

DIN 19664

ICS 93.160

Entwurf

Einsprüche bis 2021-12-01
Vorgesehen als Ersatz für
die 2021-04 zurückgezogene
Norm
DIN 19661-2:2000-09

Sohlenbauwerke im Wasserbau

River bottom structures in hydraulic engineering

Rampes hydraulique dans structures hydrauliques

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 37 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Grundsätze der Planung	8
4.1 Prüfung Erfordernis Sohlenbauwerk	8
4.2 Planerische Randbedingungen	8
5 Hydraulische Bemessung	10
5.1 Ermittlung des zulässigen Sohlengefalles der Gewässerplanungsstrecke	10
5.1.1 Ermittlung der maßgeblichen Bemessungsgrößen	10
5.1.2 Sohlengefälle nach rechnerischen Verfahren bei statischem morphodynamischem Gleichgewicht	10
5.2 Hydraulik	13
5.2.1 Hydraulik auf der Gewässerplanungsstrecke	13
5.2.2 Hydraulik von Rampen	14
5.2.3 Abflussvorgänge bei Schwellen	22
6 Konstruktive Bemessung von Rampen	22
6.1 Bemessung des Einzelelements	23
6.2 Bemessung der Deckwerksstabilität	24
6.2.1 Setz- und Schüttsteinbauweise	24
6.2.2 Rampe mit Störsteinen	26
6.2.3 Rampe mit Beckenstruktur	26
6.3 Bemessung des Rampenunterbaus	27
6.4 Bemessung der Rampenkronen	28
6.5 Bemessung des Tosbeckens	28
6.6 Bemessung gegen Gleiten	29
7 Konstruktion und bauliche Umsetzung	30
7.1 Lage des Bauwerks im Gewässer	30
7.2 Tragwerksplanung	30
7.3 Böschungs- und Sohlensicherung	30
7.4 Anbindung	31
7.4.1 Einlauf- und Auslaufbereich	31
7.4.2 Flügelwände	31
7.4.3 Anbindung an Bauwerke	31
7.5 Baustoffe	31
7.5.1 Wahl der Baustoffe	31
7.5.2 Baustoffeigenschaften	31
7.6 Spezielle konstruktive Anforderungen an Rampen	31
7.6.1 Grundsätzliches	31
7.6.2 Einlaufbereich mit Vorboden und Bauwerkskronen	32
7.6.3 Rampenboden	32
7.6.4 Tosbecken	32
7.6.5 Auslaufbereich mit Nachboden	32
7.6.6 Unterbau	33
7.6.7 Anschlussbereiche an die Ufer	33
7.7 Spezielle Anforderungen an Schwellen	33
7.7.1 Allgemeines	33
7.7.2 Querschnitt des Bauwerks	33
7.7.3 Abstände und Auslaufbereich	34
7.8 Bauausführung	34
8 Instandhaltung	34

8.1	Grundsätze	34
8.2	Inspektion	34
8.3	Wartung	35
8.4	Instandsetzung	35
Anhang A (informativ)	Prüfung der Erfordernis eines Sohlenbauwerks	36
Literaturhinweise		37

Bilder

Bild 1	Arten von Sohlenbauwerken	6
Bild 2	Rampe mit Bauelementen (Beispiele)	6
Bild 3	Ablaufschema für die Erfordernisprüfung eines Sohlenbauwerks	8
Bild 4	Grenzscheppspannung für nicht bindiges Sohlenmaterial	12
Bild 5	Grenzscheppspannung für bindiges Sohlenmaterial	13
Bild 6	Einteilung von Rampen in Bautypen sowie die möglichen hydraulischen Bauformen	15
Bild 7	Strömungsverhältnisse auf einer Rampe ohne Einbauten	16
Bild 8	Definition der Dimension bei Rampen mit Störsteinen	19
Bild 9	Dimensionen bei Rampen mit Beckenstruktur	21
Bild 10	Wasserspiegelverlauf bei einer Grundschwelle	22
Bild 11	Geometrische Größen für die Tosbecken-Bemessung	29

Tabellen

Tabelle 1	Grenzscheppspannungen τ_0	11
Tabelle 2	Erfahrungswerte der kritischen Sohl Schubspannung τ_{krit}	12

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 119-02-18 AA „Sohlenbauwerke“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) erarbeitet.

