die Lage der Flutöffnungen ist so zu wählen, dass die Bildung von Wasser- und Schmutzansammlungen minimiert wird. Die Flutöffnungen sind in mindestens zwei Höhenlagen anzuordnen.
- Im Oberboden sind Lüftungsöffnungen vorzusehen, um die Bildung von Faulgasen zu vermeiden.
- Die Flut- und Lüftungsöffnungen sind mit einem engmaschigen Gitter oder einem Lochblech (30 mm) zu verschließen, um den Eintrag von Fremdmaterial zu reduzieren.
- Der Durchmesser der Flut- und Lüftungsöffnung sollte mindestens 300 mm betragen.

3.16 Druckarme

- Bis zu einer Wehrfeldbreite von 30 m sind die Druckarme in der Regel parallel zu den Wehrpfeilern auszubilden.
- Bei Wehrfeldbreiten > 30 m ist, falls erforderlich, die Anordnung von schrägen Druckarmen zur Verminderung der Durchbiegung und Reduzierung der Feldmomente im Drucksegment zulässig. Der dadurch ausgelöste Horizontalschub muss quer zum Wehrpfeiler aufgenommen werden können.
- Die Länge der Druckarme ist in Verbindung mit der Bauteiltiefe des Segmentkastens so zu wählen, dass der Abflussquerschnitt beim Bemessungshochwasser durch Öffnen des Verschlusses vollständig freigegeben werden kann. Der in dieser Position erforderliche Abstand von der niedrigsten Bauteilkante zur Wasseroberfläche (z. B. zur gefahrlosen Abfuhr von Treibgut) ist standortabhängig und mit dem Auftraggeber abzustimmen.
- Die Druckarme sind als geschlossene Rohrkonstruktion auszubilden. Auftriebsanteile bei hohen Unterwasserständen sind zu beachten. Kastenförmige Querschnitte oder die Ausbildung von Armscheiben sind zu vermeiden, da dadurch die Instandsetzung des Korrosionsschutzes erschwert wird.
- Gegengewichten an über den Drehpunkt hinaus verlängerten Druckarmen sollten nicht vorgesehen werden.
- Die Druckarme können für die Zugänge zum Verschlusskörper und zu den Drehlagern genutzt werden. Hierfür sind auf den Druckarmen Stege mit Steckgeländer vorzusehen.
- Die Druckarme sind mit einem geschraubten Stirnplattenstoß biegesteif an den Drucksegment anzuschließen (Zweigelenkrahmen).
- Die Druckarme sind biegeweich mit einem vertikal ausgerichteten Knotenblech an die Drehlager anzuschließen.
- Zum Erleichtern von Korrosionsschutzarbeiten sind die Druckarme in einem lichten Abstand von mindestens 120 mm zu den Wehrpfeilern anzuordnen.

3.17 Drehlager

- Die erforderliche Einbauhöhe ergibt sich aus statischen und betrieblichen Randbedingungen.
- Die Drehlager sind über dem mittleren Wasserstand des Unterwassers anzuordnen, um die Korrosionsgefahr und einen Schmutzeintrag zu minimieren und die Zugänglichkeit zu gewährleisten.
- Die Einbauhöhe der Drehlager ist so zu wählen, dass auch unter Eisdruck der Nachweis der Lagesicherheit erfüllt wird und die Vorgaben zum Schließdruck gem. DIN 19704-1 erfüllt sind (siehe auch *Sohldichtung*).
- Die Drehlager sind nicht höher als erforderlich anzuordnen, um die vertikalen Lagerkräfte nicht unnötig zu erhöhen.
- Die Drehlager sind zur Inspektion und Wartung auch ohne Trockenlegung der Anlage zugänglich zu machen (siehe *Druckarme*).
- Für die fest eingebauten Teile der Drehlager gilt die Toleranzklasse 2 gem. DIN 19704-2.

3.18 Montagestöße

- Montagestöße sind zwischen den Druckarmen und dem Drucksegmentkörper herzustellen (siehe auch *Druckarme*).
- Auf eine Mehrteiligkeit des Drucksegments mit Zusammenbau vor Ort ist zu verzichten. In Ausnahmefällen sind die Lage und Ausbildung der Montagestöße mit dem Auftraggeber abzustimmen.

