

DBV-Merkblatt | Bauen im Bestand

Hochdruck- wasserstrahlen im Betonbau



DBV-Merkblatt
„Hochdruckwasserstrahlen im Betonbau“

© Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV), Berlin 2022

Kontakt zum Herausgeber: DBV, Kurfürstenstraße 129, 10785 Berlin
info@betonverein.de, betonverein.de

Das Merkblatt wurde von November 2019 bis Juli 2022 vom DBV-Arbeitskreis „Hochdruckwasserstrahlen“ (HABA-HDW) erarbeitet. Im Arbeitskreis wirkten mit: Dipl.-Ing. *Heinrich Bastert*, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV); Dipl.-Ing. *Siegfried Bepple*, GQ Quadflieg Bau GmbH; *Serdar Bilgin* M. Sc., DBV; Dipl.-Ing. *Roman Blutau*, Ingenieurbüro Roman Blutau; *Helmut Burger*, Reptex GmbH; Dipl.-Ing. (FH) *Oliver Görg*, Geiger Bauwerksanierung GmbH & Co. KG; Dipl.-Ing. *Arne Goslar*, Kempen Krause Ingenieure GmbH; Betriebsw. (B. A.) *Falk Heilig*, Antoch GmbH; *Christian Herde*, Wannenwetsch GmbH; *Benjamin Hespeler*, Antoch GmbH; MBE *Christof Kirchoff*, BG BAU – Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft; Dr.-Ing. *Markus Plannerer*, PLANNERER + PARTNER mbB; *Christoph Priebe*, falch gmbh; *Reinhard Sauter*, SAAN Wasserstrahltechnik GmbH; Dr.-Ing. *Ingo Schachinger*, DBV; Dipl.-Ing. *Thomas Schiel*, Wannenwetsch GmbH; Dipl.-Ing. (FH) *Rolf Spreemann*, Karrié Bauwerks-erhaltung GmbH; *Thomas Trott*, Hammelmann GmbH; Dipl.-Ing. (FH) *Arndt Waldeck*, Ed. Züblin AG.

Das Merkblatt wurde in den DBV-Hauptausschüssen Bautechnik (HAB), Baustofftechnik (HABT) und Bauausführung (HABA) unter Beteiligung von Fachleuten aus Bauaufsicht, ausführenden Unternehmen, Baustoffindustrie, Wissenschaft und Ingenieurbüros abgestimmt.

Verlag: Eigenverlag
Druck: AC medienhaus GmbH, 65205 Wiesbaden

Titelbild: Baustelle Brücke an der A99 bei München
Quelle: DBV/Ingo Schachinger

Deskriptoren: Abnahme, Arbeitssicherheit, Aufmaß, Aufrauen, Ausschreibung, Betonabtrag, Betriebsparameter, Gesundheitsschutz, HDWS-Roboter, Hochdruckwasserstrahlen, Rückstoßkraft, Strahlparameter

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Schrift darf ohne schriftliche Genehmigung des DBV in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Markennamen, Handelsbezeichnungen oder sonstigen Kennzeichen in dieser Schrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

DBV-Merkblatt | Bauen im Bestand

Hochdruckwasser- strahlen im Betonbau

*High-pressure Water Jetting
in Concrete Construction*

Fassung August 2022

Inhalt

Vorbemerkung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von HDWS	10
2.1 Abgrenzung zu mechanischen Bearbeitungsverfahren	10
2.2 Verfahrenstechnische Vorteile des HDWS	11
2.3 Anwendungsgrenzen des HDWS	13
3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole	14
3.1 Begriffe	14
3.2 Abkürzungen und Symbole	19
4 Regelwerke und vertragliche Einbindung des Merkblattes	20
5 Wirkungsweise des Hochdruckwasserstrahls bei der Bearbeitung von Betonbauteilen	22
6 Maßgebende Parameter beim Einsatz von HDWS im Betonbau	24
6.1 Zielparameter	24
6.2 Strahlparameter	25
6.2.1 Düsen	25
6.2.2 Volumenstrom und Druck	25
6.2.3 Rückstoßkraft	26
6.2.4 Pumpen- und Strahlleistung	26
6.3 Betriebsparameter bei Einsatz von HDWS-Robotern	26
6.3.1 Allgemeines	26
6.3.2 Strahlabstand	27
6.3.3 Strahlwinkel bei HDWS-Robotereinsatz	27
6.3.4 Strahlbewegung und Belastungslinie beim automatisierten Betonabtrag	28
6.3.5 Versatz bei HDWS-Robotereinsatz	30
6.3.6 Anzahl der Überfahrten	31
6.4 Materialparameter	31
6.4.1 Untersuchungen im Vorfeld von HDWS-Arbeiten	31
6.4.2 Materialparameter des Betons	31
6.4.3 Materialparameter der Beschichtungen (OS-Systeme) und Farbanstriche	32
6.4.4 Materialparameter von Mehrschichtensystemen bestehend aus Beton, mineralischen oder kunststoffmodifizierten Schichten	33
7 Anwendungsbereiche mit Strahl- und Betriebsparametern	35
7.1 Allgemeines	35

