

BAW Brief 03/2015



Wasserdruckansätze zur statischen Berechnung von Uferspundwänden an Kanalstrecken (ohne Hochwasser- und Tideeinfluss)

1 Veranlassung

Bei der statischen Berechnung von Uferspundwänden sind die vor und hinter der Wand anzusetzenden Wasserdrücke neben den Angaben zur Bodenschichtung und den Bodenkennwerten die entscheidenden Größen zur Ermittlung der auf die Uferwand einwirkenden Beanspruchungen. Dem Aufsteller steht hierfür das Regelwerk der *EAU* (2012) zur Verfügung, wo in Empfehlung E 106 (Spundwandufer an Binnenkanälen) weitgehende Angaben zu den Wasserdruckansätzen in den unterschiedlichen Bemessungssituationen definiert sind. Für die Kanalstrecken der ehemaligen Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte existiert darüber hinaus das *Regionale Fachkonzept „Uferspundwände an Schifffahrtskanälen“* (Version 1.2, April 2010).

Wie die Praxis jedoch zeigt, werden mit den Vorgaben dieser Regelwerke nicht alle Bauwerkssituationen widerspruchsfrei bzw. realitätsnah interpretiert, was in der Folge zu teilweise unwirtschaftlichen Bemessungen führt. Besonders in den Strecken, in denen die Uferspundwand gleichzeitig eine planmäßige Dichtungsfunktion übernimmt, kommt es immer wieder zu missverständlichen Auslegungen des Regelwerks. Der vorliegende Beitrag soll daher eine Hilfestellung geben, um die maßgebenden Wasserdrücke in den statisch nachzuweisenden Bemessungssituationen in Abhängigkeit von den jeweiligen hydraulischen Rand-

bedingungen in geeigneter Weise festlegen zu können.

2 Hydraulische Grundlagen

Aus hydraulischer Sicht ist eine Uferspundwand ein Bauelement, das den Wasserabfluss aus dem Kanal grundsätzlich behindert. Im Normalfall einer unbeschädigten Wand (keine Schlosssprenger oder keine Wandbeschädigungen durch Schiffsanfahrungen) sind die Spundwandschlösser die einzigen Austrittsöffnungen, durch die ein relevanter Abfluss aus dem Kanal durch die Wand erfolgen kann. Bei der Verwendung von werksseitig miteinander wasserdicht verschweißten Doppelbohlen stellen nur die Fädelschlösser, die ebenfalls gedichtet ausgeführt werden können, mögliche Ausflussöffnungen dar. Abhängig von der Güte der Dichtung (z. B. Bitumendichtung, Polymerdichtung, nachträgliches Verschweißen des Schlosses) kann eine gering durchlässige bis nahezu undurchlässige Wand erreicht werden. Werden die Schlösser dagegen nicht gedichtet, so besitzt die Wand – zumindest unmittelbar nach der Herstellung – eine relevante Wasserdurchlässigkeit. Diese kann in Abhängigkeit von der hydraulischen Durchlässigkeit des landseitig anstehenden Bodens und den hydraulischen Randbedingungen zu erheblichen Wasserverlusten führen. Aufgrund von Korrosion und durch Ablagerung von feinen Wasser-

inhaltsstoffen in den Fädelschlössern kann sich die Wasserdurchlässigkeit jedoch mittel- bis langfristig deutlich vermindern.

Weitere relevante Wasserverluste ergeben sich durch den Abfluss über eine ungedichtete Kanalsole (keine planmäßige Sohldichtung), wenn die Uferspundwände nicht in einen tiefliegenden Grundwasserstauer einbinden (unvollkommene Dichtung). In diesem Fall steht das Kanalwasser mit dem seitlich des Kanals anstehenden Grundwasser über die Kanalsole in hydraulischem Kontakt. Liegt der Kanalwasserstand über dem in der Umgebung anstehenden Grundwasserstand, so wird sich ein Wasserabfluss aus dem Kanal durch die Kanalsole in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit des anstehenden Bodens ergeben. Mittel- bis langfristig kann sich eine Selbstdichtung der Kanalsole durch Kolmation (Eintrag von feinen Wasserinhaltsstoffen in den Porenraum des unterhalb der Kanalsole anstehenden Bodens) einstellen, wodurch sich die Wasserdurchlässigkeit der Kanalsole verringert.

Die Wasserverluste durch die Sohle und die Uferwände sind bei einem Kanal nur vernachlässigbar, wenn

- die Kanalsole planmäßig gedichtet ist oder die Uferspundwände in einen Grundwasserstauer einbinden,
- die Spundwandschlösser ausreichend gedichtet sind und
- keine Leckagen in den Uferspundwänden und ggf. der Sohldichtung bestehen.

Sind diese Bedingungen nicht gegeben, ist auch für die Nachweise in der ständigen Bemessungssituation BS-P von einer hydraulischen Verbindung zwischen Kanal- und Grundwasser auszugehen.

