

DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 525

Sedimentmanagement in Fließgewässern
– Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele

November 2012



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.



DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 525

Sedimentmanagement in Fließgewässern – Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele

November 2012



Herausgabe und Vertrieb:
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
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

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:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
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

Korrigierte Auflage:

Januar 2014

Satz:

DWA

Druck:

Quedlinburg Druck GmbH

ISBN:

978-3-942964-47-0

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2012

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblattes 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

Sedimente sind in diesem Merkblatt definiert als Feststoffe, die vom Wasser transportiert und im Gewässer abgelagert werden. Damit sind sie natürlicher Bestandteil des Gewässerbetts, Lebensraum für Organismen und zentrales Element in Stoffkreisläufen zugleich. Vielfältige Gewässernutzungen haben den Sedimenthaushalt und die Sedimentqualität über Jahrhunderte hinweg gravierend verändert mit der Folge, dass Sedimente im Rahmen der Gewässerunterhaltung bewirtschaftet werden müssen. Dabei ist der Umgang mit Sedimenten aus gesellschaftlicher Perspektive in vielerlei Hinsicht relevant, da er unmittelbar die Interessen so bedeutsamer Bereiche wie Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verkehr sowie mittelbar über Stoffkreisläufe die Trinkwassergewinnung und Abwasserbeseitigung berührt. Sedimentbewirtschaftung ist deshalb Aufgabe aller für die Gewässer zuständiger Verwaltungen, aber auch der unterschiedlichen Gewässernutzer, wie z. B. Betreiber von Hafen- und Wasserkraftanlagen.

Eingriffe in den Sedimenthaushalt haben häufig überregionale und langfristige Folgen sowohl im Hinblick auf die multiple Funktion des Gewässers als auch auf seine Nutzung. Mit der Erkenntnis, dass der gute ökologische Zustand eines Fließgewässers wesentlich von den morphologischen Verhältnissen und damit auch vom Sedimenthaushalt abhängt, ist im Zusammenhang mit der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie die Sedimentbewirtschaftung in den Fokus der Gewässerunterhaltung gerückt.

Der ursprüngliche Auftrag der DWA-Arbeitsgruppe WW-2.1 „Sedimentmanagement in Flussgebieten“, das Sedimentmanagement für ganze Flussgebiete einschließlich des Küstenanteils in einer Schrift darzustellen, wurde nach eingehender Diskussion im Einvernehmen mit dem DWA-Fachausschuss WW-2 „Morphodynamik der Binnen- und Küstengewässer“ auf das Sediment- und Geschiebemanagement der Fließgewässer beschränkt, da der Küstenbereich (z. B. die tidebeeinflussten Wasserstraßen) wegen der dort herrschenden hydrologischen und morphologischen Besonderheiten, aber auch wegen der Dimension der Massenbewegungen, eine eigenständige Behandlung verlangt. Damit konzentriert sich das Merkblatt klar auf den Binnenanteil der Flussgebiete, berücksichtigt dafür aber das gesamte Einzugsgebiet der Fließgewässer von den Quellgebieten bis zur Mündung, d. h. es enthält sowohl Beiträge zum Sedimentmanagement von Wildbächen als auch zur Sedimentbewirtschaftung großer Ströme.

Den Hauptteil des Merkblattes nehmen Fallbeispiele ein. Dies stellt sicher, dass der Nutzer des Merkblattes, sei es der Entscheidungsträger in der Wasserwirtschafts- bzw. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung oder das mit der Entwicklung eines Sedimentmanagementkonzepts beauftragte Planungsbüro konkrete Hinweise auf Strategien und Techniken erhält, die sich anderswo schon bewährt haben oder in der Erprobung sind. Sedimentbewirtschaftung ist Teil der Gewässerunterhaltung und diese wird durch entsprechende Bundes- und Landesgesetze geregelt. Mit Einführung der Wasserrahmenrichtlinie haben sich mit den veränderten Zielvorstellungen auch die gesetzlichen Vorgaben geändert. Mittlerweile stehen die ökologischen Anforderungen an ein Fließgewässer den Nutzungsansprüchen entweder gleichwertig oder gar vorrangig gegenüber. Diesen veränderten gesetzlichen Randbedingungen wird im vorliegenden Merkblatt entsprechend Rechnung getragen.

