

BAWMerkblatt (Entwurf)

Schlauchwehre (MSW)

**Teil B: Nachweis der Tragfähigkeit von Membran und
Klemmkonstruktion**

Kapitel 4: Nachweis der Klemmkonstruktion

Ausgabe 2023 – Entwurf (Stand: August 2023)

ENTWURF

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0
Fax: 0721 9726-4540

info@baw.de
www.baw.de

Copyright: Creative Commons BY-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

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

Das Kapitel 4, Ausgabe 2019 ist ungültig und wird durch Kapitel 4, Ausgabe 2023 ersetzt.

4 Nachweis der Klemmkonstruktion

- (1) In den ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen ist eine Linienlagerung für die Schlauchmembran sicherzustellen.
- (2) Bei der Verwendung von vorgespannten Konstruktionselementen ist die Klemmkonstruktion unter Berücksichtigung der Steifigkeitsverhältnisse der oberen Klemmschiene, der eingespannten Membran und des vorgespannten Ankers nachzuweisen. Die Mindestvorspannkraft $F_{p,min}$, die für einen sicheren Lastabtrag bei niedrigster Einsatztemperatur der Klemmkonstruktion erforderlich ist und den spätesten Eingreifzeitpunkt für ein Nachspannen bestimmt, ist für die gewählte Klemmkonstruktion anzugeben (s. Beispiel in Anlage 1). Der Ausziehversuch (siehe BAW-MSW, Teil C) erfolgt mit der Mindestvorspannkraft $F_{p,min}$.
- (3) Bei der Verwendung von vorgespannten Konstruktionselementen sind die Abnahme der Vorspannkraft durch Kriechen und Relaxation ($\Delta F_{p,K+R}$) der Membran über Vorversuche zu ermitteln. Bei der Festlegung der erforderlichen Vorspannkraft ist eine Abnahme von mindestens 20 % aus Kriechen und Relaxation zu berücksichtigen.
- (4) Bei der Verwendung von vorgespannten Konstruktionselementen ist die temperaturbedingte Änderung der Vorspannkraft $\Delta F_{p,T}$ für das gewählte System aus Membran und Klemmschiene gemäß BAW-MSW, Teil C, zu ermitteln und bei der Festlegung der Mindestvorspannkraft zu berücksichtigen. Als niedrigste Einsatztemperatur sind für Klemmschienen im Sohlbereich, die sich vollständig unter Wasser befinden, mindestens 0°C und für Klemmschienen, die nicht vollständig eingestaut sind, mindestens -10°C anzusetzen. Die anzunehmende Aufstelltemperatur darf nach DIN EN 1991-1-5 projektabhängig festgelegt werden.
- (5) Explizit sind für die Klemmschiene nachzuweisen:
 - die Lastübertragung von der Membran in die Klemmschiene
 - die Klemmschiene mit ihren Bauteilen inkl. der vorgespannten Anker und der Rückhängebewehrung in der Wehrschwelle aus Stahlbeton
 - die Lastübertragung von dem unteren Klemmschienteil in die Wehrschwelle
- (6) Die für das Ingenieurmodell angenommenen Systemeigenschaften (z. B. Haftreibungsbeiwerte, Drucksteifigkeit etc.) sind für die gewählte Konfiguration von Membran und Schiene über Versuche gemäß BAW-MSW, Teil C, nachzuweisen.
- (7) Die Stahlteile der Klemmkonstruktion sind nach der Elastizitätstheorie gemäß (DIN EN 1993) zu bemessen. Eine Ausnutzung von plastischen Querschnittsreserven ist nicht zulässig.
- (8) Die Spannungen im Anker dürfen während des Anzugvorgangs $0,7f_{yk}$ und in den maßgebenden Grenzzuständen $0,9 f_{yk}$ nicht übersteigen.
- (9) Unter Gebrauchslasten darf keine klaffende Fuge zwischen Membran und Klemmschiene auftreten.
- (10) Unter Bemessungslasten darf eine klaffende Fuge zwischen Membran und Klemmschiene maximal bis zu den vorgespannten Ankern auftreten.
- (11) Die Lagesicherheit der Membran in der Klemmschiene und die Lastweiterleitung in die Wehrschwelle ist in der außergewöhnlichen Bemessungssituation ohne Ansatz von Vorspannkraften sicher zu stellen.