3 Regelung im MSD

Bindet die Wand in einen undurchlässigen Baugrund (Grundwasserstauer) ein, wird im *Merkeblatt Stand-sicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen* (MSD, Ausgabe 2011) für die Nachweise in der ständigen Bemessungssituation (BS-P) zunächst von einer vollständig intakten Dichtwirkung der Spundwand ausgegangen. Dies gilt sinngemäß auch für Kanäle im R- bzw. RT-Profil mit einer planmäßig gedichteten Soh-

le. Voraussetzung dabei ist eine ausreichende Wasserdichtigkeit der Spundwand, die i. A. nur durch eine Dichtung der Spundwandschlösser erzielt werden kann. Der Grundwasserstand im Dammkörper kann dann in Höhe des landseitig anstehenden Grundwasserstands angesetzt werden. Besteht jedoch der Verdacht auf eine Undichtigkeit der Dichtung (z. B. aufgrund von Grundwasserstandsmessungen im Dammkörper), wird für die Nachweise in der ständigen Bemessungssituation (BS-P) eine Strömungsberechnung unter Ansatz einer erhöhten Durchlässigkeit der Dichtungselemente (Spundwand und Sohldichtung) bei gleichzeitiger Kalibrierung des Modells auf die natürlichen (gemessenen) Verhältnisse gefordert. Dies gilt auch für den Fall, dass die Wand nicht in einen Stauhorizont einbindet und keine planmäßige Sohldichtung vorhanden ist (unvollkommene Dichtung).

4 Fallunterscheidung

Um bei der statischen Berechnung der Uferspundwände die unterschiedlichen hydraulischen Randbedingungen des Kanals ausreichend zu berücksichtigen, werden drei Fälle definiert. Abhängig vom Normalwasserstand im Kanal (normaler Betriebswasserstand) BW, dem landseitig an der Spundwand anstehenden, oberen charakteristischen Grundwasserstand GW_o und dem mittleren Grundwassergefälle i_{GW} zum Kanal (Neigung der Sickerlinie im erdstatisch relevanten Bereich) ergeben sich drei mögliche Ausgangssituationen.

4.1 Fall A

$$GW_o \geq BW \quad \text{und}$$

$$i_{GW} \leq 0,05 \quad (\text{Bild 1})$$

Befindet sich der obere charakteristische Grundwasserstand mindestens auf Höhe des Normalwasserstands des Kanals bzw. nur wenig darüber (maximal BW_o), kann von nahezu ausgeglichenen Wasserdruckverhältnissen vor und hinter der Wand ausgegangen werden. Zusätzlich wird in diesem Fall vorausgesetzt, dass kein relevanter Grundwasserzustrom zum Kanal hin erfolgt und dadurch das Grundwassergefälle zum Kanal gering ist (Neigung der GW-Oberfläche im erdstatisch relevanten Bereich landseitig der Spundwand $i_{GW} \leq 0,05$).

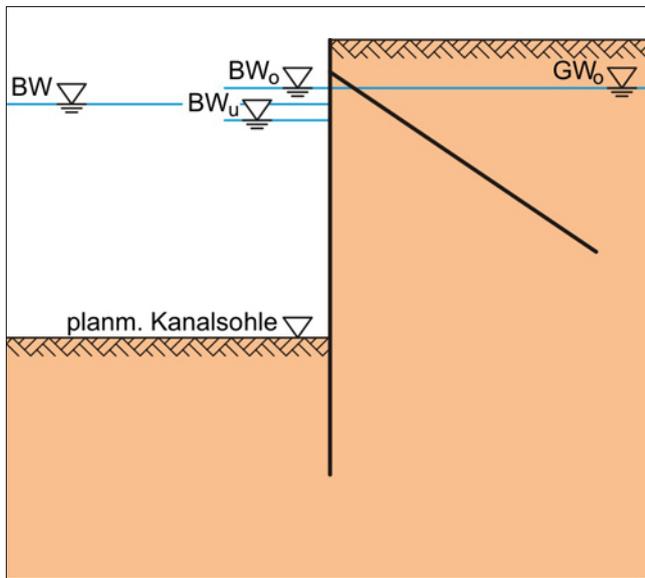


Bild 1: Hydraulische Randbedingungen in Fall A

Dies ist typisch für einen als Normalstrecke bezeichneten Kanalabschnitt. In diesem findet i. A. ein Austausch zwischen Kanalwasser und Grundwasser statt, z.B. über eine ungedichtete Kanalsohle, eine nicht in einen Grundwasserstauer einbindende Spundwand oder durch eine Spundwand mit ungedichteten Spundwandschlössern.