Die Gesamtdurchsicht des Manuskripts übernahmen Prof. Dr.-Ing. W. Bechteler, Eching und Prof. Dr.-Ing. U. Zanke, Darmstadt. Einzelkapitel wurden von Dr. P. Heininger, Koblenz, Dr.-Ing. K. Kern, Karlsruhe und Dr. P. Molnar, Zürich redigiert. Alle Genannten haben mit konstruktiver Kritik und konkreten Vorschlägen wesentlich zur Verbesserung des Merkblattes beigetragen. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Ulrich Zanke

Darmstadt, im September 2012

Frühere Ausgaben

Kein Vorläuferdokument

Verfasser

Das Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe WW-2.1 „Sedimentmanagement in Flussgebieten“ im DWA-Fachausschuss „Morphodynamik der Binnen- und Küstengewässer“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

GÖLZ, Emil	Prof. Dr., Koblenz (Sprecher) (vormals Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)
GREBMAYER, Thomas	RD Dipl.-Geol., Bayerisches Landesamt für Umwelt, München
HARTMANN, Sven	Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Versuchsanstalt für Wasserbau, Stuttgart
KNOBLAUCH, Helmut	Dr. techn. Dipl.-Ing., Technische Universität Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Graz
KOLL, Katinka	Dr.-Ing., Technische Universität Braunschweig, Leichtweißinstitut für Wasserbau, Braunschweig
SCHAIPP, Bernhard	BD Dipl.-Ing., Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, München
SCHMIDT, Andreas	LTRDir Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Abt. Wasserbau im Binnenbereich, Karlsruhe
VOLLMER, Stefan	TRDir Dr.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
WIEPRECHT, Silke	Prof. Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft, Stuttgart

Als Gäste haben mitgewirkt:

FAULHABER, Petra	Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
HABERSACK, Helmut	Prof. Dr. nat. techn., Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Wien
HARREITER, Herfried	Dipl.-Ing., Verbund-Austrian Hydro Power AG, Wien
KELLER, Martin	RDir Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
LIEDERMANN, Marcel Georg	Dipl.-Ing., Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Wien
QUICK, Ina	Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
SCHIMPF, Hans	Dipl.-Ing., Verbund-Austrian Hydro Power AG, Wien
SIEBEN, Arjan	Dr. ir., Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad
SPREAFICO, Manfred	Prof. Dr., Geographisches Institut Universität Bern, Bern (vormals Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Hydrologie, Bern)

Die Arbeitsgruppe ist dem DWA-Fachausschuss WW-2 „Morphodynamik der Binnen- und Küstengewässer“ zugeordnet, dem folgende Mitglieder angehören:

DITTRICH, Andreas	Prof. Dr.-Ing. habil., Technische Universität Braunschweig, Leichtweißinstitut für Wasserbau, Braunschweig
ETTMER, Bernd	Prof. Dr.-Ing., Hochschule Magdeburg-Stendal (FH), FB Wasser- und Kreislaufwirtschaft, Magdeburg
GÖLZ, Emil	Prof. Dr., Koblenz (vormals Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)
MEWIS, Peter	Dr.-Ing., Technische Universität Darmstadt, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Darmstadt
NUJIC, Mario	Dr.-Ing., Ingenieurbüro Dr. Nujic, Rosenheim
RUETHER, Nils	Assoc. Prof. Dr., Norwegian University of Science and Technology, Hydraulic and Environmental Engineering, Trondheim

SÖHNGEN, Bernhard	BD Prof. Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
VOLLMER, Stefan	TRDir Dr.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
WIEPRECHT, Silke	Prof. Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft, Stuttgart (stellv. Obfrau)
WURPTS, Andreas	Dr.-Ing., NLWKN Bst. Norden-Norderney, Forschungsstelle Küste, Norderney
ZANKE, Ulrich	Prof. Dr.-Ing., Technische Universität Darmstadt, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, FG Wasserbau, Darmstadt (Obmann)

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

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

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	4
Bilderverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis.....	13
Benutzerhinweis.....	14
Einleitung	14
1 Anwendungsbereich.....	15
2 Sedimenttransport und Sedimenthaushalt	16
2.1 Definition und Eigenschaften von Sedimenten.....	16
2.1.1 Allgemeine Einordnung.....	16
2.1.2 Definition und Klassifikation von fluvialen Sedimenten	16
2.1.3 Herkunft und Verbleib	16
2.1.4 Transport und Ablagerung	16
2.1.5 Sedimentationsbereiche und zugehörige Sedimente	17
2.2 Sedimenttransport	17
2.3 Sedimenthaushalt der Fließgewässer	20
2.3.1 Fließgewässer und Flusssysteme	20
2.3.2 Raum-Zeit-Skala	22
2.3.3 Sedimentbilanz und Sedimenthaushalt	23
2.4 Menschliche Eingriffe und ihre Auswirkungen	24
2.4.1 Übersicht.....	24
2.4.2 Korrektur und Flussregelung	24
2.4.3 Stauregelung.....	27
2.4.4 Auswirkungen auf den Lebensraum Sohle.....	28
3 Sedimentmanagement und Gewässerbewirtschaftung	29
3.1 Einführung.....	29
3.2 Gewässerunterhaltung	29
3.2.1 Gewässerunterhaltung am Beispiel Bayerns	30
3.2.2 Unterhaltung der Bundeswasserstraßen.....	30
3.3 Wasserrahmenrichtlinie und Bewirtschaftungspläne	31
3.3.1 Ziele.....	31
3.3.2 Flussmorphologische Aspekte in der WRRL.....	32
3.3.3 Sedimente und Schadstoffe.....	33
3.3.4 Konsequenzen für das Sedimentmanagement	34
3.4 Naturschutzfachliche Aspekte	34
3.5 Leitbild und Sedimentmanagement.....	35
4 Beeinflussung von Sedimenthaushalt und -transport	36
4.1 Feststoffdargebot und Transportvermögen.....	36
4.2 Mittelbare Beeinflussung.....	37
4.2.1 Aktivierung des Sedimenttransports.....	37
4.2.2 Reduzierung des Sedimenttransports	38