7.2	Reinigen der Oberflächen von Verschmutzungen und Bewuchs	36
7.3	Entfernen von Farbanstrichen	36
7.4	Entfernen von Beschichtungen (OS-Systeme)	37
7.5	Entfernen der Zementhaut und Öffnen von Poren und Lunkern	38
7.6	Abtragen von mineralischen oder kunststoffmodifizierten Schichten	38
7.7	Dekontamination von Oberflächen und Abtrag von schadstoffhaltigen Beschichtungen mittels HDWS	39
7.8	Aufräuen von Betonoberflächen	41
7.9	Nachbearbeitung im Anschluss an mechanische Abtragsverfahren	42
7.10	Entrosten des Bewehrungsstahls	43
7.11	Betonabtrag mit HDWS	44
7.11.1	Streifenförmiger oder kleinflächiger Betonabtrag mittels HDWS-Handlanze	44
7.11.2	Flächiger Betonabtrag mittels HDWS-Abtragsrahmen oder HDWS-Kleinroboter	45
7.11.3	Flächiger Betonabtrag mittels HDWS-Großroboter	47
7.12	Nacharbeiten im Anschluss an den Betonabtrag	49
7.12.1	Abtrag der Strahlschatten	49
7.12.2	Grobreinigung	49
7.12.3	Feinreinigung	50
8	Umweltschutz und Entsorgung	51
8.1	Allgemeines	51
8.2	Aufbereitung des Strahlwassers	51
8.3	Betonabbruch	54
9	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, Lärmschutz und weitere Sicherungsmaßnahmen	55
9.1	Allgemeines	55
9.2	Kontrolle der Geräte und Maschinen	56
9.3	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz für Baustellen- und Bedienpersonal ...	56
9.3.1	Leitung und Aufsicht	56
9.3.2	Bedienpersonal und Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	57
9.3.3	Gefahrstoffe	58
9.3.4	Sichere Nutzung der HDWS-Geräte und Maschinen	58
9.4	Arbeitsmittel für hochgelegene Arbeitsplätze	59
9.4.1	Allgemeines	59
9.4.2	Gerüste	59
9.4.3	Hubarbeitsbühnen	60
9.4.4	Fahrbare Arbeitsbühnen	60
9.5	Sicherheitsbereich bei HDWS-Arbeiten	61

