



Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen im Binnenbereich

Metastudie

Titelbild:

Moselinsel unterhalb der Staustufe Koblenz

Foto: Michael Hils

Auftraggeber:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
Robert-Schuman-Platz 1
53175 Bonn

Auftrag zur Erstellung einer Metastudie erteilt durch:
Mandat für die AG „Erhaltung und Wiederherstellung der Sedimentdurchgängigkeit der BWaStr“, kurz:
AG Sedimentdurchgängigkeit vom 1. Dezember 2014

Aufgestellt:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstr. 17
76187 Karlsruhe

Koblenz und Karlsruhe im Mai 2016

Zitiervorschlag:

BAW & BfG (2016): Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen im Binnenbereich. Metastudie. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Mai 2016

DOI: 10.5675/BfG-1893

URL: <http://doi.bafg.de/BfG/2016/BfG-1893.pdf>

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Vera BREITUNG	(BfG)	
Thomas GABRIEL	(GDWS)	
Barbara GRÜTER	(WSA Stuttgart)	
Gudrun HILLEBRAND	(BfG)	Leitung der Arbeitsgruppe
Nils P. HUBER	(BAW)	Leitung der Arbeitsgruppe
Volker HÜSING	(BfG)	
Jürgen KELLERMANN	(BAW)	
Sebastian MESSING	(BMVI)	
Christian HILDEBRANDT	(WSA Freiburg)	
Klaus-Dieter NAUN	(WSA Aschaffenburg)	
Ina QUICK	(BfG)	
Barbara SCHÄFER	(BMVI)	
Volker STEEGE	(BMVI)	

Weitere Beitragende

Michael GEBHARDT	(BAW)
Thomas HOFFMANN	(BfG)

Verzeichnisse

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Rechtliche Situation	5
3 Begriffsdefinitionen und Abgrenzung	9
3.1 Definition Sedimentdurchgängigkeit	9
3.2 Überblick über Aktivitäten im Themenbereich Sedimentdurchgängigkeit	10
4 Feststofftransportverhältnisse	11
4.1 Sedimenttransportmechanismen	11
4.1.1 Freifließende Flüsse	11
4.1.2 Staugeregelte Flüsse	13
4.2 Datenlage für die Bundeswasserstraßen	16
4.2.1 Sedimenttransportmessungen	16
4.2.2 Messungen der Korngrößenzusammensetzungen der Sohle	16
4.2.3 Daten aus Peilungen und Baggerungen	17
4.3 Überblick über abschnittsweise stauregulierte Bundeswasserstraßen	18
4.3.1 Allgemeines	18
4.3.2 Donau	18
4.3.3 Elbe	19
4.3.4 Oder	19
4.3.5 Rhein	20
4.4 Unterhaltungsaspekte ausgewählter Wasserstraßen	21
4.4.1 Donau	21
4.4.2 Elbe	21
4.4.3 Rhein	25
4.4.4 Neckar	27
4.4.5 Main	28
4.4.6 Mosel	29
4.4.7 Ober- und Mittelweser	30
4.4.8 Überblick über Unterhaltungsbaggermengen	31
4.5 Stauanlagenportfolio an den Bundeswasserstraßen	31

5	Gewässerzustandsrelevante Aspekte	35
5.1	Status Quo der biologischen Qualitätskomponenten sowie der unterstützenden Qualitätskomponenten	35
5.2	Einstufung des chemischen Zustands	36
5.3	Wirkzusammenhänge zwischen Quantität, Hydromorphologie, Sedimentqualität und biologischen Qualitätskomponenten	36
5.4	Existierende Bewertungsverfahren zur Bewertung des ökologischen Zustandes bzw. Potenzials und ihre Bezüge zur Sedimentdurchgängigkeit	39
5.4.1	Grundlagen	39
5.4.2	Bewertung Makrozoobenthos	40
5.4.3	Bewertung Fische	43
5.4.4	Hydromorphologische Bewertungsverfahren (hier speziell zur Sedimentdurchgängigkeit) in Unterstützung der biologischen Qualitätskomponenten	44
5.4.5	Chemische und physikalisch-chemische Bewertung in Unterstützung der biologischen Qualitätskomponenten	47
5.5	Bewertungsverfahren für den chemischen Zustand	48
6	Ziele und Handlungsanforderungen im Zusammenhang mit einer Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit	49
6.1	Natürliches System (Leitbild, heutiger potenziell natürlicher Gewässerzustand, gewässertypspezifische Referenzbedingungen, sehr guter ökologischer Zustand)	49
6.2	Zielzustand gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie	50
6.3	Zielzustand aus Sicht der WSV	53
6.3.1	Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt (nautisch)	53
6.3.2	Bauwerkssicherheit	54
6.3.3	Aspekte der Wasserwirtschaft (z. B. Freiborde, WaWi Unterhaltung)	55
6.4	Risiken für WRRL-Ziele, die mit der Sedimentdurchgängigkeit verbunden sind	56
7	Möglichkeiten zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit	61
7.1	Potenzielle Maßnahmen	61
7.1.1	Maßnahmen außerhalb des Gewässerbetts der Bundeswasserstraßen und im Einzugsgebiet	62
7.1.2	Überblick über Maßnahmen an den Stauanlagen	62
7.2	Möglichkeiten zur Vorbewertung von Maßnahmen	63
7.2.1	Quantität des transportierten Sediments	63

