

Fachkonzept

**Düker- und Durchlassanlagen für Gewässer
sowie Ein- und Auslässe**



Die nachfolgend beschriebenen Anforderungen für „Düker- und Durchlassanlagen für Gewässer sowie Ein- und Auslässe“ sind mit Beschluss der Standardisierungskommission (SK) vom 28.06.2023 als Fachkonzept auf der Basis von Best Practice in der WSV festgelegt worden.

Beteiligungs- und Zustimmungsverfahren der Personalräte, Vertretungen schwerbehinderter Menschen, Gleichstellungsbeauftragten und den zuständigen Fachkräften für Arbeitssicherheit im Rahmen von Planungsprozessen konkreter Bauvorhaben bleiben hiervon unbenommen weiterhin bestehen.

SK /EG 8 „Düker- und Durchlassanlagen“

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	1
Anlagenverzeichnis.....	1
Abkürzungsverzeichnis.....	2
1. Vorbemerkungen.....	3
2. Geltungsbereich.....	3
3. Begriffe.....	4
4. Grundlagen.....	5
5. Düker- und Durchlassanlagen.....	6
5.1. Allgemeines.....	6
5.2. Konzeption.....	6
5.3. Anordnung von Durchleitungsbauwerken.....	8
5.4. Hydrologische Grundlagen und hydraulische Berechnung.....	8
5.5. Rohrwerkstoffe.....	10
5.6. Gestaltung der Ein- und Auslaufbauwerke.....	11
5.7. Bemessung der Ein- und Auslaufbauwerke.....	14
5.8. Standsicherheit und Nachweis gegen Materialtransport für Bauwerke in Dammstrecken.....	14
5.9. Anschluss des Vorfluters an die Ein- und Auslaufbauwerke.....	15
6. Ein- und Auslässe.....	16
7. Rückbau alter Bauwerke.....	16
8. Bauausführungsvermessung und Bauwerksaufnahme.....	18
9. Anforderungen an die Planungsunterlagen.....	18
10. Hinweise für die Ausschreibung.....	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Varianten zum Rückbau.....	17
---	----

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Sandfangbemessung nach hydraulischen Kriterien
Anlage 2: Längsschnitt und Draufsicht Düker im Rohrvortrieb
Anlage 3: Längsschnitt und Draufsicht Düker in offener Bauweise
Anlage 4: Detail Steigeleiter
Anlage 5: Details Rechen, Sicherheitsgitter
Anlage 6: Details Wanddurchführung Stahlrohr, Revisionsnische
Anlage 7: Hydraulischer Längsschnitt

Abkürzungsverzeichnis

BW _o	Oberer Betriebswasserstand
BW _u	Unterer Betriebswasserstand
Entwurf-AU	Entwurf-Ausführungsunterlage
DN/ID	Nennweite des Rohr-Innendurchmessers
DN/OD	Nennweite des Rohr-Außendurchmessers
DSV	Düsenstrahlverfahren
GFK (UP-GF)	Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe auf der Basis von ungesättigtem Polyesterharz
GOK	Geländeoberkante
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
HDD	Horizontalspülbohrung
HQ ₁₀₀	100-jährliche Abflussmenge
HW ₁₀₀	Wasserstand beim 100-jährlichen Hochwasser
MSD	Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen
MQ	mittlere Abflussmenge
NQ	niedrigste Abflussmenge
PE-HD	Polyethylen mit hoher Dichte
PVC-U	Hart-Polyvinylchlorid
SLW 30	Schwerlastwagen von 30t
SoHQ	höchste Sommerabflussmenge
VV-WSV	Verwaltungsvorschrift der Wasserstraßen und Schifffahrtsverwaltung
WiHQ	höchste Winterabflussmenge
WSV	Wasserstraßen und Schifffahrtsverwaltung
ZTV-W LB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau, Leistungsbereich

1. Vorbemerkungen

Für die Erarbeitung des Fachkonzeptes „Düker- und Durchlassanlagen für Gewässer sowie Ein- und Auslässe“ wurden vorliegende Erfahrungen des Neubaus und der Unterhaltung sowie aktuelle technische und wissenschaftliche Entwicklungen einschließlich den Erkenntnissen der Arbeitssicherheit gesammelt. Vorhandene Informationen und Regelungen wurden für die Erarbeitung von Empfehlungen ausgewertet und zusammengeführt. Dabei wurde unter Berücksichtigung technischer, nautischer, ökologischer, Unterhaltungs- und insbesondere wirtschaftlicher Belange eine WSV-spezifische Ergebnisoptimierung vorgenommen.

Ziel des Fachkonzeptes ist es für zukünftige vergleichbare Fragestellungen optimierte und standardisierte Lösungen und/oder Vorgehensweisen zur Verfügung zu stellen, um

- die Entwurfsaufstellung durch den Rückgriff auf abgestimmte Standards zu verbessern und zu vereinfachen sowie
- den Aufwand bei der Entwurfsprüfung zu reduzieren,
- durch Vorgabe von regionalen bundesweiten Standardlösungen eine wirtschaftliche Vergabe von Planungsleistungen an Dritte sowie deren Betreuung zu gewährleisten,
- durch optimierte Standardbauweisen zur weiteren Reduzierung der Bau-, Betriebs- und Unterhaltungskosten beizutragen.

Zukünftig gewonnene praktische Erfahrungen sollen weiterhin gesammelt und regelmäßig eingearbeitet werden. Geben Sie deshalb Ihre Erfahrungen und Wünsche gerne an die GDWS weiter. Entweder direkt über das Dezernat W24 „Management Kreuzungsbauwerke“ oder die Geschäftsstelle der Standardisierungskommission (stk.dez-U21@wsv.bund.de).

2. Geltungsbereich

Das Fachkonzept bezieht sich auf Düker- und Durchlassanlagen für Gewässer sowie Ein- und Auslässe für die Bearbeitung der vielfältigen Planungs- und Bauaufgaben der WSV. Es werden im wesentlichen Bauwerke, d.h. ein- oder mehrzügige Durchleitungsbauwerke mit Querschnitten von ca. 0,50 m bis ca. 4,00 m Durchmesser, behandelt. Kleinere oder größere Durchleitungsbauwerke können Abweichungen von diesen Grundsätzen erforderlich machen, die jedoch jeweils im Entwurf-AU zu begründen sind. Regelungen für andere Dükerarten (Kabel-, Mediendüker usw.) sind nicht Bestandteil dieses Fachkonzeptes. Die Kabel- und Mediendüker der WSV sind im Analogieschluss herzustellen. Es werden keine von den vorhandenen Richtlinien und Normen abweichende Festlegungen getroffen. Vielmehr werden erprobte Lösungen aus der Praxis als Best Practice aufgeführt und besondere Technologien beschrieben.

3. Begriffe

Durchleitungsbauwerke:

Durchleitungsbauwerke sind Kreuzungsbauwerke, die bei einer Kreuzung von Gewässern mit anderen Anlagen, wie Verkehrswegen, Wasserläufen und Dämmen notwendig werden.

Hierzu zählen:

- Düker, in denen ein Gewässer unter einem anderen Gewässer, Geländeeinschnitt oder tief-
liegenden Hindernis unter Druck durchgeleitet wird. Darüber hinaus bezeichnet man auch
Kreuzungsanlagen von Rohrleitungen für Abwasser, Trinkwasser, Öl, Gas oder Kabel mit ei-
nem Gewässer oder anderen Hindernissen als Düker.
- Durchlässe, in denen ein Gewässer überwiegend druckfrei, also in der Regel mit freiem Was-
erspiegel und erheblicher Einengung des Abflussquerschnittes unter einem Verkehrsweg
oder Damm durchgeleitet wird. Durchlässe können bei größeren Abflüssen zeitweise als
Druckleitung wirken.
- Düker und Durchlässe bestehen in der Regel aus einem Einlaufbauwerk, einem Mittelteil und
einem Auslaufbauwerk. Der Mittelteil kann aus runden Rohren oder aus Rahmenprofilen mit
Rechteckquerschnitt hergestellt sein. Bei großen Durchflussmengen können mehrere Rohre
(Kammern) nebeneinander angeordnet sein.

Ein- und Auslässe

Ein- und Auslässe werden bei der wasserwirtschaftlichen Nutzung von Gewässern notwendig, um
Wasser aus einem Gewässer auszuleiten oder in ein Gewässer einzuleiten. In diesem Fachkonzept
werden darunter zum Beispiel die Bauwerke verstanden, die im Hochwasserfall Abflussmengen des
Gewässers in die Wasserstraße einleiten, um somit den Hochwasserschutz sowie eine wirtschaftliche
Dimensionierung des Dükers zu ermöglichen. Dieses zusätzliche Wasser wird i.d.R. an anderer Stelle
mittels eines weiteren Bauwerks wieder aus der Wasserstraße ausgeleitet.

4. Grundlagen

- [1] DIN 4060, Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Elastomerdichtungen - Anforderungen und Prüfungen an Rohrverbindungen, die Elastomerdichtungen enthalten
- [2] DIN 16869, Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF)
- [3] DIN 18551, Spritzbeton – Nationale Anwendungsregelungen zur Reihe DIN EN 14487
- [4] DIN 19661 Blatt 1, Wasserbauwerke Teil 1, Kreuzungsbauwerke, Durchleitungs- und Mündungsbauwerke
- [5] DIN 19702, Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten
- [6] DIN EN 1401, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U)
- [7] DIN EN 1916, Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton
- [8] DIN EN 12666, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen - Polyethylen (PE)
- [9] DIN V 1201, Rohr und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und -kanäle - Typ 1 und Typ 2 - Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität
- [10] DIN V 1202, Rohrleitungen und Schachtbauwerke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für die Ableitung von Abwasser - Entwurf, Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, Bauausführung
- [11] DVGW A W343, Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich - Prüfung und Bewertung
- [12] DWA-A 125, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren
- [13] ATV-DVWK-A 127, statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen
- [14] DWA-M 616, Verkehrssicherung an Fließgewässern
- [15] Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD) der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Ausgabe 2011 mit ergänzenden Hinweisen von 2012
- [16] Vorschriften- und Regelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)
- [17] Querströmung an Binnenwasserstraßen durch Entnahme- und Einleitungsbauwerke, Erlass WS 12/5257.21/10 v. 16.03.2018
- [18] VV-WSV 2101, Bauwerksinspektion
- [19] VV-WSV 2107, Entwurfsaufstellung
- [20] VV-WSV 2602, Ingenieurvermessung im Bauwesen
- [21] Arbeitsbericht „Berechnungsansätze für die Rohrbelastung im Graben mit gespundetem Verbau“ der ATV-AG 1.5.5 in der Korrespondenz Abwasser 12/97