9.6	Schutz von angrenzenden Flächen und Bauteilen vor Wasser und Steinschlag	61
9.7	Lärmschutz der Umgebung	62
10	Ausschreibung von HDWS-Arbeiten im Betonbau	63
10.1	Allgemeines	63
10.2	Erprobungs- bzw. Musterflächen	65
11	Aufmaß und Abnahme von HDWS-Arbeiten	65
11.1	Aufmaß für Anwendungsbereiche ohne tiefgehenden Materialabtrag	65
11.2	Aufmaß für Anwendungsbereiche mit tiefgehendem Materialabtrag bzw. Betonabtrag	66
11.3	Aufmaß für örtlich begrenzten Betonabtrag mittels HDWS-Handlanze ($< 1 \text{ m}^2$)	66
11.4	Aufmaß bei kleinflächigem Betonabtrag mittels HDWS-Handlanze ($> 1 \text{ m}^2$)	67
11.5	Aufmaß bei automatisiertem Betonabtrag mittels HDWS-Abtragsrahmen/-Roboter	67
11.5.1	Allgemeines	67
11.5.2	Aufmaß nach Erprobungs- bzw. Musterflächen	68
11.5.3	Aufmaß der Abtragstiefe nach Referenzpunkten	68
11.5.4	Aufmaß der Abtragstiefe mittels Nivellement vor und nach dem Betonabtrag	68
11.5.5	Aufmaß der Abtragstiefe nach Lotmessung über ein Messpunkteraster an der Deckenuntersicht	69
11.5.6	Aufmaß der Abtragstiefe nach Einbauvolumen zur Reprofilierung	69
11.5.7	3D-Laserscanverfahren	69
11.6	Abnahme	70
Anhang A:	Beispiele für die Ausschreibung nach Anwendungsbereichen	71
A.1	Reinigen der Oberflächen von Verschmutzungen und Bewuchs.....	71
A.2	Entfernen von Farbanstrichen	71
A.3	Entfernen von Beschichtungen (OS-Systemen)	72
A.4	Untergrundvorbereitung „Entfernung der Zementhaut und Öffnen von Poren und Lunkern“	72
A.5	Untergrundvorbereitung „Erzielung einer definierten Rauheit“	73
A.6	Abtragen von mineralischen oder kunststoffmodifizierten Schichten	73
A.6.1	Im HDWS-Handlanzenbetrieb	73
A.6.2	Automatisiert mittels HDWS-Abtragsrahmen	74
A.7	Dekontamination von Oberflächen und Abtrag von schadstoffhaltigen Farbanstrichen/Beschichtungen mittels HDWS	74
A.8	Lokaler Betonabtrag bei Schadstellen mittels HDWS-Handlanze	75

A.8.1 Hauptposition	75
A.8.2 Bedarfsposition Mehrtiefen	76
A.9 Kleinflächiger Betonabtrag mittels HDWS-Handlanze	76
A.9.1 Hauptposition	76
A.9.2 Bedarfsposition Mehrtiefen	77
A.9.3 Zulage zum Betonabtrag für Bodenbereiche	77
A.9.4 Zulage zum Betonabtrag für die Bearbeitung in Pilgerschritten	78
A.10 Erprobungsflächen für den automatisierten Betonabtrag	78
A.11 Automatisierter, flächiger Betonabtrag mit HDWS-Abtragsrahmen oder HDWS-Roboter	79
A.12 Nacharbeiten im Anschluss an den automatisierten Betonabtrag	79
A.12.1 Betonabtrag mittels HDWS-Handlanze in Randbereichen, die nicht mittels HDWS-Roboter bearbeitet werden können	79
A.12.2 „Schuttberäumung“ nach Abtrag am Boden mittels HDWS-Roboter	80
A.12.3 Säubern „Nachwaschen“ der Flächen nach dem Abtrag mittels HDWS	80
Anhang B: Persönliche Schutzausrüstung und Sicherheitseinrichtungen	81
Anhang C: Anforderungen an die Gerätetechnik	84
C.1 Allgemeines	84
C.2 Arbeitswerkzeuge und Düsen	84
C.3 Pumpen	86
C.4 Schlauchleitungen und Verbindungen	86
Anhang D: Berechnungsgleichungen für Strahl- und Materialparameter	87
D.1 Berechnung des Volumenstroms	87
D.2 Berechnung der Rückstoßkraft	88
D.3 Berechnung der charakteristischen Länge des Betons als Kennwert für den Abtragswiderstand gegenüber HDWS	88
Schrifttum	90

Hochdruckwasserstrahlen im Betonbau

Vorbemerkung

Beim Hochdruckwasserstrahlen (kurz: HDWS) wird die Betonoberfläche durch einen wenige Millimeter dünnen Hochdruckwasserstrahl beaufschlagt. In Abhängigkeit vom Wasserdruck und Volumenstrom lassen sich unter Einsatz von automatisierten Spritzeinrichtungen (HDWS-Roboter), HDWS-Abtragsrahmen bzw. handgeführten Lanzen (HDWS-Handlanzen) durch die Anpassung der Betriebsparameter (Strahlabstand, Strahlwinkel, Versatz etc.) an den Anwendungsbereich die unterschiedlichsten Arbeiten im Betonbau von der oberflächlichen Reinigung bis hin zum tiefgehenden Betonabtrag durchführen. Dieses Merkblatt geht neben den o. g. technischen Aspekten auch auf die Arbeitssicherheit, den Gesundheitsschutz, den Lärmschutz und die Sicherungsmaßnahmen, den Umweltschutz sowie die Ausschreibung und Aufmaßerstellung bei der Durchführung von HDWS-Arbeiten ein.

