

MERKBLATT

Verfüllungen von Hohlräumen mit hydraulischen Bindemitteln im Tiefbau

1. Auflage 1999

Unterirdische Hohlräume – wie stillgelegte Tanks, Kanäle, Schächte, Ringräume usw. – müssen in der Regel aus Standsicherheitsgründen und zur Gefahrenabwehr verfüllt werden. In der Praxis kommt es immer wieder vor, daß das Ergebnis einer Verfüllung nicht den gewünschten Erfolg zeigt. So werden häufig unzureichende Verfüllgrade festgestellt, Materialverbräuche sind deutlich höher als erwartet und bei komplizierten Anwendungen wie z.B. Relining-Maßnahmen treten bereits bei der Ausführung erhebliche Schwierigkeiten auf.

Hier Abhilfe zu schaffen hat sich das vorliegende Merkblatt zum Ziel gesetzt. Das Merkblatt legt im ersten Kapitel die Anforderungen an einen geeigneten Baustoff fest und liefert im zweiten Kapitel Hinweise für eine fachgerechte Bauausführung. Im dritten Kapitel sind einschlägige Normen- und Regelwerke sowie ein praxisgerechtes Baustellenprotokoll aufgeführt.

Bei Einhaltung der hier dargelegten Grundregeln, insbesondere durch entsprechende Vorgaben in der Planung, werden Verfüllarbeiten technisch und wirtschaftlich kalkulierbar und erleichtern den Umgang zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer.

Als Ergebnis entsteht eine Bauausführung, die durch Zusammenwirken aller Beteiligten eine optimale Qualität sicherstellt.

1. Anforderung an den Baustoff

Grundsätzlich ist vor dem Beginn einer jeden Baumaßnahme ein technisches Merkblatt, welches die Eigenschaften des zu verwendenden Baustoffes im frischen und erhärteten Zustand vermittelt, beim Hersteller anzufordern.

1.1 Anforderungen an den Baustoff im frischen Zustand, Einbaueigenschaften

Um eine kraftschlüssige und optimale Verfüllung zu erzielen, ist als Verfüllmaterial eine fließfähige und volumenbeständige Suspension notwendig. Folgende Materialeigenschaften sind von besonderer Bedeutung:

1.1.1 Wasser-/ Bindemittelwert und Suspensionsdichte

Der Wasser-/Bindemittelwert oder auch W/B-Wert, ist der Massenquotient aus Wassermenge und Bindemittelmenge, die zur Herstellung der Baustoffsuspension eingesetzt wird. Der vom Hersteller angegebene max. W/B-Wert sollte keinesfalls überschritten werden. Eine Überschreitung, d. h. Wasserüberschuß, führt zu hohem Wasserabsetzen und schlechten Verfüllgraden. Ebenso sind Minderfestigkeiten bis hin zum vollständigen Ausbleiben der Erhärtung möglich.

Desweiteren wird die Dichte der Suspension durch den W/B-Wert festgelegt. Die Dichte der Suspension ist ein zuverlässiger Maßstab für das richtige Mischungsverhältnis der Baustoffsuspension. Sie kann problemlos auf der Baustelle mittels einer handelsüblichen Waage und einem Litergefäß oder einer Spülungswaage bestimmt werden und berechnet sich wie folgt:

$$\text{Suspensionsdichte} = \frac{\text{Masse der Suspension}}{\text{Volumen}} \text{ [kg]/[dm}^3\text{]}$$

1.1.2 Wasserabsetzen und Sedimentationsstabilität

Für hohlraumfreie Verfüllungen sollte der Baustoff ein Wasserabsetzen nach 24 Stunden von $\leq 1,0$ Vol.-% (unter Laborbedingungen) aufweisen. Es ist darauf zu achten, daß das Wasserabsetzen mit dem für die Baustelle vorgesehenem Wasser-/Bindemittelwert bestimmt wird.

