



**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

## **BAWMerkblatt**

# **Anwendung von hydraulisch gebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (MAV)**

Ausgabe 2017

## BAW-Merkblätter und -Richtlinien

### Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53  
76152 Karlsruhe

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

[info@baw.de](mailto:info@baw.de)  
[www.baw.de](http://www.baw.de)

### Verfasser

Dr.-Ing. Jürgen Stein, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)  
Markus Weißmann, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Übersetzung, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers: © BAW 2017

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Vorbemerkung	4
2	Begriffe	4
3	Grundsätze zur Erfordernis und Auswahl von vergossenen Deckschichten	5
3.1	Allgemeines	5
3.2	Teilverguss	5
3.3	Vollverguss	6
4	Hinweise zur Planung von Vergussarbeiten mit hydraulisch gebundenen Vergussstoffen	6
4.1	Hinweise zu den Anforderungen an den Vergussstoff	6
4.1.1	Allgemeines	6
4.1.2	Hoher Widerstand gegen Erosion (frischer Vergussstoff)	7
4.1.3	Hoher Widerstand gegen Frost (fester Vergussstoff)	7
4.1.4	Hoher Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen (fester Vergussstoff)	7
4.2	Planungshinweise für einen Teilverguss	7
4.2.1	Allgemeines	7
4.2.2	Steinklassen und Hohlraumgehalt	7
4.2.3	Erforderliche Deckschichtdicke	8
4.2.4	Wasserdurchlässigkeit	9
4.2.5	Flexibilität der Deckschicht	9
4.2.6	Vergussstoffmengen	9
4.2.7	Anschlüsse	10
4.3	Planungshinweise für einen Vollverguss	10
4.3.1	Allgemeines	10
4.3.2	Steinklassen	10
4.3.3	Erforderliche Deckschichtdicke	10
4.3.4	Wasserdurchlässigkeit	11
4.3.5	Flexibilität der Deckschicht	11
4.3.6	Vergussstoffmengen und Rauigkeit der Deckschicht	11
4.3.7	Anschlüsse	11
4.3.8	Trennlage	12
4.4	Einbauverfahren	12
4.4.1	Allgemeines	12
4.4.2	Einbau von Hand	12
4.4.3	Maschineller Einbau	12
5	Hinweise zur Ausschreibung und Überwachung bei der Bauausführung	13
5.1	Hinweise zur Ausschreibung	13
5.2	Angebotsprüfung	14
5.3	Überwachung der Bauausführung	14
6	Anforderungen an den Vergussstoff, den Einbau des Vergussstoffes und die Vergussstoffverteilung	15
6.1	Anforderungen an die Vergussstoffe	15
6.1.1	Hydraulisch gebundene Vergussstoffe	15
6.2	Anforderungen an den Einbau des Vergussstoffes und die Nachbehandlung	15

6.2.1	Allgemeines	15
6.2.2	Einbau von Hand	17
6.2.3	Maschineller Einbau	17
6.3	Anforderungen an die Vergussstoffverteilung	18
6.3.1	Teilverguss	18
6.3.2	Vollverguss	19
6.4	Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht	19
6.4.1	Teilverguss	19
6.4.2	Vollverguss	19
7	Prüfungen	19
7.1	Allgemeines	19
7.2	Nachweis der grundsätzlichen Eignung (Grundprüfung)	20
7.2.1	Allgemeines	20
7.2.2	Prüfung der Materialkennwerte	20
7.2.3	Systemprüfungen	20
7.2.4	Prüfbericht und Gültigkeitsdauer	21
7.3	Eignungsprüfung	21
7.3.1	Allgemeines	21
7.3.2	Prüfung der Materialkennwerte	21
7.3.3	Systemprüfung	21
7.3.4	Prüfbericht und Gültigkeitsdauer	22
7.4	Überwachung durch den AN (Eigenüberwachung)	22
7.4.1	Allgemeines	22
7.4.2	Prüfung der Materialkennwerte	22
7.4.3	Systemprüfungen	22
7.5	Kontrollprüfung	22
8	Literatur und zitierte Normen	23

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hohlraumgehalt von Wasserbausteinen in Abhängigkeit vom Einbauverfahren	8
Tabelle 2:	Mindestdicken in Abhängigkeit von der verwendeten Steinklasse und der Rohdichte	9
Tabelle 3:	Anforderungen an den frischen und festen Vergussstoff	16

## Bildverzeichnis

Bild 1:	Punktuellem oder streifenförmiger Verguss zur Verbesserung des Bruchverhaltens bei hydraulisch gebundenen dichten Vergussstoffen	18
Bild 2:	Anzustrebende Vergussstoffverteilung in % der Vergussstoffmenge in Abhängigkeit von der eingebrachten Vergussstoffmenge	18

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Übliche Vergussstoffmengen [l/m <sup>2</sup> ] für hydraulisch gebundene Vergussstoffe in Abhängigkeit von der Steinklasse und der Lagerungsdichte der Wasserbausteine bei maschinellem Einbau für eine Vergusstiefe von 40 cm.	25
Anlage 2:	Übersicht über die erforderlichen Unterlagen und Prüfungen der Baustoffe bei der Eignungsprüfung von Vergussarbeiten	26
Anlage 3:	Tabellarische Übersicht der durchzuführenden Nachweise und Prüfungen für hydraulisch gebundene Vergussstoffe	27
Anlage 4:	Beispiele von Vergussarbeiten	28

## Hinweis

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1).

## 1 Vorbemerkung

Dieses Merkblatt gilt für hydraulisch gebundene Stoffe, die zum Teil- oder zum Vollverguss von Wasserbausteinen im Trockenen und unter Wasser bei Böschungs- und Sohlensicherungen, sowie anderen baulichen Anlagen an Binnenwasserstraßen (z. B. Bühnen, Leitwerke), angewendet werden. Für die Anwendung im Küstenbereich sind ggf. zusätzliche Anforderungen zu stellen.

Die Kapitel 1 bis 5 enthalten allgemeine Hinweise zur Planung, Ausschreibung und Bauausführung. Das Kapitel 6 enthält die Anforderungen, die an den Vergussstoff, den Einbau des Vergussstoffes und das fertig gestellte vergossene Deckwerk gestellt werden. Das Kapitel 7 enthält das Qualitätssicherungskonzept und beschreibt die Durchführung der Grundprüfung.

Die vertraglichen Anforderungen an den Vergussstoff, den Einbau des Vergussstoffes und das fertig gestellte vergossene Deckwerk sind in der ZTV-W LB 210 (2015) enthalten.

Produkte aus anderen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und der Türkei sowie Ursprungswaren aus einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, die diesem Merkblatt nicht entsprechen, werden einschließlich der im Herstellungsstaat durchgeführten Prüfungen, Überwachungen und Zertifizierungen als gleichwertig behandelt, wenn mit ihnen das geforderte Schutzniveau (Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit) gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

### Änderungen zur Ausgabe von 2008

Alle vertraglichen Regelungen sind in die ZTV-W LB 210 (2015) übertragen. Sämtliche Angaben zum Einbau bitumengebundener Vergussstoffe wurden gestrichen. Hinweise über den Einbau bitumengebundener Vergussstoffe gibt die EAAW (2008).

## 2 Begriffe

**Deckschicht:** Oberste erosionsfeste Schicht einer Böschungs- oder Sohlensicherung. Bei Regelbauweisen ist dies die Lage aus Wasserbausteinen.

**Deckschichtdicke:** Dicke der Deckschicht, gemessen senkrecht zur Schichtunter- bzw. -oberkante (ohne Filter und Dichtung).

**Deckwerk:** Gesamter Aufbau einer Böschungs- oder Sohlensicherung mit Deckschicht und Filter sowie ggf. Dichtung mit Trennlage, ohne Ausgleichsschicht. Eine durchlässige Auskleidung ermöglicht den ungehinderten Wasseraustausch zwischen Untergrund und Wasserstraße. Sie besteht i. a. aus einer Deckschicht und einem darunter liegenden Filter. Eine dichte Auskleidung verhindert den Wasseraustausch zwischen Wasserstraße und Untergrund. Eine dichte Auskleidung besteht aus einer durchlässigen Deckschicht mit einer darunter liegenden Dichtung – i. a. mit einer mineralischen oder einer geotextilen Trennlage als Zwischenlage – oder aus einer dichten Deckschicht mit einer darunter liegenden geotextilen Trennlage.

**Vergussstoffe:** Baustoffe, die im Einbauzustand fließfähig sind und sich nach einer stoffabhängigen Erstarrungszeit verfestigen.

**Hydraulisch gebundene Vergussstoffe:** Hydraulisch gebundene Vergussstoffe werden aus Zement, Gesteinskörnungen und Wasser, gegebenenfalls auch mit Zusatzmitteln und Zusatzstoffen hergestellt (RPV 2016).

**Teilverguss (Verklammerung):** Bei einem Teilverguss (Verklammerung) werden die Hohlräume zwischen den Wasserbausteinen nur zum Teil mit dichtem Vergussstoff verfüllt.

**Vollverguss:** Bei einem Vollverguss werden die Hohlräume zwischen den Wasserbausteinen vollständig mit dichtem Vergussstoff verfüllt.

**Wasserwechselbereich:** Im Sinne dieses Merkblattes wird unter dem Wasserwechselbereich der Bereich verstanden, der von 0,3 m unter dem unteren Betriebswasserstand bis 0,7 m über dem oberen Betriebswasserstand reicht. An frei fließenden und staugeregelten Flüssen ist anstelle des unteren Betriebswasserstandes ein in den Wintermonaten auftretender charakteristischer langjähriger Niedrigwasserstand anzusetzen. An tidebeeinflussten Gewässern sind hierbei die Niedrigwasserstände bei Ebbe anzusetzen. Als obere Begrenzung ist an frei fließenden und staugeregelten Flüssen bei den Anforderungen an den Vergussstoff nach Tabelle 3 der Bereich bis 0,7 m über dem Wasserstand zum Zeitpunkt der Vergussarbeiten anzusetzen.