- (12) Ermüdungsbeanspruchungen, z. B. durch Schwingungen, sind grundsätzlich auszuschließen (siehe BAW-MSW Teil A). Der Entwurf einer ermüdungssicheren Schienenkonstruktion wird dennoch vorausgesetzt. Geschnittene Gewinde im Bereich der Anker sind vor diesem Hintergrund nicht zulässig.
- (13) Die Verbindung der Klemmkonstruktion mit dem Massivbau ist nach (DIN EN 1992-1-1) und (DIN 19702) nachzuweisen.
- (14) Über einen Ausziehversuch (gemäß BAW-MSW, Teil C) ist nachzuweisen, dass das Herausziehen der Schlauchmembran aus der Klemmkonstruktion ausgeschlossen ist. Die breitenbezogene Membrankraft ergibt sich zu:

$$E_{d,KI} = \gamma_F \cdot T_k \leq R_{d,KI} \quad (4-1)$$

Dabei ist

- $E_{d,KI}$ breitenbezogene Membranzugkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit [N/mm],
- $R_{d,KI}$ breitenbezogene Ausziehwiiderstand [N/mm], (gemäß BAW-MSW, Teil C)
- γ_F Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen, siehe 3.2 (2),
- T_k charakteristische, breitenbezogene Membrankraft im kontinuierlichen Bereich (Feldmitte) [N/mm²].

- (15) Bei einer Lastübertragung von der Membran in die Klemmschiene mittels Reibschluss, ist dieser Lastabtrag bis zur γ_F -fachen Gebrauchslast ohne Lochleibungsbeanspruchung sicher zu stellen.
- (16) Durch eine Verfahrensprüfung ist nachzuweisen, dass die planmäßige Vorspannkraft unter den gewählten Randbedingungen zuverlässig eingebracht wird (s. BAW-MSW, Teil C).
- (17) Die Veränderung der Vorspannkraft ist nutzungsbegleitend an mindestens fünf vorgespannten Ankern zu überwachen. Dies kann am Bauwerk oder an bauwerksgleichen Probekörpern erfolgen, die vergleichbar exponiert sind wie die Klemmkonstruktion an der Wehrschwelle. Spätestens bei Erreichen der Mindestvorspannkraft (Eingreifzeitpunkt) ist die planmäßige Vorspannkraft erneut in das vorgespannte System einzutragen.
- (18) Es ist konstruktiv sicherzustellen, dass der notwendige Anpressdruck bis zu einem erneuten Nachspannen der Anker (Eingreifzeitpunkt) dauerhaft anliegt. Die Vorspannkraft darf innerhalb der vorgegebenen Inspektionsintervalle (i. d. R. sechs Jahre) nicht durch Kriech- und Setzungseffekte unter die Mindestvorspannkraft abfallen. Eine Reduzierung der erforderlichen Vorspannkraft durch den Ansatz von Wasserauflasten im Klemmschienenbereich ist nicht zulässig.
- (19) Die Horizontalverschiebung des oberen Klemmschientteils ist konstruktiv zu begrenzen.
- (20) Der untere Klemmschienteil ist unabhängig von der Vorspannkraft druck-, schub- und zugfest mit der Wehrschwelle aus Stahlbeton zu verbinden. Eine Übertragung der Schubkraft von der unteren Schiene in die Schwelle aus Stahlbeton über einen Reibschluss durch vorgespannte Anker ist nicht zulässig.
- (21) Die Klemmschiene ist so zu konstruieren, dass die Lage der Membran in der Klemmschiene ohne Öffnung der Verschraubung überprüft werden kann.

- (22) Die Klemmkonstruktion ist so zu konstruieren, dass keine strukturellen Schäden an den Geweben und Verletzungen an den Deckschichten entstehen können.