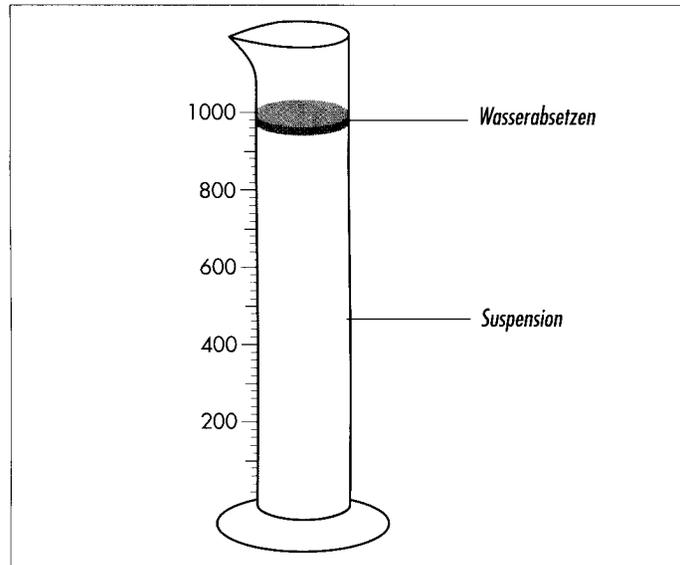


Bild 1. Bestimmung des Wasserabsetzens in einem 1000 ml Meßzylinder.

Meßmethode: Zur Bestimmung des Wasserabsetzens wird die aufbereitete Suspension in einen 1000 ml Meßzylinder (\varnothing 100 mm) gefüllt und im Anschluß mit Folie oder einer Glasscheibe abgedeckt. Der Meßzylinder wird erschütterungsfrei aufgestellt und 24 Stunden nach dem Füllen wird das Volumen des überstehenden Wassers bestimmt.

$$\text{WA[Vol.-%]} = \frac{\text{abgemessene Wassermenge [ml]}}{10}$$

Verfüllbaustoffe dürfen keine Sedimentation zeigen. Sedimentation führt unter ungünstigen Bedingungen zur unvollständigen Verfüllung sowie zur Ausbildung eines inhomogenen Verfüllkörpers.

1.1.3 Rheologische Eigenschaften – Konsistenz der Baustoff suspension

Eine fließfähige Konsistenz ist Voraussetzung für eine hohlraumfreie Verfüllung. Wichtig ist, daß die Fließfähigkeit mit dem für die Baustelle vorgesehenem Wasser-/Bindemittelwert erreicht wird. Höhere Wasser-/Bindemittelwerte führen zu höherem Wasserabsetzen und verminderten Festigkeiten.

Bei Verfüllungen ist eine ausreichende Fließfähigkeit der Baustoff suspension über den gesamten Verfüllzeitraum zu gewährleisten, d. h. der Baustoff sollte eine ausreichende Verarbeitungszeit aufweisen.

Die Konsistenz des Baustoffs kann in Anlehnung an das Merkblatt Vergußmörtel mit Hilfe einer Fließrinne, wie sie in Bild 2 abgebildet ist, bestimmt werden. Eine Fließlänge von > 60 cm ist bei vorgegebenem Mischungsverhältnis einzuhalten.

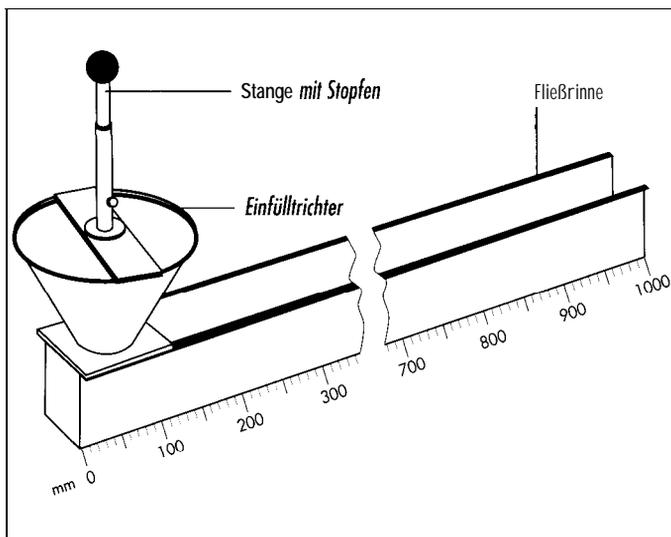


Bild 2. Fließrinne nach dem Merkblatt für die Anwendung von werkgemischtem Vergußmörtel. Vor jeder Messung ist die Rinne waagrecht und fest aufzustellen und mit einem Tuch anzufeuchten (nicht tropfnass).