### 3 Grundsätze zur Erfordernis und Auswahl von vergossenen Deckschichten

#### 3.1 Allgemeines

Die Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen auf Belastungen durch Schifffahrt basiert auf den „Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen“ (GBB 2010). Ist die Stabilität der Deckschicht in stark belasteten Bereichen nicht ausreichend, so kann diese durch den Verguss der Wasserbausteine erhöht werden. Je nach Anwendungsfall kann ein Teil- oder ein Vollverguss vorgesehen werden.

#### 3.2 Teilverguss

Ein wasserdurchlässiges Deckwerk kann durch einen Teilverguss aus dichtem Vergussstoff erzielt werden. Ein Teilverguss von Wasserbausteinen wird in der Regel angewendet, wenn:

- (a) die Lagestabilität der Wasserbausteine in einem Streckenabschnitt wegen der Größe der dynamischen hydraulischen Einwirkungen, die nach GBB (2010) ermittelt werden können (Wellen, turbulente Strömungen) aufgrund des/der
  - Einzelgewichtes der Wasserbausteine,
  - Einbaudicke der Wasserbausteine,
  - Böschungsneigungnicht ausreicht;
- (b) große mechanische Einwirkungen wie z. B. Ankerwurf oder Ankerfurchung eine unwirtschaftliche Dicke des Deckwerkes in einem Streckenabschnitt ergeben würden;

- (c) große hydraulische oder mechanische Einwirkungen nur lokal auftreten, z. B.
- an Liegestellen und ggf. an bauzeitlichen Anlegestellen als Schutz gegen Schraubenstrahlgriff,
  - in engen Kurvenbereichen,
  - ggf. bei verstärkten Freizeiteinwirkungen (Angler, Badende);
- (d) konstruktive Befestigung des Deckwerkes z. B. beim Übergang von einem festen Bauwerk (Spundwand, Flügelmauer) auf ungebundene Wasserbausteine oder beim Übergang von vollvergossenen Wasserbausteinen auf ungebundene Wasserbausteine.

### 3.3 Vollverguss

Ein Vollverguss aus dichtem Vergussstoff führt zu einem wasserundurchlässigen Deckwerk. Ein Vollverguss von Wasserbausteinen wird in der Regel angewendet:

- für Deckschichten in besonders stark belasteten Deckwerken, z. B. Kolkschutz unterhalb eines Wehres,
- als Schutzschicht zur Sicherung von gefährdeten Bauwerken, z. B. als Ankerschutz über Dükern,
- für Bauwerksanschlüsse bei starken hydrodynamischen Einwirkungen, z. B. Sicherung des Anschlusses eines Deckwerksfilters an Spundwände oder sonstige Bauwerke,
- als Randstreifen beim Übergang von einem festen Bauwerk (Spundwand, Flügelmauer) auf teilvergossene Wasserbausteine,
- als mögliche Dichtungsbauweise in Schifffahrtskanälen.

## 4 Hinweise zur Planung von Vergussarbeiten mit hydraulisch gebundenen Vergussstoffen

### 4.1 Hinweise zu den Anforderungen an den Vergussstoff

#### 4.1.1 Allgemeines

Der Vergussstoff ist sowohl beim Einbau als auch im Endzustand unterschiedlichen Einwirkungen ausgesetzt, denen er einen ausreichenden Widerstand entgegen bringen muss. In Abhängigkeit von der Lage in der Böschung und den Einbaubedingungen (im Trockenen oder unter Wasser), sowie den zu erwartenden Beanspruchungen während der Nutzungsphase, sind dementsprechend unterschiedliche Anforderungen an den frischen bzw. den festen Vergussstoff zu stellen.

Alle Vergussstoffe müssen umweltverträglich sein (vgl. ZTV-W LB 210 2015). Hydraulisch gebundene Vergussstoffe sind umweltverträglich, wenn nur zugelassene unbedenkliche Ausgangsstoffe verwendet werden, so dass sie keine mobilisierbaren umweltrelevanten Bestandteile enthalten.

Auch wenn bisher keine Schadensfälle bekannt sind, so lässt sich nicht auszuschließen, dass beim Einbau von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen unter Wasser nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt infolge der Alkalisierung auftreten können. Insbesondere in stehenden Gewässern mit hohem Ammoniumgehalt kann es während der Sommermonate durch die pH-Wert Erhöhung zur Ammoniakbildung in fischtoxischen Konzentrationen aus gelöstem Ammonium kommen. In diesem Fall wird empfohlen, den Verguss nicht im Sommer durchzuführen.

#### **4.1.2 Hoher Widerstand gegen Erosion (frischer Vergussstoff)**

Bei einem Einbau unter Wasser sowie in Bereichen, an denen ein Strömungs- oder Wellenangriff auf den frischen Vergussstoff möglich ist (z. B. Tidebereich, Wasserwechselbereich), darf der Vergussstoff während des Einbauvorgangs und beim Abbinden durch den Strömungs- oder Wellenangriff nicht so verändert werden, dass er die vorgesehene Funktion nicht mehr erfüllen kann. In diesem Fall ist ein hoher Widerstand gegen Erosion zu fordern, der mit dem Ausspültest nach RPV mit den in Abschnitt 6.1 genannten Anforderungen nachzuweisen ist.

Ein hoher Widerstand gegen Erosion kann durch die Zugabe von geeigneten Zusatzmitteln erzielt werden. Alternativ kann dieser auch durch Aufbereitung eines hydraulisch gebundenen dichten Vergussstoffes in der Kolloidalmühle durch Hochgeschwindigkeitsscheraktion (2200 – 2500 U/min) erreicht werden (Kolloidalmörtel).

#### **4.1.3 Hoher Widerstand gegen Frost (fester Vergussstoff)**

Wird der Verguss im Überwasserbereich oder im Wasserwechselbereich (Definition s. Kapitel 2) eingebaut, so ist ein hoher Widerstand gegen Frost zu fordern. Dieser ist nach dem BAW-Merkblatt „Frostprüfung von Beton“ (MFB 2012) nachzuweisen (s. Abschnitt 6.1).

#### **4.1.4 Hoher Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen (fester Vergussstoff)**

Der Vergussstoff bietet mit seinen in Abschnitt 6.1 geforderten Mindesteigenschaften einen ausreichenden mechanischen Widerstand gegen die Belastungen, die durch die Schifffahrt z. B. in Vorhäfen und an Liegestellen auftreten. Sind in Sonderfällen besonders starke mechanische Beanspruchungen durch Sandschliff oder Geschiebetrieb zu erwarten (z. B. bei einem Vollverguss im Tosbereich eines Wehres), so ist ein höherer Verschleißwiderstand erforderlich. Dieser kann durch Wahl eines Vergussstoffes mit einer Festigkeitsklasse nach DIN 1045-2 von mindestens C 30/37 erreicht werden, welche in der Ausschreibung zu fordern ist.

### **4.2 Planungshinweise für einen Teilverguss**

#### **4.2.1 Allgemeines**

Das Ziel bei der Herstellung eines Teilvergusses ist es, die losen Steine zu größeren Einheiten zu verbinden, so dass sie - bis auf vereinzelt Steine - durch die in Abschnitt 3.2 beschriebenen Einwirkungen nicht mehr mobilisiert werden können. Eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht muss hierbei gewährleistet sein. In Abhängigkeit von den zu erwartenden Einwirkungen auf das Deckwerk sind die Steinklasse, die Deckschichtdicke und die Vergussstoffmenge zu wählen.

Bei einer Bepflanzung und Begrünung von durchlässigen Deckschichten aus teilvergossenen Wasserbausteinen sind die Hinweise des MAR (2008) zu beachten.

#### **4.2.2 Steinklassen und Hohlraumgehalt**

Das Steingerüst des zu vergießenden Deckwerks muss hinsichtlich der Hohlraumverteilung optimiert sein. Zum einen dürfen die Hohlräume nicht zu groß sein, damit der Verklammerungsmörtel nicht durch das Deckwerk „hindurch fällt“. Zum anderen dürfen die Hohlräume nicht zu klein werden, da dann der Verklammerungsmörtel nicht im erforderlichen Umfang in den Hohlraum eindringen kann.

Die **Größe der Hohlräume** wird vor allem von der verwendeten Steinklasse bestimmt. Für die Herstellung von teilvergossenen Deckwerken hat sich grundsätzlich die Größenklasse CP<sub>90/250</sub> nach den TLW (2003) bewährt. Es kann bei dieser Steinklasse jedoch Lieferungen mit sehr hohem Unterkornanteil (max. 15 Masse% < 90 mm) geben, die sehr schlecht vergossen werden können. Deshalb sollte zusätzlich in den Verdingungsunterlagen der Unterkornanteil (d<sub>s</sub> < 90 mm) auf 5 Massen-% begrenzt werden. Es kann auch die Klasse LMB<sub>5/40</sub> eingesetzt werden. In diesem Fall sind höhere Vergussmengen vorzusehen. Der Teilverguss einer größeren Steinklasse (z. B. LMB<sub>10/60</sub>) ist aufgrund der großen Hohlräume nur bedingt möglich.

Der **Hohlraumgehalt** sowie die **Lagerungsdichte** der Steinschüttung sind hingegen hauptsächlich vom Einbauverfahren sowie der Abstufung der Größe der Wasserbausteine abhängig. Entsprechende Erfahrungswerte sind in Tabelle 1 enthalten. Für vergossene Deckschichten ist eine lockere bis mitteldichte Lagerung anzustreben.