4.2 Fall B

$GW_0 > BW$ und

$i_{GW} > 0,05$ (Bild 2)

Auch hier wird von einem Ausgleich zwischen Grund- und Kanalwasser über die Kanalsohle und/oder die Spundwandschlösser ausgegangen, sodass sich der obere charakteristische Grundwasserstand unmittelbar hinter der Wand mindestens auf Höhe des Normalwasserstands im Kanal befindet. In diesem Fall erfolgt jedoch von der Landseite ein relevanter Grundwasserzustrom zum Kanal, wodurch sich ein Grundwassergefälle (Neigung der Sickerlinie $i_{GW} > 0,05$) zum Kanal hin einstellt. Dies ist typisch für eine Einschnittstrecke, in der der Kanal als Vorfluter für das Grundwasser fungiert.

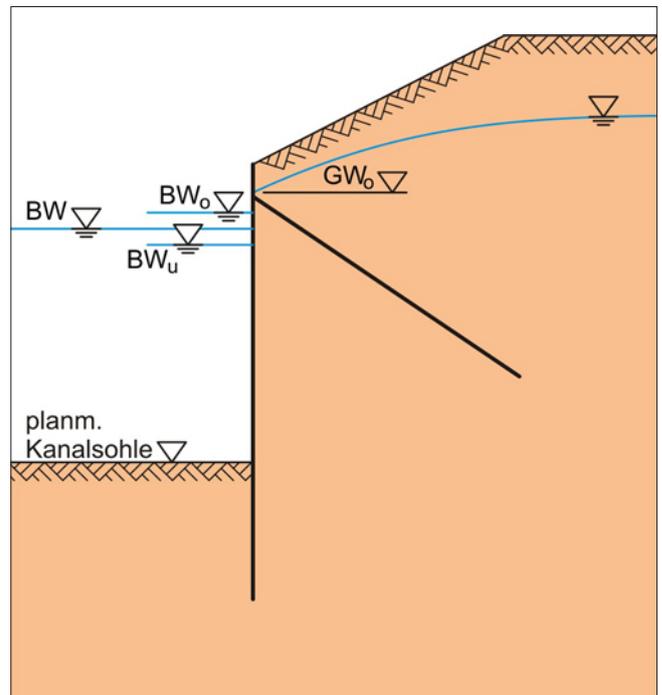


Bild 2: Hydraulische Randbedingungen in Fall B

4.3 Fall C

$GW_0 < BW$ (Bild 3)

Befindet sich der obere charakteristische Grundwasserstand unterhalb des Normalwasserstands im Kanal ist i. A. davon auszugehen, dass keine relevante hydraulische Verbindung zwischen dem Kanalwasser und dem Grundwasser besteht. Dies trifft üblicherweise auf ge-

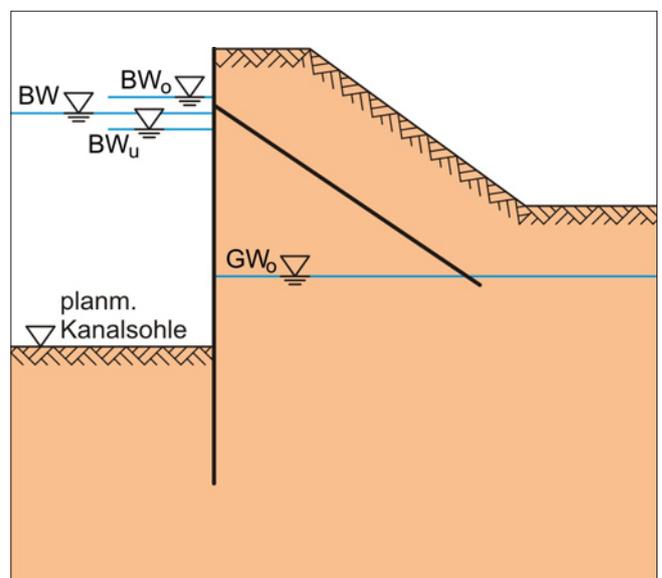


Bild 3: Hydraulische Randbedingungen in Fall C

dichtete Dammstrecken zu. Hier sind die Spundwand-schlösser i.d.R. gedichtet und die Uferspundwand bindet entweder in einen undurchlässigen Grundwasserstauer ein oder die Kanalsohle ist planmäßig gedichtet. Dadurch wird ein relevanter Wasserabfluss aus dem Kanal verhindert und der Kanalwasserstand befindet sich dauerhaft über dem landseitig anstehenden Grundwasserstand.

5 Wasserdruckansätze für die Spundwand-berechnung

Nachstehend sind die für die oben beschriebenen Fälle empfohlenen Wasserdruckansätze für den Standsicherheitsnachweis von Uferspundwänden an Kanalstrecken ohne Hochwasser- und Tideeinfluss aufgeführt. Falls die für die untersuchte Kanalstrecke vorliegenden Randbedingungen den oben beschriebenen Fällen nicht eindeutig zugeordnet werden können, sind die zu wählenden Wasserdruckansätze anzupassen. Dies sollte ggf. in Abstimmung mit der BAW erfolgen.