Ein weiteres Dokument für Wasserbauwerke (DIN 19661-1) beschreibt Kreuzungsbauwerke wie Durchleitungsbauwerke und Mündungsbauwerke.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber der 2021-04 zurückgezogenen Norm DIN 19661-2:2000-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm wurde insgesamt überarbeitet, Fehler wurden korrigiert und Festlegungen aktualisiert;
- b) die Norm wurde redaktionell überarbeitet;
- c) die Norm wird als eigenständige Norm geführt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für Planung, Bemessung, Bauausführung, Betrieb und Instandhaltung von Sohlenbauwerken wie

- Sohlenstufen (Rampen, Rampen mit Beckenstruktur, Rampen mit Störsteinen) und
- Schwellen (Sohlenschwellen und Grundswellen)

des Wasserbaus.

Bei Anwendung dieses Dokuments auf bestehende Sohlenbauwerke sind die am jeweiligen Sohlenbauwerk bereits vorliegenden Erkenntnisse und Erfahrungen auf angemessene Weise zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Aus Gründen der erforderlichen ökologischen Durchgängigkeit kommen Absturzbauwerke sowie Stützswellen kaum mehr zur Anwendung. Für eine Bemessung/Nachweisführung von Absturzbauwerken bzw. Stützswellen wird auf z. B. [Naudascher, E., 1992] verwiesen.

ANMERKUNG 2 Bauwerke für die Wildbachverbauung sind in DIN 19663 zu finden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4047-5, *Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe; Ausbau und Unterhaltung von Gewässern*

DIN 19657, *Sicherungen von Gewässern, Deichen und Küstendünen; Richtlinien*

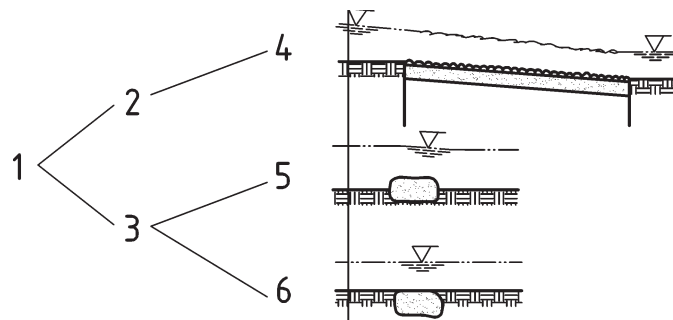
DIN EN 13383-1, *Wasserbausteine — Teil 1: Anforderungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4047-5 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term/>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>



Legende

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1 Sohlenbauwerk | 4 Rampe |
| 2 Sohlenstufe | 5 Grundschwelle |
| 3 Schwelle | 6 Sohlenschwelle |

Bild 1 — Arten von Sohlenbauwerken

3.1

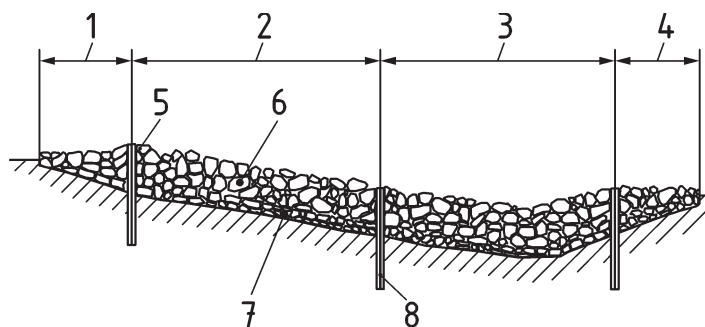
Sohlenbauwerk

Bauwerk zum Verhindern der Sohlenerosion, das quer zur Fließrichtung über die ganze Breite des Gewässers angeordnet ist, siehe Bild 1

3.2

Sohlenstufe

Sohlenbauwerk, mit dem ein Höhenunterschied in der Sohle eines Gewässers überwunden wird



Legende

- | | |
|---------------|----------------------------|
| 1 Vorboden | 5 Rampenkrone |
| 2 Rampenboden | 6 Deckschicht |
| 3 Tosbecken | 7 Filterschicht (Unterbau) |
| 4 Nachboden | 8 Spundwand |

ANMERKUNG Die Punkte 6 und 7 stellen Deckwerke dar.