4.3	Unmittelbare Beeinflussung	39
4.3.1	Maßnahmen.....	39
4.3.2	Umlagerung	39
4.3.3	Zugabe.....	40
4.3.4	Entnahme	40
5	Sedimentmanagement in der Praxis	41
5.1	Einführung.....	41
5.2	Systeminformationen	41
5.2.1	Vorbemerkungen.....	41
5.2.2	Hydrografie.....	42
5.2.3	Hydrologie	42
5.2.4	Morphologie.....	42
5.2.5	Sedimentologie	43
5.2.6	Ökologie	43
5.2.7	Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen.....	43
5.2.8	Schiffsverkehr	43
5.3	Strategien und Techniken	44
5.3.1	Einsatzgebiete	44
5.3.2	Strategische Gesichtspunkte.....	44
5.3.2.1	Vorbemerkungen.....	44
5.3.2.2	Sedimentmanagement und Flussregelung.....	44
5.3.2.3	Sedimentdurchgängigkeit und Stauregelung.....	44
5.3.2.4	Sedimentdurchgängigkeit und Wasserkraftnutzung	45
5.3.2.5	Geschiebezugabe.....	45
5.3.2.6	Geschiebeentzug	46
5.3.2.7	Erfolgskontrolle.....	47
5.3.3	Eingesetzte Techniken.....	47
5.3.3.1	Umlagerung und Zugabe von Geschiebe	47
5.3.3.2	Entzug von Geschiebe	49
5.3.3.3	Stauraumpülung.....	50
5.3.3.4	Mechanische Entlandung	51
5.4	Zugabematerial: Eignung, Verfügbarkeit, Beschaffung.....	51
5.4.1	Eignung	51
5.4.2	Ressourcen.....	52
5.5	Unterstützung durch Modelle.....	52
5.6	Erfolgskontrolle.....	53
5.6.1	Allgemeine Grundsätze der Erfolgskontrolle	53
5.6.2	Erfolgskontrolle des Sedimentmanagements.....	54
5.6.3	Wirkungsnachweis	55
5.7	Umweltauswirkungen und -monitoring.....	57
5.7.1	Potenzielle Beeinträchtigung des Ökosystems	57
5.7.2	Monitoring	58
5.8	Schlussbemerkungen.....	58

6	Fallbeispiele.....	59
6.1	Empfehlungen für den Umgang mit Sedimentbelastungen am Oberrhein im Rahmen internationaler Abstimmungen im Rheingebiet	59
6.1.1	Hintergrund	59
6.1.2	Konzept des Sedimentmanagementplans Rhein für den Umgang mit Sedimentbelastungen	59
6.1.3	Vorgehensweise bei der Bewertung.....	60
6.1.3.1	Chemische Belastung	60
6.1.3.2	Remobilisierungsrisiko	61
6.1.4	Ergebnisse der Risikobewertung für die Staustufenkette des Oberrheins	61
6.1.5	Maßnahmenvorschläge	62
6.1.5.1	Sanierung.....	62
6.1.5.2	Strategien zur Sedimentationsverminderung	63
6.1.5.3	Verbesserung der allgemeinen Datenbasis.....	63
6.1.6	Empfehlungen der deutsch-französischen Gremien für den Oberrhein-Ausbau	63
6.2	Geschiebemanagement am freifließenden Rhein.....	64
6.2.1	Einführung.....	64
6.2.2	Morphologische und nautische Verhältnisse.....	64
6.2.3	Gesamtkonzept für den freifließenden Rhein	67
6.2.3.1	Konzeption.....	67
6.2.3.2	Voraussetzungen.....	69
6.2.3.3	Realisierung	69
6.2.3.4	Erfolgskontrolle und Optimierung.....	70
6.2.4	Ausblick	70
6.3	Sedimentbewirtschaftung in den niederländischen Rheinarmen – gestern, heute, morgen	70
6.3.1	Einführung.....	70
6.3.2	Überblick über die Regelungsmaßnahmen	71
6.3.3	Überblick über die Sedimentbewirtschaftung.....	73
6.3.4	Zukünftige Trends.....	76
6.3.5	Mögliche Bewirtschaftungsstrategien	78
6.3.6	Ausblick	78
6.4	Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Elbe.....	79
6.4.1	Einleitung	79
6.4.2	Streckencharakteristik.....	81
6.4.3	Untersuchungsrahmen	82
6.4.4	Geschiebebewirtschaftung.....	82
6.4.5	Begleituntersuchungen und Erfolgskontrolle.....	84
6.4.6	Geschiebezugabeszenarien.....	84
6.4.7	Schlussfolgerungen	85
6.5	Obere Donau.....	87
6.5.1	Allgemeine Charakterisierung	87
6.5.2	Planung und Umsetzung der Maßnahme	89
6.5.3	Zu erwartende Entwicklung	91
6.6	Feststoffhaushalt in den Stauhaltungen der österreichischen Donau und in der freien Fließstrecke östlich von Wien.....	92
6.6.1	Einleitung	92
6.6.2	Hydrologie	92
6.6.3	Flussbauliche Entwicklung	94
6.6.3.1	Regulierungsmaßnahmen	94
6.6.3.2	Kraftwerksbauten.....	94