5. Dürker- und Durchlassanlagen

5.1. Allgemeines

- (1) Das Erfordernis für den Neubau eines Durchleitungsbauwerks ist nachzuweisen. Soweit es der bauliche Zustand eines im Falle des Wasserstraßenausbaus bereits vorhandenen Dürkers oder Durchlasses zuläßt, ist technisch und wirtschaftlich zu prüfen, ob das bestehende Bauwerk dem neuen Gewässerquerschnitt angepasst werden kann.
- (2) Bei der Planung oder dem Neubau eines Durchleitungsbauwerks sind die Erfahrungen, die bei der Unterhaltung einer im Falle des Ausbaus bereits vorhandenen Anlage gemacht worden sind, zu berücksichtigen. Abweichungen von den Grundsätzen sind zu begründen.
- (3) Aus wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten kann sich eine Zusammenfassung mehrerer Wasserläufe im Oberlauf und Kreuzung mit nur einem Durchleitungsbauwerk ergeben. Hierbei ist zu prüfen, ob dies mit den Belangen der Landeskultur und Wasserwirtschaft in Einklang gebracht werden kann.
- (4) In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sind u.a. verschiedene Alternativen (Lösungen nach verschiedenen Anforderungen) und Varianten (Lösungen nach gleichen Anforderungen) zu untersuchen. Zu betrachten ist die Nulllösung, da das Gewässer entfallen, in das zu kreuzende Gewässer eingeleitet oder umgelegt werden könnte. Aber auch eine mögliche Sanierung ist zu prüfen.
Ebenso sind die horizontalen Trassen seitlich neben oder an gleicher Stelle des Durchleitungsbauwerks sowie die vertikale Trasse mit der Tiefenlage, die u.a. durch das Bauverfahren für den Rohrstrang der Durchleitungsanlage beeinflusst wird, dokumentiert zu betrachten. Darüber hinaus ist das Bauverfahren für die Baugruben und den Rohrstrang (offenes oder geschlossenes Bauverfahren) zu untersuchen.
- (5) Grundsätzlich strebt die WSV die Ablösung von Durchleitungsbauwerken an.
- (6) Beim Neubau von Durchleitungsbauwerken ist für den Entwurf-AU ein Konzept für Betrieb und Unterhaltung aufzustellen.

5.2. Konzeption

- (1) Für neu zu bauende Mehrrohrdürker und -durchlässe mit größeren Durchmessern, die sich in ungedichteten Streckenbereichen befinden und bei denen die Einschwimrinne mit natürlichen Böschungen ausgebildet werden kann, ist erfahrungsgemäß der Bau des Durchleitungsbauwerks im Einschwimmverfahren die wirtschaftlichere Lösung.
- (2) Nach den aktuellen Erfahrungen ist ein Rohrvortrieb für ein Durchleitungsbauwerk bis einschließlich DN/ID 2.600 wirtschaftlicher als eine offene Bauweise. Ab DN/ID 3.000 ist eine offene Bauweise wirtschaftlicher als ein Rohrvortrieb. Dabei liegt der Grenzbereich für die Wahl des Bauverfahrens für ein Durchleitungsbauwerk in offener Bauweise oder im Rohrvortrieb zwischen DN/ID 2.600 und DN/ID 3.000. Die Länge des Durchleitungsbauwerks

unter dem Kanal und die Kanalsituation (Dammstrecke, Einschnitt) hat eine untergeordnete Bedeutung. Unabhängig von den aktuellen Erfahrungen ist im Rahmen der Planung eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchzuführen.

- (3) Die herzustellenden Mindestüberdeckungshöhen (Abstand: Oberkante Kanalsohle bis Oberkante Düker- oder Durchlassrohr) ergeben sich jeweils aus den nachzuweisenden erforderlichen Sicherheiten gegen Auftrieb, Ankerwurf sowie der jeweils verfahrensabhängigen Herstellgenauigkeit zuzüglich eines Sicherheitszuschlags. Auch ergeben sich verfahrensbedingt oder aus der Sicherung der Kanalsohle Mindestüberdeckungshöhen (z.B. Rohrvortrieb, HDD-Verfahren, Kanalsohldichtung, Ausblärsicherheit). Beim Rohrvortrieb ist die Notwendigkeit der Druckluftbeaufschlagung zu prüfen, um ggf. vor dem Bohrkopf Hindernisse unter dem Grundwasserstand beseitigen zu können. Eine Übersicht ist der DWA-A 125 zu entnehmen.
- (4) Für Durchleitungsbauwerke in Bereichen, in denen die Gewässersohle befestigt wird, ergibt sich zur Sicherung gegen Ankerwurf eine Mindestüberdeckung von 1,50 m. In Bereichen, in denen die Gewässersohle unbefestigt ausgeführt wird, sind die sich mit der Zeit gegebenenfalls einstellenden Sohlkolke durch eine entsprechende Erhöhung der Überdeckung zu berücksichtigen.
Falls dieses Maß nicht eingehalten werden kann, sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gegen mögliche Beschädigungen der Düker- und Durchlassrohre und zur Auftriebssicherung vorzusehen (z.B. Sohlbefestigung mit Beton).
Bei Durchleitungsbauwerken ist die Bemessungssituation „gesunkenes Schiff“ im Bereich des Wasserquerschnitts mit einer zusätzlichen Auflast von 28 kN/m² (für Wasserstraßenklasse Vb) zu berücksichtigen.
- (5) Bei der Herstellung von Düker- und Durchlassrohrleitungen im Vortriebsverfahren soll während des Bauzustandes mindestens eine Überdeckung von 3,00 m vorhanden sein. In Abhängigkeit vom gewählten Bauverfahren sind Sicherheiten gegen Ausbläser oder Austritte von Stützflüssigkeiten nachzuweisen.
- (6) Die Sicherheit gegen Auftrieb muss unter Berücksichtigung der ungünstigsten Wasserstände und unter Vernachlässigung günstig wirkender Wandreibungskräfte nachgewiesen werden.
- (7) Um Biegespannungen in Längsrichtung zu vermeiden, muss der Baugrund, auf dem die Rohre bei der offenen Bauweise verlegt werden, eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen und mit größter Sorgfalt vorbereitet werden.
- (8) Bei Herstellung von Düker- oder Durchlassrohrleitungen im Einschwimmverfahren ist der Rohrgraben des neuen Durchleitungsbauwerkes mit Material zu verfüllen, das auf den anstehenden Boden abgestimmt ist und unter Beanspruchung durch Schiffsverkehr nicht ausgespült wird. Erforderlichenfalls ist eine erosions sichere Deckschicht vorzusehen. Für das Füllmaterial des Rohrgrabens ist die Beständigkeit gegen Suffosion und Kontakterosion nachzuweisen.
- (9) Die Bodenauflockerungen durch das nachträgliche Ziehen der Spundwandbaugruben erhöhen gemäß Arbeitsbericht „Berechnungsansätze für die Rohrbelastung im Graben mit

gespundetem Verbau“ die Belastungen für das Rohr. Von diesem Phänomen, das anhand von Stahlbetonrohren dokumentiert worden ist, ist auch bei anderen Rohrmaterialien auszugehen. Dies ist durch geeignete Nachweise (Finite Elemente oder Ansätze des Arbeitsberichts) zu beachten. Die Auswirkungen des nachträglichen Ziehens sind durch geeignete Maßnahmen (breitere Baugruben, Baugrubenspundwand nicht ziehen, dickere Rohre) zu vermeiden oder die vorgenannten Maßnahmen sind zu kombinieren.

Bei Mehrrohrdükern oder -durchlässen kann eine Abminderung der Belastung als Mittelwert mehrerer Lastfälle analog ATV-DVWK-A 127 (Stufengraben) berücksichtigt werden.

- (10) Für fertiggestellte Baugruben und Schächte bei Rohrvortriebsarbeiten und Baugruben für die offene Bauweise sind die Zugänge ausreichend zu dimensionieren. Die Zugänge müssen den Anforderungen eines sicheren Verkehrswegs erfüllen sowie als Flucht- und Rettungsweg dienen können. Dabei sind vorrangig Treppen bzw. Treppentürme vorzusehen. Soweit Baustellenaufzüge geplant sind, sind zusätzlich energieunabhängig Fluchtweg einzuplanen. Leiteraufstiege und hochziehbare Personenaufnahmemittel (Personenförder- bzw. Arbeitskörbe) dürfen nur in Ausnahmefällen zum Einsatz kommen.
- (11) Die Spundwandoberkanten der Start- und Zielbaugruben für den Rohrvortrieb und die Baugruben für die offene Bauweise müssen auf BWo + 0,10 m hochgezogen werden.

5.3. Anordnung von Durchleitungsbauwerken

- (1) Ein Durchleitungsbauwerk kreuzt in der Regel das Gewässer möglichst rechtwinklig. Das neue Bauwerk ist von dem alten Bauwerk unter Berücksichtigung der ungünstigsten Bauzustände (Rohrgraben, Abbruch des alten Durchleitungsbauwerks, ggf. Sprengarbeiten) in einem ausreichenden Sicherheitsabstand in der Regel von mindestens 30 m anzuordnen.
- (2) In Dammstrecken sind die Ein- und Auslaufbauwerke grundsätzlich nicht im Dammquerschnitt zu platzieren.

5.4. Hydrologische Grundlagen und hydraulische Berechnung

- (1) Bei Durchleitungsbauwerken kreuzender Gewässer, die als Folge des Ausbaus der Wasserstraße ersetzt werden müssen, ist die WSV verpflichtet, die vorhandenen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse für das Gewässer und seine Anlieger ausbaubedingt nicht zu verschlechtern.

Diese Forderung soll bei der hydraulischen Bemessung des Durchleitungsbauwerks durch die Einhaltung der üblicherweise von den zuständigen Wasserwirtschaftsbehörden angegebenen Abflussmengen und zulässigen Wasserspiegellagen im Oberwasser des Bauwerks erfüllt werden. Bei der Bemessung kommt der schadlosen Ableitung des HQ_{100} und der Einhaltung des damit verbundenen zulässigen Aufstaus im Oberwasser HW_{100} besondere Bedeutung zu.

Oft werden als Bemessungsgrößen von den zuständigen Landesbehörden nur die abzuführenden Abflussmengen NQ , MQ und HQ_{100} angegeben, jedoch nicht die maximal zulässigen Oberwasserstände HW_{100} .