5.1 Fall A

Entsprechen die hydraulischen Randbedingungen den Vorgaben für Fall A, so können die Wasserdruckansätze der Empfehlung E 106 der EAU verwendet werden. Da in diesem Fall von einer hydraulischen Verbindung zwischen dem Kanalwasser und dem landseitig anstehenden Grundwasser ausgegangen wird, kann der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 i. A. auf Höhe des oberen Betriebswasserstands BW_0 im Kanal angesetzt werden.

5.1.1 Ständige Bemessungssituation

In der ständigen Bemessungssituation (BS-P) ist als landseitiger Wasserstand der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 und als ungünstiger Kanalwasserstand gemäß EAU E 106 ein gegenüber dem Normalwasserstand BW um 0,8 m abgesenkter Wasserstand anzusetzen, um den möglichen Absink infolge vorbeifahrender Schiffe zu berücksichtigen (Bild 4).

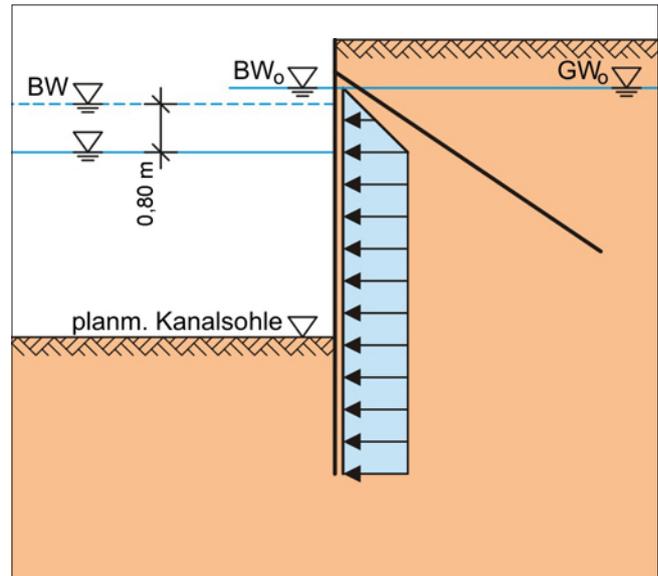


Bild 4: Wasserdruckansatz für Fall A, BS-P

5.1.2 Außergewöhnliche Bemessungssituation

Ist ein rascher Abfall des Kanalwasserspiegels durch Auslaufen der Kanalhaltung (z. B. durch eine Schleuse) möglich, so ist die sich dabei einstellende maßgebende, maximale Wasserstandsdifferenz zwischen dem Grundwasser und dem Kanalwasser als außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A) zu berücksichtigen. Die maßgebende Wasserstandsdifferenz kann durch eine numerische, instationäre Grundwasserströmungsmodellierung unter Vorgabe einer Ganglinie für die rasche Absenkung des Kanalwasserstandes ermittelt werden. Ergibt sich aus der Berechnung eine relevante Neigung der Sickerlinie in Richtung Kanal ($i_{GW} > 0,05$), so ist der resultierende Strömungsdruck zusätzlich zum hydrostatischen Grundwasserdruck auf die Spundwand zu berücksichtigen (siehe Absatz 5.2).

Wird für diese Belastung (rascher Abfall des Kanalwasserspiegels) auf eine relativ aufwändige Grundwasserströmungsberechnung verzichtet, so können für die Nachweise in der außergewöhnlichen Bemessungssituationen BS-A vereinfacht die beiden, in der Empfehlung E 106 der EAU angegebenen Wasserdruckansätze berücksichtigt werden. Beim ersten Ansatz (BS-A-1) wird landseitig ein Grundwasserstand auf Höhe des oberen charakteristischen Grundwasserstandes GW_0 und der abgesenkte Kanalwasserstand 2 m unter Normalwasserstand BW angesetzt (Bild 5).