Für die Ermittlung der maximal zulässigen Vergussstoffmengen (4.2.6) ist die Kenntnis des gesamten pro Quadratmeter Deckschicht vorhandenen Hohlraumvolumens erforderlich. Dies berechnet sich in Abhängigkeit vom Hohlraumgehalt zu:

$$V_{n,ges} = 10 \cdot n \cdot d_D \quad (\text{Einheit beachten!})$$

V<sub>n,ges</sub>: gesamtes Hohlraumvolumen pro m<sup>2</sup> [l/m<sup>2</sup>]

n: Hohlraumgehalt [%]

d<sub>D</sub>: Dicke der Deckschicht [m]

Tabelle 1: Hohlraumgehalt von Wasserbausteinen in Abhängigkeit vom Einbauverfahren

Lagerungsdichte	Hohlraumgehalt <sup>1)</sup> n	Einbauverfahren
Locker	50 - 55 %	bei Verklappen unter Wasser
Mitteldicht	45 %	bei Schüttung im Trockenen bzw. bei Einbau durch Greifer/Bagger unmittelbar auf dem Planum
Dicht	30 - 40 %	bei Nacharbeiten von Hand bzw. Andrücken mit dem Einbaugerät.

<sup>1)</sup> Diese Erfahrungswerte gelten für die üblichen Deckschichtdicken nach MAR (2008).

#### 4.2.3 Erforderliche Deckschichtdicke

Die erforderliche Deckschichtdicke ist nach GBB (2010), Kapitel 8, zu ermitteln. Für die Regelbauweisen an Binnenwasserstraßen sind entsprechende Deckschichtdicken im MAR (2008) angegeben.

Die Mindestdicken, welche sich aus der erforderlichen Sicherheit gegen Ankerwurf bzw. aus einbautechnischen Gründen ergeben, sind in Abhängigkeit von der Steinklasse Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Minstdicken in Abhängigkeit von der verwendeten Steinklasse und der Rohdichte

	CP <sub>90/250</sub>	LMB <sub>5/40</sub>	LMB <sub>10/60</sub>
$\rho_s < 3000 \text{ kg/m}^3$	40 cm	40 cm	50 cm
$\rho_s \geq 3000 \text{ kg/m}^3$	40 cm	40 cm	40 cm

#### 4.2.4 Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht muss auf durchlässigen Böden aus Standsicherheitsgründen größer als die der Filterunterlage sein. Diese Bedingung ist nach Erfahrungswerten erfüllt, wenn der verbleibende Hohlraumanteil je 5 cm Deckschichthöhe in keiner Lage geringer als 10 Vol. % ist.

#### 4.2.5 Flexibilität der Deckschicht

Die Flexibilität einer Deckschicht aus Wasserbausteinen nimmt mit Zunahme der Vergussstoffmenge ab. Hydraulisch gebundene Vergussstoffe führen zu starren Deckschichten, die je nach Vergussstoffmenge erst bei großen Spannweiten einer Unterhöhung durchbrechen. Bei Vergussstoffmengen von mehr als 75 l/m<sup>2</sup> ist bei flächiger Verteilung nahezu keine Flexibilität mehr zu erwarten.

Das Bruchverhalten von teilvergossenen Deckschichten kann durch die Art der Ausführung der Vergussarbeiten verbessert werden, wenn der Vergussstoff punktuell oder streifenförmig eingebracht wird, so dass vergussstoffarme Zonen entstehen (vgl. Abschnitt 6.2.3).

#### 4.2.6 Vergussstoffmengen

Bei der Festlegung der Vergussstoffmenge müssen die zuvor erwähnten, z. T. gegensätzlich wirkenden Parameter gegeneinander abgewogen werden:

- angestrebte Vergusstiefe bei der erforderlichen Deckschichtdicke (s. 4.2.3)
- benötigte Verbundwirkung
- Wasserdurchlässigkeit (s. 4.2.4)
- erwünschte Flexibilität bzw. erwünschtes Bruchverhalten (s. 4.2.5)

Zudem ist die Lagerungsdichte der Wasserbausteine (s. 4.2.2) zu berücksichtigen.

In Anlage 1 sind Richtwerte für die benötigten Vergussstoffmengen in Abhängigkeit von der Lage des Deckwerkes in der Wasserstraße angegeben. Diese Richtwerte stellen eine ausreichende Verbundwirkung bei gleichzeitig ausreichender Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht sicher. Sie gelten für den maschinellen Verguss mit dichtem hydraulisch gebundenem Vergussstoff bei einer anzustrebenden Vergusstiefe von  $d = 40 \text{ cm}$ . Sollen die Vergussarbeiten von Hand ausgeführt werden, so sind die Vergussstoffmengen bei einem Einbau unter Wasser um 10 – 15 % zu erhöhen.

Beträgt die erforderliche Deckschichtdicke (s. Abschnitt 4.2.3) mehr als 60 cm, so sind die Vergussstoffmengen ggf. zu erhöhen. Eine Erhöhung der Vergussstoffmengen bis zu einer Deckschichtdicke von 60 cm ist nicht erforderlich, da der Vergussstoff in diesem Fall hauptsächlich in den oberen 40 cm eingebracht werden soll (s. Abschnitt 6.3.1).

Sollen Deckschichten tiefer als 40 cm teilvergossen werden, z. B. bei schweren Kalksicherungen im Unterwasser von Wehranlagen, so sind die in Anlage 1 angegebenen Vergussstoffmengen im Verhältnis der größeren Vergusstiefe zu erhöhen. Vergusstiefen von mehr als 60 cm sollten nicht angesetzt werden, da sie nur sehr schwer herstellbar sind.

Vergussstoffmengen von mehr als 50 - 60 % des vorhandenen Hohlraumes (s. 4.2.2) sind für Deckwerke nur in begründeten Sonderfällen zulässig.

Treten lediglich geringe gleichförmige Strömungsbeanspruchungen (Kraftwerkskanäle, keine Schifffahrt) auf, so ist i. A. nur eine Stabilisierung der Lage der Wasserbausteine erforderlich. Die in Anlage 1 für den Überwasserbereich angegebenen Vergussstoffmengen sind in diesem Fall auch für den Unterwasserbereich ausreichend.

Werden hohe Anforderungen an die Flexibilität der Deckschicht gestellt, so sind ggf. geringere Vergussstoffmengen vorzusehen, bzw. besondere Anforderungen an die Art der Ausführung zu formulieren (vgl. Kapitel 4.2.5).

#### **4.2.7 Anschlüsse**

Der Übergang von einer Deckschicht mit Teilverguss auf eine Deckschicht aus losen Wasserbausteinen ist bei einer Vergussstoffmenge von mehr als 75 l/m<sup>2</sup> abgestuft auszuführen. In den Randbereichen stark vergossener Deckschichten tritt bei schnellem Wasserspiegelabsenk ein konzentrierter Wasseraustritt auf, der die losen Wasserbausteine zusätzlich belastet. Es sollte daher eine ca. 10 m breite Übergangszone mit abnehmender Vergussstoffmenge vergossen werden.

Der Anschluss einer Deckschicht mit Teilverguss an Bauwerke oder Spundwände ist auf einem mindestens 0,5 m breiten Streifen als Vollverguss auszuführen.

### **4.3 Planungshinweise für einen Vollverguss**

#### **4.3.1 Allgemeines**

Ein Vollverguss wird entweder bei sehr starken mechanischen und/oder hydraulischen Belastungen erforderlich oder er wird als Hartdichtung in Schifffahrtskanälen eingesetzt. Die Planungshinweise für einen Teilverguss lassen sich sinngemäß auch auf den Vollverguss anwenden. Nachfolgend werden lediglich die Unterschiede dargestellt.

#### **4.3.2 Steinklassen**

Bei der Herstellung eines Vollvergusses ist der gesamte Hohlraumgehalt des Steingerüsts vollständig mit Vergussstoff zu füllen. Um dies zu ermöglichen, ist eine Steinklasse mit möglichst großen Hohlräumen zu wählen. Für die Herstellung von voll vergossenen Deckwerken hat sich die Gewichtsklasse LMB<sub>5/40</sub> nach den TLW (2003) bewährt. Die Klasse LMB<sub>10/60</sub> kann auch eingesetzt werden.

#### **4.3.3 Erforderliche Deckschichtdicke**

Die erforderliche Deckschichtdicke ist nach GBB (2010), Kapitel 6.3, zu ermitteln. Für die Regelbauweisen an Binnenwasserstraßen sind entsprechende Deckschichtdicken im MAR (2008) angegeben.

Die Mindestdicken, welche sich aus der erforderlichen Sicherheit gegen Ankerwurf bzw. aus einbautechnischen Gründen ergeben, sind in Abhängigkeit von der Steinklasse Tabelle 2 zu entnehmen

#### 4.3.4 Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit einer mit hydraulisch gebundenem Vergussstoff voll vergossenen Deckschicht mit Dichtungsfunktion muss die Anforderungen analog zu Weichdichtungen, wie sie in den ZTV-W LB 210 (2015) beschrieben sind, erfüllen. Dies ist bei einem sachgerechten Einbau des Vergussstoffes mit vollständiger Füllung der Hohlräume und einer guten Verbundwirkung zwischen Wasserbausteinen und Vergussstoff gegeben.

#### 4.3.5 Flexibilität der Deckschicht

Deckschichten, die mit hydraulisch gebundenem Vergussstoff voll vergossen werden, sind starr und brechen erst bei sehr großen Spannweiten einer Hohlage. Es kann bei ihnen mit keiner Flexibilität gerechnet werden.