6.6.4	Feststoffhaushalt der Donau in Österreich	95
6.6.4.1	Geschiebe.....	95
6.6.4.2	Schwebstoffe und Stauraumsedimente.....	95
6.6.5	Managementmaßnahmen im Bereich von Stauhaltungen	97
6.6.6	Managementmaßnahmen in der freien Fließstrecke östlich von Wien	98
6.6.6.1	Aktuelle Maßnahmen: Geschiebezugabe unterhalb des Kraftwerks Freudenau	98
6.6.6.2	Zukünftige Maßnahmen: Das flussbauliche Gesamtprojekt Donau östlich von Wien.....	99
6.6.6.2.1	Ziele und Entwurfsgrundsätze.....	99
6.6.6.2.2	Maßnahmen.....	100
6.6.6.2.3	Monitoring.....	102
6.6.7	Ausblick	102
6.7	Geschiebemanagement an der Isar.....	103
6.7.1	Kurzbeschreibung der Isar.....	103
6.7.2	Untersuchungsgebiet.....	105
6.7.3	Möglichkeiten der Geschiebemanagement	105
6.7.4	Geschiebeaktivierende und flussbettstabilisierende Maßnahmen	105
6.7.5	Monitoring-Programm	110
6.7.6	Ausblick	110
6.8	Bayerischer Inn	111
6.8.1	Kurzbeschreibung des Inn	111
6.8.2	Feststofftransportverhältnisse und Feststoffmanagement	112
6.8.3	Morphologische und ökologische Optimierung	115
6.8.4	Begleituntersuchungen, Monitoring und Ausblick.....	117
6.9	Feststoffmanagement an der Salzach	117
6.9.1	Übersicht.....	117
6.9.2	Beschreibung der drei Salzachabschnitte	120
6.9.2.1	Obere Salzach	120
6.9.2.2	Mittlere Salzach	120
6.9.2.3	Untere Salzach.....	122
6.9.3	Monitoring, Begleituntersuchungen, Erfolgskontrolle	125
6.9.4	Ausblick	127
6.10	Bayerische Saalach: Talsperre Kibling	127
6.10.1	Kurzbeschreibung der Saalach	127
6.10.2	Problem und Ursache	127
6.10.3	Lösungsansätze	130
6.10.4	Monitoring und Erfolgskontrolle	131
6.10.5	Ausblick und weitere Planung.....	134
6.11	Geschiebemanagement in Schweizer Wildbächen	135
6.11.1	Einführung.....	135
6.11.2	Grundlagen für ein Geschiebemanagement in Wildbächen	136
6.11.3	Fallbeispiel Dorfbach/Sachseln	141
6.12	Alpine Speicher	143
6.12.1	Einleitung	143
6.12.2	Sedimentmanagement im alpinen Raum.....	143
6.12.2.1	Maßnahmen im Einzugsgebiet	143
6.12.2.2	Maßnahmen im Stausee.....	145
6.12.2.3	Maßnahmen an der Talsperre	146
6.12.3	Beispiele für den Einsatz von Nassbaggerstrategien	147

6.12.3.1	Speicher Margaritze	147
6.12.3.2	Pieve di Cadore/Regione Veneto.....	148
6.12.4	Zusammenfassung	150
7	Zusammenfassung und Ausblick	150
7.1	Sedimentmanagement und Gewässerunterhaltung	150
7.2	Beeinflussung von Sedimenthaushalt und Sedimenttransport.....	151
7.3	Sedimentmanagement in der Praxis.....	152
7.4	Begleitende Untersuchungen.....	153
7.5	Ausblick	154
Recht	.....	155
Europäisches Recht	.....	155
Bundesrecht	.....	156
Landesrecht	.....	156
Technische Regeln	.....	156
DIN-Normen	.....	156
DWA-Regelwerk	.....	156
Sonstige technische Regeln	.....	157
Literatur	.....	157