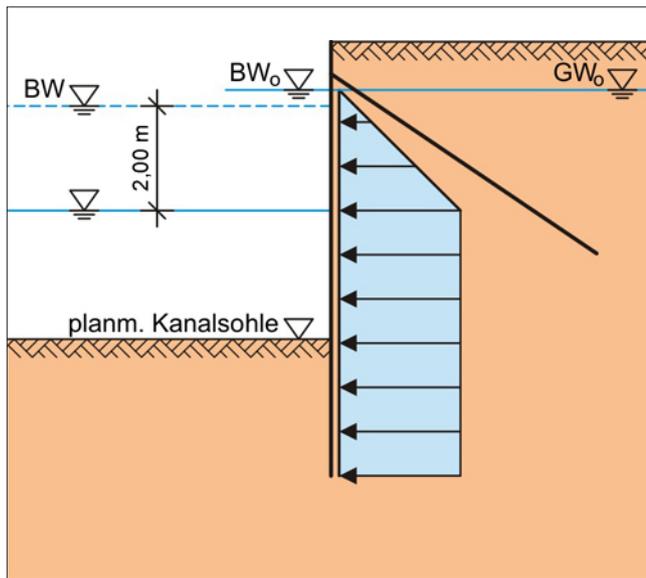


Bild 5: Wasserdruckansatz für Fall A, BS-A-1

Beim zweiten Ansatz (BS-A-2) werden der abgesenkte Kanalwasserstand auf Höhe der Kanalsohle und der landseitige Grundwasserstand 3 m über Kanalsohle angesetzt (Bild 6). Dabei wird für das Grundwasser eine hydrostatische Druckverteilung angenommen.

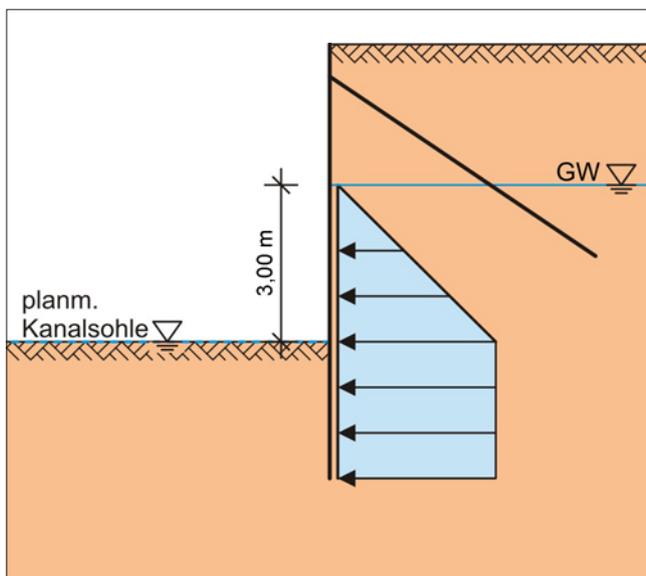


Bild 6: Wasserdruckansatz für Fall A, BS-A-2

5.2 Fall B

Im Fall B sind zusätzlich zum (hydrostatischen) Wasserdruck die aus der Zuströmung zum Kanal auf die Spundwand einwirkenden Strömungskräfte zu berücksichtigen. Auch in diesem Fall wird von einer hydraulischen

Verbindung zwischen Kanalwasser und dem landseitig der Spundwand anstehenden Grundwasser ausgegangen. Der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 an der Wand wird sich aufgrund der Zuströmung zum Kanal oberhalb des Kanalwasserstands befinden (Sickerstrecke). Auf der sicheren Seite liegend kann der GW_0 auf Höhe der Spundwandoberkante angesetzt werden. Dieser Ansatz gilt insbesondere für den Fall, dass der Druckausgleich zwischen Grundwasser und Kanalwasser eingeschränkt ist (z. B. infolge Dichtsetzen der Spundwandschlösser).

Zur Bestimmung der auf die Spundwand einwirkenden Strömungskräfte sind i. A. die Strom- und Potenzialliniennetze für die unterschiedlichen hydraulischen Randbedingungen zu ermitteln. Stand der Technik ist dabei eine numerische Berechnung der Grundwasserpotenzialverteilung auf Grundlage (hier zumeist ausreichender) vertikal-ebener, stationärer Grundwasserströmungsmodelle. Aus den berechneten Grundwasserpotenzialen können die auf den jeweilig maßgebenden aktiven Erddruckkörper (Erddruckkeil) wirkenden Grundwasserdrücke bestimmt werden. Aus diesen ergeben sich die horizontalen und die vertikalen Komponenten der im Erddruckkörper wirkenden Strömungskräfte und die daraus resultierenden Erhöhungen der Erddruckkräfte (siehe DIN 4085; Goldscheider, 2015).

Die aus der Zuströmung zum Kanal auf die Spundwand wirkenden Zusatzkräfte können vereinfacht auch durch den in Bild 7 dargestellten Wasserdruckansatz berücksichtigt werden. Dazu wird der Schnittpunkt der Gleitfuge des aktiven Erddruckkörpers mit der Grundwasseroberfläche (Sickerlinie) ermittelt. Die zusätzlich zu berücksichtigende Potenzialdifferenz Δh ergibt sich aus der Höhendifferenz der Sickerlinie in diesem Schnittpunkt und dem oberen charakteristischen Grundwasserstand GW_0 an der Wand.