ENTWURF

Anlage 1 (informativ): Erläuterungen zu den Vorgaben und Regelungen des Merkblatts, Teil B, Kapitel 4

Zu 4 Nachweis der Klemmkonstruktion

Zu (1):

Die Bemessung der Membran nach diesem Merkblatt mit den Anforderungen an das Gewebe in Kett- und Schussrichtung geht von einer Linienlagerung der Membran aus. Zur Erhaltung der Dichtheit ist ebenfalls eine kontinuierliche Lagerung an Wehrschwelle und Wehrwange erforderlich. Ein punktueller Lastabtrag der Membranzugkräfte ist nur in einer außergewöhnlichen Bemessungssituation bei Aktivierung der Lochleibungstragfähigkeit zulässig.

Zu (2):

Durch eine realitätsnahe Abbildung der Steifigkeitsverhältnisse in einem statischen Modell können insbesondere die Biegebeanspruchungen der vorgespannten Anker und die Ausbildung von klaffenden Fugen zwischen Klemmschiene und Membran genauer erfasst werden. Die Mindestvorspannkraft bei niedrigster Einsatztemperatur ist die Grenzkraft, die zur Einhaltung der klaffenden Fuge bzw. zur Gewährleistung des Reibschlusses erforderlich ist.

Zu (3):

Durch Kriechen und Relaxation wird sich die Vorspannkraft über die Zeit abbauen. Um ein ausreichendes „Vorhaltemaß“ bezogen auf die Mindestvorspannkraft einzustellen, ist das Membranverhalten nach (3) zu ermitteln.

Zu (4):

Abhängig von der Aufstelltemperatur werden sich orts- und systemabhängige Veränderungen der Vorspannkraft einstellen. Die Änderung der Vorspannkraft kann nach aktuellen Erfahrungen im Bereich von 0,3 - 0,5 kN/K liegen. Die anzunehmende Aufstelltemperatur darf nach DIN EN 1991-1-5 projektabhängig festgelegt werden, sollte jedoch 20°C nicht überschreiten.

Beispiel:

Tiefste Einsatztemperatur:	-10 °C
Aufstelltemperatur:	+20 °C
Resultierende Temperaturdifferenz:	$\Delta T = +20 - (-10) = 30 \text{ K}$
Eingebrachte Einspannkraft:	$F_p = 90 \text{ kN}$
Temperaturabhängige Kraftänderungsrate:	0,5 kN/K
Vorspannkraftänderung aus Temperatur:	$\Delta F_{p,T} = \Delta T \cdot 0,5 \text{ kN/K} = 15 \text{ kN}$
Vorspannkraftverlust aus Kriechen und Relaxation:	$\Delta F_{p,K+R} = F_p \cdot 0,20 = 90 \text{ kN} \cdot 0,20 = 18 \text{ kN}$
Mindestvorspannkraft:	$F_{p,min} = 55 \text{ kN}$
Nachweis:	$F_p - \Delta F_{p,T} - \Delta F_{p,K+R} = 90 \text{ kN} - 15 \text{ kN} - 18 \text{ kN} = 57 \text{ kN}$ $\geq 55 \text{ kN} = F_{p,min}$

Zu (7):

Die Bemessungsregeln von (DIN EN 1993) gelten nur für die dort gelisteten Stahlsorten.

Zu (8):

Durch die Einhaltung der oben genannten Anforderung soll die Schädigung des Gewindes vermieden und die Nutzung der Ankerstäbe über die Lebensdauer der Anlage sichergestellt werden.

Zu (9):

Zur Minimierung der Spannungsänderung im Anker und zur Sicherstellung der Dichtheit wird dieses Kriterium unter Berücksichtigung von möglichen Vorspannkraftverlusten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) eingeführt.

Zu (10):

Um die Kontaktflächen zwischen der Membran und den Klemmschienen nicht maßgeblich zu reduzieren, wird dieses Kriterium unter Berücksichtigung von möglichen Vorspannkraftverlusten im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) eingeführt.

Zu (11):

Wird die Lagesicherheit der Membran in der Klemmschiene in der außergewöhnlichen Bemessungssituation ohne Ansatz von Vorspannkraften über einen Lochleibungskontakt der Membran sichergestellt, ist eine ausreichende Lochleibungstragfähigkeit der Membran gemäß BAW-MSW, Teil C, nachzuweisen. Der Nachweis der Lagesicherheit kann alternativ im Rahmen des Ausziehversuches nachgewiesen werden.