Bei fehlenden Angaben zu maximal zulässigen Wasserspiegellagen ist nachzuweisen, dass

sich die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse durch den Neubau bzw. Ersatz des Durchleitungsbauwerks nicht verschlechtern. Damit werden Regressansprüche von der WSV ferngehalten. Dieser Nachweis der Wasserstandsverhältnisse erfolgt mit den heute vorhandenen Bauwerksabmessungen und den aktuell genannten Abflussmengen.

Bei diesen theoretischen Wasserstandsermittlungen und -vergleichen für das vorhandene Bauwerk ist von den heutigen Verhältnissen auszugehen, d.h. von dem heute vorhandenen Durchleitungsbauwerk und von den aktuell von den zuständigen Wasserwirtschaftsbehörden angegebenen Abflussmengen, so dass im Ergebnis mögliche Veränderungen durch den Neubau gegenüber dem heutigen Zustand nachgewiesen werden können. Bei Forderung nach Leistungserhöhung ist eine Kostenbeteiligung des Dritten zu prüfen.

- (2) Durchleitungsbauwerke werden nach hydraulischen Erfordernissen dimensioniert. Sie müssen prinzipiell nicht begehbar sein. Sollte eine Begehbarkeit gefordert werden, sind die Mindestlichtmaße nach [4] einzuhalten.
Steigschächte müssen einen freien Querschnitt von mindestens 1,00 m x 1,00 m haben.
- (3) Je nach Verhältnis der Abflüsse NQ, MQ, HQ₁₀₀ zueinander kann es im Hinblick auf eine optimierte Selbstreinigung sinnvoll sein, bereits kleinere Durchleitungsbauwerke mit mehreren Rohren auszubilden. In diesem Fall ist ein Rohr als Niedrigwasserrohrleitung vorzusehen, die anderen Rohre sind durch Überlaufschwellen zu trennen. Diese sind strömungsgünstig auszubilden und so zu bemessen, dass bei HQ₁₀₀ die Leistungsfähigkeit jedes Rohres voll ausgenutzt wird.
Die Überlaufschwellen sind auch im Auslaufbereich anzuordnen, um ein Versanden der übrigen Düker- oder Durchlassrohre durch Rückströmung zu vermeiden.
In der Überlaufschwelle können verschließbare Durchflussöffnungen angeordnet werden, wenn der Aufstau beim Verschließen des Niedrigwasserrohres nicht hingenommen werden kann. Entsprechende Öffnungen sind dann auch in den Schwellen im Auslaufbereich anzuordnen.
Durchleitungsbauwerke mit mehreren Rohren sind so auszubilden, dass jedes Rohr separat verschließbar ist. Dazu sind im Ein- und Auslaufbauwerk Trennwände (mit Revisionsnischen) anzuordnen.
- (4) Die Durchflussquerschnitte sind so zu bemessen, dass Fließgeschwindigkeiten von 2,5 m/s bis 3,0 m/s - in Ausnahmefällen bis 4,0 m/s - im Durchleitungsbauwerkrohr nicht überschritten sowie Fließgeschwindigkeiten von 0,5 m/s möglichst nicht unterschritten werden.
Die Querschnitte der Rohre und die Höhen der Überlaufschwellen sind möglichst so aufeinander abzustimmen, dass in den einzelnen Rohren die optimale Geschwindigkeit mit größter Häufigkeit auftritt. Die optimale Geschwindigkeit liegt zwischen 0,8 m/s und 1,5 m/s. Sinngemäß gilt dies auch für Rechteckquerschnitte; sie sind durch Zwischenwände entsprechend zu unterteilen.
Einrohrdurchleitungsbauwerke sind möglichst nur bis zu einem Durchmesser von 1,50 m auszuführen, weil sonst die Fließgeschwindigkeiten bei geringer Wasserführung zu klein und Ablagerungen im Dükerrohr begünstigt werden.
- (5) Ein Sandfang ist nur vorzusehen, wenn er von der Wasserwirtschaftsverwaltung gefordert wird oder, wenn er eine wirtschaftlichere Reinigung des Dükers ermöglicht.

- (6) Die Bemessung von Sandfängen vor Dükern und Durchlässen ist nicht auf die Bemessungsabflussmenge von HQ 100 auszulegen, da bereits bei geringeren Abflüssen im Düker- bzw. Durchlassrohr mit einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 0,8 m/s die Selbstreinigung einsetzt. Die Bemessung der Sandfänge erfolgt bis zur Strömungsgeschwindigkeit von 0,8 m/s im Rohr. Die Sandfangbemessung wird in Anlage 1 beschrieben.
- (7) Die hydraulische Berechnung der Durchleitungsbauwerke muss mindestens folgende Nachweise beinhalten:
1. Ermittlung der Wasserstände am Auslaufbauwerk und des Düker- oder Durchlassaufstaus auf der Grundlage der für die Bemessung maßgebenden Abflussmengen (NQ, MQ, HQ₁₀₀, ggf. SoHQ, WiHQ).
 2. Bemessung des Vorfluters oberhalb und unterhalb des Durchleitungsbauwerk, wobei der durch die Durchleitungsbauwerke beeinflusste Bereich zu betrachten ist.
 3. Bemessung des Durchleitungsquerschnitts und Nachweis der Einhaltung des zulässigen Aufstaus durch den Düker oder den Durchlass im Oberwasser im Vergleich zu den heutigen Verhältnissen.
 4. Bemessung und Nachweis der ggf. vorhandenen Überlaufschwellen.
 5. Bemessung und Nachweis eines ggf. vorhandenen Sandfangs im Oberwasser des Durchleitungsbauwerks.

5.5. Rohrwerkstoffe

- (1) Das Mittelteil von Durchleitungsbauwerken kann aus Ortbeton oder aus Fertigrohren hergestellt werden. Fertigrohre können aus Stahl, Stahlbeton oder Kunststoff sein.
- (2) Stahlrohre
 Stahlrohre sind gegen Korrosion zu schützen. Der Korrosionsschutz ist mit der BAW abzustimmen.
 Für die Rohraußenflächen sind in der Regel Beschichtungen ausreichend. Im Bauvertrag ist ZTV-W LB 218 zu vereinbaren.
 Für die Rohrinnenflächen sollte wegen der größeren mechanischen Beanspruchung eine Zementmörtelauskleidung nach DVGW-Arbeitsblatt W 343 verwendet werden. Bei sehr großen Rohrdurchmessern ist zu prüfen, ob alternativ auch Spritzmörtel nach DIN 18551 oder werkmäßig hergestellter Spritzmörtel verwendet werden kann.
- (3) Stahlbetonrohre
 Für Rohrleitungen mit Nennweiten von DN 300 bis DN 4.000 können Stahlbetonrohre nach DIN EN 1916, DIN V 1201 und DIN V 1202 eingesetzt werden. Bei erhöhten Anforderungen ist für die Lieferung der Rohre die FBS-Qualitätsrichtlinie der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. zu vereinbaren. Zur Sicherstellung der Dichtheit der Rohrverbindungen sollten ausschließlich Gleitringdichtungen aus Elastomere nach DIN 4060 mit dichter Struktur und hohlraumfreiem Querschnitt eingesetzt werden.

(4) Kunststoffrohre

Kunststoffrohre sind vornehmlich für Kabeldüker oder für die Sanierung von Durchleitungsbauwerken geeignet. Als Material kommen PE-HD (DIN EN 12666), PVC-U (DIN EN 1401) in Frage.

GFK (UP-GF) Rohre (u.a. DIN 16869) können auch bei Rohrdurchmessern bis DN 2.700 eingesetzt werden.

5.6. Gestaltung der Ein- und Auslaufbauwerke

- (1) Die Übergänge zwischen dem Vorfluter und der Düker- oder Durchlassrohrleitung in den Ein- und Auslaufbauwerken sind hydraulisch günstig auszubilden.
- (2) Damit das Düker- bzw. Durchlassrohr im Bedarfsfall (z.B. Bauwerksinspektion oder Reparaturarbeiten am Korrosionsschutz des Dükerrohrs) trocken gehalten werden und aus dem zuvor trockengepumpten Ein- oder Auslaufbauwerk bei Regenfällen kein Wasser nachlaufen kann, ist die Unterkante des Dükerrohrs 0,15 m über der Sohle des Ein- und des Auslaufbauwerks anzuordnen.
Um das Trockenpumpen der Ein- und Auslaufbauwerke zu erleichtern, sind jeweils Pumpensümpfe 50/50/25 cm anzuordnen. Der Pumpensumpf ist jeweils seitlich des Durchleitungsrohres und gegenüber der Steigeleiter anzuordnen (siehe Anlagen 2 und 3).
- (3) Unmittelbar vor den Ein- und Ausläufen der Durchleitungsrohre ist ein genügend großer Arbeitsraum zum Reinigen des Dükers bzw. Durchlasses vorzusehen. Bei Einrohrdükern – bzw. -durchlässen bis DN/ID 1.200 soll die lichte Breite des Ein- und Auslaufbauwerks mindestens 2,00 m betragen; bei größeren Durchleitungsbauwerken lichter Rohrdurchmesser (> DN/ID 1.200) zuzüglich 2 x 0,40 m für Rohrwand und Bewegungsseitenraum. Die lichte Länge des Arbeitsraumes soll mindestens 3,00 m betragen. Die Sohle des Arbeitsraumes soll nicht steiler als 1:20 geneigt sein. In den Anlagen 2 und 3 sind die Abmessungen des Arbeitsraumes ersichtlich.
- (4) Die Arbeitsräume sind durch Steigeleitern in Nischen zugänglich zu machen (Auftrittsbreite mindestens 450 mm). Die Ausstiegshilfen am Austritt der Steigeleitern sind 1.100 mm hoch, mit einer Öffnungsbreite von 500 mm sowie ggf. versenkbar auszubilden. Die Leitersprossen sind aus Quadratstahl 30 mm x 30 mm hochkant herzustellen und im Abstand von 280 mm anzuordnen. Der Abstand von der ersten Sprosse bis zur Bauwerksoberkante hat 100 mm und der Abstand aller Sprossen zum Bauwerk 200 mm zu betragen. Bei Steigeleitern über 10 m sind Ruhepodeste vorzusehen. Diese Vorgaben sind in Anlage 4 näher dargestellt.
Es sind für alle Düker- und Durchlasshäupter mobile Davits mit Bodenhülsen zur Sicherung und Rettung von Personen sowie zum Herablassen von Material und Werkzeug an den Düker- und Durchlasshäuptern für jeden Arbeitsraum vorzusehen.
Alle Ausrüstungsteile (Geländer, Kantenschutz, Gitterroste, ...) sind feuerverzinkt oder aus Aluminium herzustellen (kein Edelstahl). Alle Bauteile, die begehbar sind (Leitern, Gitterroste, horizontaler Kantenschutz, ...), sind feuerverzinkt auszuführen. Gitterroste können auch aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellt werden.
Für die Durchführung der erforderlichen Bauwerkskontrollmessungen sind die im jeweiligen Messprogramm festgelegten Messpunkte, Aufstellflächen und Sichten freizuhalten.