5.2.1 Ständige Bemessungssituation

In der ständigen Bemessungssituation (BS-P) ist entsprechend EAU, E 106 als ungünstiger Kanalwasserstand ein gegenüber dem Normalwasserstand BW um 0,8 m abgesenkter Wasserstand anzusetzen. Auf der Landseite der Spundwand ist der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 zuzüglich der Potenzialdifferenz Δh anzusetzen. Dabei wird der landseitig auf

züglich der Potenzialdifferenz Δh angesetzt. Dabei wird für das Grundwasser eine hydrostatische Druckverteilung angenommen (Bild 9).

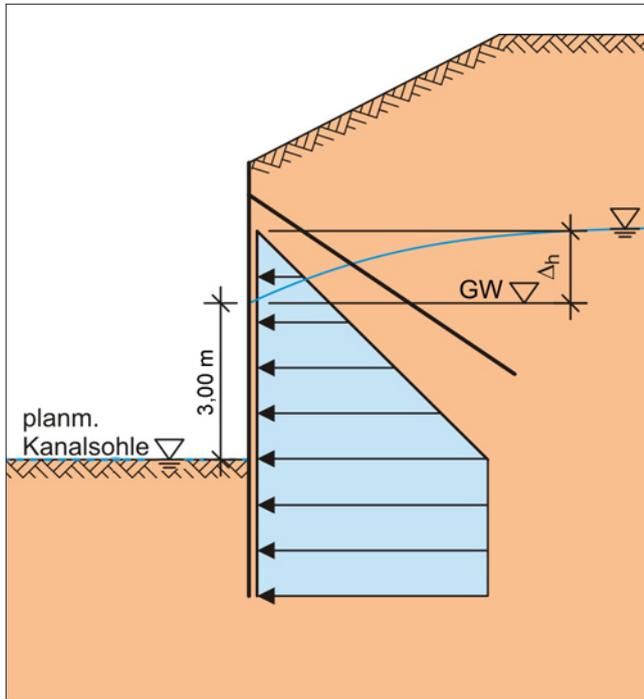


Bild 9: Wasserdruckansatz für Fall B, BS-A-2

5.3 Fall C

Liegt der obere charakteristische Grundwasserstand GW_o an der Spundwand unter dem Normalwasserstand im Kanal, ist davon auszugehen, dass keine relevante hydraulische Verbindung zwischen dem Kanalwasser und dem landseitig der Spundwand anstehenden Grundwasser besteht. Dies ist typisch für Dammsrecken mit gedichteten Uferspundwänden in Kombination mit einer Sohldichtung oder für Dammsrecken mit gedichteten Uferspundwänden, die in einen Grundwasserstauer einbinden.

Werden die in der Empfehlung E 106 der EAU angegebenen Wasserdruckansätze auch für diese Kanalstrecken angewendet, so führt dies oft zu einer starken Überschätzung der aus dem Grundwasser einwirkenden Wasserdruckkräfte, woraus eine deutliche Überdimensionierung der Wandprofile und Ankerkräfte resultieren kann.

In diesem Fall ist der obere charakteristische Grundwasserstand GW_o auf der sicheren Seite liegend äußerst

sorgfältig unter Berücksichtigung hydrologischer Schwankungen zu bestimmen. Dabei sollte überprüft werden, ob die Grundwasserverhältnisse durch einen Zufluss aus dem Kanal in relevantem Maß beeinflusst werden. Bei neuen oder auszubauenden Kanalstrecken sollte dazu eine numerische Grundwasserströmungsrechnung unter Ansatz charakteristischer Durchlässigkeiten für planmäßig hergestellte Dichtungselemente und für die unter und seitlich der Kanalstrecke anstehenden relevanten Bodenschichten durchgeführt werden.

Für eine planmäßige Tondichtung an der Kanalsohle kann hierbei die Durchlässigkeit mit $k = 10^{-9}$ m/s und eine planmäßige Dicke $d_{\min} = 20$ cm angesetzt werden. Die Durchlässigkeit einer Spundwand durch die Fädelschlösser ist abhängig vom Kehrwert des Schlosssickerwiderstands ρ_s und vom Abstand der Fädelschlösser b_s . In der Strömungsmodellierung kann die Spundwand durch eine Ersatzwand mit homogener Durchlässigkeit k_w und Dicke d_w abgebildet werden. Zur Erzielung eines äquivalenten hydraulischen Widerstands gilt:

$$k_w = \rho_s \cdot \frac{d_w}{b_s} \quad (1)$$

Für eine Spundwand mit einem Bitumenfüllmittel in den Fädelschlössern nach Arcelor (2003) oder Thyssen-Krupp (2003) ist z. B. ein Kehrwert des Schlosssickerwiderstands von mindestens $\rho_s = 6 \cdot 10^{-8}$ m/s angegeben. Daraus ergibt sich bei einem Abstand der Fädelschlösser (Doppelbohle LARSEN 603) von $b_s = 1,2$ m und bei Annahme einer Dicke der Ersatzwand von $d_w = 0,5$ m eine anzusetzende Durchlässigkeit der Ersatzwand von $k_w = 2,5 \cdot 10^{-8}$ m/s.