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Interaktion zwischen Abfluss, Feststofftransport und morphologischen Kenngrößen	17
Bild 2:	Shieldsdiagramm (Original) für die kritische dimensionslose Schubspannung θ_{cr} bei Bewegungsbeginn in Abhängigkeit der Kornreynoldszahl Re^*	18
Bild 3:	Relative vertikale Konzentrationsverteilung von Schwebstoffen für verschiedene Exponenten z	20
Bild 4:	Vereinfachte Darstellung eines Einzugsgebiets und dessen prägende Faktoren	21
Bild 5:	Skaleneinteilung in der Flussmorphologie.....	22
Bild 6:	Feststoffbilanzierung in einer Flussstrecke	23
Bild 7:	Anthropogene Eingriffe und ihre Zweckbestimmung am Beispiel des Oberrheins	24
Bild 8:	Prinzipskizze von Geschiebetransportkurven eines Flusses (a) mit und (b) ohne Ausuferungsmöglichkeit	25
Bild 9:	Sohlenveränderung und Sohlendurchschlag an der unteren Salzach bei Fluss-km 57,4.....	25
Bild 10:	Längsschnitt der Salzach, 1953	26
Bild 11:	Längsschnitt der Salzach, 1973	26
Bild 12:	Längsschnitt der Salzach, 1992	27
Bild 13:	Absetzvorgang in einem Stauraum.....	27
Bild 14:	Habitatqualität ohne und mit Berücksichtigung der morphologischen Parameter	28
Bild 15:	Geschiebezugabe an der Isar unterhalb des Oberföhringer Wehrs, München	48
Bild 16:	Geschiebezugabe mit Hydroklappschuten am Rhein bei Iffezheim	49
Bild 17:	Luftbild und Peilauswertung des Geschiebefangs bei Mainz-Weisenau	50
Bild 18:	Mittlere jährliche Änderung der Sohlen- und Wasserspiegellagen des Niederrheins 1991/2002	56
Bild 19:	Bewertungsschema nach IKSR	60
Bild 20:	Übersicht: Staustufenkette am Oberrhein/Sedimentbelastung im Rheingebiet	62
Bild 21:	Geologisch-hydrologischer Längsschnitt des Rheins mit Strecken großräumiger Erosion	65
Bild 22:	Der Geschiebezugabebereich am Oberrhein im Bereich der Staustufe Iffezheim	66
Bild 23:	Prinzip der Geschiebezugabe mittels Klappschuten.....	66

Bild 24:	Längspeilung durch die Geschiebefalle bei Mainz	67
Bild 25:	Bettbildende Frachten (1981 – 1990) und Geschiebemanagementmaßnahmen am freifließenden Rhein zwischen Iffezheim und der deutsch-niederländischen Grenze.....	69
Bild 26:	Die niederländischen Rheinarme.....	71
Bild 27:	Beispiel für die Regelung der Waal	71
Bild 28:	Veränderungen der Sohlenhöhe der Rheinarme.....	72
Bild 29:	Schnelle Eintiefung des Pannerdensch Kanaal	73
Bild 30:	Langsamer Rückgang des Abflussanteils der Waal	73
Bild 31:	Baggerarbeiten auf der Nieuwe Merwede und auf der Waal	74
Bild 32:	Beispiele aktueller Baggerstellen in der Waal.....	74
Bild 33:	Potenzielle Wirkung der Sedimentzugabe am Niederrhein auf das zukünftige Flusssohleniveau bei Lobith.....	75
Bild 34:	Gemessene und prognostizierte Sohlenveränderungen von Duisburg bis Zaltbommel	76
Bild 35:	Absenkung der Wasserstände an kritischen Stellen bei Emmerich und Nijmegen	77
Bild 36:	Relative Änderung des Rheinabflusses im Jahresverlauf unter verschiedenen Klimaszenarien	77
Bild 37:	Erosionsstrecke der Elbe	80
Bild 38:	Entwicklung der Wasserspiegel in der Erosionsstrecke der Elbe.....	81
Bild 39:	Zugabe von Geschiebematerial in der Elbe mittels einer Klappschute	83
Bild 40:	Prognose der Sohlenlagenentwicklung in der Erosionsstrecke der Elbe für einen Zeitraum von 20 Jahren mit und ohne Geschiebezugabe	86
Bild 41:	Epochenvergleich der Veränderung der niedrigen Wasserspiegel und der Sohlenhöhen	87
Bild 42:	Verlauf der Donau um 1840 und aktuelle Situation mit Bestandsaufnahme der Uferbefestigung.....	88
Bild 43:	Linienführung der Planungsvariante 2B	90
Bild 44:	Schubspannungsverteilung im Planungsgebiet bei $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $120 \text{ m}^3/\text{s}$, $150 \text{ m}^3/\text{s}$ und $200 \text{ m}^3/\text{s}$	91
Bild 45:	Einzugsgebiet der Donau	93
Bild 46:	Zeitlicher Überblick über die flussbaulichen Maßnahmen an der österreichischen Donau.....	94
Bild 47:	Übersicht über Staustufen und freie Fließstrecken an der Österreichischen Donau	94
Bild 48:	Geschiebehaushalt der unregulierten Donau vor 1850.....	95
Bild 49:	Entwicklung der Niedrigwasserstände im Tullner Feld.....	96
Bild 50:	Verlandungssummen ausgewählter Donaustauräume	97
Bild 51:	Biotop Windstoß im Stauraum Aschach	98
Bild 52:	Prognose über den Austrag von Geschiebe aus dem Abschnitt unterhalb Wiens.....	99
Bild 53:	Donau bei Hainburg.....	99
Bild 54:	Funktionalität der granulometrischen Sohlenverbesserung	101
Bild 55:	Donau: a) typische Ufersicherung; b) rückgebautes Ufer 2006	101
Bild 56:	Schematische Darstellung des integrativen Monitoringkonzepts	102
Bild 57:	Längsschnitt der Isar	103
Bild 58:	Isarlandschaft bei Lenggries mit Holzfloß	104
Bild 59:	Geschiebetechnische Übersicht zwischen Sylvensteinspeicher und Landshut	104
Bild 60:	Bruchufer im Bereich Pupplinger/Ascholdinger Au, ca. Fkm 182.....	105
Bild 61:	Geschiebeaktivierende und flussbettstabilisierende Maßnahmen im Isarabschnitt Sylvensteinspeicher bis Bad Tölz.....	107
Bild 62:	Bettentwicklung nach Rückbau des Ufers südlich Baierbrunn	108
Bild 63:	Die Isar in München vor und nach der Renaturierungsmaßnahme.....	109
Bild 64:	Geschiebeumsetzung in das Unterwasser des Oberföringer Wehrs.....	109
Bild 65:	Relative Differenz der Mittleren Sohle von 1997 bis 2006 jeweils bezogen auf das Jahr 1989	110
Bild 66:	Lageplan der Kraftwerke von Oberaudorf bis Passau	111
Bild 67:	Hauptzahlen der Kraftwerke von Oberaudorf bis Passau.....	112
Bild 68:	Sohlendurchschlag im Winter 1970/71 bei Fkm 90	112