Bild 2 — Rampe mit Bauelementen (Beispiele)

3.3

Rampe

Sohlenstufe mit rauer Oberfläche und einem höheren Gefälle (Bereich von 1 : 3 bis 1 : 50) als im örtlichen Gewässerabschnitt. Bauelemente einer Rampe sind beispielhaft Bild 2 zu entnehmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ausführung erfolgt in Schüttstein- oder auch Setzsteinbauweise.

Anmerkung 2 zum Begriff: Rampen werden weiter nach ihrem Bautyp in Rampen ohne Einbauten und Rampen mit Einbauten (z. B. Rampe mit Störsteinen, Rampe mit Beckenstruktur) unterschieden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Gewässerabschnitte mit einer Neigung flacher 1 : 50 gelten in der Regel als durchgängig.

3.4

Rampe ohne Einbauten

Sohlenstufe mit rauer Oberfläche ohne Einbauten in Form von Störsteinen oder Riegeln

3.5

Rampe mit Beckenstruktur

Sohlenstufe mit rauer Oberfläche und einer Beckenstruktur

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausführungsform wird auch als Riegelbauweise bezeichnet.

3.6

Rampe mit Störsteinen

Sohlenstufe mit rauer Oberfläche und Einbauten in Form einzelner Störsteine

3.7

Schwelle

Sohlenbauwerk, das die Gewässersohle festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Schwellen verhindern die Erosion zunächst ohne Veränderung des vorhandenen Sohlengefälles. Eintiefungen im Bereich der Schwellen sind jedoch oft unvermeidbar.

3.8

Grundschwelle

Schwelle, die nur wenig über die Sohle hinausragt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Grundschwellen sind nur dann zweckmäßig, wenn das zulässige Gefälle der unbefestigten Sohle nur wenig überschritten wird, oder wenn sie zur Niedrigwasseraufhöhung dienen.

3.9

Sohlenschwelle

Schwellen, die mit der Sohle bündig abschließen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Tritt Erosion auf, können Sohlschwellen über diese hinausragen und so den Grundschwellen gleichen.

3.10

Schüttsteinbauweise

Einbringen von Schüttsteinlagen aus Natursteinen auf ein vorbereitetes Planum

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Deckschicht ist zur Erzielung eines stabilen Steingerüsts mit einer Mindestschichtdicke auszuführen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anforderungen an Natursteine sind in DIN 19657 beschrieben.

3.11

Setzsteinbauweise

Natursteine von etwa gleicher, im Mittel vorgeschriebener Höhe werden hochkant, mit der größeren Fläche nach unten, auf ein vorbereitetes Planum gesetzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauweise wird auch als Setzpackbauweise oder geschlichtete Bauweise bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anforderungen an Natursteine sind in DIN 19657 beschrieben.

4 Grundsätze der Planung

4.1 Prüfung Erfordernis Sohlenbauwerk

Sohlenbauwerke dienen aus hydromorphologischer Sicht vorrangig der Sohlstützung und verhindern Erosion der Sohle. Sohlenbauwerke sind unter hydromorphologischen Gründen nur dann erforderlich, wenn das Sohlgefälle I_{Sohle} ohne Sohlenbauwerk größer als das lokal charakteristische und typkonforme Sohlgefälle ist, siehe Bild 3.

Daher ist bei der Planung an und für Sohlenbauwerke – vorbehaltlich anderer Gründe für deren Notwendigkeit oder Erhalt (z. B. Wasserkraftnutzung, Denkmalschutz, extrem hohe hydraulische Belastung) – zunächst eine Überprüfung hinsichtlich der grundsätzlichen hydromorphologischen Erfordernisse durchzuführen.

Die Entscheidungsfindung soll dabei auf gewässertypologischen Grundlagen beruhen und die Zielgröße für die Auslegung der Fließstrecken soll ein gewässertypkonformes Sohlgefälle sein.

ANMERKUNG Anhang A liefert weitere Hinweise zur Prüfung der Erfordernis eines Sohlenbauwerks.

