

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 506

**Injektionen mit hydraulischen Bindemitteln in Wasserbauwerken
aus Massenzement**

April 2018

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 506

**Injektionen mit hydraulischen Bindemitteln in Wasserbauwerken
aus Massenstein**

April 2018

Gemeinsames Merkblatt
der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT),
des Deutschen Talsperrenkomitees (DTK),
der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

Siebengebirgsdruck, Bad Honnef

ISBN:

978-3-88721-588-0 (Print)
978-3-88721-589-7 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef 2018

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Beginnend in den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden Wasserbauwerke aus unbewehrtem Massenbeton (Schleusen, Wehranlagen, Kraftwerke etc.) mit nicht aufbereiteten und ungewaschenen Zuschlägen, geringem Zementgehalt und unzureichenden Verdichtungsmethoden errichtet, die Hohlräume und Kiesnester aufweisen, die einerseits als Porenräume anzusprechen sind, sich andererseits aber auch wie Klüfte verhalten können (Betonierfugen). Durch jahrelange Durchströmung der Betonstruktur wurde bereichsweise Zementstein ausgelöst. Bei einer Vielzahl dieser weitgehend unbewehrten Betonbauwerke ist die Betonsubstanz deshalb hinsichtlich der Verbesserung der Dauerhaftigkeit und zur Wiederherstellung der Gebrauchstauglichkeit sowie der rechnerischen Stand-sicherheit instandsetzungsbedürftig.

Derzeit beruhen Planung und Ausführung von Injektionsarbeiten im Beton auf Erfahrungswerten, die überwiegend aus Anwendungen des Spezialtiefbaus stammen. Die Durchführung von derartigen Injektionsarbeiten erfolgt deshalb noch in Anlehnung an die Regelwerke des Spezialtiefbaus (DIN 4093, DIN EN 12715).

Das vorliegende Merkblatt dient den an der Bauwerksinstandsetzung Beteiligten (Bauherren, Planer, ausführende Firmen, Behörden) als Leitfaden hinsichtlich der Vorgehensweise bei der Planung sowie der Ausführung und der Kontrolle von Injektionen mit hydraulischem Bindemittel in porösen Massenbeton. Für die Planung und Durchführung von Injektionsmaßnahmen dürfen ausschließlich Personen und Fachfirmen hinzugezogen werden, die über entsprechende Fachkenntnisse und Erfahrungen auf diesem Spezialgebiet verfügen.

Ziel einer Injektionsmaßnahme ist die Verbesserung der Abdichtungswirkung sowie die Verfestigung der bestehenden Betonstruktur. Eine vollständige Homogenisierung eines Altbetons kann durch eine Injektionsmaßnahme nicht erreicht werden. Eine Injektion kann Voraussetzung für weitere Instandsetzungsmaßnahmen (z. B. Betonvorsatzschale) sein. Die für die Betoninstandsetzung von Wasserbauwerken gültigen Regelwerke (u. a. ZTV-W LB 219, DIN 18551 in Verbindung mit DIN EN 14487-1 und DIN EN 14487-2) schließen einen Auftrag, wie z. B. einer Betonvorsatzschale, auf wasserführende Untergründe aus.

In den letzten Jahren wurden aufgrund der Entwicklung in der Zementtechnologie die chemischen Injektionsgüter (Kunstharze, Gele, Wasserglas etc.) weitgehend verdrängt. Dies ist auch ein Resultat des wachsenden Umweltbewusstseins der letzten Jahrzehnte. In diesem Merkblatt wird ausschließlich die Instandsetzung mittels Injektion von hydraulischen Bindemitteln behandelt, die umweltverträglich und kostengünstiger als chemische Injektionsgüter sind.

Das Merkblatt DWA-M 506 „Injektionen mit hydraulischen Bindemitteln in Wasserbauwerken aus Massenbeton“ wurde in den Jahren 2001 bis 2005 durch die DWA-Arbeitsgruppe WW-4.1 „Injektionen mit hydraulischen Bindemitteln in Wasserbauwerken aus Massenbeton“ unter der Leitung von Dr.-Ing. Harald Wildner im DWA-Fachausschuss WW-4 „Talsperren und Flusssperren“ erstellt und durch den jetzt noch aktiven Teil der Arbeitsgruppe redaktionell überarbeitet. Anlass für die redaktionelle Überarbeitung des Merkblatts DWA-M 506 war die Überarbeitung der ZTV-W LB 219 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für die Instandsetzung von Wasserbauwerken, Leistungsbereich 219“, die 2017 durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) veröffentlicht wurde.

Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 506 (01/2006) wurden im Merkblatt DWA-M 506 (04/2018) folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an die europäische Normung und zwischenzeitlich eingetretene Veränderungen hinsichtlich Gesetzen und Verordnungen;
- b) Ausweisung eines eigenständigen Abschnitts 6 „Injektionsarbeiten“;
- c) aufgenommen: Unterabschnitt 7.2 „Anforderungen an den sachkundigen Planer, ausführende Unternehmen und das Personal“;
- d) Vereinheitlichung von Querverweisen und Begriffen;
- e) Verwendung des Begriffs „Einpressabschnitt“ anstelle von „Verpressabschnitt“ und „Prüfstrecke“;
- f) deutlichere Praxisbezogenheit;
- g) keine generellen Material-, sondern entsprechende projekt- bzw. bauwerksbezogene Festlegungen.

In diesem Merkblatt wird im Hinblick auf einen gut verständlichen und lesefreundlichen Text für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verallgemeinernd die männliche Form verwendet. Alle Informationen beziehen sich in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

München, im März 2018

Harald Wildner

Frühere Ausgaben

Merkblatt DWA-M 506 (01/2006)

Verfasser

Das 2006 veröffentlichte Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe WW-4.1 „Injektionen mit hydraulischen Bindemitteln in Wasserbauwerken aus Massenbeton“¹⁾ im DWA-Fachausschuss WW-4 „Talsperren und Flusssperren“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

HASELSTEINER, Ronald	Dipl.-Ing., Technische Universität München, Lehrstuhl und für Wasserbau und Wasserwirtschaft
RESCHKE, Thorsten	Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
ROTTER, Karl-Walter	Dipl.-Ing., Rotter Bau und Geotechnik GmbH, Ried
RUBBA, Uwe	Dipl.-Ing., Geschäftsführer, W + S Bauinstandsetzung GmbH, Hofgeismar
SCHOMBERG, Stefan	Dipl.-Ing., Dyckerhoff AG, Wiesbaden
STROBL, Theodor	Univ.-Prof. Dr.-Ing., Technische Universität München, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft (Obmann des Fachausschusses WW-4 „Talsperren und Flusssperren“)
TEICHERT Horst-Dieter	Dipl.-Ing., Dyckerhoff Zement GmbH, Wiesbaden
TÖLLE, Ansgar	Deitermann GmbH, Mettmann
VOLK, Dieter	Dipl.-Ing., Beratender Ingenieur, Feldafing
WEICKERT, Till	Dipl.-Ing., Heidelberger Bauchemie GmbH, Leimen
WESTENDARP, Andreas	Dipl.-Ing., Baudirektor, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
WILDNER, Harald	Dr.-Ing., Geschäftsführer, SKI GmbH + Co.KG, Ingenieurbüro, München (Sprecher)

Als Gast hat mitgewirkt:

LINSE, Diethelm	Dr.-Ing., Geschäftsführer, Ing.-Büro Dr. Linse, München
-----------------	---

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

SCHRENK, Georg	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
----------------	--

Die redaktionelle Überarbeitung wurde 2017 durch ein Redaktionsteam erstellt, dem folgende Mitglieder angehören:

RUBBA, Uwe	Dipl.-Ing., W + S Bauinstandsetzung GmbH, Hofgeismar
WILDNER, Harald	Dr.-Ing., Geschäftsführer, SKI GmbH + Co.KG, Ingenieurbüro, München
WALTER, Bernd	Dipl.-Ing., Amt für Neckarausbau (ANH), Heidelberg
RESCHKE, Thorsten	Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

1) Die Arbeitsgruppe WW-4.1 „Injektionen mit hydraulischen Bindemitteln in Wasserbauwerken aus Massenbeton“ wurde zwischenzeitlich aufgelöst.