#### 4.3.6 Vergussstoffmengen und Rauigkeit der Deckschicht

Die benötigte Vergussstoffmenge wird von dem Hohlraumanteil des Steingerüstes und der vorgesehenen Einbaudicke des Vergussstoffes bestimmt und lässt sich analog zu Abschnitt 4.2.2 abschätzen.

$$V_{\text{Verguss}} = 10 \cdot n \cdot d_D \quad (\text{Einheiten beachten!})$$

$V_{\text{Verguss}}$ :	erforderliche Vergussstoffmenge pro $\text{m}^2$ [ $\text{l}/\text{m}^2$ ]
n:	Hohlraumgehalt [%]
$d_D$ :	Dicke der Deckschicht [m]

Ist eine große Rauigkeit der Deckschicht erwünscht (z. B. Wasserwechselbereich, Kolkenschutz unterhalb eines Wehres), so sind die Deckschicht- und die Einbaudicke des Vergussstoffes so aufeinander abzustimmen, dass die Steine an der Oberfläche der Deckschicht entsprechend der erwünschten Rauigkeit aus dem Vergussstoff herausragen. Es wird empfohlen, in diesem Fall die zuvor berechnete Vergussstoffmenge um etwa  $50 \text{ l}/\text{m}^2$  zu reduzieren (z. B.  $d_D = 0,4 \text{ m}$ ;  $n = 50 \%$   $\rightarrow V_{\text{Verguss}} = 10 \cdot 50 \% \cdot 0,4 \text{ m} = 200 \text{ l}/\text{m}^2$ ; empfohlene Vergussstoffmenge =  $200 \text{ l}/\text{m}^2 - 50 \text{ l}/\text{m}^2 = 150 \text{ l}/\text{m}^2$ ).

Unterhalb des Wasserwechselbereiches sollte die Einbaudicke des Vergussstoffes jedoch der Dicke der Deckschicht entsprechen, um bei Ankerwurf und Schiffsanfahrungen keine Angriffsflächen zu bieten.

#### 4.3.7 Anschlüsse

Der Übergang von einer Deckschicht mit Vollverguss auf eine Deckschicht aus losen Wasserbausteinen ist durch eine ca. 10 m breite teilvergossene Übergangszone mit einer Abstufung der Vergussstoffmenge auszuführen.

Hat der Vollverguss die Funktion einer Hartdichtung, so sind Anschlüsse z. B. nach Arbeitspausen keilförmig auszuführen. Anschlüsse an bestehende Bauteile sind zunächst problemlos, da der Vergussstoff (bei richtiger Konsistenz) infolge seiner Fließfähigkeit dicht an der Grenzschicht anliegt. Probleme können nach dem Aushärten entstehen, weil sich die Stoßfuge durch Verformungen öffnen kann (z. B. Anschluss an eine Spundwand, die durch wechselnde Wasserstände, wechselnde Temperaturen oder direkte

äußere Kräfte Verformungen erfährt). Dieser Beanspruchung ist durch entsprechend tief reichende Kontaktflächen oder zusätzliche Maßnahmen Rechnung zu tragen. Es wird eine Kontaktlänge (Dicke der vollvergossenen Deckschicht) von mindestens 0,8 m gefordert (vgl. EAO (2002)).

#### **4.3.8 Trennlage**

Unter der Deckschicht ist ein Geotextil als Trennlage anzuordnen, um zu verhindern, dass die Steine zu tief im Untergrund einsinken und dass Boden beim Freispülen der Steine ausgewaschen wird. Diese Trennlage darf nicht wie eine Dränschicht unter der Dichtungsschicht wirken, d. h. die Durchlässigkeit in der Ebene darf nicht höher sein als die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens. Die Trennlage fördert auch die Kolmation bei Vorhandensein von Fehlstellen oder Rissen in der Deckschicht. Daher ist auch bei Trockeneinbau der Einbau einer Trennlage zu empfehlen (vgl. EAO (2002)).

### **4.4 Einbauverfahren**

#### **4.4.1 Allgemeines**

Der Einbau des Vergusses kann von Hand oder maschinell erfolgen. Der Einbau von Hand wird vorwiegend über Wasser und im Wasserwechselbereich angewendet. Bei Wassertiefen von  $t > 1$  m sollten die Vergussarbeiten grundsätzlich maschinell ausgeführt werden.

Ausnahme: Bei kleineren Baumaßnahmen kann es, z. B. aufgrund zu geringer Platzverhältnisse für das maschinelle Einbaugerät bzw. einer ungünstigen Geometrie der zu vergießenden Flächen, sinnvoller sein, auch die Unterwasserarbeiten von Hand ausführen zu lassen. Ebenso kann es bei kleinen Vergussflächen unwirtschaftlich sein, ein maschinelles Einbaugerät einzusetzen.

#### **4.4.2 Einbau von Hand**

Der Einbau von Hand muss grundsätzlich mit Pumpen erfolgen, welche die Förderung mit einer ausreichend geringen Förderrate ermöglichen (s. 6.2.2).

Der Teilverguss von Hand muss unter Wasser, von mit derartigen Arbeiten vertrauten und erfahrenen Tauchern, ausgeführt werden. Eine unmittelbare visuelle Kontrolle ist für den Taucher nicht möglich. Das Einbringen der erforderlichen Vergussstoffmenge pro  $m^2$  muss der Taucher ausschließlich durch die Abstimmung seiner Bewegungen und deren Geschwindigkeit auf die Fördermenge der Pumpe steuern. Je größer die Förderrate, desto schwieriger wird es für den Taucher, eine gleichmäßige Verteilung des Vergussstoffes zu gewährleisten. Dies wird noch dadurch erschwert, dass ein dicker Pumpenschlauch deutlich schwieriger zu führen ist. Grundsätzlich trifft das auch auf einen Teilverguss im Trockenen zu, wengleich hier die Möglichkeit einer visuellen Kontrolle besteht.

#### **4.4.3 Maschineller Einbau**

Der maschinelle Einbau hat den wesentlichen Vorteil, dass sich die pro  $m^2$  eingebrachte Vergussstoffmenge durch Geräteeinstellungen regeln lässt und dadurch eine gleichmäßigere Verteilung erzielt werden kann. Über eine Dokumentation der Maschinenparameter lassen sich die eingebrachten Vergussstoffmengen kontrollieren.

Für den maschinellen Einbau sind folgende Verfahren erprobt:

- a) Einbau mit linienförmiger Verteilung  
Hierbei erfolgt das Einbringen des Vergussstoffes mit einem Verteilerwagen, der mit definierter Schrittgeschwindigkeit über das Deckwerk fährt und den Vergussmörtel durch gesteuerte Schlauchbewegungen gleichmäßig in etwa böschungsp parallelen Linien verteilt. Es lässt auch die Ausführung eines streifenförmigen Vergusses (s. 6.2.3) zu.
- b) Einbau mit punktueller Verteilung  
An einem stabilen Stahlrahmen sind mehrere Schläuche befestigt, die durch Ventile gesteuert werden. Der Einbau des Vergussstoffes erfolgt punktuell über diese Schläuche. Die Positionierung erfolgt durch Versetzen des Stahlrahmens auf dem Deckwerk. Diese Einbauweise wird nur für hydraulisch gebundene Vergussstoffe mit Zusatzmitteln angewendet.

Grundsätzlich ist beim maschinellen Einbau bei der Herstellung der Anschlüsse zwischen zwei Arbeitsschritten darauf zu achten, dass nicht zu viel Vergussstoff eingebracht wird, oder unzulässige Fehlstellen entstehen.

Bei maschinellen Einbauverfahren ist sicherzustellen, dass ein eventuelles Aussetzen der Vergussstoffförderung sofort erkannt werden kann (s. 6.2.3).

Alle maschinellen Einbauverfahren müssen von der BAW im Rahmen einer Grundprüfung zugelassen werden (s. 7.2).

## 5 Hinweise zur Ausschreibung und Überwachung bei der Bauausführung

### 5.1 Hinweise zur Ausschreibung

Bei der Ausschreibung von Vergussarbeiten sollten folgende Punkte in den Verdingungsunterlagen erwähnt werden:

- Angabe des Bezugswasserstandes für die Vergussarbeiten im Hinblick auf die Anforderungen an die Frostbeständigkeit (s. 4.1.3)
- Begrenzung des Unterkornanteils ( $d_s < 90 \text{ mm}$ ) auf 5 M % bei Verwendung der Steinklasse CP 90/250 (s. 4.2.2).
- Festlegung der Flächen je nach Lage im Querschnitt (Sohle/Böschung; über Wasser/Wasserwechselbereich/unter Wasser) und der hierfür jeweils vorgesehenen Vergussstoffmenge pro  $\text{m}^2$  (s. Kapitel 4.2.6 bzw. 4.3.6 oder **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** bzw. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)
- Festlegung der Art des Einbauverfahrens (s. Kapitel 4.4)
- Forderung, dass der Bieter das vorgesehene Einbauverfahren und das Verfahren zur Kontrolle der einzubauenden Vergussstoffmenge angibt.
- Hinweis auf die schon bei Angebotsabgabe erforderliche Vorlage der Grundprüfung (s. Kapitel 7.2) und die rechtzeitig vor Beginn der Vergussarbeiten auszuführende Eignungsprüfung (s. Kapitel 7.3) (vgl. ZTV-W LB 210 (2015)).
- Hinweis auf den Umfang der Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen nach ZTV-W LB 210 (2015) (s. Kapitel 7.4 und 7.5)

- Ggf. Forderung einer Mindestbetongüte (s. Abschnitt 4.1.4)

Die erforderliche Vergussstoffmenge kann erst im Rahmen der Eignungsprüfung exakt ermittelt werden (abhängig u. a. vom tatsächlichen Hohlraumgehalt und der Steinform). Für eventuelle Mehr- oder Mindermengen sind ggf. Zulagepositionen in der Ausschreibung vorzusehen.

Bei Bauvorhaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ist die BAW bei der Bewertung der Eignungsprüfung von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen begleitend einzubinden (BVBW 2005).