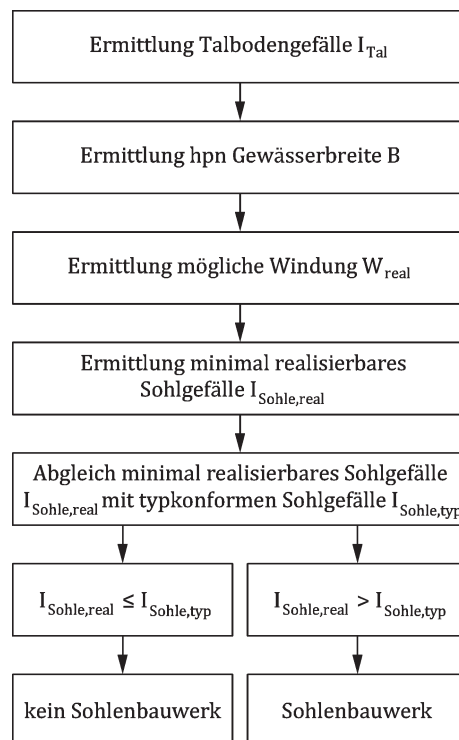


Bild 3 — Ablaufschema für die Erfordernisprüfung eines Sohlenbauwerks

4.2 Planerische Randbedingungen

Folgende Randbedingungen sind zu berücksichtigen:

— Hochwasser- und Niedrigwasserabflüsse

Der Bemessungshochwasserabfluss muss für das Sohlenbauwerk schadlos abgeführt werden können.

Die Durchgängigkeit des Bauwerks muss auch bei den für das Bauwerk relevanten Niedrigwasserverhältnissen unter Berücksichtigung der natürlichen Abflussspenden gegeben sein.

— Gewässerökologie und biologische Durchgängigkeit

Die nach Wasserhaushaltsgesetz festgelegten Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer stellen bei der Planung oder Änderung von Sohlenbauwerken nicht nur wichtige, zu berücksichtigende Randbedingungen dar, sie können oftmals auch der Auslöser für die Planung sein. In diesem Zusammenhang können insbesondere die Durchgängigkeit sowie die Struktur des Gewässers durch Sohlenbauwerke relevant beeinflusst werden. Bei der Planung von Sohlenbauwerken sind deshalb diese Aspekte unter Berücksichtigung der gewässertypischen Besiedlung besonders zu beachten.

Es ist sicherzustellen, dass das Bauwerk die Anforderungen an die biologische Durchgängigkeit für die dem jeweiligen Fließgewässertyp entsprechenden Zielfischarten erfüllt. Dabei ist neben der Passierbarkeit auch die Auffindbarkeit zu gewährleisten.

— Gewässermorphologische Verhältnisse und Sedimentdurchgängigkeit

Das Sediment bzw. Geschiebe ist integraler Bestandteil eines Fließgewässers. Grundsätzlich ist ein dem natürlichen Fließgewässertyp entsprechender Sedimenttransport anzustreben. Sohlenbauwerke sollten daher auch bei sohlstabilisierender Funktion eine ausreichende Sedimentdurchgängigkeit und Fließgewässerdynamik zulassen.

— Grundwasser und Grundwasserflurabstand

Die Auswirkungen möglicher Änderungen des Grundwasserflurabstandes auf die Umgebung sind zu berücksichtigen.

— Boden und Baugrund

Für die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Sohlenbauwerken sind die Boden- und Baugrundverhältnisse, insbesondere die Erosionsbeständigkeit und Filterstabilität, von wesentlicher Bedeutung. Die Mindestanforderungen an Art und Umfang geotechnischer Untersuchungen werden durch die Geotechnische Kategorie (siehe DIN EN 1997-2 und DIN 4020) des Bauvorhabens bestimmt.

— Naturschutzfachliche Rahmenbedingungen

Naturschutzfachliche Rahmenbedingungen, z. B. Schutzgebiete, Biotope, Vorkommen besonderer Arten, sind bei der Planung von Sohlenbauwerken zu berücksichtigen. Eine frühzeitige Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden wird empfohlen.

— Einbindung in die Umgebung

Auf eine ansprechende Einbindung des Sohlenbauwerks in das Landschafts- bzw. Stadtbild ist zu achten. Nach Möglichkeit sollten sich die Ausbildung des Bauwerks sowie die verwendeten Baustoffe am vorhandenen Naturraum und Gewässertyp orientieren.