Inhalt

Vorwort	.....	3
Verfasser	.....	5
Bilderverzeichnis	.....	8
Tabellenverzeichnis	.....	8
Benutzerhinweis	.....	9
1 Anwendungsbereich	.....	9
2 Beurteilung des Bauwerkszustands	.....	9
2.1	Vorbemerkung	9
2.2	Unterlagen zum Bauwerk und visuelle Begutachtung	10
2.3	Herstellung von Bohrungen	10
2.3.1	Grundlagen	10
2.3.2	Bohrverfahren.....	11
2.3.3	Bohrprotokoll.....	11
2.4	Untersuchungen an Bohrkernen.....	12
2.4.1	Bohrkernansprache.....	12
2.4.2	Laboruntersuchungen	12
2.5	Untersuchungen an Bohrlöchern.....	12
2.5.1	Kamerabefahrung der Bohrlöcher.....	12
2.5.2	Wasserdruckversuche in Bohrlöchern.....	13
2.6	Auswertung der Untersuchungsergebnisse	15
3 Injektionsziele, Injektionserfolg	.....	15
3.1	Definition der Injektionsziele.....	15
3.2	Injektionserfolg.....	15
3.3	Hinweise zur Planung.....	16
4 Injektionsmaterial	.....	16
4.1	Allgemeines	16
4.2	Standardbindemittel (Normalzement)	17
4.3	Feinbindemittel.....	17
4.4	Feinstbindemittel.....	17
4.5	Zusatzstoffe	17
4.6	Zusatzmittel	17
4.7	Anmachwasser	18
4.8	Kennwerte des Injektionsmaterials	18
4.8.1	Prüfungen an den Ausgangsstoffen	18
4.8.2	Prüfungen am angemischtem Injektionsmaterial	18
4.8.3	Anforderungen an das erhärtete Injektionsmaterial	19
5 Injektionsversuch	.....	20
5.1	Allgemeines	20
5.2	Hinweise zur Planung.....	21

5.2.1	Bohrlochraster	21
5.2.2	Mehrreihige Injektion	21
5.2.3	Einreihige Injektion.....	24
6	Injektionsarbeiten.....	25
6.1	Bohrarbeiten.....	25
6.2	Injektionsvorgang	25
6.2.1	Allgemeines	25
6.2.2	Injektionstechnik	26
6.2.3	Auswertung der Injektionsarbeiten.....	27
6.2.4	Bauwerksbeobachtung	28
6.3	Aufbereitung des Injektionsguts.....	28
6.4	Nachweis des Injektionserfolgs	28
6.5	Dokumentation der Injektion.....	29
7	Qualitätssicherung.....	30
7.1	Grundsätze.....	30
7.2	Anforderungen an sachkundige Planer, ausführende Unternehmen und das Personal	30
7.3	Qualitätssicherung von Baustoffen und Bauverfahren.....	30
7.4	Qualitätssicherung der Ausführung und Prüfung der fertigen Leistung.....	31
7.4.1	Überwachung durch das ausführende Unternehmen.....	31
7.4.2	Fremdüberwachung	31
7.5	Dokumentation	31
Anhang A	Bohrprotokolle.....	32
A.1	Bohrprotokoll – Kopfblatt.....	32
A.2	Bohrprotokoll für Bohrungen mit Gewinnung von Bohrkernen.....	33
Anhang B	WD-Versuche.....	34
B.1	Auswertung der WD-Versuche – p/Q -Beziehungen.....	34
B.2	Auswertung der WD-Versuche – Protokoll für WD-Versuch.....	35
Anhang C	Injektionsarbeiten.....	36
C.1	Auswertung der Injektionsarbeiten – Protokoll je Injektionsabschnitt	36
C.2	Auswertung der Injektionsarbeiten – Injektionsliste nach DIN 18309	37
Anhang D	Dokumentation der Injektion/Qualitätssicherung der Ausführung	38
Anhang E	Ausführungsbeispiele.....	39
E.1	Probeinjektionen an einem Wehrpfeiler	39
E.1.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	39
E.1.2	Beurteilung des Bauwerkszustands	39
E.1.3	Festlegung der Injektionsziele	41
E.1.4	Durchführung der Injektionen	41
E.1.5	Injektionserfolg.....	43
E.1.6	Zusammenfassung	44
E.2	Injektionsarbeiten an Wasserkraftwerken am Beispiel der Alzkraftwerke I und II ..	44
E.2.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	44

E.2.2	Injektionsversuch (Phase I)	44
E.2.3	Injektion mit Injektionszement (Phase II).....	45
E.2.4	Injektion mit Feinstbindemittel (Phase III)	46
E.2.5	Injektionserfolg.....	48
E.2.6	Zusammenfassung	48
E.3	Injektionen von Talsperren-Bruchsteinmauerwerk	48
E.3.1	Talsperren-Bruchsteinmauerwerk	48
E.3.2	Veranlassung von Injektionsarbeiten	49
E.3.3	Verfahren, Materialien.....	49
E.3.4	Durchführung der Injektionsarbeiten.....	49
E.3.5	Hinweis	50
E.3.6	Zusammenfassung	50
Quellen und Literaturhinweise		51