- (5) Neben den Häuptionern der Durchleitungsbauwerke ist jeweils eine ausreichend große - mindestens 100 m^2 - befestigte Arbeits- und Ablagerungsfläche mit 2 % Quergefälle zur Entwässerung oberhalb von HW_{100} anzuordnen, auf der bei Reinigungsarbeiten Material abgelagert werden kann.
- (6) Da Düker- oder Durchlassanlagen jederzeit von Dritten (Erholungssuchenden, Kindern, Radfahrern usw.) erreicht werden können, sind zur Gefahrenabwehr Füllstabgeländer anzuordnen. Rostfreie Geländer (z.B. aus Aluminium) sind zu bevorzugen, da sie in der Unterhaltung weniger aufwendig sind. Notwendige Zugänge zu den Bauwerken sind mit abschließbaren Türen oder Toren in den Geländern zu gewährleisten.
- (7) Das Einlaufbauwerk ist vom Rechen bis zur Rohreinmündung und das Auslaufbauwerk von der Rohrausmündung bis zur Nische des Revisionsverschlusses mit Gitterrosten abzudecken (siehe Anlagen 2 und 3).
Die Ein- und Auslaufbauwerke sollen mit nicht befahrbaren Gitterrosten nach den gültigen Unfallverhütungsvorschriften abgedeckt werden, die in der Regel für eine Verkehrslast von $3,5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen sind. Die Nichtbefahrbarkeit wird dadurch gewährleistet, dass die Oberkanten der Ein- und Auslaufbauwerke mindestens 20 cm oberhalb der angrenzenden Arbeitsflächen oder des Betriebsweges liegen und damit wie ein hoher Bordstein wirken. Für den Fall, dass die Häuptionern der Durchleitungsbauwerke nach Abstimmung mit der Unterhaltung mit schwerem Baugerät befahrbar hergestellt werden müssen, sind entsprechende konstruktive Vorkehrungen vorzusehen.
Gitterroste sollen mindestens 0,50 m über HW_{100} liegen. Die Gitterrostabdeckungen müssen verschließbar sein. Der Bereich der Leitern sollte gesondert abgedeckt werden, um das Aufnehmen aller Roste für einen einmaligen Einstieg vermeiden zu können.
Wenn die Gitterroste für Unterhaltungsarbeiten herausgenommen werden können, ist der Bereich durch Geländer (fest oder mobil) mit Toren im Bereich der Leitern zu sichern. Die Geländer sind soweit wie möglich an die Absturzkante heranzuführen, damit nach der Gitterrostentfernung keine Möglichkeit besteht, sich hinter dem Geländer an der Absturzkante zu bewegen.
- (8) An den Stirnwänden der Ein- und Auslaufbauwerke muss ein Geländer vorhanden sein, auch wenn die Bauwerke mit begehbbaren Gitterrosten abgedeckt sind. Die Geländer sind als Füllstabgeländer zu planen und auszuführen. Die Geländer sind mit einer Höhe von mindestens 1,30 m herzustellen, wobei 20 cm zwischen Oberkante Düker- und Durchlasshauptwand über den angrenzenden Arbeitsflächen bzw. Betriebswegen abzuziehen sind (siehe Anlagen 2 und 3). Bei automatischen Rechenreinigungsanlagen sind abweichende Höhen entsprechend der Maschinenrichtlinie herzustellen.
Die Oberkante der Stirnwand soll mindestens 0,50 m, der Betriebsweg 0,30 m über HW_{100} liegen.
- (9) Die Mündung des Dükerrohrs im Einlaufbauwerk soll so angelegt werden, dass auch bei Niedrigwasser (hydrostatischer Stau) ein ausreichender Wasserverschluss (mind. 0,15 m) vorhanden ist, um Treibzeug vom Rohr fernzuhalten. Die Forderung nach einem ausreichenden Wasserverschluss ist erfüllt, wenn der Hochpunkt des Auslaufgrabens mindestens 0,15 m höher als der Rohrscheitel des Dükerrohrs im Einlaufbauwerk liegt (siehe H1

in den Anlagen 3 und 7). Falls die Geländeverhältnisse es nicht anders zulassen (z.B. in tieferen Einschnittsstrecken), ist die erforderliche Höhendifferenz durch einen Sohlabsturz im Einlaufbauwerk herzustellen. Hierbei sind in besiedelten Gebieten freie Abstürze und somit Prallflächen zu vermeiden, die einen hohen Geräuschpegel erzeugen und durch die Konstruktion des Bauwerkes gerichtet abgestrahlt werden können (sinngemäß gilt dies auch für Einlässe). Bei Dükern in Damfstrecken und in flacheren Einschnittsstrecken ist der Höhenunterschied zwischen Oberkante Einlaufsohle und Zulaufgraben durch einen in der Sohle bis zu 10 % geneigten Übergangsraben auszugleichen. Dieser Übergangsraben ist zu befestigen. Der Beginn dieser Befestigung ist zu sichern.

(10) In Fließrichtung des Vorfluters sind am Einlaufbauwerk für jedes Rohr gesondert in folgender Reihenfolge anzuordnen (siehe auch Anlage 3):

- a) Nische für Revisionsverschlüsse,
- b) Halterungen und Aussparungen für einen Grobrechen (nur im Einlaufbauwerk),
- c) Steigeleitern in Nischen und
- d) Lattenpegel

Steigeisen sind nicht anzuordnen.

Im Auslaufbauwerk erfolgt die Anordnung in umgekehrter Reihenfolge.

Ggf. sind Sicherheitsgitter vorzusehen.

(11) Zur Vereinfachung der Unterhaltung sollten bei allen Dükern- und Durchlassneubauten mit gleichen Rohrdurchmessern die Abmessungen der Einlauf- und Auslaufbauwerke, insbesondere die Maße der Revisionsverschlüsse, vereinheitlicht werden. Die Lagermöglichkeiten der Revisionsverschlüsse sind im Entwurf-AU zu berücksichtigen.

(12) Wenn mit Treibgut zu rechnen ist, sind im Einlaufbauwerk Rechen vorzusehen. Der Stababstand soll ca. $\frac{1}{3}$ des geringsten Querschnittsmaßes betragen und in der Regel zwischen 10 cm und 40 cm liegen. Die Neigung des Rechens ist nicht zu steil zu wählen (bewährt haben sich 20°). Um einen Teilabfluss auch bei durch Treibzeug dichtgesetzten Rechen zu gewährleisten, sind Tauchrechen vorzuziehen. Dabei sollte der Abflussquerschnitt unterhalb des Niedrigwasserstandes freigehalten werden. Details derartiger Rechen können Anlage 5 entnommen werden.

Rechen können auch die Funktion von Sicherheitsgittern übernehmen und werden aus diesem Grund häufig zusätzlich auf der Auslaufseite angeordnet. In Anlehnung an die DIN-Normen und den Arbeitssicherheitsvorschriften sind zum Schutz von Kindern der Stababstand der Sicherheitsgitter nicht größer als 12 cm herzustellen. Auch ist der hydraulische Aufstau durch ein solches Sicherheitsgitter zu beachten. Im Entwurf-AU ist die Notwendigkeit von Sicherheitsgittern zu prüfen. Die Notwendigkeit von Sicherheitsgittern besteht, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Gefahrensituation den Nachteil einer aufwendigen Unterhaltung überwiegt und keine anderen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr möglich sind (z.B. durch Einzäunen, Beschilderung o.ä.). Im Entwurf-AU ist die Notwendigkeit von Sicherheitsgittern zu prüfen.

Rechen müssen herausnehmbar sein. Die Zugänglichkeit zum Zwecke der Reinigung muss

gegeben sein. Ggf. ist die Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit einer automatischen Reinigungsanlage oder einer Alarmeinrichtung zu prüfen. Querstäbe sollten möglichst weit oben bzw. unten angeordnet werden.

- (13) Die Arbeitsflächen im Bereich der Ein- und Auslaufbauwerke sowie die befestigten Zufahrten sind für ein für 30 t-Fahrzeuge (SLW 30) herzustellen. Die Arbeitsflächen sind auch für die Nutzung als Kranaufstellflächen z.B. zum Einheben von Revisionsverschlüssen zu konzipieren.

5.7. Bemessung der Ein- und Auslaufbauwerke

- (1) Es ist sowohl die innere Standsicherheit (Biege- und Querkraftnachweise) als auch die äußere Standsicherheit (Gleiten, Kippen, Grundbruch) nachzuweisen. Dabei sind die maßgeblichen Grundwasserdruckbelastungen auf Grundlage der Lastfälle gemäß MSD zu ermitteln.
Zusätzlich ist eine ausreichende Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch der Grabensohle im Anschluss an die Bauwerke zur Verhinderung eines Materialtransports nachzuweisen. Dadurch ergibt sich ggf. das Erfordernis einer Sickerwegsverlängerung (Spundwand etc.).
- (2) Die Ein- und Auslaufbauwerke sind entweder in Spundwand- oder in Stahlbetonbauweise herzustellen. Die Herstellung durch Betonfertigteile hat sich als wirtschaftlich herausgestellt. Für die massiven Teile ist entsprechend der ZTV-W LB 215 Beton mit hohem Wassereindringwiderstand zu verwenden. Soweit der Beton mit aggressivem Wasser oder Boden in Berührung kommt, sind besondere Maßnahmen (z.B. HS-Zement) zu treffen.
- (3) Die Mindestdicken der Sohle und der Wände dürfen auch im Bereich der Pumpensümpfe bzw. der Nischen 0,40 m nicht unterschreiten.
Bei kombinierten Spundwand-/Stahlbetonbauwerken sind die Dicken der Betonwände nach statischem Erfordernis zu wählen.
Fugen sind entsprechend der ZTV-W LB 215 abzudichten.
In den Betonwänden um die Düker- und Durchlassrohren sind jeweils Injektionsschläuche für ein nachträgliches Verpressen gegen Wasserumflauigkeiten anzuordnen (siehe Anlage 6).