Bild 69:	Verlandungssummenlinie 1992/08, Stauraum Oberaudorf-Ebbs.....	114
Bild 70:	Verlandungssummenlinie der Stauräume am Unteren Inn	115
Bild 71:	Gewässerentwicklungsplan mit vorgeschlagenen Maßnahmen	116
Bild 72:	Schräge Schüttsteinschwelle bei Mühldorf (Fkm 106)	117
Bild 73:	Übersichtskarte zur Salzach	118
Bild 74:	Folgen des Augusthochwassers 1959: eingestürzte Autobahnbrücke Lieferung bei Fkm 63,0 und Sohlendurchschlag in Hallein bei Fkm 80,4	123
Bild 75:	Folge des Augusthochwassers 2002: Sohlendurchschlag von Fkm 62,9 bis 54,2	123
Bild 76:	Salzach Fkm 58,6 mit Profilaufnahmen und Untergrundaufschlüssen.....	124
Bild 77:	Jahresabflusssummen und Schwebstofffrachten im Zeitraum 1930 bis 2003 an den Pegeln Burghausen/Salzach und Unterjettenberg/Saalach.....	126
Bild 78:	Längsschnitt der Saalach.....	128
Bild 79:	Geologischer Längsschnitt der Saalach und am 01.10.2002 gebaggerter Seeton bei Fkm 7,6	129
Bild 80:	Eintiefung der Saalach bei Fkm 0,6.....	130
Bild 81:	Lageplan Saalachsee und Isarstausee Krün.....	130
Bild 82:	Geschiebezugabe unterhalb der Talsperre Kibling bei 20.000 m ³ und 50.000 m ³	131
Bild 83:	Entnahmen im Stauwurzelbereich des Saalachsees und Zugaben im Unterwasser	132
Bild 84:	Beispiel für die Auswertung eines Querprofils: Saalach Fkm 19,4.....	133
Bild 85:	Jährliche Massensummenlinien der Saalach zwischen Talsperre Kibling und Mündung in die Salzach....	134
Bild 86:	Geschiebehaushalt eines Wildbachgebiets.....	135
Bild 87:	Verklausung an der Straßenbrücke	135
Bild 88:	Rückstau in Vorfluter durch starken seitlichen Geschiebeeintrag	135
Bild 89:	Grundlagen und Vorgehensweise	136
Bild 90:	Übersicht über das GHO-Geschiebesammler-Messnetz	138
Bild 91:	Auswertung der Geschiebefrachten in Wildbächen nach LEHMANN	138
Bild 92:	Vorgehensweise für die Abschätzung von Geschiebefrachten nach Ch. LEHMANN.....	139
Bild 93:	Feststoffverlagerung während eines Großereignisses in der Guppenruns	140
Bild 94:	Zusammenstellung von Einflussfaktoren auf den Geschiebehaushalt nach GERTSCH.....	140
Bild 95:	Übermuerung von Sachseln beim Hochwasser vom 15.8.1997	141
Bild 96:	Gefahrenkarte von Sachseln.....	141
Bild 97:	Raubettgerinne im Wildbach.....	142
Bild 98:	Geschiebesammler mit Holzrückhalt	142
Bild 99:	Garagenabdeckung und Linienschutz-Elemente	142
Bild 100:	Übersicht über präventive und retroaktive Maßnahmen gegen die Verlandung von Stauseen.....	144
Bild 101:	Geschiebesperre an der Dürrach	144
Bild 102:	Mechanische Entnahme von Sedimenten mit konventionellem Baugerät	145
Bild 103:	Schematische Darstellung eines Trübestroms in einem Speichersee.....	145
Bild 104:	Schematische Darstellung eines Saugbaggers mit Airlift-Pumpe.....	146
Bild 105:	Umlagerung von Feinsedimenten mit einem Saugbagger innerhalb des Speichers Margaritze.....	147
Bild 106:	Transport des Saugbaggers auf Tiefladern über die Großglockner-Hochalpenstraße und Aufbau auf 2.000 müNN	148
Bild 107:	Luftbild des Speichersees Pieve di Cadore sowie Längsschnitt mit Ablagerungsmächtigkeiten.....	149