— Denkmalschutz

Denkmalschutzbelange können grundlegende Auswirkungen auf die Planung von Sohlenbauwerken haben. Es empfiehlt sich eine frühzeitige Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden.

— Brücken, Leitungstrassen, Einmündungen, sonstige Bauwerke

Brücken, Leitungen, Einmündungen sowie sonstige Bauwerke am Gewässer (z. B. Düker) können je nach Größe und Funktion wesentliche Restriktionen für die Planung von Sohlenbauwerken darstellen. Die Planung ist auf den Bauwerksbestand abzustimmen.

— Möglichkeiten für Unterhaltung und Instandsetzung

Bereits bei der Planung von Sohlenbauwerken ist, je nach Größe und Funktion des Bauwerks, auf eine dauerhafte Zufahrtsmöglichkeit, auch nach Baufertigstellung, zu achten, um notwendige Unterhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten gewährleisten zu können.

— Sonstige Gewässernutzungen

Neben den genannten Randbedingungen sind die am Gewässer vorhandenen Nutzungen (z. B. Wassersport, Freizeit und Erholung) bei der Planung des Bauwerks möglichst zu berücksichtigen. So kann z. B. auch die Bootspassierbarkeit bei der konstruktiven Ausgestaltung des Sohlenbauwerks zu beachten sein.

5 Hydraulische Bemessung

5.1 Ermittlung des zulässigen Sohlengefälles der Gewässerplanungsstrecke

5.1.1 Ermittlung der maßgeblichen Bemessungsgrößen

Die maßgeblichen Bemessungsgrößen für die Gewässerplanungsstrecke können ermittelt werden durch:

- a) Beobachtungen und Messungen in der Natur und deren Auswertungen;
- b) hydraulische Berechnungen.

Das Ziel der Planung ist es das Gewässer typenkonform zu entwickeln (siehe 4.1).

Ggf. kann auch ein statisches morphodynamisches Gleichgewicht angestrebt werden. Ein vereinfachter Bemessungsansatz kann in diesem Fall 5.1.2 entnommen werden.

5.1.2 Sohlengefälle nach rechnerischen Verfahren bei statischem morphodynamischem Gleichgewicht

Hydraulische Voruntersuchungen für die Bestimmung des Ausbaugesälles $I_a \leq I_{zul}$ werden bei Gewässern ohne Geschiebezufuhr zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von der Grenzscheppspannung τ_0 vorgenommen. Bei Gewässern mit Feststofftransport treffen diese Voraussetzungen nicht mehr genau zu; erforderlichenfalls sind deswegen weitere Untersuchungen (z. B. mathematische Modellierung) durchzuführen.

5.1.2.1 Grenzscheppspannung

Zwischen Grenzscheppspannung τ_0 und zulässigem Sohlengefälle I_{zul} besteht bei gleichförmigem Abfluss folgender Zusammenhang:

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R \cdot I_{zul} \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (1)$$

Dabei ist

ρ die Dichte des Wassers [kg/m³];

g die Erdbeschleunigung [m/s²];

R der hydraulische Radius [m];

I_{zul} das zulässige Sohlengefälle [m/m].

Bei großen Abflussquerschnitten (Sohlbreite $s > \text{etwa } 20 \text{ h}$) kann vereinfachend für den hydraulischen Radius R die Wassertiefe h eingesetzt werden. Dabei ergibt sich eine über den Querschnitt gemittelte Scheppspannung.

5.1.2.2 Zulässiges Sohlgefälle

Das Ausbaugefälle $I_a \leq I_{zul}$ ist die für die Bemessung maßgebende Größe, die nach Gleichung (2) ermittelt wird zu:

$$I_{zul} = \tau_0 \cdot (\rho \cdot g \cdot R)^{-1} \text{ [m/m]} \quad (2)$$

Überschlägige Werte für die Grenzschleppspannung τ_0 sind in Tabelle 1 enthalten. Erfahrungswerte der kritischen Sohlschubspannung sind in Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 1 — Grenzschleppspannungen τ_0