5.8. Standsicherheit und Nachweis gegen Materialtransport für Bauwerke in Dammstrecken

Die Dammstandsicherheit im Bereich der Ein- und Auslaufbauwerke, des Dükers bzw. des Durchlasses selbst, sowie die Standsicherheit der Ein- und Auslaufbauwerke sind u.a. für die außergewöhnliche Bemessungssituation (versagende Kanaldichtung) gesondert nachzuweisen (siehe MSD).

5.9. Anschluss des Vorfluters an die Ein- und Auslaufbauwerke

- (1) Der neu zu dükernde Wasserlauf ist möglichst nah mit unverändertem Gefälle und Gewässerquerschnitt an das neue Durchleitungsbauwerk heranzuführen. Es ist zweckmäßig, zwischen Vorfluter und Durchleitungsbauwerk (einschließlich Sandfang) eine definierte räumliche Trennung (Betonschwelle, Pfahlreihe etc.) herzustellen, um eine eindeutige Grenze für die spätere Unterhaltung durch den jeweils Unterhaltungspflichtigen zu erhalten. Im Weiteren ist es zweckmäßig, Bereiche, die an Dritte abgegeben werden müssen, möglichst einfach auszubilden, um ggf. anfallende Ablösungszahlungen zu minimieren.
- (2) Bei Dükern und Durchlässen deren Gewässer verrohrt sind, sind in Abstimmung mit dem Gewässerbetreiber Revisionschächte anzuordnen.
- (3) Die Sohle und die Böschungen des Vorfluters sind in der Regel unmittelbar vor dem Einlaufbauwerk und unmittelbar hinter dem Auslaufbauwerk auf einer Strecke von etwa 10 m mit voll verklammerten Schüttsteinen oder einer gleichwertigen Ausführung zu befestigen. Unter den Wasserbausteinen ist ein Filter vorzusehen. In Böschungsbereichen sollte dieser Filter aus Standsicherheitsgründen aus gebrochenem Material hergestellt werden. Die freien Ränder der Flächen sind gegen Unterspülung zu sichern. Bei dichter Befestigung (z.B. voll verklammerten Wasserbausteinen) ist ein Wasserüberdruck konstruktiv durch Entlastungsöffnungen zu vermeiden.
Die Entlastungsöffnungen müssen geeignet sein, auch bei ungünstiger hydraulischer Belastung (z.B. erhöhte Grundwasserstände infolge Ausfall Kanaldichtung) einen Wasserüberdruck und insbesondere einen Materialaustrag zu verhindern. Auch bei Anordnung von Entlastungsöffnungen ist die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch der Grabensohle für die maßgebende Bemessungssituation nachzuweisen.
In der gesicherten Grabenstrecke ist eine Böschungstreppe anzulegen. Ein Handlauf ist entlang der Böschungstreppe vorzusehen. Bei höheren Böschungen ($H = 2,0$ m) ist im Bereich dieser Pflasterstrecke etwa 1,8 m über der Grabensohle eine Arbeitsberme von etwa 2,5 bis 3,0 m Breite vorzusehen.
- (4) In Dammstrecken sollen die Zu- und Ablaufgräben möglichst nicht unmittelbar am Dammfuss parallel zum Damm geführt werden.
- (5) Der Sandfang, der Wände aus Spundwandbohlen oder Beton hat, ist zum Gewässer hin mit Revisionsverschlüssen herzustellen, um eine handnahe Bauwerksprüfung zu ermöglichen.

6. Ein- und Auslässe

- (1) Soweit die Geländeverhältnisse und die wasserwirtschaftlichen Randbedingungen es zulassen und ein Anschluss an einen benachbarten Düker bzw. Durchlass zu aufwendig ist, können Vorfluter in den Kanal eingeleitet werden. Ferner sind Hochwasserabschläge in das Gewässer möglich. Voraussetzung für beides ist, dass die vorhandene und künftig zu erwartende Güte des aufzunehmenden Wassers einwandfrei ist. Dem Einlass ist im allgemeinen ein Sandfang vorzuschalten. Schwimmstoffe sind durch einen Rechen fernzuhalten; ggf. ist auch eine automatische Rechenreinigungsanlage vorzusehen. Die Belange der Wasserbewirtschaftung sind im Einvernehmen mit den Wasserwirtschaftsbehörden zu berücksichtigen.
- (2) Das Wasser ist so ein- bzw. aufzuleiten, dass die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt nicht gefährdet wird. Die Querströmungen dürfen bei einer überschläglichen Bemessung den im Erlass „Querströmungen“ (WS12/5257.21/10 vom 16.03.2018) festgelegten Grenzwert nicht überschreiten.
- (3) Bei Einleitung von Abflussmengen ist zu prüfen, ob der Kanal diese Menge ohne Gefährdung aufnehmen kann und wo die Ableitung des Wassers aus dem Kanal erfolgen kann. Dies gilt insbesondere für Hochwassereinleitungen.

7. Rückbau alter Bauwerke

- (1) Eine Sicherung des Altbauwerks oder ein Rückbau erfolgt unter den Aspekten der Standsicherheit des Gewässerbetts und der Wirtschaftlichkeit. Die Entscheidung wird in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zum Entwurf getroffen. Unter wirtschaftlichen Aspekten werden beim Ersatz oder einer Außerbetriebnahme die Dükerrohre gereinigt und mit Dämmern verpresst sowie die Aus- und Einlaufbauwerke rund 1,0 m unter Geländeoberkante abgebrochen nachdem in den Dammlagen ggf. eine Sicherung durch eine Dichtwand erfolgt ist.
- (2) In Einschnittsstrecken sind alte Durchleitungsbauwerke in der Regel möglichst vollständig zu entfernen, wenn die Teile der Altanlage im Ausbauprofil liegen und der Ausbau zeitnah geplant ist. Der Abbruchbereich ist, mit einem auf den anstehenden Boden filterstabil abgestimmten und in sich suffosionssicheren Boden, zu verfüllen. In einer Kanalsole ohne Deckwerk muss der Verfüllboden auch erosionsicher sein.
- (3) In Dammstrecken sollten die alten Düker möglichst vollständig entfernt werden, wenn die Teile der Altanlage im Ausbauprofil liegen und der Ausbau zeitnah geplant ist. Verbleibende Hohlräume sind mit Dämmern zu verfüllen. Für die verbleibenden Bauwerksteile sind alle erforderlichen Nachweise gemäß des MSD zu führen und die geforderten Sicherheiten nachzuweisen.
- (4) Das Problem der Sicherung der vorhandenen alten Durchleitungsbauwerke in Dammstrecken kann u.a. durch folgende Varianten gelöst werden:

Variante 1

1. Einbau eines Pfropfens im Rohr am wasserseitigen Ende des zu sichernden Durchleitungsbauwerks.
2. Verdämmung des Düker-/Durchlassrohrs vom Pfropfen bis zum alten Ein-/Auslaufbauwerk.
3. "Loch an Loch"-Bohrung im Bereich des Kanalseitendammes, wo die Spundwand-Schürze parallel zum Kanal durch das vorhandene Bauwerk gerammt werden soll und unmittelbar wasserseitig des vorgenannten Pfropfens, um das zu beseitigende Bauwerk maßgerecht und erschütterungsfrei abbrechen zu können.
4. Rammen der sicherwegsverlängernden gedichteten Spundwand-Schürze (mindestens 5 m tiefer als das vorhandene Bauwerk) und mindestens je 10 m seitlich des Dükers/Durchlasses.
5. Ggf. restloser Abbruch des alten Dükers oder Durchlasses im Bereich des vertieften und verbreiterten neuen Kanalquerschnitts einschließlich altem Ein- bzw. Auslaufbauwerk und Verfüllung mit einem filtergerecht auf den anstehenden Boden abgestimmten, in sich suffosionssicheren und im Bereich der Kanalsohle erosionsicheren Material.
6. Teilabbruch des alten Ein- bzw. Auslaufbauwerks 1,0 m unter GOK auf der Nichtverbreiterungsseite und Verfüllung des Abbruchbereichs mit einem filterstabilen, suffosionssicheren Material.

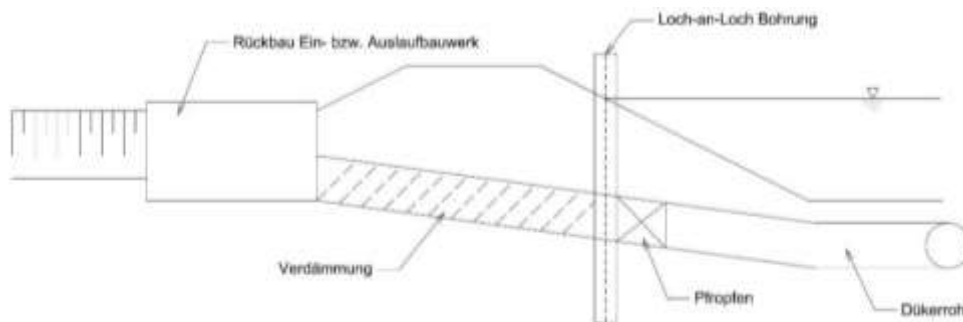


Abbildung 1: Varianten zum Rückbau

Variante 2

Wie Variante 1, jedoch ohne Durchtrennung des vorhandenen Dükers oder Durchlasses durch "Loch an Loch"-Bohrung. Die Spundwand-Schürze im Kanalseitendamm kann dementsprechend im Bereich des vorhandenen Rohres und darunter nicht geschlagen werden.

Um einen Materialtransport entlang des vorhandenen Bauwerks zu vermeiden, wird im Bereich der Spundwand-Schürze im vorhandenen Kanalseitendamm, und insbesondere unterhalb des vorhandenen Bauwerks, ein Dichtkörper mittels DSV erzeugt. Ziel dieses Dichtkörpers ist es, den Freiraum zwischen dem vorhandenen Bauwerk und der Spundwand zu schließen, ohne dass Arbeiten an der Spundwand und dem vorhandenen Bauwerk notwendig werden.

Variante 3

Verdämmung des vorhandenen Bauwerks wie bei Variante 1.

Anstelle einer Spundwand-Schürze kann am Dammfuss zur Vermeidung eines hydraulischen Aufbruchs ein Auflastfilter angeordnet werden.

Welche Variante zur Ausführung gelangen soll, ist je nach Situation im Einzelfall zu entscheiden. Die Lage des verbleibenden Altbauwerks ist zu dokumentieren und der Abbruchplan ist in das Baubestandswerk aufzunehmen.