Meßmethode: Der aufbereitete Baustoff wird bis zur Einfüllmarke (1 Liter) in den Trichter der Fließrinne gegeben. Anschließend wird der Kunststoffstopfen entfernt, so daß der Mörtel in die Fließrinne läuft. Nach Beendigung des Fließvorganges wird die mittlere Fließlänge an der Skala der Rinne in Zentimetern abgelesen. Während des Fließvorganges darf die Rinne keiner Erschütterung ausgesetzt sein.

1.1.4 Verarbeitungszeit und Erstarrungsverhalten

Das Erstarrungsverhalten und die Verarbeitungszeit werden durch die Temperatur, das Mischungsverhältnis bzw. die Dichte des Baustoffs festgelegt.

Um den zeitlichen Ablauf einer Baumaßnahme zu planen ist es von besonderer Bedeutung die Verarbeitungszeit und das Erstarrungsverhalten des Baustoffs zu kennen. So legt z. B. bei einer chargenweisen Verfüllung das Erstarrungsverhalten des Baustoffs die Dauer nach der weiterverfüllt werden kann, fest. Wird dem Baustoff nicht genügend Zeit gegeben um abzubinden, kann es später zum Auftreiben von eingebetteten Rohren kommen.

Eine einfache Methode zur Überprüfung der Stichfestigkeit des Baustoffs vor Ort ist z. B. der Einsatz einer Flügelsonde.

1.2 Anforderungen an den Baustoff im abgebundenen Zustand

Von der ausschreibenden Stelle sind die Anforderungen an das erhärtete Verfüllmaterial festzulegen. Auf folgende Forderungen ist besonders zu achten:

1.2.1 Frühfestigkeiten

Falls Frühfestigkeiten gefordert sind, sind diese gesondert anzugeben. Dabei ist die Einbau- und Umgebungstemperatur zu berücksichtigen. Niedrige Einbau- und Umgebungstemperaturen verzögern die Festigkeitsentwicklung.

1.2.2 Druckfestigkeit nach 28 Tagen

Die geforderte Druckfestigkeit nach 28 d ist festzulegen. In der Regel wird für nicht statisch belastete Hohlräume eine Festigkeit $\geq 1 \text{ N/mm}^2$ als ausreichend angesehen. Die Festigkeit sollte in Anlehnung an die Zementnorm EN 196 an Prismen $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ bestimmt werden. Bei der Lagerung der Probekörper ist eine Lagerungstemperatur von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und eine rel. Luftfeuchtigkeit von $\geq 95 \%$ einzuhalten.

1.2.3 Besondere Anforderungen

Weitere Anforderungen, die eventuell zu beachten sind, z. B. Durchlässigkeiten (K_f -Werte, DIN 18 130), Frostbeanspruchung, niedrige Wärmeentwicklung des Baustoffs oder Korrosionsschutz der Leitungen durch das Verfüllmaterial müssen angegeben werden. Hier sind gegebenenfalls Nachweise durch entsprechende Prüfzeugnisse oder gesonderte Messungen zu verlangen.

1.3 Anforderungen an die ökologische Unbedenklichkeit des Baustoffes

Wenn im Bereich des Grundwassers Verfüllungen notwendig sind, ist vom Baustoffhersteller der unbedenkliche Einsatz des Verfüllmaterials in den Wasserschutzzonen I und II in Form von Hygienegutachten, die nicht älter als drei Jahre sein sollten, nachzuweisen. Werden innerhalb dieser drei Jahre die Inhaltsstoffe geändert, so ist für eine Aktualisierung der Prüfzeugnisse zu sorgen.