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hydromorphologische Qualitätskomponenten gemäß Anhang V, WRRL.....	32
Tabelle 2:	Quellen und Senken des Sedimenthaushalts	37
Tabelle 3:	Möglichkeiten der Geschiebeentnahme	47
Tabelle 4:	Möglichkeiten des Transports und der Zugabe von Geschiebe.....	47
Tabelle 5:	Qualitätskriterien für Geschiebezugabematerial	51
Tabelle 6:	Gesamtkonzept Rhein – Geplante Maßnahmen	68
Tabelle 7:	Übersicht der beobachteten Veränderungen der Flusssohle und des geschätzten Anteils der Baggerungen	75
Tabelle 8:	Beispiele möglicher Maßnahmen zur nachhaltigen Flussbewirtschaftung in den niederländischen Rheinarmen	79
Tabelle 9:	Mittlere Wandergeschwindigkeiten einzelner Fraktionen.....	84
Tabelle 10:	Wesentliche Zubringer der Donau	92
Tabelle 11:	Mittlere Durchflüsse am Ende eines Abschnitts	92
Tabelle 12:	Charakteristische hydrologische Daten der österreichischen Donau	93
Tabelle 13:	Messintervalle der Querprofile und Schwebstofffrachten	97
Tabelle 14:	Hydrologische Daten ausgewählter Pegel der Salzach	119
Tabelle 15:	Chronologie flussbaulicher Maßnahmen	119
Tabelle 16:	Kennzahlen der Kraftwerkskette Mittlere Salzach	121
Tabelle 17:	Spülungen der Kraftwerkskette Mittlere Salzach	126
Tabelle 18:	Notwendige und erwünschte Grundlageninformationen	137

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 Merkblattes 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.

Einleitung

Flüsse sind dynamische Systeme, die ständigen Veränderungen unterliegen. Dies betrifft nicht nur die Wasserführung, sondern auch den Sedimenthaushalt. Durch Erosion, Transport und Ablagerung von Sediment wird das Gewässerbett ständig umgestaltet. Überschuss an Sediment führt zur Auflandung, Sedimentdefizit zur Eintiefung der Flusssohle. Beide Vorgänge können negative Auswirkungen sowohl auf die Nutzung des Gewässers als auch auf sein Ökosystem haben. So behindern starke Auflandungen beispielsweise die Schifffahrt oder verstärken örtlich die Hochwassergefahr. Hingegen lässt kontinuierliche Eintiefung den Flusswasserspiegel und damit auch die Oberfläche des angrenzenden Grundwasserkörpers absinken. Dadurch wird nicht nur die semiterrestrische Lebensgemeinschaft in Flussnähe bedroht sondern auch die landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche oder wasserwirtschaftliche Nutzung der Aue beeinträchtigt.

Um solche Nachteile zu vermeiden und den genannten Gefährdungen vorzubeugen, sind Eingriffe in den Sedimenthaushalt des Flusses unerlässlich. Dies geschieht ganz überwiegend im Rahmen der sogenannten Unterhaltungspflicht, die je nach Größe und Funktion des Gewässers in Deutschland entweder dem Privateigentümer, den Kommunen, den Ländern oder dem Bund obliegt.

Dabei anfallendes sandig-kiesiges Baggergut wurde in früheren Zeiten als Baustoff verwertet. Zusätzlich ist durch kommerzielle Kiesentnahmen den Flusssystemen über Jahrzehnte hinweg grobkörniges Sediment entzogen worden. Nachdem sich mittlerweile die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass viele unserer Flüsse einen defizitären Sedimenthaushalt aufweisen und sich deshalb immer weiter eintiefen, sind kommerzielle Kiesentnahmen aus dem Flussschlauch weitestgehend untersagt. Das im Rahmen der Unterhaltungspflicht anfallende

grobkörnige Baggergut wird deshalb dem Fluss nach Möglichkeit wieder an geeigneter Stelle zugeführt (Umlagerung).