8. Bauausführungsvermessung und Bauwerksaufnahme

- (1) Für den Neubau von Durchleitungsbauwerken ist die Notwendigkeit eines Messprogramms nach VV-WSV 2602 für den Entwurf-AU zu prüfen. Für die Bauausführung ist in der Regel ein Messprogramm aufzustellen. Bei komplexeren Bauwerken sind vom Tragwerksplaner statische Kennwerte (z.B. zu erwartende Verformungen, kritische Verformungen) für die Aufstellung von Messkonzepten und -programmen abzufordern. Für die Unterhaltung ist nach der Gewährleistungsabnahme die Fortsetzung der Ingenieurvermessung nach dem Messprogramm regelmäßig zu prüfen.
- (2) Zur Erfassung des fertiggestellten Bauwerkes ist eine Bauwerksaufnahme (Nullmessung) zu veranlassen. Die erforderlichen Festlegungen sind vorher interdisziplinär zu treffen.
- (3) Bei offener Bauweise sind in dem Messprogramm für die Stahlrohre Ovalitätsmessungen vor dem Einschwimmen und vor dem Einbringen der Zementmörtelaukleidung bzw. des Spritzmörtels an klar definierten Punkten aufzunehmen. Bei allen Rohren von Durchleitungsbauwerken sind vor dem Fluten zur Inbetriebnahme Ovalitätsmessungen durchzuführen.

9. Anforderungen an die Planungsunterlagen

- (1) Die Blickrichtung bei darzustellenden Längsschnitten von Dükern bzw. Durchlässen ist in Richtung der Wasserstraßenkilometrierung zu wählen.
- (2) Lagepläne und Längsschnitte sind im Entwurf-AU im Maßstab 1:100 darzustellen, für Details ist ggf. ein größerer Maßstab zu wählen. Ein Übersichtsplan ist im Maßstab 1:1.000 zu fertigen. Der Anschluss an das öffentliche Wegenetz ist darzustellen.
- (3) Jedes Durchleitungsbauwerk ist in einem hydraulischen Längsschnitt (siehe Anlage 7) mit folgenden wesentlichen Angaben schematisch darzustellen
 - Maßgebliche Bemessungswasserstände und -mengen
 - Maximaler Aufstau durch das Bauwerk im Oberwasser
 - Anschlüsse an die Gräben
 - Ggf. Anschlüsse an den Sandfang
 - Gewährleistung des Wasserverschlusses bei Dükern

Hinweise für die Ausschreibung

- (1) In der Veröffentlichung und in der Angebotsaufforderung sind insbesondere folgende Mindestanforderungen für Nebenangebote zu benennen:
 - Sicherheit der Baudurchführung in allen Bauphasen
 - Sicherheit der Schifffahrt
 - Behinderung der Schifffahrt
- (2) Für Nebenangebote im Vortriebsverfahren oder in offener Bauweise sind die entsprechenden Randbedingungen (z.B. die Mindestüberdeckung im Bauzustand, die einzuhaltenen Sohlhöhen im Einlauf- und Auslaufbauwerk) in der Ausschreibung anzugeben.
- (3) Für Nebenangebote sind auch für die Varianten immer Vorgaben aufzustellen. So kann z.B. für die Baugruben anstatt der kreisförmigen überschnittenen Bohrpfahlwand mit Betonholm auch eine ausgesteifte Spundwandbaugrube möglich sein. Für die Herstellung der Dükerhäupter ist anstatt der Fertigteilbauweise eine Ortbetonbauweise zu ermöglichen.
- (4) Für die Bauausführungsvermessung des Auftragnehmers sind die erforderlichen Vorgaben zu machen.

Anlagen

Anlage 1: Sandfangbemessung nach hydraulischen Kriterien

Anlage 2: Längsschnitt und Draufsicht Düker im Rohrvortrieb

Anlage 3: Längsschnitt und Draufsicht Düker in offener Bauweise

Anlage 4: Detail Steigeleiter

Anlage 5: Details Rechen, Sicherheitsgitter

Anlage 6: Details Wanddurchführung Stahlrohr, Revisionsnische

Anlage 7: Hydraulischer Längsschnitt

Sandfangbemessung nach hydrologischen Kriterien

Für die Sandfangbemessung gelten die nachfolgenden hydrologischen Kriterien:

- Die Selbstreinigung eines Dükers setzt bei Strömungsgeschwindigkeiten im Düker von etwa $v_{Dr} \geq 0,80$ m/s ein.
- Ab diesem Grenzwert ist ein Rückhalt des Geschiebes nicht erforderlich, da eingetragenes Material durch den Düker in den Unterlauf transportiert werden kann.
- Es ist ausreichend, den Sandfang für Abflussmengen auszulegen, deren resultierende Strömungsgeschwindigkeiten im Düker den o.g. Wert v_{Dr} zzgl. einem Sicherheitsmaß von 0,10 m/s unterschreiten. Damit ergibt sich für die Sandfangbemessung nach hydrologischen Kriterien ein Grenzwert für die Strömungsgeschwindigkeit im Düker von $v_D = 0,90$ m/s. Bis zu diesem Wert darf im Sandfang eine Strömungsgeschwindigkeit von $v_{Sandfang} = 0,30$ m/s nicht überschritten werden.
- Durch diese Vorgehensweise wird einerseits die erforderliche Sandfanggröße auf ein hydrologisch und wirtschaftlich sinnvolles Maß reduziert. Andererseits werden durch eine Erhöhung der Geschiebefracht durch den Düker mögliche Erosionen im Unterlauf vermindert.
- Als weiteres Bemessungskriterium ist die mindestens einzuhaltende Sandfanglänge zu berücksichtigen, die für ein Absetzen der Sedimente erforderlich ist. Im allg. werden in Sandfängen Körnungen über 0,2 mm erfasst. Die theoretische Sandabscheidung lässt sich aus der Sedimentation im freien Fall ermitteln. In der Praxis können für die Ablagerung von Sandkörnern beliebiger Form für alle Reynoldszahlen die Sinkgeschwindigkeiten mit

$$w_s = \frac{11 \cdot v_w}{d_k} \left(\sqrt{1 + 0,01 \cdot D^{0,5}} - 1 \right)$$

mit: w_s = Sinkgeschwindigkeit des Einzelkorns (cm/s)
 d_k = Korndurchmesser (cm)
 v_w = kinematische Zähigkeit (cm²/s)

$$v_w = \frac{0,0178}{(1 + 0,0337 \cdot t + 0,00022 \cdot t^2) \cdot \rho_w}$$

mit: t = Wassertemperatur (°C)
 ρ_w = Dichte des Fluids (g/cm³)
für Süßwasser $\rho_w = 1,0$ g/cm³

D^* = sedimentologischer Korndurchmesser (-)

$$D^* = \left(\frac{(\rho_s - \rho_w) \cdot g}{\rho_w \cdot \nu_w^2} \right)^{1/3} \cdot d_k$$

mit: ρ_s = Dichte des Sediments (g/cm³)
für natürliche Sedimente $\rho_s = 2,65$ g/cm³
 $\Rightarrow D^* = 11,74 \cdot d_k / \sqrt{\nu_w^2}$ (-)

Bei dieser Betrachtung wird die mögliche Wiederaufwirbelung von Sedimenten durch Randturbulenzen nicht berücksichtigt. Diese Vernachlässigung erscheint zulässig, da bei der Berechnung die erforderliche Sandfanglänge für das kleinste abzulagernde Korn, das sich zum Zeitpunkt des Eintritts in den Sandfang an der Wasseroberfläche befindet, ermittelt wird.

Der nachfolgenden Abbildung sind für Körner beliebiger Form mit $\rho_w = 1,0$ g/cm³, $\rho_s \approx 2,65$ g/cm³ bei einer Wassertemperatur von $t = 10^\circ\text{C}$ die Sinkgeschwindigkeiten für verschiedene Korngrößen zu entnehmen.

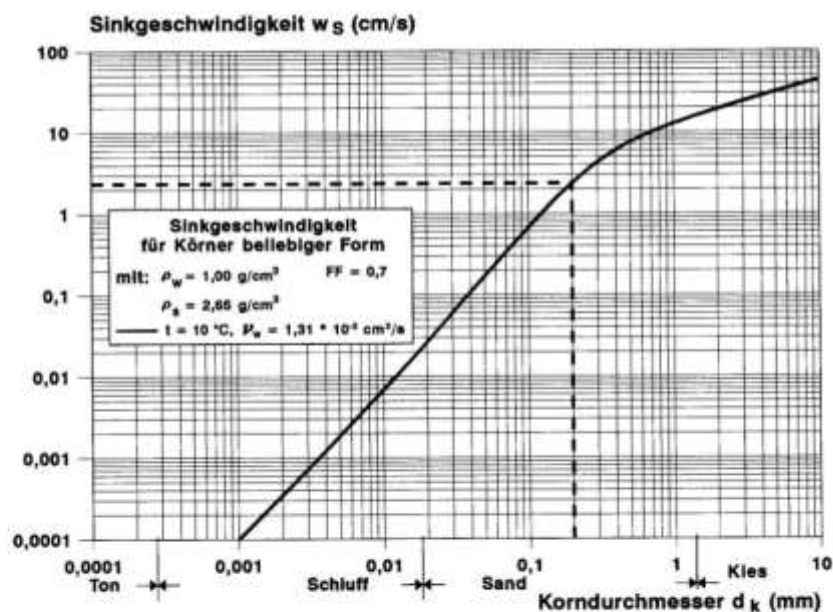


Abbildung 2: Sinkgeschwindigkeit w_s in Abhängigkeit vom Korndurchmesser d_k

Beispiel:

Einrohrdüker mit $d_i = 1,00$ m

Q_{grenz} = Durchflussmenge des Dükers, bis zu der der Sandfang wirksam sein muss

$$Q_{\text{grenz}} = v_D \cdot A_D = 0,90 \cdot \pi \cdot 1,00^2 / 4 = 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Zulaufgraben:

Sohlhöhe: 52,00 mNN, 1 : n = 1 : 2, Sohlbreite: 0,70 m, l = 1,8 ‰

Bei einer Abflussmenge von $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ stellt sich im Zulaufgraben eine Wassertiefe von $t_{\text{Graben}} = 0,60$ m ein (bzw. ein Wasserspiegel von 52,60 mNN).