Sohlenbeschaffenheit		τ_0 N/m ²
Einzelkorngefüge vorherrschend	Feinsand, Korngröße 0,063 mm bis 0,2 mm	1,0
	Mittelsand, Korngröße 0,2 mm bis 0,63 mm	2,0
	Grobsand, Korngröße 0,63 mm bis 1 mm	3,0
	Grobsand, Korngröße 1 mm bis 2 mm	4,0
	Grobsand, Korngröße 0,63 mm bis 2 mm	6,0
	Kies-Sand-Gemisch, Korngröße 0,63 mm bis 6,3 mm, festgelagert, langanhaltend überströmt	9,0
	Kies-Sand-Gemisch, Korngröße 0,63 mm bis 6,3 mm, festgelagert, kurzzeitig überströmt	12,0
	Mittelkies, Korngröße 6,3 mm bis 20 mm	15,0
	Grobkies, Korngröße 20 mm bis 63 mm	45,0
	plattiges Geschiebe 1 cm bis 2 cm hoch, 4 cm bis 6 cm lang	50,0
Boden wenig kolloidal	lehmiger Sand	2,0
	lehmhaltige Ablagerungen	2,5
	lockerer Schlamm	2,5
	lehmiger Kies, langanhaltend überströmt	15,0
	lehmiger Kies, kurzzeitig überströmt	20,0
Boden stark kolloidal	lockerer Lehm	3,5
	festgelagerter Lehm	12,0
	Ton	12,0
	festgelagerter Schlamm	12,0
Rasen verwachsen	Rasen, langanhaltend überströmt	15,0
	Rasen, kurzzeitig überströmt	30,0

Tabelle 2 — Erfahrungswerte der kritischen Sohlschubspannung τ_{krit}

Sohlenmaterial	τ_{krit} N/m ²	Sohlenschutzschicht	τ_{krit} N/m ²
Festgelagerter Sand bzw. feiner Kies	8 bis 10	Rasen, kurzfristig belastet	20 bis 30
Kolloidaler Lehm und Ton	10 bis 12,5	Rasen, längerfristig belastet	15 bis 18
Kies, d = 5 mm bis 10 mm	12,5	Spreutlage	30 bis 40
Kies, d ≈ 15 mm	15 bis 20	Rauwehr	40
Geröll, d ≈ 50 mm	30 bis 40	Pflaster je nach Dicke	70 bis 200
Geröll, d = 50 mm bis 100 mm	40 bis 60	Packwerk, Oberfläche gepflastert	170
Grobe Blöcke	240	Schüttsteine je nach Größe	100 bis 170

Die Grenzscheppspannung τ_0 für nichtbindiges (rolliges) Sohlenmaterial lässt sich auch mit Hilfe der Korngröße d (bei Korngemisch mittlerer Korndurchmesser d_m) ermitteln.

$$\tau_0 = \theta_C (\rho_s - \rho) g d \quad (3)$$

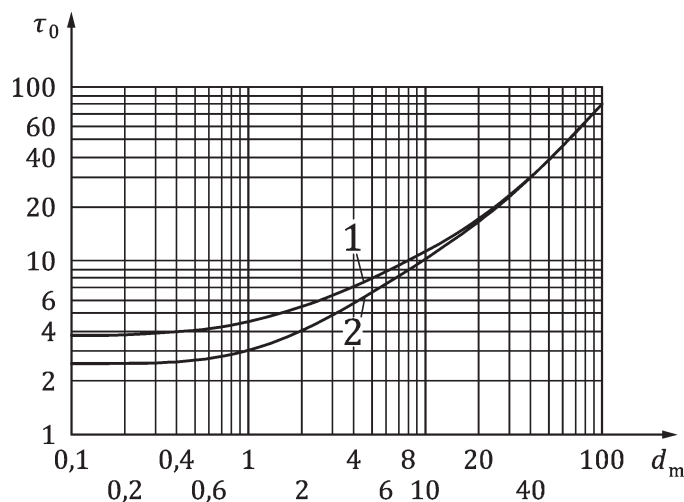
Dabei ist

θ_C der kritische Mobilitätsparameter [-];

ρ_s die Steinrohdichte [kg/m³].

ANMERKUNG θ_C kann vereinfacht zu 0,047 angenommen werden.

Die Grenzscheppspannung ergibt sich für unterschiedliche Schwebstoffführungen des Gewässers aus Bild 4.



Legende

- 1 hohe Schwebstoffführung
- 2 geringe Schwebstoffführung

Bild 4 — Grenzscheppspannung für nicht bindiges Sohlenmaterial