7.2.2	Hydromorphologie	63
7.2.3	Chemische Qualität und Wirkungen	64
7.2.4	Ökologie	65
8	Implikationen für die WSV	67
8.1	WSV als Handelnde	67
8.1.1	Betroffenheiten der WSV durch eigene Maßnahmen	67
8.1.2	Mögliche Betroffenheiten Dritter durch ggf. erforderliche Maßnahmen der WSV	68
8.1.3	Rechtliche Aspekte bei der Planung und Durchführung von WSV-Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit	72
8.2	WSV als Betroffene durch Maßnahmen Dritter	72
8.2.1	Betroffenheiten	72
8.2.2	Rechtliche Aspekte bei Maßnahmen Dritter aus WSV-Perspektive	74
9	Zusammenfassung und Empfehlungen	77
9.1	Zusammenfassung und Bewertung des Kenntnisstands	77
9.2	Zusammenfassung und Bewertung der Kenntnislücken	79
9.2.1	Identifizierte Kenntnislücken	79
9.2.2	Vorschläge zur Schließung der Kenntnislücken	80
9.3	Vorschläge für den Umgang mit dem Thema im Geschäftsbereich	82
10	Quellen	85
11	Abkürzungsverzeichnis	95

Bildverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Struktogramm zur Sedimentdurchgängigkeit an Bundeswasserstraßen und zum Überblick über die vorliegende Studie	2
Abbildung 2: Prinzipskizze der zeitlich voranschreitenden Deltabildung in einem Stauraum durch Geschiebe und Schwebstoffe (Abegg et al., 2013)	13
Abbildung 3: Dimensionslose Schubspannungen für unterschiedliche Korngrößen, ermittelt aus 1D-HN-Berechnungen für $Q = 1.455 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bereich MHQ) für die Stauhaltung Straubing gegenüber der kritischen Sohlschubspannung $\theta = 0,047$ nach Meyer-Peter und Müller (1948) in BAW (2006)	15
Abbildung 4: Dimensionslose Schubspannungen für unterschiedliche Korngrößen, ermittelt aus 1D-HN-Berechnungen für $Q = 2.531 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Stauhaltung Straubing gegenüber der kritischen Sohlschubspannung $\theta = 0,047$ nach Meyer-Peter und Müller (1948) in BAW (2006)	15
Abbildung 5: Baggermaßnahme im Rahmen einer Geschiebeumlagerung an der Elbe im Bereich des WSA Lauenburg	22
Abbildung 6: Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Binnenelbe mit einer Klappschute	22
Abbildung 7: Geschiebezugabestrecken an der Binnenelbe	23
Abbildung 8: Baggerungen am staugeregelten Oberrhein zwischen 1990 und 2005 (Quelle: UAG SuBedO, Synthesebericht 2008)	25
Abbildung 9: Nassbaggerarbeiten entlang des Neckars und anzutreffendes Baggergut	27
Abbildung 10: Verteilung der Baggermengen der Jahre 2005 bis 2014 in Abhängigkeit von der Entfernung zu den 12 Staustufen der Mosel (die mittlere Länge der Stauhaltungen beträgt ca. 20 km; für den Bereich 1 - 2 km oberstrom des Wehrs liegen im Zeitraum nur wenige Baggermengen vor)	29
Abbildung 11: Überblick über jährliche Baggermengen an sieben staugeregelten Bundeswasserstraßen über verschiedene Zeiträume	31
Abbildung 12: Wehr- und Verschlusstypen der Wehranlagen an Bundeswasserstraßen	32
Abbildung 13: Verschlusstypen an Wehranlagen der WSV: überströmt: (a) Klappe, (b) Sektor, (c) Schlauch unterströmbär: (d) Walze (e) Drucksegment mit Aufsatzklappe, (f) Zugsegment mit Aufsatzklappe, (g) Schütz mit Aufsatzklappe, (h) Doppelschütz, (i) Haken-Doppelschütz durch- / umströmt: (j) Nadelwehr (Gebhardt et al., 2014, erweitert)	33
Abbildung 14: Wirkzusammenhänge im Hinblick auf die Sedimentdurchgängigkeit	37
Abbildung 15: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit gemäß Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (IKSE 2014, FGG Elbe 2013)	45