A_{erf} = erforderlicher Sandfangquerschnitt, bei dem für Q_{grenz} gerade $v_{\text{Sandfang}} = 0,30$ m/s eingehalten wird

$$A_{\text{erf}} = Q_{\text{grenz}} / v_D = 0,71 / 0,30 = 2,36 \text{ m}^2$$

gewählte Sandfangabmessungen:

$$1 : n = 1 : 1,5$$

$$t_{\text{Sandfang}} = 1,00 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{Sohlbreite } b_{\text{Sandfang}} = 0,86 \text{ m mit Wasserspiegelbreite } = 3,86 \text{ m}$$

Aus der Wasserspiegellage im Zulaufgraben von 52,60 mNN bei $Q_{\text{grenz}} = 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich mit $t_{\text{Sandfang}} = 1,00$ m eine (theoretische) Sohlhöhe des Sandfangs von 51,60 mNN. Unterhalb dieser Höhe schließt sich der erforderliche Sandstapelraum an, der nach den Erfordernissen der Unterhaltung zu bemessen ist.

Für das im Beispiel kleinste abzulagernde Sandkorn mit der Größe $d_k = 0,2 \text{ mm} = 0,02 \text{ cm}$ mit $\rho_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$ folgt bei einer Wassertemperatur von $t = 10^\circ\text{C}$ die Sinkgeschwindigkeit $w_s = 2,3 \text{ cm/s}$

Bei einem 1 m tiefen Sandfang ergibt sich für ein Sandkorn, das sich bei Eintritt in den Sandfang nahe der Wasseroberfläche befindet, eine

$$\text{Sinkzeit von } t_s = 43 \text{ s}$$

Bei einer Fließgeschwindigkeit von 30 cm/s im Sandfang folgt daraus ein

$$\text{Fließweg von } l_s = 12,92 \text{ m}$$

Dieser Fließweg entspricht der für die Sedimentation des kleinsten abzulagernden Sandkorns erforderlichen Sandfanglänge.

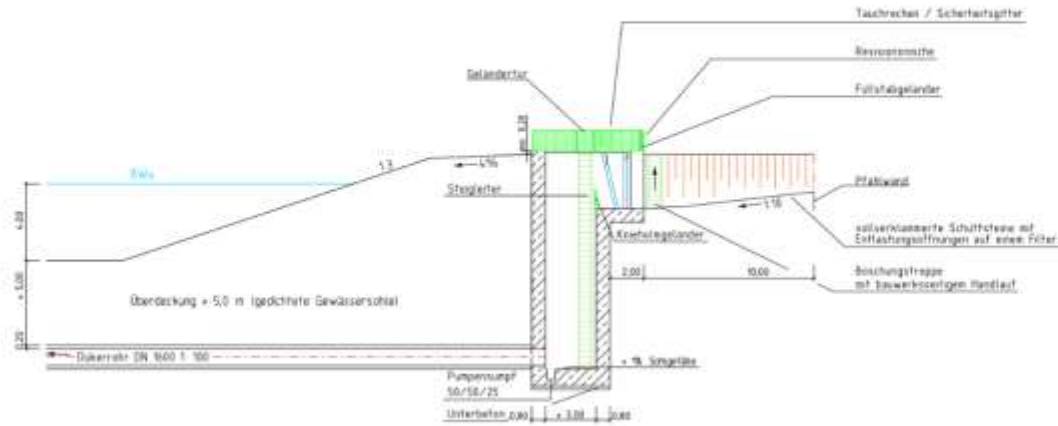
Bei Abflüssen $Q > 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ wird das Bemessungssediment zwar nicht mehr vollständig abgelagert, bedingt durch die ausreichend große Strömungsgeschwindigkeit im Düker wird es aber in den Unterlauf transportiert.

Für eine Optimierung des Sedimentationsprozesses sollten Sandfänge daher eher lang, schmal und verhältnismäßig flach sein. Bei der Festlegung der Sandfangabmessungen dürfen aber - insbesondere hinsichtlich der Sandfangbreite - die Anforderungen der praktischen Ausführung der Sandfangräumung nicht außer Acht gelassen werden.

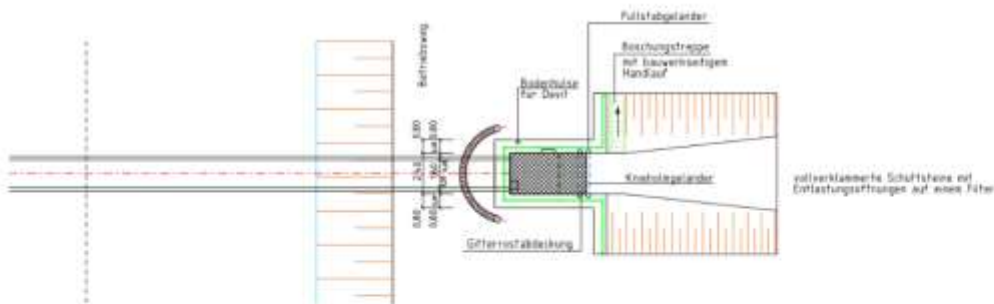
Ggf. kann für die Festlegung der endgültigen Sandfangabmessungen auch die Größe des erforderlichen Sandstapelraums maßgebend werden.

Regelabmessungen - Einlauf- und Auslaufbauwerk

Längsschnitt



Draufsicht



Anmerkung

- die Gitterrostabdeckungen müssen verschleißbar sein,
- bei mehr als 18 Stufen ist ein Zwischenpodest anzuordnen
- ein vertikaler Bogen des Dükerrohres mit einem Tiefpunkt außerhalb eines Dükerhaupts erschwert die Unterhaltungsarbeiten

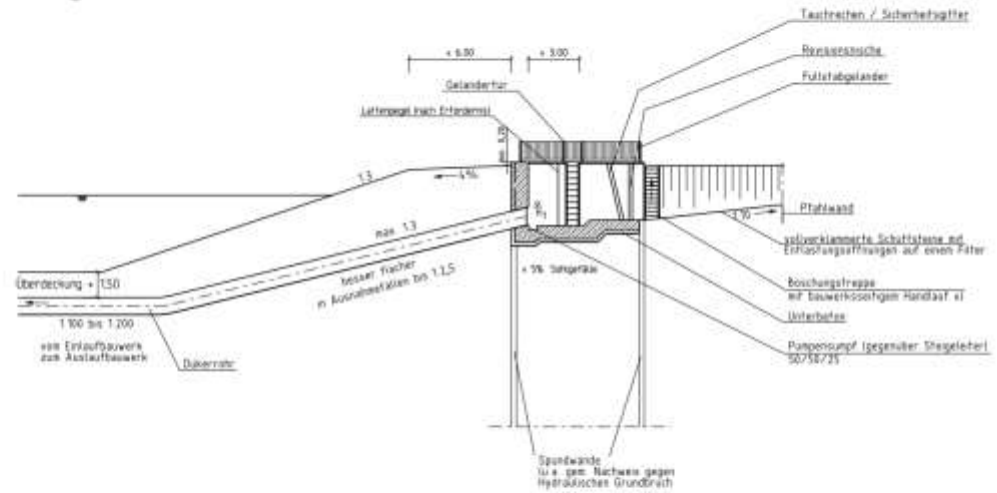


Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Westdeutsche Kanäle

Org/Einr	AB	BW/Sr	Kilometer	S	CAr	Objekt/Nr.	Objekt	Objekt	Objekt
Am		Nr	ZB				Teil	ZK	OB
Objektbezeichnung		Fachkonzept Düker- und Durchlassanlagen sowie Ein- und Auslässe							
Objekt		Regelabmessung für den Rohrvertrieb							
Einzelheit		Ein- und Auslaufbauwerk							
Die Übereinstimmung mit der Ausführung wird bestätigt		Entwurf Nr.		Blatt-Nr.		DVL-Identifikation			
				02					
Datum		Unterschrift, Funktion		Zeichnung Nr.		Maßstab		DVL-Index	

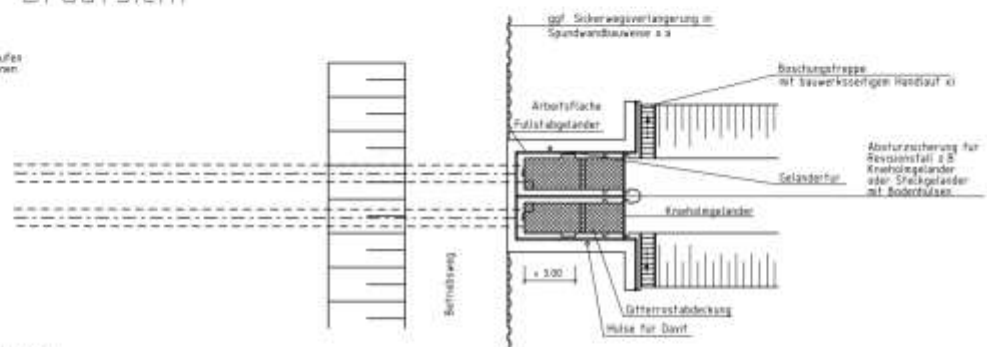
Regelabmessungen - Einlauf- und Auslaufbauwerk

Längsschnitt



Draufsicht

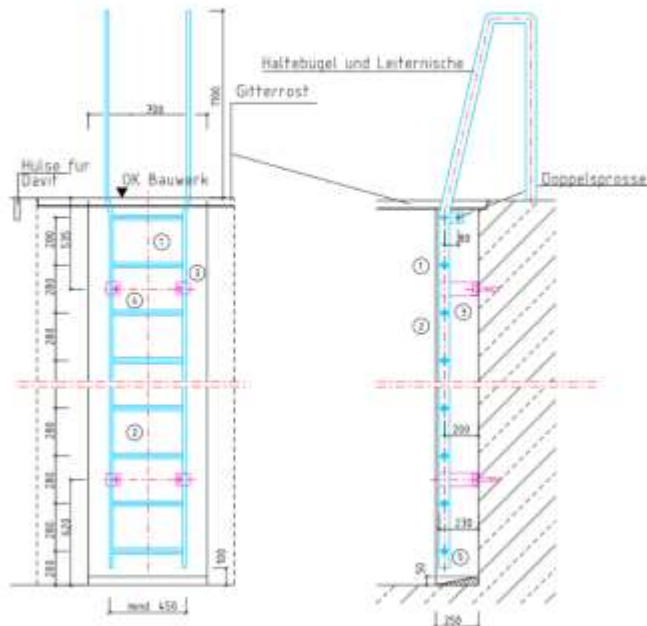
*) Bei mehr als 4 Stufen ab 18 Stufen ist ein Zwischengestütz anzubringen