1.3.1 Feststoffanalyse und Eluate nach dem DEV S4 Einheitsverfahren

Eine chemische Analyse des Trockenbaustoffs auf umweltrelevante Parameter ist grundsätzlich zur Charakterisierung des Baustoffs durchzuführen.

Ferner ist die Eluierbarkeit von Schadstoffen nach dem DEV S4 Verfahren an dem frisch ausgeteigten und an dem erhärteten Baustoff zu untersuchen. Andere Elutionsverfahren sind im Einzelfall mit dem Ausschreibendem abzustimmen.

1.3.2 Herstellernachweis – Lieferscheine

Vom Baustoffhersteller sind in dem Hygienezeugnis die verwendeten Ausgangsstoffe des Verfüllmaterials nebst ihrer Herkunft (Gewinnungsstätte, Kraftwerksblock) anzugeben. Die genaue Herkunft der zu verarbeitenden Aschen ist auch auf dem Lieferschein zu vermerken.

Zur Vermeidung von Falschlieferungen sind nur Originallieferscheine des Herstellers mit dem vorgesehenen Baustoff zu akzeptieren.

2. Hinweise für die fachgerechte Ausführung

Um eine fachgerechte Verfüllung sicherzustellen und ausreichend zu dokumentieren, sind eine Reihe von Maßnahmen zu empfehlen, die im folgenden beschrieben werden. Insbesondere beim Rohrrelining werden hohe Anforderungen an den Verfüllbaustoff und die Sorgfalt beim Einbau gestellt.

2.1 Der Mischvorgang

Die Mischanlage muß ein gründliches Durchmischen des Verfüllmaterials sicherstellen. Die Verarbeitungshinweise des Baumaschinen- bzw. Baustoffherstellers sind zu berücksichtigen.

2.2 Feststoffbedarf und Dichtebestimmung

Der Feststoffbedarf pro verfülltem Kubikmeter sowie das Mischungsverhältnis von Wasser zu Baustoff ist vor Beginn der eigentlichen Arbeiten dem Ausschreibendem anzugeben. Dieser Wert wird zur Berechnung der notwendigen Baustoffmenge des zu verfüllenden Objektes benötigt. Er ist auch Grundlage zur Abrechnung bei der Verfüllung unbekannter Hohlräume.

Es empfiehlt sich, die Suspensionsdichte baustellenseitig 3 x pro Silozug (28 t) zu ermitteln. Bei Verarbeitung geringer Mengen (≤ 10 t) sollte mindestens eine Suspensionsdichtemessung erfolgen.

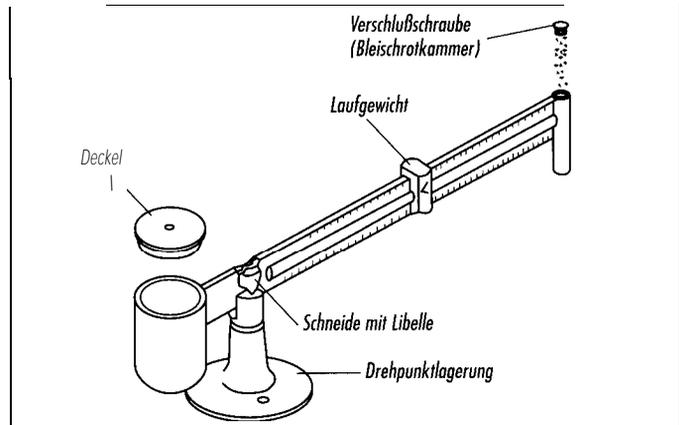


Bild 3. Spülungswage zur Dichtebestimmung.

2.3 Messung von Material- und Wasserverbrauch

Die Wasseruhr sollte zu Beginn und nach vollständigem Verbrauch des Inhalts eines Silozuges abgelesen werden, um eine nachträgliche Berechnung des Mischungsverhältnisses zu ermöglichen.