## 5.2 Angebotsprüfung

Für den Einbau von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen ist vor Auftragsvergabe zu prüfen, ob der AN den Nachweis der grundsätzlichen Eignung (Grundprüfung) des Einbauverfahrens durch einen gültigen Prüfbericht der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) nachweisen kann. Der Prüfbericht darf, sofern seine Gültigkeit nicht verlängert wurde, nicht älter als 5 Jahre sein und muss auf den AN oder seinen Nachunternehmer ausgestellt sein. Die Gültigkeit der Grundprüfung und die Anwendbarkeit auf das Bauvorhaben sollte durch Rückfrage bei der BAW überprüft werden.

## 5.3 Überwachung der Bauausführung

Bei der Überwachung während der Bauausführung sind die nachfolgenden Punkte zu bedenken.

### Spätestens 8 Wochen vor Beginn der Vergussarbeiten

- Bei Bauvorhaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes Rücksprache mit der BAW über die Durchführung der Eignungsprüfung
- Prüfung des auf die Baustelle abgestimmten Qualitätssicherungskonzeptes des AN (z. B. Prüfplan der Eigenüberwachung, Gerätekonzept)
- Prüfung der vom AN vorgelegten Unterlagen zu den Ausgangsstoffen und Vergussstoffmischungen (s. Anlage 2 und Anlage 3)

### Unmittelbar vor Beginn der Vergussarbeiten

- Durchführung der Eignungsprüfung mit Prüfung der Eigenschaften des frischen und festen Vergussstoffes, sowie den erforderlichen Systemprüfungen (s. Anlage 2 und Anlage 3)
- Prüfung, ob die Freigabe der Schüttsteinlage erfolgt ist
- Prüfung der Schlammfreiheit des zu vergießenden Schüttsteingerüsts und ggf. der Anschlussbereiche (z. B. Spundwand) wenn möglich durch Taucher des AG

### Während der Vergussarbeiten

- Kontrolle der Eigenüberwachungsprotokolle (mindestens wöchentlich), insbesondere hinsichtlich der Festlegungen der Eignungsprüfung (Konsistenz) und der eingebrachten Vergussstoffmengen
- Im Zweifel Durchführung von Kontrollprüfungen
- Durchführung von Taucherkontrollen in regelmäßigen Abständen (~ alle 5.000 m<sup>2</sup>) durch Taucher des AG

### Nach Fertigstellung der Vergussarbeiten

- Prüfung der Anschlüsse an Anlagen, Spundwänden und an zeitlich versetzt ausgeführten Fertigungsabschnitten (vor allem bei Vollverguss mit Dichtungsfunktion)
- Prüfung der Vergusshöhe (bei Vollverguss)
- Prüfung vor Abnahme durch Taucher des AG

Die nachfolgenden Abschnitte 6 und 7 enthalten die vertraglichen Anforderungen, die an den Vergussstoff, den Einbau des Vergussstoffes und das fertig gestellte vergossene Deckwerk gestellt werden. Auf diese Abschnitte wird in den ZTV-W LB 210 (2015) verwiesen.

## **6 Anforderungen an den Vergussstoff, den Einbau des Vergussstoffes und die Vergussstoffverteilung**

### **6.1 Anforderungen an die Vergussstoffe**

#### **6.1.1 Hydraulisch gebundene Vergussstoffe**

- (1) Alle Ausgangsstoffe für hydraulisch gebundene Vergussstoffe müssen der DIN EN 206-1, 5.1 entsprechen.
- (2) Es sind nur Zemente nach DIN EN 197-1 und DIN 1164-10 zu verwenden. Die Verwendung von CEM IV- und CEM V-Zementen ist nicht zugelassen.
- (3) Zugelassen sind nur Gesteinskörnungen gemäß DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN EN 12620 und DIN EN 13055-1, deren Konformität mit dem System der Konformitätsbescheinigung „2+“ nachgewiesen worden ist.
- (4) Die Konsistenz des hydraulisch gebundenen Vergussstoffs darf nach Herstellung ausschließlich mit Fließmitteln eingestellt werden. Der Wasser/Bindemittelwert gemäß Eignungsprüfung ist einzuhalten.
- (5) Vergussstoffe müssen so langzeitbeständig sein, dass sie ihre Funktion während der geplanten Nutzungsdauer des Deckwerkes voll erfüllen.
- (6) Vergussstoffe müssen die in Tabelle 3 in Abhängigkeit vom Einbaubereich des Vergussstoffes enthaltenen Anforderungen erfüllen.

### **6.2 Anforderungen an den Einbau des Vergussstoffes und die Nachbehandlung**

#### **6.2.1 Allgemeines**

- (7) Der Teil- oder Vollverguss ist im Wasserwechselbereich und oberhalb hiervon so auszuführen, dass eine möglichst große Oberflächenrauigkeit erhalten bleibt, d. h. die Wasserbausteine dürfen von dem Vergussstoff nicht vollständig überdeckt werden. Bei einem Vollverguss muss jedoch unterhalb des Wasserwechselbereiches die Einbaudicke des Vergussstoffes der Dicke der Deckschicht entsprechen, um bei Ankerwurf und Schiffsanfahrungen keine Angriffsflächen zu bieten.
- (8) Die Wasserbausteine müssen eine saubere Oberfläche besitzen, um die erwünschte Verbundfestigkeit mit dem Vergussstoff erreichen zu können. Die Vergussarbeiten müssen daher sobald wie möglich nach dem Einbau der Wasserbausteine durchgeführt werden. Falls durch Hochwasser o-

der die Baumaßnahme selbst Schlammablagerungen eingetreten sind, müssen verschmutzte Wasserbausteine gesäubert bzw. die Hohlräume frei gespült werden.

Tabelle 3: Anforderungen an den frischen und festen Vergussstoff

	Anforderung	Einbaubereich des Vergussstoffes		
		über Wasser	Wasserwechselbereich <sup>1</sup>	unter Wasser
frischer Vergussstoff <sup>2</sup>	Konsistenz nach DIN EN 12350-5	Wird bei der Eignungsprüfung (s.7.3) für die jeweilige Baumaßnahme und Einbausituation festgelegt.  Der Vergussstoff muss im Frischzustand so fließfähig sein, dass er die Hohlräume des Steingerüsts in dem jeweils verlangten Maße ausfüllt. Um dies zu gewährleisten muss die Differenz ohne und nach 15maligem Schocken mindestens 12 cm betragen.  Der Vergussstoff muss einen guten Zusammenhalt haben.  Abweichungen von den in der Eignungsprüfung festgelegten Werten von $\pm 2$ cm sind bei der Überwachung durch den AN zulässig.		
	Zementgehalt	$\geq 350 \text{ kg/m}^3$		
	Wasserzementwert nach RPV	$w/z \leq 0,60$ Bei Verwendung von Flugasche gilt: $(w/z)_{eq} = w/(z+0,7*f) < 0,60.$ f Masse der Flugasche [kg] pro $\text{m}^3$ Vergussstoff. Die Höchstmenge Flugasche, die auf den w/z-Wert angerechnet werden darf, beträgt $f/z < 0,33$		
	Dichte $D_{IV}$ nach DIN EN 12350-6	$\geq 2,00 \text{ kg/dm}^3$		
	Vergussstofftemperatur	Anforderungen und Regelungen gemäß DIN 1045-3, Abschnitt 7.3. Frischbetontemperaturen von $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ dürfen nicht überschritten werden.		
	Erosionsbeständigkeit <sup>3</sup> max. Massenverlust beim Ausspültest nach RPV	---	$\leq 6,0 \text{ Massen - \%}$	$\leq 6,0 \text{ Massen - \%}$
erhärteter Vergussstoff <sup>4</sup>	Festigkeitsklasse nach DIN 1045-2	$\geq \text{C } 20/25$		
	Spaltzugfestigkeit $f_{spz}$ nach DIN EN 12390-6	kleinster Einzelwert $\geq 2,0 \text{ N/mm}^2$		
	Frostbeständigkeit	Nachweis nach BAW-Merkblatt "Frostprüfung" für XF3		---

<sup>1</sup> Definition der Lage des Wasserwechselbereichs laut Verdingungsunterlagen bzw. Kapitel 2.

<sup>2</sup> Die Probe ist im Rahmen der Eignungsprüfung vor der Pumpe sowie am Schlauchende zu entnehmen. Im Rahmen der Überwachung durch den AN ist eine Beschränkung auf die Entnahme vor der Pumpe zulässig.

<sup>3</sup> nur bei einem Einbau unter Wasser sowie in Bereichen, an denen ein Strömungs- oder Wellenangriff auf den frischen Vergussstoff möglich ist

<sup>4</sup> Die Prüfkörper sind im Rahmen der Eignungsprüfung vor der Pumpe sowie am Schlauchende entsprechend den Einbaubedingungen (unter bzw. über Wasser) zu entnehmen. Im Rahmen der Überwachung durch den AN ist eine Beschränkung auf die Entnahme vor der Pumpe zulässig.

- (9) Die im Rahmen der Eignungsprüfung vereinbarte Vergussstoffmenge pro Quadratmeter darf bereichsweise (sofern nicht anders geregelt) die Tagesleistung um nicht mehr als 10 % über- bzw. unterschritten werden. Die mittlere Vergussstoffmenge darf die vereinbarte Vergussstoffmenge nicht unterschreiten.
- (10) Die Oberflächentemperatur der Wasserbausteine darf bei der Verwendung von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen 5 °C nicht unterschreiten und 40 °C nicht überschreiten. Die Einbautemperatur des hydraulisch gebundenen Vergussstoffes muss der DIN 1045-3, Abschnitt 8.3, entsprechen; sie darf 30 °C aber keinesfalls überschreiten.
- (11) Beim Einbau im Trockenen muss die Steinschüttung bei der Verwendung hydraulisch gebundener Vergussstoffe „matt feucht“ sein. Die Nachbehandlung des im Trockenen eingebauten hydraulisch gebundenen Vergussstoffes muss nach DIN 1045-3, Abschnitt 8.7, Tabelle 2, erfolgen, die Vereinfachungen gemäß DIN 1045-3/A2 dürfen nicht angewandt werden. Mit der Nachbehandlung ist unmittelbar nach dem Einbau des Vergussstoffes, in jedem Fall aber so rechtzeitig zu beginnen, dass ein Helligkeitsumschlag der Vergussstoffoberfläche von dunkel nach hell infolge Austrocknung zu keinem Zeitpunkt auftritt.