Anmerkung:
die Gitterrostabdeckungen müssen verschleißbar sein

 Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Westdeutsche Kanäle		Objektidentif.	Objekt-Teil	Objekt-ZK	Objekt-OB
		Org/Einh Amt / AR	BWA/Sr Nr / ZR	Kilometer S	CArt
Objektbenennung	Fachkonzept Düker- und Durchlassanlagen sowie Ein- und Auslässe				
Objektziel	Regelabmessung bei offener Bauweise				
Einheit	Ein- und Auslaufbauwerk				
Die Übereinstimmung mit der Ausführung wird bestätigt:	Entwurf Nr.	Blatt Nr.	DVKU-Identifikation		
			03		
Datum	Unterschrift, Funktion	Zeichnung Nr.	Maßstab	DVKU-Index	

Steigeleiter (in Anlehnung an DIN 2453, DIN 19703 und EAU)



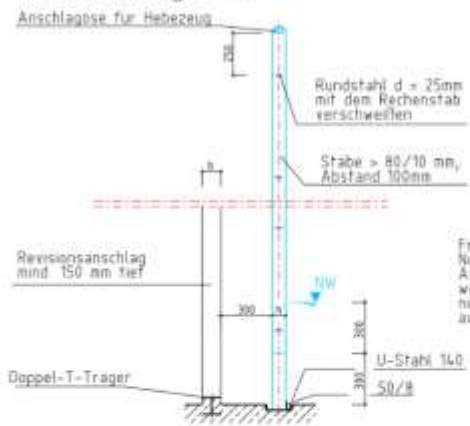
Steigeleiter feuerverzinkt

- ① Seitenholme \square 60/20/Länge nach Höhe Bauwerk
- ② Sprossen \diamond 30/30
- ③ Befestigungsstahle \square 80/20 mit $\triangle a = 5$ mm an Seitenholm
- ④ Befestigung mit Schrauben M16 und Dübeln
- ⑤ Leiternischentiefe 0,25 m

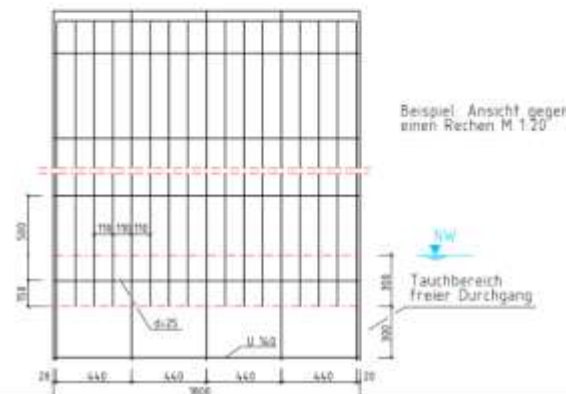
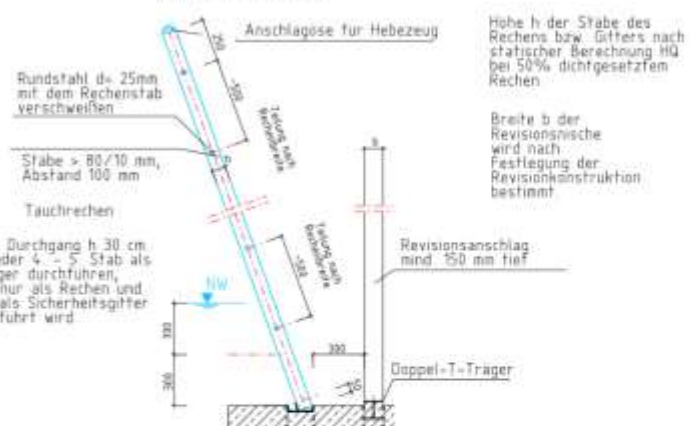
Org/Einr.		BfWaste		Kilometer	S	QArt	Objektskizze	Objekt-	Objekt-	Objekt-
Art	AB	Nr.	ZB					Teil	ZK	OR
Objektbenennung		Fachkonzept Düker- und Durchlassanlagen sowie Ein- und Auslässe								
Objektteil		Düker								
Einzelteil		Steigeleiter								
Die Übereinstimmung mit der Ausführung wird bestätigt:		Entwurf Nr.		Blatt-Nr.		DVTU-Identifikation				
Datum		Unterschrift, Funktion		Zeichnung Nr.		Maßstab		DVTU-Index		
								04		

Sicherheitsgitter, Rechen und Revisionsverschluss

Sicherheitsgitter:



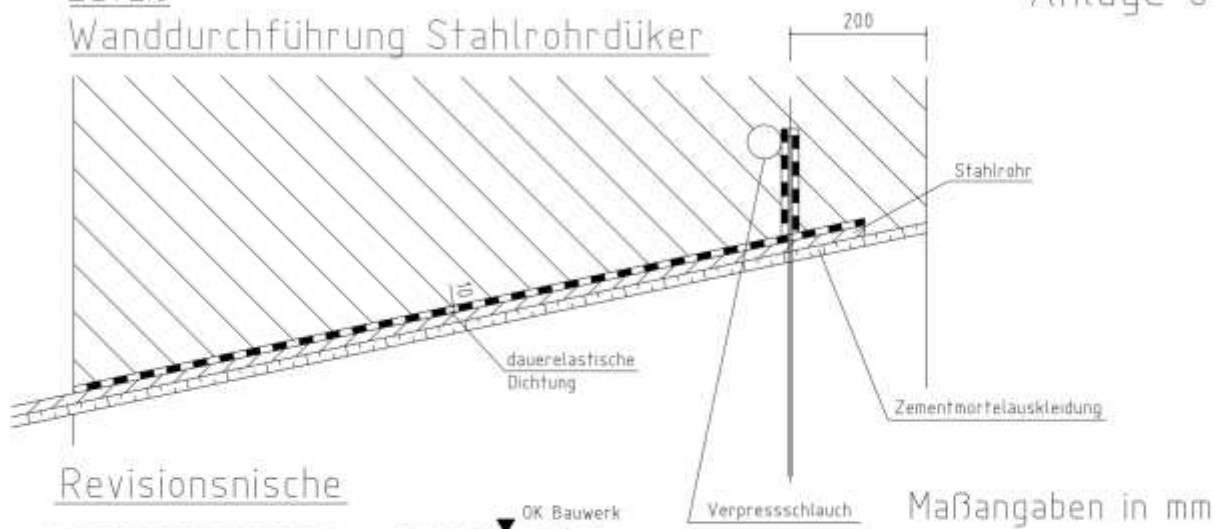
Tauchrechen:



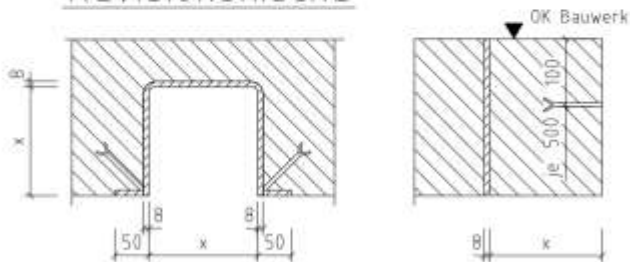
 Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Westdeutsche Kanäle										
Objekt-Nr.	AB	BVWSt Nr.	ZB	Kilometer	S	Objekt-Nr.	Objekt-Nr.	Objekt-Nr.	Objekt-Nr.	Objekt-Nr.
Objektbenennung: Fachkonzept Düker- und Durchlassanlagen sowie Ein- und Auslässe Objekt: Düker Einzelheit: Sicherheitsgitter, Rechen und Revisionsverschluss										
Die Übereinstimmung mit der Ausführung wird bestätigt:					Entwurf-Nr.	Blatt-Nr.	DVTU-Identifikation			
					Zeichnung-Nr.	Maßstab	05 DVTU-Index			
Datum					Unterschrift, Funktion					

Detail Wanddurchführung Stahlrohrdüker

Anlage 6



Revisionsnische



Revisionsnische auskleiden mit Stahlprofil
Länge nach Höhe feuerverzinkt, einbetonieren

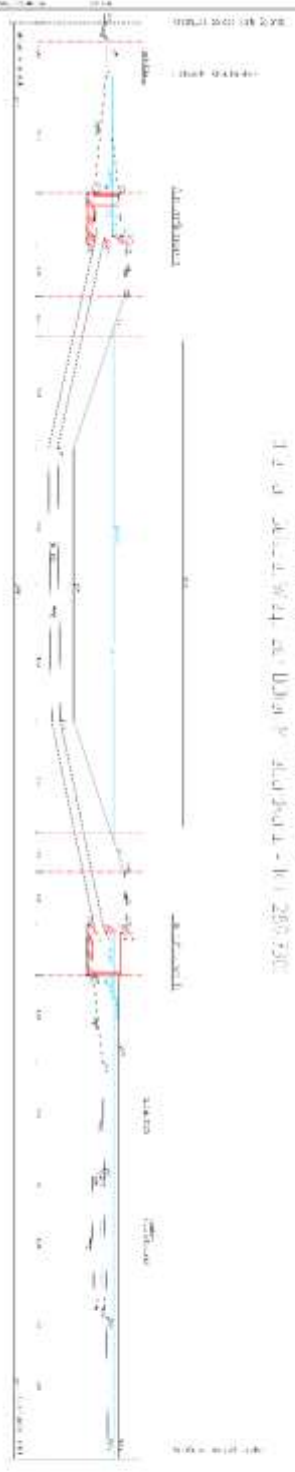
x Maße werden nach der Festlegung der
Dambalkenkonstruktion bestimmt



Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Westdeutsche Kanäle

Org/Einh. Amt	AB	BtW/St. Nr.	ZB	Kilometer	B	D/Art	Objektidentif.	Objekt- Teil	ZK	DB
Objektbenennung: Fachkonzept Düker- und Durchlassanlagen sowie Ein- und Auslässe										
Objekt: Ausrüstungsdetails										
Einzelheit: Wanddurchführung Stahlrohrdüker Revisionsnische										
Die Übereinstimmung mit der Ausführung wird bestätigt:							Entwurf Nr.	Blatt-Nr.	DVKU-Identifikation	
06/2022							Zeichnung Nr.	Maßstab	6	
Datum							Unterschrift, Funktion		1:5	

Plan der Baugruben
 Baugrubenplan der Baugruben



A-100 /

	
Technische Universität München Institut für Baugrubenteknik Prof. Dr.-Ing. habil. G. H. Hoffmann	
Name: _____ Matrikelnummer: _____	Datum: _____ Blatt: _____ von _____
Fachlehrer: _____ Fachlehrerin: _____	Prüfer: _____ Prüferin: _____