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Ergebnis einer Kamerabefahrung – poröse Bohrlochwand	13
Bild 2:	Isometrische Darstellung der Bohrlochanordnung beim Injektionsversuch	23
Bild 3:	Nomogramm zur Festlegung des Bohrlochabstands.....	24
Bild 4:	Injektion „von unten nach oben“ und „von oben nach unten“	27
Bild E.1:	Bohrkerne mit porösem Gefüge.....	40
Bild E.2:	Bohrlochaufnahme minder-fester Bereich.....	40
Bild E.3:	Wasseraufnahmen beim WD-Versuch	40
Bild E.4:	Primär- und Sekundärraster mit kreisförmiger Ausbreitung des Materials im Pfeiler 3.....	41
Bild E.5:	Diagramm zur Ermittlung der Injektionsparameter nach WILDNER (2002).....	42
Bild E.6:	Ergebnisse der WD-Versuche vor und nach der Injektion am Wehrpfeiler 3.....	43
Bild E.7:	Grundriss des Alzkraftwerks II (Tacherting) mit Versuchsfeld und Bohrungen des Injektionsversuchs	45
Bild E.8:	Grundriss von Kraftwerk I (Trostberg) mit Injektionsbereichen und Injektionsraster	47
Bild E.9:	Schnitt A – A durch Kraftwerk I mit Lage und Neigung der Injektionsbohrungen	47
Bild E.10:	Injektionsschleier in der Oestertalsperre	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kriterien zur Beurteilung der Injizierfähigkeit.....	11
Tabelle 2:	Prüfungen an den Ausgangsstoffen	18
Tabelle 3:	Prüfungen am angemischtem Injektionsmaterial	19
Tabelle 4:	Richtwerte für Injektionsziele in Abhängigkeit der Wasseraufnahme des Bestandbetons in Lugeon	20

Benutzerhinweis

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jedermann steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt beschreibt die erforderlichen Grundlagen für Injektionsmaßnahmen, d. h. den Injektionsversuch und die Ausführung von Injektionsarbeiten mit hydraulischen Bindemitteln an massigen Betonbauteilen hinsichtlich der Injizierfähigkeit, der Bohr- und Injektionstechnik, der Injektionsmaterialien und der Beurteilung des Injektionserfolgs.

Injektionsarbeiten kommen auch zur Instandsetzung von Mauerwerk zur Anwendung. Injektionen in Mauerwerk können in Anlehnung an dieses Merkblatt durchgeführt werden. Die Besonderheiten von Mauerwerk sind dabei jedoch zu berücksichtigen. Im Rahmen dieses Merkblatts werden Injektionen im Mauerwerk lediglich anhand eines Beispiels an Bruchsteinmauerwerk (Anhang E.3) in Ergänzung zu ausgeführten Injektionen im Massencement (Anhang E.1 und E.2) behandelt.

2 Beurteilung des Bauwerkszustands

2.1 Vorbemerkung

Nachfolgend werden nur solche Untersuchungen beschrieben, die für eine Bewertung der Bauwerksituation im Hinblick auf etwaige Injektionsmaßnahmen erforderlich sind. Für weitergehende Betrachtungen, wie beispielsweise die Beurteilung der Standsicherheit des Bauwerks oder des Korrosionsschutzes der Bewehrung, können zusätzliche Untersuchungen notwendig werden.

Basis für die Planung von Injektionsmaßnahmen ist eine möglichst realitätsnahe Kenntnis des aktuellen Bauwerkszustands. Hierzu gehören in erster Linie detaillierte Informationen über Aufbau und Materialeigenschaften des zu injizierenden Bauteils. Je nach Situation sind darüber hinaus Informationen beispielsweise über benachbarte Bauteile, den anstehenden Baugrund oder über Grund- und Betriebswasserstände einzuholen.

Werden Auffälligkeiten oder Schäden festgestellt, sind deren Ursachen möglichst zu ermitteln und anzugeben. Für die weitere Zustandsentwicklung bis zum Ablauf der vorgesehenen Restnutzungsdauer sind möglichst Prognosen zu erstellen.