Anders stellt sich die Situation bei der Akkumulation feinkörniger Sedimente dar. Die meist aus einem Gemisch von Ton, Schluff, Feinsand und organischem Material bestehenden Ablagerungen sind nicht selten so stark mit Schadstoffen belastet, dass ihre Umlagerung im Gewässer eine Gefahr für das aquatische Ökosystem darstellt. Da nicht zuletzt infolge dieser Schadstoffbelastung ihre wirtschaftliche Verwertbarkeit begrenzt ist, müssen sie je nach Belastungsgrad gegebenenfalls sehr aufwendig entsorgt werden.

Mit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 (WRRL 2000) ist erstmalig ein gesetzlicher Rahmen für die Gewässerbewirtschaftung auf Flussgebietsebene geschaffen mit dem Ziel, einen guten ökologischen Zustand herzustellen bzw. zu gewährleisten. Auch wenn Sedimente in der Rahmenrichtlinie nicht hervorgehoben genannt sind, wird wegen der Schlüsselfunktion der Sedimente für den angestrebten guten chemischen und ökologischen Zustand der Gewässer die Notwendigkeit eines koordinierten und an ökologischen Belangen ausgerichteten Sedimentmanagements intensiv diskutiert und bei der Umsetzung teilweise schon berücksichtigt. Jüngste Aktivitäten zielen darauf ab, den Umgang mit Sedimenten explizit in die europäische Gesetzgebung aufzunehmen (SedNet 2006, 2010; FGG Elbe 2009).

Vor diesem Hintergrund ist es dringend geboten, die derzeitige Praxis des Sedimentmanagements in Deutschland und in angrenzenden Nachbarländern einer vertieften Betrachtung zu unterziehen, um damit den Grundstein zu legen zur Entwicklung von Konzepten für

Vielfältige Nutzungen haben den Sedimenthaushalt und die Sedimentqualität der Fließgewässer über Jahrhunderte hinweg gravierend verändert mit der Folge, dass Sedimente im Rahmen der Gewässerunterhaltung bewirtschaftet werden müssen. Aus gesellschaftlicher Perspektive ist der Umgang mit Sedimenten in vielerlei Hinsicht relevant, da er unmittelbar die Interessen so bedeutsamer Bereiche wie Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verkehr sowie mittelbar über Stoffkreisläufe die Trinkwassergewinnung und Abwasserbeseitigung berührt. Sedimentbewirtschaftung ist deshalb Aufgabe aller für die Gewässer zuständiger Verwaltungen aber auch der unterschiedlichen Gewässernutzer, wie z. B. Betreiber von Hafen- und Wasserkraftanlagen.

Eingriffe in den Sedimenthaushalt haben häufig überregionale und langfristige Folgen sowohl im Hinblick auf die multiple Funktion des Gewässers als auch auf seine Nutzung. Mit der Erkenntnis, dass der gute ökologische Zustand eines Fließgewässers wesentlich von den morphologischen Verhältnissen und damit vom Sedimenthaushalt abhängt, ist im Zusammenhang mit der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie die Sedimentbewirtschaftung in den Fokus der Gewässerunterhaltung gerückt. Auch wenn Sedimente in der Richtlinie nicht hervorgehoben genannt sind, wird wegen der Schlüsselfunktion der Sedimente für den angestrebten guten chemischen und ökologischen Zustand der Gewässer die Notwendigkeit eines koordinierten und an ökologischen Belangen ausgerichteten Sedimentmanagements intensiv diskutiert und bei der Umsetzung teilweise schon berücksichtigt. Jüngste Aktivitäten zielen darauf ab, den Umgang mit Sedimenten explizit in die europäische Gesetzgebung aufzunehmen.

Vor diesem Hintergrund stellte sich für die DWA-Arbeitsgruppe WW-2.1 „Sedimentmanagement in Flussgebieten“ die Aufgabe, die derzeitige Praxis des Sedimentmanagements in Deutschland und in angrenzenden Nachbarländern einer vertieften Betrachtung zu unterziehen, um damit den Grundstein zu legen zur Entwicklung von Konzepten für größere Flussabschnitte oder gar ganze Einzugsgebiete. Dementsprechend hat das Merkblatt DWA-M 525 „Sedimentmanagement in Fließgewässern“ den Charakter eines „state-of-the-art“-Berichts, in dem die unterschiedlichen Methoden und Vorgehensweisen des Sedimentmanagements in Fließgewässern beschrieben und bezüglich ihrer Eignung und Wirksamkeit bewertet werden. Dabei wird einerseits auf die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen Bezug genommen und andererseits der Praxisbezug durch Untersetzung mit aussagekräftigen Fallbeispielen sichergestellt.



ISBN 978-3-942964-47-0 (Print)
978-3-96862-398-6 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
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