Das Hochdruckwasserstrahlverfahren hat sich im Betonbau in den letzten 30 Jahren etabliert und insbesondere bei der flächigen Bearbeitung von Oberflächen auch wirtschaftlich durchgesetzt. Mittels HDWS lassen sich über die Anpassung der Strahlparameter (Wasserdruck, Volumenstrom, Düsengeometrie) sowie der Betriebsparameter der eingesetzten Geräte (Strahlabstand, Strahlbewegung, Strahlwinkel und Versatz bei Verwendung von HDWS-Robotern) alle Arten der Reinigung, der Untergrundvorbereitung und des tiefgehenden Betonabtrags durchführen.

Für den Einsatz der Hochdruckwasserstrahltechnik im Betonbau wurde beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. im Jahr 1997 ein Arbeitskreis gebildet und im Juni 1999 das erste DBV Merkblatt „Hochdruckwasserstrahltechnik im Betonbau“ [R1] veröffentlicht. Das überarbeitete Merkblatt „Hochdruckwasser-

strahlen im Betonbau“ berücksichtigt die in den letzten 20 Jahren fortgeschrittenen Entwicklungen in der Strahl- und Robotertechnik und gibt die für das HDWS-Verfahren maßgebenden Inhalte der Regelwerke für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sowie den Umweltschutz wieder.

Bezüglich der Bearbeitung von Betonbauteilen mittels Hochdruckwasserstrahlen gehen die aktuellen Regelwerke für den Schutz und die Instandsetzung – wie die Technische Regel „Instandhaltung von Betonbauwerken“ des DIBt [R2] und die Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ des DAfStb [R3] – nur auf den Anwendungszweck bzw. -bereich ein. Die DGUV-Regel 100-500, Kapitel 2.36 „Arbeiten mit Flüssigkeitsstrahlern“ [R4] gibt die Anforderungen für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz wieder. Die Leistungsbeschreibung von Hochdruckwasserstrahlarbeiten im Betonbau wird in keinem der vorhandenen Regelwerke behandelt. Die Aufmaßerstellung erfolgt meist gemäß DIN 18349 „ATV für Betonerhaltungsarbeiten“ [R7], jedoch eignet sich diese nur bedingt für das selektive Abtragsverfahren HDWS. Die Praxis zeigt, dass auch in diesen Bereichen bei Auftraggebern und Auftragnehmern ein Bedarf nach Regelung besteht.

Dieses Merkblatt umfasst die unterschiedlichsten Anwendungsarten des HDWS-Verfahrens im Betonbau, begonnen bei der äußerlichen Bearbeitung von Betonoberflächen bis hin zum tiefgehenden Betonabtrag mittels handgeführter Lanze oder bei Einsatz von HDWS-Robotern. Neben den technischen Aspekten zu dem HDWS-Verfahren und den eingesetzten Geräten enthält dieses Merkblatt alle für die Planung, Ausschreibung und leistungsgerechte Abrechnung von HDWS-Arbeiten relevanten Informationen und Angaben.

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Merkblatt soll den Sachkundigen Planern, den Bauüberwachern und den Bauunternehmern die Anwendungen für den Einsatz von Hochdruckwasserstrahlen (HDWS) im Betonbau aufzeigen und auf die Vorzüge und Auswirkungen dieses selektiven Verfahrens beim Betonabtrag eingehen. Ebenfalls werden den ausführenden Unternehmen Hinweise zu der richtigen Wahl der Betriebs- und Strahlparameter für das jeweilige Einsatzgebiet an die Hand gegeben, sodass die ausgeschriebene Leistung in der Praxis zielsicher erbracht werden kann. Die Beschreibung der selektiven Wirkungsweise des Wasserstrahles und die