Zu (12):

Der Nachweis der Ermüdungsfestigkeit müsste erst dann geführt werden, wenn die Spannungsschwingbreite oberhalb des Schwellenwertes $\Delta\sigma_L$ des ungünstigsten Kerbdetails liegt und durch die Anzahl der Lastspiele ($> 10^4$) der Zeitfestigkeitsbereich erreicht wird.

Zu (14):

Zur Festhaltung der Membran an der Wehrschwelle könnten Schienen verwendet werden, die sich in ihrem Lastabtragungsmechanismus unterscheiden (siehe z. B. Satwornitzkij, 1975). Der Ausziehversuch muss die für die gewählte Klemmkonstruktion maßgebenden Lastabtragungsmechanismen abprüfen und die maßgebende Beanspruchungssituation aus Zugkraft und Zugwinkel abbilden. Die Prüfung erfolgt bei vorgespannten Konstruktionen mit der Vorspannkraft, die für den Eingreifzeitpunkt als Mindestvorspannkraft festgelegt wurde. Die Ausziehversuche sind mit den Reibpartnern vorzunehmen, die zur Bauausführung gelangen. Dies betrifft weiter die Oberflächenvorbereitung, die Beschichtung der Schienen und die Reinigung der Oberflächen. Eine Übertragung der Ergebnisse auf weitere Klemmkonstruktionen ist nicht zulässig.

Zu (15):

Das Bemessungskonzept dieses Merkblatts sieht keinen planmäßigen Lastabtrag über Lochleibung vor. Bis zur γ_F -fachen Gebrauchslast muss der Lastabtrag ausschließlich über einen Reibschluss erfolgen, um eine Linienlagerung und keine Punktlagerung zu gewährleisten.

Zu (16):

Eine Verfahrensprüfung ist erforderlich, da die vorgespannten Anker mehrfach verwendet werden, das Dämpfungs- und Kriechverhalten der vorgespannten Konstruktion nicht bekannt ist und die Gewindeeigenschaften und die Gewindeschmierung projektspezifisch variieren werden. Die in der Verfahrensprüfung gewählte Anziehrefolge ist für die Bauausführung vorzugeben.

Zu (17):

Der Drehwinkel der Mutter, der für eine Erhöhung der Vorspannkraft erforderlich ist, um wieder die planmäßige Vorspannkraft zu erreichen, ist an den überwachten Ankern zu ermitteln und auf die nicht überwachten Anker am Bauwerk zu übertragen. Wird die Vorspannkraft an Probekörpern überwacht, müssen die Schienenkonstruktion, die Membran und das Anzugregime dem des Hauptbauwerks entsprechen.

Zu (18):

Das Elastomer wird sich aufgrund seiner Relaxations- und Kriecheigenschaften einem Anpressdruck entziehen wollen. Durch die Bereitstellung eines ausreichenden Federwegs im vorgespannten System muss die Aufrechterhaltung des notwendigen Anpressdrucks bis zum Eingreifzeitpunkt, bei dem die Vorspannkraft kontrolliert und neu eingebracht wird, sichergestellt werden. Einflüsse auf die Vorspannkraft aus Kriechen und Schwinden des Betons können daher in der Regel vernachlässigt werden.

Zu (19):

Durch eine Begrenzung der Horizontalverschiebung, sind die Biegebeanspruchungen der Zuganker im zulässigen Bereich zu halten.

Zu (20):

Entsprechend sind Schubknaggen und/oder Kopfbolzendübel an dem unteren Klemmschienteil auszubilden. Zwischen dem unteren Schienteil und dem Beton der Wehrschwelle ist ein Formschluss herzustellen, sodass durch den vorgespannten Anker keine Horizontalkräfte übertragen werden müssen.

Zu (21):

Durch die Kontrolle der Membranlage kann die Systemannahme (Linienlagerung), die bei der Bemessung der Membran angenommen wurde, überprüft werden.

Zu (22):

Der im Abschnitt 3.2 angegebene Spannungskonzentrationsfaktor SCF_1 ist für die Austrittsstelle der Membran aus der Klemmschiene für die in Anlage 1 angegebene Schienengeometrie ermittelt worden. Liegt im Klemmbereich der Membran eine höhere Kerbschärfe vor, ist die Spannungskonzentration zu ermitteln und die Unschädlichkeit für die Membran nachzuweisen.