5.3.1 Ständige Bemessungssituation

In der ständigen Bemessungssituation (BS-P) ist entsprechend EAU, E 106 als ungünstiger Kanalwasserstand ein gegenüber dem Normalwasserstand BW um 0,8 m abgesenkter Wasserstand anzusetzen. Auf der Landseite der Spundwand ist hier der unterhalb des Normalwasserstands im Kanal anstehende obere charakteristische Grundwasserstand GW_o zu berücksichtigen (Bild 10).

Befindet sich der obere charakteristische Grundwasserstand unterhalb des abgesenkten Wasserstands

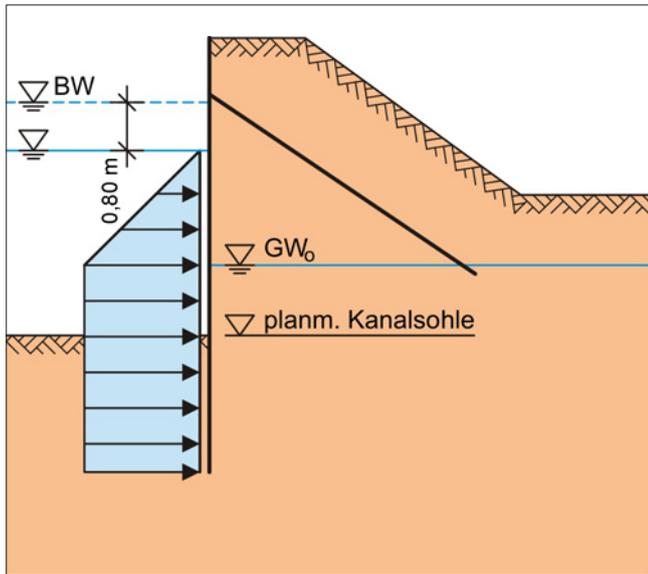


Bild 10: Wasserdruckansatz für Fall C, BS-P

im Kanal, so ergibt sich ein Wasserüberdruck von der Kanalseite. Der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 kann, insbesondere in einer hohen sohlgedichteten Dammschleuse, auch unterhalb der Sohldichtung des Kanals anstehen. Ist ein Wasserüberdruck von der Kanalseite bemessungsrelevant, dann ist zur Ermittlung des maßgebenden Wasserüberdrucks anstelle des oberen charakteristischen Grundwasserstands GW_0 der untere charakteristische Grundwasserstand GW_u zu berücksichtigen.

5.3.2 Außergewöhnliche Bemessungssituation

Steht der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 oberhalb der Kanalsole an und ist ein rascher Abfall des Kanalwasserstandes durch Auslaufen der Kanalhaltung (z.B. durch eine Schleuse) möglich, so ist auch hier die sich dabei einstellende maßgebende, maximale Wasserstandsdifferenz zwischen dem Grundwasser und dem Kanalwasser als außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A) zu berücksichtigen.

Die maßgebende Wasserstandsdifferenz kann wiederum durch eine numerische, instationäre Grundwasserströmungsmodellierung unter Vorgabe einer Ganglinie für die rasche Absenkung des Kanalwasserstandes und charakteristischer Durchlässigkeiten für die Dichtungselemente ermittelt werden. Der aus der Anströmung der Spundwand resultierende Strömungsdruck ist da-

bei zusätzlich zum hydrostatischen Grundwasserdruck auf die Spundwand zu berücksichtigen.

Bei Verzicht auf die Grundwasserströmungsberechnung können für den Nachweis in der außergewöhnlichen Bemessungssituation BS-A-1 landseitig der Wand der obere charakteristische Grundwasserstand GW_0 und wasserseitig der abgesenkte Kanalwasserstand auf Höhe der Kanalsole angesetzt werden (Bild 11).