3.19 Anschlagpunkt des Antriebs

- Der Anschlagpunkt ist in Nähe des Verschlusskörpers anzuordnen, um die Antriebskräfte durch den großen Hebelarm zum Drehlager zu minimieren.
- Im Anschlagpunkt des Antriebs ist ein Gelenklager auszubilden, um Zwangsbeanspruchungen zu vermeiden.

3.20 Sohldichtungsträger/Sohldichtungsanschlag

- Der Sohldichtungsträger ist aus beschichtetem Baustahl herzustellen. Alternativ können Sohldichtungsanschlüsse aus Granit ausgebildet werden.
- Auf Jamborschwellen ist der Sohldichtungsträger (Dichtungslinie) auf dem Hochpunkt anzuordnen.
- Zur Kompensation der vertikal nach oben gerichteten Durchbiegung des Verschlusses unter Last darf der Sohldichtungsanschlag entsprechend geneigt ausgeführt werden. Die Auswirkungen auf das Abflussverhalten sind dabei zu berücksichtigen.
- Für den Sohldichtungsträger und den Sohldichtungsanschlag gilt die Toleranzklasse 2 gem. DIN 19704-2.

3.21 Seitliche Einbauteile

- Die Laufläche der Seitenführung ist aus nichtrostendem Stahl herzustellen.
- Die Schleifflächen der Seitendichtung sind aus nichtrostendem Stahl oder aus beschichtetem Baustahl herzustellen.
- Die Laufläche der Seitenführung kann mit den Einbauteilen für die Seitendichtung kombiniert werden.
- Alternativ können Seitenführungsschiene und Schleifflächen aus Granit ausgebildet werden.
- Die Werkstoffwahl richtet sich auch nach der Salinität des Gewässers.
- Die seitlichen Einbauteile sind über den gesamten Fahrweg zuzüglich 30 cm Längenzuschlag auszubilden.
- Für die seitlichen Einbauteile des Drucksegments gilt Toleranzklasse 2 gem. DIN 19704-2.
- Eine Beheizbarkeit der Schleiffläche ist vom Auftraggeber vorzugeben.

3.22 Verriegelung

- Verschlusskörper müssen in Abhängigkeit vom Verschlusssystem, den betrieblichen Sicherheitsanforderungen und zur Erleichterung von Montage- und Instandsetzungsarbeiten in den dafür erforderlichen Stellungen mechanisch verriegelt werden können.
- Als Verriegelung gelten:

- Hakensysteme (Haken greift in einen Bolzen/Kettenbolzen)
- Bolzensysteme (Bolzen wird in Verriegelungsvorrichtung geschoben)
- Druckpfostenkonstruktion
- Schwerlaststützen
- Verriegelungen sind für die Höchstlage und bei ca. 1,5 m Öffnungsweite für das Einstellen oder das Austauschen der Dichtung vorzusehen.
- Die Verriegelung ist auf beiden Seiten des Verschlusses vorzusehen.
- Mindestens eine der verriegelten Stellungen muss für den Ausbau der Antriebsmittel geeignet sein.

Literaturverzeichnis

Bretschneider, Hans (Hg.) (1982): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. 6., vollst. neubearb. Aufl. Hamburg & Berlin: Parey.

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) (Hg.) (2012): BAWMerkblatt Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau (MNIS). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2024): Strömungsinduzierte Schwingungen im Stahlwasserbau: Ursachen, Auswirkungen und Abhilfemaßnahmen. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWMitteilungen, 108.).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2015): ZTV-W 216/1: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Stahlwasserbauten.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2025): ZTV-W 218: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Korrosionsschutz im Stahlwasserbau.

DIN 19704-1, 2014-11: Stahlwasserbauten - Teil 1: Berechnungsgrundlagen.

DIN 19704-2, 2014-11: Stahlwasserbauten - Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung.

DIN EN 10025-2, 2019-10: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle.

DIN EN 1993-1-1/NA, 2022-10: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.

DIN EN ISO 12944-3: Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung. Online verfügbar unter 2018.

Institut für Angewandte Geodäsie: Fachwörterbuch. Benennungen und Definitionen im deutschen Vermessungswesen. 17 Bände. Frankfurt am Main.