### 6.2.2 Einbau von Hand

- (12) Der Einbau von Hand ist unter Wasser von Tauchern auszuführen, die Erfahrungen mit dem Teil- bzw. Vollverguss von Deckwerken haben.
- (13) Der Schlauchdurchmesser darf an der Austrittsöffnung nicht größer als 60 mm sein. Die Verwendung eines Verteilers auf zwei Schläuche ist zulässig. Die Ausflussrate darf nicht über der im Rahmen der Eignungsprüfung ermittelten Ausflussrate liegen.

### 6.2.3 Maschineller Einbau

- (14) Beim Einsatz eines maschinellen Einbaugerätes, das den Förderstrom auf mehrere Düsen verteilt, ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen und im Rahmen der Eigenüberwachung kontinuierlich zu protokollieren, dass die Vergussstoffmenge gleichmäßig über alle Düsen eingebracht wird.
- (15) Der punktuelle Verguss darf bei einem Teilverguss einen Durchmesser von 1 m, der streifenförmige Verguss eine Streifenbreite von 1 m nicht überschreiten (s. Bild 1). Der Abstand zwischen den Einbaubereichen darf an der Oberfläche der Deckschicht im Mittel folgende Breite nicht überschreiten:

Wasserbausteine der Größenklasse CP <sub>90/250</sub> :	30 cm i. M.
Wasserbausteine der Gewichtsklasse LMB <sub>5/40</sub> :	50 cm i. M.

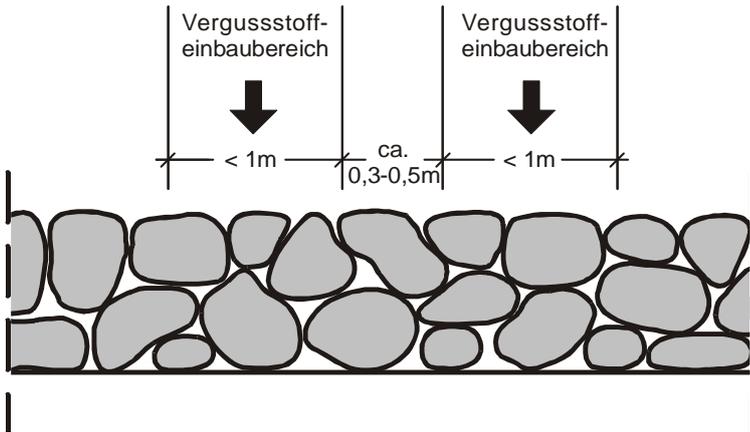


Bild 1: Punktueller oder streifenförmiger Verguss zur Verbesserung des Bruchverhaltens bei hydraulisch gebundenen dichten Vergussstoffen

### 6.3 Anforderungen an die Vergussstoffverteilung

#### 6.3.1 Teilverguss

(16) Die Vergussstoffverteilung über die Tiefe muss der in Bild 2, in Abhängigkeit von der eingebrachten Vergussstoffmenge dargestellten Verteilung, entsprechen. Die Verteilung für Vergussstoffmengen, die nicht durch die Fälle a - c abgedeckt sind, kann interpoliert werden. Für die Steinklassen CP<sub>90/250</sub> und LMB<sub>5/40</sub> ist als Eindringtiefe des Vergussstoffes  $d = 40$  cm, für die Klasse LMB<sub>10/60</sub>  $d = 50$  cm anzusetzen, sofern in den Verdingungsunterlagen keine andere Eindringtiefe des Vergussstoffes definiert wurde. Maximal 5 % der Vergussstoffmenge darf in die ggf. darunterliegenden Bereiche eindringen. Einzelne lose Steine an der Oberfläche sind zulässig.

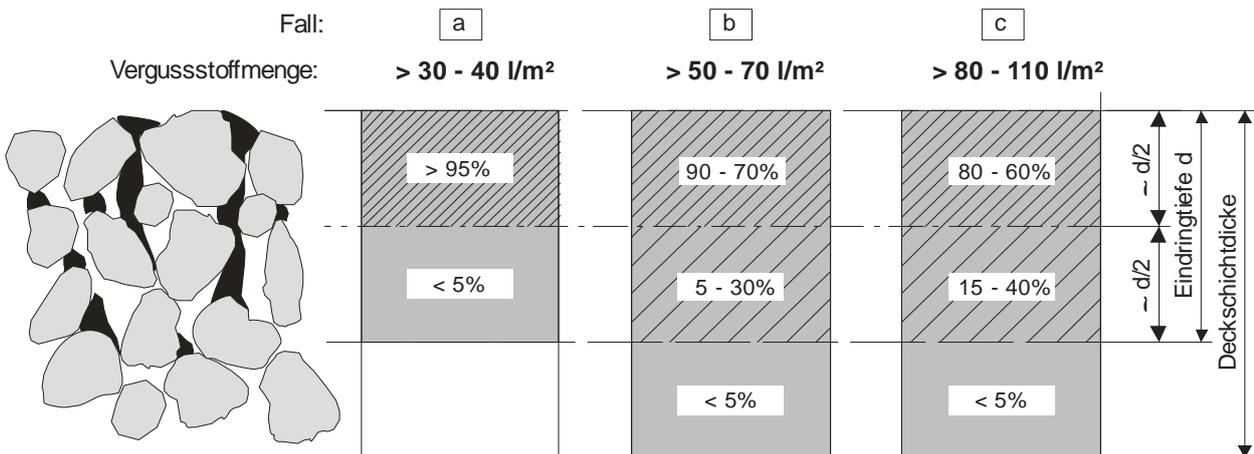


Bild 2: Anzustrebende Vergussstoffverteilung in % der Vergussstoffmenge in Abhängigkeit von der eingebrachten Vergussstoffmenge

### 6.3.2 Vollverguss

- (17) Bei einem Vollverguss müssen Vergussstoff und Einbauverfahren so aufeinander abgestimmt sein, dass das Steingerüst, ggf. bis auf die Oberflächenrauigkeit (vgl. (7)), über die gesamte Dicke vollständig aufgefüllt wird.

## 6.4 Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht

### 6.4.1 Teilverguss

- (18) Bei einem Teilverguss darf in keinem Bereich der Deckschicht eine dichte Sperrschicht entstehen. Um eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht zu gewährleisten darf der verbleibende Hohlraumanteil je 5 cm Deckschichthöhe in keiner Lage geringer als 10 Vol. % sein. Dies gilt sowohl für durchlässige als auch für dichte Deckwerke.

### 6.4.2 Vollverguss

- (19) Eine voll vergossene Deckschicht mit Dichtungsfunktion muss folgende Anforderung hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit der gesamten Deckschicht erfüllen:

$$k_{\text{Deckschicht}} < 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$

## 7 Prüfungen

### 7.1 Allgemeines

- (20) Zur Qualitätssicherung von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen werden in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) - für Böschungs- und Sohlensicherungen (Leistungsbereich 210) (ZTV-W LB 210 2015) folgende Prüfungen vorgesehen:

- Nachweis der grundsätzlichen Eignung (Grundprüfung)
- Eignungsprüfung
- Überwachung durch den AN (Eigenüberwachung)
- Kontrollprüfungen.

Die Prüfungen umfassen auch:

- Probenahme und Kennzeichnung der Probe,
- Schließen der Probeentnahmestellen,
- Lagern der Probe,
- Versandfertiges Verpacken der Probe,
- Transport der Probe von der Entnahmestelle zur Prüfstation,
- Lagern der Rückstellproben,
- Umweltgerechte Beseitigung des Probenmaterials,
- Lage- und höhenmäßige Dokumentation der Probeentnahmestellen.

- (21) Die Fließeigenschaften von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen entsprechen bei Einbau unter Wasser nicht denen bei Einbau im Trockenen. Prüfungsergebnisse des Trockeneinbaues lassen sich daher nicht auf den Unterwassereinbau übertragen.

- (22) Die Bedingungen für die Herstellung von Prüfkörpern müssen den Einbaubedingungen entsprechen. So sind z. B. bei Einbau des Vergussstoffes unter Wasser auch die Prüfkörper unter Wasser herzustellen. Die Entnahme von Proben muss bei der Grund- und der Eignungsprüfung vor der Pumpe sowie am Schlauchende erfolgen. Die Prüfergebnisse sind getrennt voneinander zu ermitteln. Bei der Überwachung durch den AN sind nur noch Proben vor der Pumpe zu entnehmen.

## **7.2 Nachweis der grundsätzlichen Eignung (Grundprüfung)**

### **7.2.1 Allgemeines**

- (23) Grundprüfungen sind Prüfungen des Auftragnehmers zum Nachweis der grundsätzlichen Eignung des Vergussstoffes, des Baustoffsystems "Vergussstoff-Wasserbausteine" und des Einbauverfahrens.
- (24) Für den Einbau von hydraulisch gebundenen Vergussstoffen ist der Nachweis der grundsätzlichen Eignung (Grundprüfung) des Einbauverfahrens des AN dem AG im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung durch einen gültigen Prüfbericht der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), in anderen Bereichen auch durch eine von der obersten Bauaufsichtsbehörde der Länder hierfür anerkannte Prüfstelle nachzuweisen (s. ZTV-W LB 210 (2015)).
- (25) Der Ort der Durchführung der Grundprüfung wird von der Prüfstelle festgelegt.