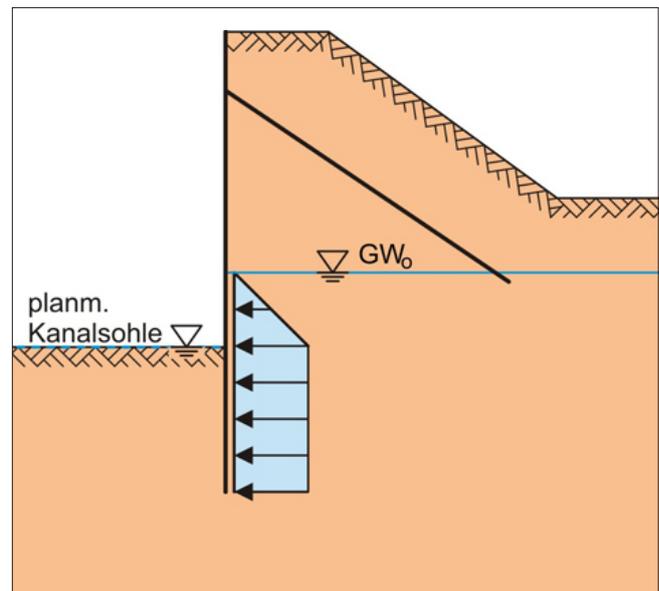


Bild 11: Wasserdruckansatz für Fall C, BS-A-1

Zusätzlich sind im Fall C als außergewöhnliche Bemessungssituation die Auswirkungen einer Leckage in der Spundwand (z.B. infolge Schiffsanfahrung) zu berücksichtigen. Auf der sicheren Seite liegend wird von einem vollständigen Verlust der hydraulischen Dichtwirkung der Spundwand ausgegangen. Es wird dabei angenommen, dass der Untergrund landseitig der Spundwand und unterhalb der Kanalsole vollkommen aufgesättigt wird und der Wasserstand landseitig der Spundwand bis auf Höhe des Kanalwasserstands ansteigt.

In dieser Situation sind die Belastungen aus dem Absenk durch vorbeifahrende Schiffe in der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS-A-2) nachzuweisen. Als Kanalwasserstand wird entsprechend EAU, E 106 ein um 0,8 m gegenüber dem Normalwasserstand BW abgesenkter Wasserstand angesetzt. Auf der Landseite der Spundwand ist es in dieser Situation ausreichend, einen Grundwasserstand auf Höhe des Normalwasserstands zu berücksichtigen (Bild 12).

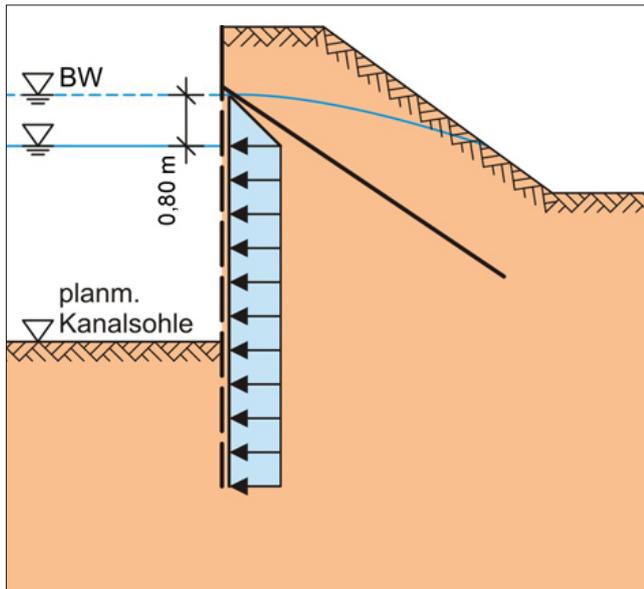


Bild 12: Wasserdruckansatz für Fall C, BS-A-2

Die Untersuchung der gleichzeitigen Auswirkungen eines raschen Abfalls des Kanalwasserspiegels durch Auslaufen der Kanalhaltung und eines Grundwasserstandanstiegs infolge eines hydraulischen Versagens der Spundwand ist aufgrund der äußerst geringen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht erforderlich.

6 Literatur

Arcelor (2003): Stahlspundwand – die Dichtheit von Spundwandbauwerken, Teil 1: Bemessung; Firmenprospekt Profilarbod S. A., Arcelor Gruppe.

DIN 4085: Baugrund – Berechnung des Erddrucks, Beuth-Verlag, Berlin.

EAU (2012): Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen, 11. Auflage.

Goldscheider, M. (2015): Darstellung von Wasserdrücken im Boden mit strömendem Grundwasser, geotechnik 38 (2), S. 85–95.

MSD (2011): Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen, Ausgabe 2011; Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe.

Regionales Fachkonzept „Uferspundwände an Schifffahrtskanälen“, Version 1.2, April 2010; Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte.

ThyssenKrupp (2003): Hoesch-Stahlspundwände, Dichtungssysteme; Firmenprospekt ThyssenKrupp GfT Bautechnik GmbH.

Dr.-Ing. Bernhard Odenwald
Abteilung Geotechnik
Referat Grundwasser (G3)
Telefon: 0721-9726-3620
Telefax: 0721-9726-4830
E-Mail: bernhard.odenwald@baw.de

Dipl.-Ing. (FH) Achim Schneider
Abteilung Geotechnik
Referat Erdbau und Uferschutz (G4)
Telefon: 0721-9726-3910
Telefax: 0721-9726-4830
E-Mail: achim.schneider@baw.de



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAW Brief 03/2015

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

Übersetzung, Nachdruck oder sonstige Vervielfältigung – auch auszugsweise –
ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

ISSN 2196-5900

© BAW 2015