2.4 Druckfestigkeitsnachweis

Der Nachweis der vorgeschriebenen Druckfestigkeit ist 1x pro Baumaßnahme zu erbringen. Bei größeren Verfüllvolumina sind mindestens alle 500 m³ Festigkeitsprüfungen zu empfehlen. Die Druckfestigkeit kann an Baustellenproben, die mittels Styroporformen (4 x 4 x 16 cm) hergestellt werden, bestimmt werden.

2.5 Temperaturmessung

Es empfiehlt sich, die Umgebungs- und Suspensions-temperatur täglich zu protokollieren, da die Temperatur einen wesentlichen Einfluß auf die Festigkeitsentwicklung des Baustoffs hat.

2.6 Entlüftung der zu verfüllenden Objekte

Es sind ausreichend Entlüftungstutzen vorzusehen. Hochpunkte sind gesondert zu entlüften. Die Befüllung sollte vom Tiefpunkt des zu verfüllenden Hohlraums erfolgen.

2.7 Besondere Anforderungen bei der Ringraumverfüllung

2.7.1 Ringraumverfüllung mit geringen Spaltbreiten

Bei Ringraumverfüllungen mit geringen Spaltbreiten sind besondere Anforderungen an das Verfüllmaterial und die Ausführung zu stellen. Insbesondere ist zu prüfen, mit welchen auf die Anforderung abgestimmten Baustoffen und mit welchen Pumpendrücker gearbeitet werden kann.

2.7.2 Auftriebssicherung

Die Dichte des Verfüllmaterials bestimmt die Auftriebskräfte des Inliners. Eine entsprechende Auftriebssicherung ist notwendig. Abstandshalter bzw. Aussteifungen in der Firse

sollten parallel und nicht quer zum Rohr angeordnet werden, damit die Baustoffsuspension ungehindert fließen kann. Über den Einsatz von Suspension mit einer Dichte $< 1,0 \text{ kg/dm}^3$ können die Auftriebskräfte deutlich gesenkt werden.

2.7.3 Hydratationswärmeentwicklung

Die während des Abbindeprozesses entstehende Wärmeentwicklung in der Baustoffsuspension sollte begrenzt werden, wenn bei höheren Temperaturen die Beulsicherheit des Inliners beeinträchtigt wird. Die Wärmeentwicklung (Hydratationswärme) des Verfüllmaterials und die Beulsicherheit des Inliners müssen bei den jeweiligen Herstellern erfragt werden.

3. Allgemeine Vorschriften

3.1 Normen und Regelwerke

Grundsätzlich sind die technischen Datenblätter bzw. die Werksvorschriften der Produkthersteller maßgebend. Ferner sind für die Verfüllung unterirdischer Hohlräume je nach Anwendungsfeld die folgenden technischen Regelwerke zu beachten:

- DIN 18309 VOB Teil C „Einpreßarbeiten“
- DVGW Arbeitsblatt W 307 „Richtlinien für das Verfüllen des Ringraumes zwischen Druckrohr und Mantelrohr bei Wasserleitungskreuzungen“
- DVGW technische Mitteilung W 121 „Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffungsmeßstellen“
- Deutscher Ausschuß für Stahlbeton DAfStb-Richtlinie Flugasche „Verwendung von Flugasche nach DIN EN 450 im Betonbau“
- EN 196 Prüfverfahren für Zement „Druckfestigkeitsprüfung“
- ATV M 143, Teil 3 „Relining“
- ATV M 143 Teil 5 „Allgemeine Anforderungen an Leistungsverzeichnisse für Reliningverfahren“
- DEV S4 Verfahren (Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung) DIN 38414, Teil 4.
- Grenzwerttabelle Eluatwerte - Anhang B, TA Siedlungsabfall

3.2 Baustellenprotokoll

Um die bei der Überwachung einer Verfüllmaßnahme anfallenden Daten zu dokumentieren, ist ein Baustellenprotokoll zu führen, das ggf. Bestandteil der vertraglichen Vereinbarungen mit dem bauausführenden Unternehmen sein könnte.

Dieses Merkblatt wurde von Mitarbeitern der Firmen ANNELIESE BUT und Rohrdorfer BUT in Zusammenarbeit mit Vertretern kommunaler Auftraggeber erstellt.