### **7.2.2 Prüfung der Materialkennwerte**

- (26) Bei hydraulisch gebundenen Vergussstoffen sind die in Anlage 3 aufgeführten Nachweise zu den Ausgangsstoffen und die Mischungszusammensetzungen zu Beginn der Grundprüfung getrennt für den Einbau unter Wasser, im Wasserwechselbereich sowie über Wasser vorzulegen.
- (27) Im Rahmen der Grundprüfung werden bei hydraulisch gebundenen Vergussstoffen alle Prüfungen für den frischen und festen Vergussstoff nach Anlage 3 an je einem Vergussstoff für den Einbau im Wasserwechselbereich (gilt auch für den Einbau unter Wasser) sowie über Wasser durchgeführt.

### **7.2.3 Systemprüfungen**

- (28) Ziel der Systemprüfung ist sowohl die augenscheinliche Prüfung über den fachgerechten Umgang mit dem Einbauverfahren als auch die Beurteilung des Verbundsystems „Vergussstoff-Wasserbausteine“ durch Ermittlung der Vergussstoffmenge und -verteilung.
- (29) Die Systemprüfungen sind getrennt für den Einbau von Hand im Trockenen als auch unter Wasser durchzuführen. Die Prüfung eines maschinellen Einbaugerätes für den Einbau unter Wasser ist im Rahmen der Grundprüfung zusätzlich durchzuführen.
- (30) Die Prüfung der Vergussstoffmenge und -verteilung ist mittels Tauchwägung nach RPV durchzuführen. Die Versuchskörper sind mit einer Vergussstoffmenge von  $70 \text{ l/m}^2 \pm 10 \%$  mit Steinen der Klasse CP<sub>90/250</sub> bei einer Einbaudicke von 40 cm herzustellen.
- (31) Die Prüfung des Einbauverfahrens umfasst die verwendeten Gerätschaften (Pumpe, Schlauchdurchmesser etc.) sowie das Qualitätssicherungssystem. Bei einem maschinellen Einbau wird die Einhaltung der Anforderungen nach Abschnitt 6.2.3 überprüft.

## 7.2.4 Prüfbericht und Gültigkeitsdauer

- (32) Im Prüfbericht werden die Einzeluntersuchungen nach den Abschnitten 7.2.2 und 7.2.3 mit ihren Ergebnissen dargestellt und bewertet. Hierbei werden auch der zugelassene Einsatzbereich (unter Wasser/Wasserwechselbereich/über Wasser) sowie das zugelassene Einbauverfahren (von Hand/maschinellem Einbau) definiert.
- (33) Der Prüfbericht wird dreifach ausgestellt.
- (34) Die Gültigkeitsdauer ist auf 5 Jahre beschränkt. Eine Verlängerung ist möglich, wenn der AN z. B. durch aktuelle Eignungsprüfungen nachgewiesen hat, dass er die Qualitätsanforderungen an die Herstellung von Vergussarbeiten erfüllt.

## 7.3 Eignungsprüfung

### 7.3.1 Allgemeines

- (35) Die Eignungsprüfung ist eine Prüfung des Auftragnehmers zum Nachweis der Eignung der verwendeten Baustoffe, Baustoffgemische, Baustoffsysteme und des vorgesehenen Einbauverfahrens unter den Randbedingungen der jeweiligen Baumaßnahme.
- (36) Ändern sich Art und Eigenschaften der Baustoffe und der Baustoffgemische oder die Einbaubedingungen, so ist die Eignung erneut nachzuweisen.

### 7.3.2 Prüfung der Materialkennwerte

- (37) Bei hydraulisch gebundenen Vergussstoffen sind die in Anlage 3 aufgeführten Nachweise zu den Ausgangsstoffen und die Mischungszusammensetzungen spätestens 8 Wochen vor Beginn der Vergussarbeiten getrennt für den Einbau unter Wasser, im Wasserwechselbereich sowie über Wasser vorzulegen.
- (38) Bei hydraulisch gebundenen Vergussstoffen muss der Nachweis der Frostbeständigkeit für den Einbau im Wasserwechselbereich und über Wasser mit den bei der Baumaßnahme verwendeten Materialien vor Beginn der Vergussarbeiten vorgelegt werden.
- (39) Im Rahmen der Eignungsprüfung werden bei hydraulisch gebundenen Vergussstoffen die Prüfungen für den frischen und festen Vergussstoff nach Anlage 3 durchgeführt. Die Anforderungen ergeben sich je nach Einbauort (unter Wasser, Wasserwechselbereich, über Wasser) aus Tabelle 3.

### 7.3.3 Systemprüfung

- (40) Die Systemprüfung ist unmittelbar vor Beginn der Vergussarbeiten durchzuführen.
- (41) Je nach Deckwerkstyp und Einbaubedingung ist ein in den RPV definierter Versuchskasten herzustellen. An dem Versuchskasten ist die Vergussstoffmenge nach RPV zu ermitteln, sowie eine visuelle Beurteilung der Vergussstoffverteilung vorzunehmen. Bei einem Teilverguss mit einer vorgesehenen Vergussstoffmenge von mindestens 90 l/m<sup>2</sup> ist zusätzlich die Vergussstoffverteilung nach RPV (2016) mittels Tauchwägung zu ermitteln.
- (42) Der Versuchskasten ist in einer in Abstimmung mit der AG festzulegenden Fläche von mindestens 50 m<sup>2</sup> einzubauen, welche gemeinsam mit dem Versuchskasten vergossen wird.

### **7.3.4 Prüfbericht und Gültigkeitsdauer**

- (43) Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 7.3.2 und 7.3.3 sind in einem Bericht zusammenzufassen. Dieser muss auch die im Rahmen der Eignungsprüfung ermittelten Materialkennwerte und die Vergussstoffmenge enthalten, die - bei Erfüllung der Anforderungen - als verbindliche Richtwerte für die Bauausführung dienen.
- (44) Die Gültigkeit der Eignungsprüfung erstreckt sich über die Dauer der Baumaßnahme, sofern sich nicht einzelne Grundlagen (z. B. Änderung von Ausgangsstoffen, Zusammensetzung, Einbauverfahren) ändern.

## **7.4 Überwachung durch den AN (Eigenüberwachung)**

### **7.4.1 Allgemeines**

- (45) Die eingebrachte Vergussstoffmenge pro Flächeneinheit muss kontinuierlich, mindestens bei jeder Charge, kontrolliert und auf einem Einbaulageplan dokumentiert werden. Beim Einsatz eines maschinellen Einbaugerätes sind die Geräteparameter unter Berücksichtigung von Abschnitt 6.2.3 kontinuierlich zu dokumentieren.

### **7.4.2 Prüfung der Materialkennwerte**

- (46) Bei hydraulisch gebundenen Vergussstoffen sind die in Anlage 3 aufgeführten Prüfungen durchzuführen. Die Anforderungen ergeben sich je nach Einbauort (unter Wasser, Wasserwechselbereich, über Wasser) aus Tabelle 3.

### **7.4.3 Systemprüfungen**

- (47) Bei Voll- und Teilverguss ist die Vergussstoffmenge je angefangene 20.000 m<sup>2</sup> nach RPV (2016) zu überprüfen. An dem hierfür erstellten Versuchskasten ist die Vergussstoffverteilung visuell zu beurteilen und mittels Foto zu dokumentieren.

## **7.5 Kontrollprüfung**

- (48) Der Umfang der Kontrollprüfungen richtet sich nach der Aufgabenstellung. Als Richtwert ist der Mindestumfang der Eigenüberwachungsprüfungen anzusetzen.
- (49) Bei einem Vollverguss können zur Überprüfung der vollständigen Verfüllung der Steinschüttung Bohrkerne mit einem Durchmesser von mindestens 10 cm entnommen werden.

## 8 Literatur und zitierte Normen

- BVBW (2005): Erlass EW 23/14.70.02-3/41 BAW 05, „Qualitätssicherung von Vergussarbeiten bei Böschungs- und Sohlensicherungen an Bundeswasserstraßen“ vom 21.12.2005, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn.
- EAAW (2008): Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau (EAAW, 5. Ausgabe), Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Essen.
- EAO (2002): Empfehlungen zur Anwendung von Oberflächendichtungen an Sohle und Böschung von Wasserstraßen (EAO), Mitteilungsblatt Nr. 85, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- GBB (2010): Merkblatt Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- MAG (1993): Merkblatt Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen (MAG), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- MAR (2008): Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Wasserstraßen (MAR), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- MFB (2012): Merkblatt Frostprüfung von Beton (MFB), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- RPV (2016): Richtlinie für die Prüfung von hydraulisch gebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (RPV), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- TLG (2008): Technische Lieferbedingungen für Geotextilien und geotextilverwandte Produkte an Wasserstraßen (TLG), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.
- TLW (2003): Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine (TLW), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Bonn.
- ZTV-W LB 210 (2015): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau für Böschungs- und Sohlensicherungen (Leistungsbereich 210), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.
- DIN EN 197-1:2011-11: Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement.
- DIN EN 206:2014-07: Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität.
- DIN 1164-10:2004-08: Zement mit besonderen Eigenschaften - Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften.
- DIN 1164-10:2004-08: Berichtigung 1.
- EN 934-2:2012-08: Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Betonzusatzmittel; Definitionen und Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung.
- DIN EN 12620:2013-07: Gesteinskörnungen für Beton.

DIN EN 12350-5:2009-08: Prüfung von Frischbeton - Teil 5: Ausbreitmaß.

DIN EN 12350-6:2011-03 Prüfung von Frischbeton - Teil 6: Frischbetonrohddichte.

DIN EN 12350-7:2009-08: Prüfung von Frischbeton - Teil 7: Luftgehalte; Druckverfahren.

DIN EN 12390-3:2009-07: Prüfung von Festbeton - Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern.

DIN EN 12390-3:2011-11: Berichtigung 1.

DIN EN 12390-6:2010-09: Prüfung von Festbeton - Teil 6: Spaltzugfestigkeit von Probekörpern.

DIN EN 12390-7:2009-07: Prüfung von Festbeton - Teil 7: Dichte von Festbeton.

## Anlagen

### Anlage 1: Übliche Vergussstoffmengen [ $l/m^2$ ] für hydraulisch gebundene Vergussstoffe in Abhängigkeit von der Steinklasse und der Lagerungsdichte der Wasserbausteine bei maschinellm Einbau für eine Vergusstiefe von 40 cm.

	Freie Strecke						Vorhäfen, Liegestellen u. a.					
	Steinklasse nach TLW 2003						Steinklasse nach TLW 2003					
	CP <sub>90/250</sub>			LMB <sub>5/40</sub>			CP <sub>90/250</sub>			LMB <sub>5/40</sub>		
Lage der Deckschicht in der Wasserstraße	locker	mitteldicht	dicht <sup>2)</sup>	locker	mitteldicht	dicht <sup>2)</sup>	locker	mitteldicht	dicht <sup>2)</sup>	locker	mitteldicht	dicht <sup>2)</sup>
Böschung oberhalb vom Wasserwechselbereich <sup>1)</sup>	-	30	30	-	40	35	-	30	30	-	40	40
Sohle und Böschung in und unterhalb vom Wasserwechselbereich	60	50	45	70	60	50	70	60	55	90	80	70
Buhnen	-	50	45	-	70	60	-			-		

<sup>1)</sup> Teilverguss nur bei verstärkten Freizeiteinwirkungen (Angler, Badende) erforderlich. Die Vergussstoffmenge ist nicht ausreichend für Bereiche, die starken hydraulischen Belastungen (z. B. Hochwasser) ausgesetzt sind.

<sup>2)</sup> Eine dichte Lagerung sollte bei teilvergossenen Deckwerken vermieden werden (s. 4.2.2).

Bei einem Einbau unter Wasser von Hand sind die Vergussstoffmengen um etwa 10-15 % zu erhöhen.

#### Hohlraumgehalt von Wasserbausteinen in Abhängigkeit vom Einbauverfahren (vgl. Tabelle 1):

Lagerungsdichte	Hohlraumgehalt n	Einbauverfahren
locker	50 - 55 %	bei Verklappen unter Wasser
mitteldicht	45 %	bei Schüttung im Trockenen bzw. bei Einbau durch Greifer/Bagger unmittelbar auf dem Planum
dicht	30 - 40 %	bei Nacharbeiten von Hand bzw. Andrücken mit dem Einbaugerät.

**Anlage 2: Übersicht über die erforderlichen Unterlagen und Prüfungen der Baustoffe bei der Eignungsprüfung von Vergussarbeiten**

	Einbaubedingungen		
	unter Wasser	Wasserwechselbereich	über Wasser
Gesamtfläche [m²] :			
vorgesehene Vergussstoffmenge [l/m²] :			

Ausgangsstoffe			
	Herkunft / Bezeichnung	Unterlagen liegen vor	
Vergussstoffzusammensetzung / Mischungsbezeichnung			
Gesteinskörnungen (DIN EN 12620)			
Zemente (DIN EN 197-1/A1, DIN EN 197-4 und DIN 1164)			
Zusatzmittel (DIN EN 206-1/1045-2, 5.1.5)			
Zusatzstoffe (DIN EN 206-1/1045-2, 5.1.6)			

Prüfungen am frischen Vergussstoff			
		Datum:	
Temperatur [°C]	a.)		
	b.)		
Konsistenz A [cm] (DIN EN 12350-5)	a.)	ohne Schocken	
	a.)	15x Schocken	
	b.)	ohne Schocken	
	b.)	15x Schocken	
Dichte [kg/dm³] (DIN EN 12350-6)	a.)		
	b.)		
Luftporenhalt [%] (DIN EN 12350-7)	a.)		
	b.)		
Wasser/Zement-Wert [-] (RPV)	a.)		
	b.)		
Widerstand gegen Erosion E [%] (RPV)	a.)		
	b.)		

a.) Entnahme der Probe vor der Pumpe  
b.) Entnahme der Probe am Schlauchende

Prüfungen am erhärteten Vergussstoff (Herstellung der Prüfkörper entsprechend den Einbaubedingungen (unter bzw. über Wasser))			
	Datum der Probenahme		
Dichte [kg/dm³] (DIN EN 12390-7)			
Druckfestigkeit (DIN EN 12390-3)			
Spaltzugfestigkeit (DIN EN 12390-6)			
Widerstand gegen Frost (BAW-Merkblatt "Frostprüfung")			

Systemprüfungen			
Vergussstoffmenge nach RPV und visuelle Beurteilung der Vergussstoffverteilung			
Vergussstoffmenge und Vergussstoffverteilung mittels Tauchwägung			

### Anlage 3: Tabellarische Übersicht der durchzuführenden Nachweise und Prüfungen für hydraulisch gebundene Vergussstoffe

Durchzuführende Prüfungen:	Nachweis der grundsätzlichen Eignung (Grundprüfung)	Eignungsprüfung	Überwachung durch den AN (Eigenüberwachung)	Kontrollprüfungen
Zeitpunkt:	vor Auftragsvergabe durch den AN	vor Baubeginn <sup>1)</sup> durch den AN	während der Bauausführung durch den AN	im Bedarfsfall durch den AG
<b>Ausgangsstoffe</b>				
Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620	Leistungserklärung des Herstellers und Bescheinigung der Konformität der WPK			Der Umfang der Prüfungen richtet sich nach der Aufgabenstellung. Als Richtwert ist der Mindestumfang der Eigenüberwachungsprüfungen anzusetzen.
Zemente nach DIN EN 197-1, und DIN 1164-10	Leistungsbeständigkeitsbescheinigung für das Produkt nach DIN EN 197-2			
Zusatzmittel nach DIN EN 934-2	Leistungserklärung des Herstellers und Bescheinigung der Konformität der WPK			
Zusatzstoffe nach DIN EN 450-1 und DIN EN 13263-1	Leistungsbeständigkeitsbescheinigung für das Produkt			
Vergussstoffzusammensetzung	x	x	kontinuierlich	
<b>Prüfungen am frischen Vergussstoff</b> (Die Probe ist im Rahmen der Eignungsprüfung vor der Pumpe sowie am Schlauchende zu entnehmen. Im Rahmen der Überwachung durch den AN ist eine Beschränkung auf die Entnahme vor der Pumpe zulässig.)				
Temperatur	x	x	1 x täglich	s. o.
Konsistenz nach DIN EN 12350-5 (ohne und nach 15 Mal Schocken)	x	x	alle 8 m <sup>3</sup>	
Dichte nach DIN EN 12350-6	x	x	1 x täglich	
Luftporengehalt nach DIN EN 12350-7 (Druckausgleichverfahren)	x	x	1 x täglich	
Wasser/Zement-Wert bzw. Wasser/Bindemittel-Wert nach RPV	x	x	1 x wöchentlich	
Widerstand gegen Erosion nach RPV	x	x	alle 16 m <sup>3</sup>	
<b>Prüfungen am erhärteten Vergussstoff</b> (Die Prüfkörper sind im Rahmen der Eignungsprüfung vor der Pumpe sowie am Schlauchende entsprechend den Einbaubedingungen (unter bzw. über Wasser) zu entnehmen. Im Rahmen der Überwachung durch den AN ist eine Beschränkung auf die Entnahme vor der Pumpe zulässig.)				
Dichte nach DIN EN 12390-7	x	x	3 Prüfkörper pro angefangene 5.000 m <sup>2</sup> oder 1 Arbeitswoche	s. o.
Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3	x	x	3 Prüfkörper pro angefangene 5.000 m <sup>2</sup> oder 1 Arbeitswoche	
Spaltzugfestigkeit nach DIN EN 12390-6	x	x	3 Prüfkörper pro angefangene 10.000 m <sup>2</sup> oder 2 Arbeitswoche	
Widerstand gegen Frost nach BAW-Merkblatt "Frostprüfung"	x	x (muss vorliegen)	-	
<b>Systemprüfungen</b>				
Vergussstoffmenge nach RPV und visuelle Beurteilung der Vergussstoffverteilung	-	bei Vergussstoffmengen < 90 l/m <sup>2</sup> sowie Vollverguss	pro angefangene 20.000 m <sup>2</sup> (Teilverguss)	s. o.
Vergussstoffmenge und Vergussstoffverteilung mittels Tauchwägung nach RPV	x	bei Vergussstoffmengen ≥ 90 l/m <sup>2</sup>	-	

<sup>1)</sup> Die Nachweise zu den Ausgangsstoffen sind 8 Wochen vor Baubeginn vom AN vorzulegen.

#### Anlage 4: Beispiele von Vergussarbeiten



Bild A4-1: *Sachgerecht hergestelltes teilvergossenes Deckwerk (30 l/m<sup>2</sup>, CP<sub>90/250</sub>, Einbau von Hand)*



Bild A4-2: ***Nicht** sachgerecht hergestelltes teilvergossenes Deckwerk mit zu steifem Vergussstoff (70 l/m<sup>2</sup>, CP<sub>90/250</sub>, Einbau von Hand)*



Bild A4-3: *Versuchskasten eines sachgerecht hergestelltem teilvergossenem Deckwerks (30 l/m<sup>2</sup>, CP<sub>90/250</sub>, Einbau von Hand)*



*Bild A4-4: Blick in eine Großbohrung in ein vollvergossenes Deckwerk*



*Bild A4-5: Sachgerecht hergestelltes teilvergossenes Deckwerk (90 l/m<sup>2</sup>, LMB<sub>5/40</sub>, punktueller maschineller Einbau)*



*Bild A4-6: Versuchskasten eines sachgerecht hergestellte teilvergossenen Deckwerks (90 l/m<sup>2</sup>, LMB<sub>5/40</sub>, streifenförmiger maschineller Einbau)*