Abbildung 16	Bundeswasserstraßen und ihre Ausweisung als natürliche, erheblich veränderte und künstliche Gewässer (WK = Wasserkörper) (Quelle: Cron et al. 2014, 2015)	52
Abbildung 17:	Mögliche Betroffenheiten (Auswahl) Dritter im Zuge einer Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit	68
Abbildung 18:	Sedimentablagerungen im Vorland des Stauraums der Staustufe Geesthacht an der Elbe nach Hochwasser im März 2011 (Foto: WSA Lauenburg)	71
Abbildung 19:	Mögliche Betroffenheit auf Seiten der WSV durch Maßnahmen Dritter	73

Tabellenverzeichnis		Seite
Tabelle 1:	Beispiele für den Zusammenhang zwischen Besiedlung und hydromorphologischer Ausstattung	38
Tabelle 2:	Gewässertypspezifische Bewertungsaspekte des Makrozoobenthos für die Typen 9.2, 10, 15 und 20 (Quelle: http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/typologie/)	41

Anlagenverzeichnis		Seite
Anlage 1:	Liste der Wehre an den Bundeswasserstraßen	99
Anlage 2:	Gewässertypspezifische Bewertung Makrozoobenthos	121
Anlage 3:	Überblick über Bewertungsverfahren zur Sedimentdurchgängigkeit	129
Anlage 4:	Ausgewählte Aktivitäten zum Sedimentmanagement	135
Anlage 5:	Exemplarische Arbeiten, die sich aus hydromorphologischer Sicht mit dem Zielzustand Richtung Sedimentdurchgängigkeit und Bewertungen für BWaStr beschäftigen	139
Anlage 6:	Maßnahmenoptionen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit	143

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL) fordert von den Mitgliedstaaten Maßnahmen zur Vermeidung einer weiteren Verschlechterung des Zustandes aller Gewässer sowie die Erreichung eines guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials. Ein Aspekt hierbei ist die „Durchgängigkeit“ für Organismen und Sedimente. Die Betroffenheiten und ggf. Anforderungen an die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), die sich aus den Bestimmungen der WRRL, des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) hinsichtlich der Durchgängigkeit von Sedimenten ergeben, sind vor diesem Hintergrund zu prüfen. Die unterschiedlichen Anforderungen an die Durchgängigkeit von Sedimenten je nach Einstufung der Wasserkörper („natürlich“ oder „erheblich verändert“; Zustandsklassen) und die Wechselbeziehungen zwischen den biologischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten sind dabei zu betrachten. Gleichzeitig kann die WSV durch Maßnahmen Dritter zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Sedimente betroffen sein.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat daher im November 2014 eine Arbeitsgruppe zum Thema Sedimentdurchgängigkeit der BWaStr (AG Sedimentdurchgängigkeit) eingerichtet, um Anforderungen, die sich für die WSV aus den rechtlichen Rahmenbedingungen potenziell ergeben, in einer Metastudie zu beschreiben. Ziel dieser Studie ist es, zum Einstieg in die Thematik eine erste fundierte Übersicht zu den im Zusammenhang mit der anlagenbezogenen Sedimentdurchgängigkeit stehenden Aspekten zu liefern. Hierbei werden einerseits die vielfältigen rechtlichen und fachlichen Aspekte, andererseits die unterschiedlichen Handlungsfelder an den Wasserstraßen identifiziert und deren Abhängigkeiten aufgezeigt. Ein sich eventuell ergebender Handlungsbedarf für die WSV, die Oberbehörden und das BMVI wird diskutiert. Im Ergebnis werden dem BMVI Vorschläge für den weiteren Umgang mit der Thematik vorgelegt.

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über identifizierte Aspekte des Themas und die Struktur der Studie.

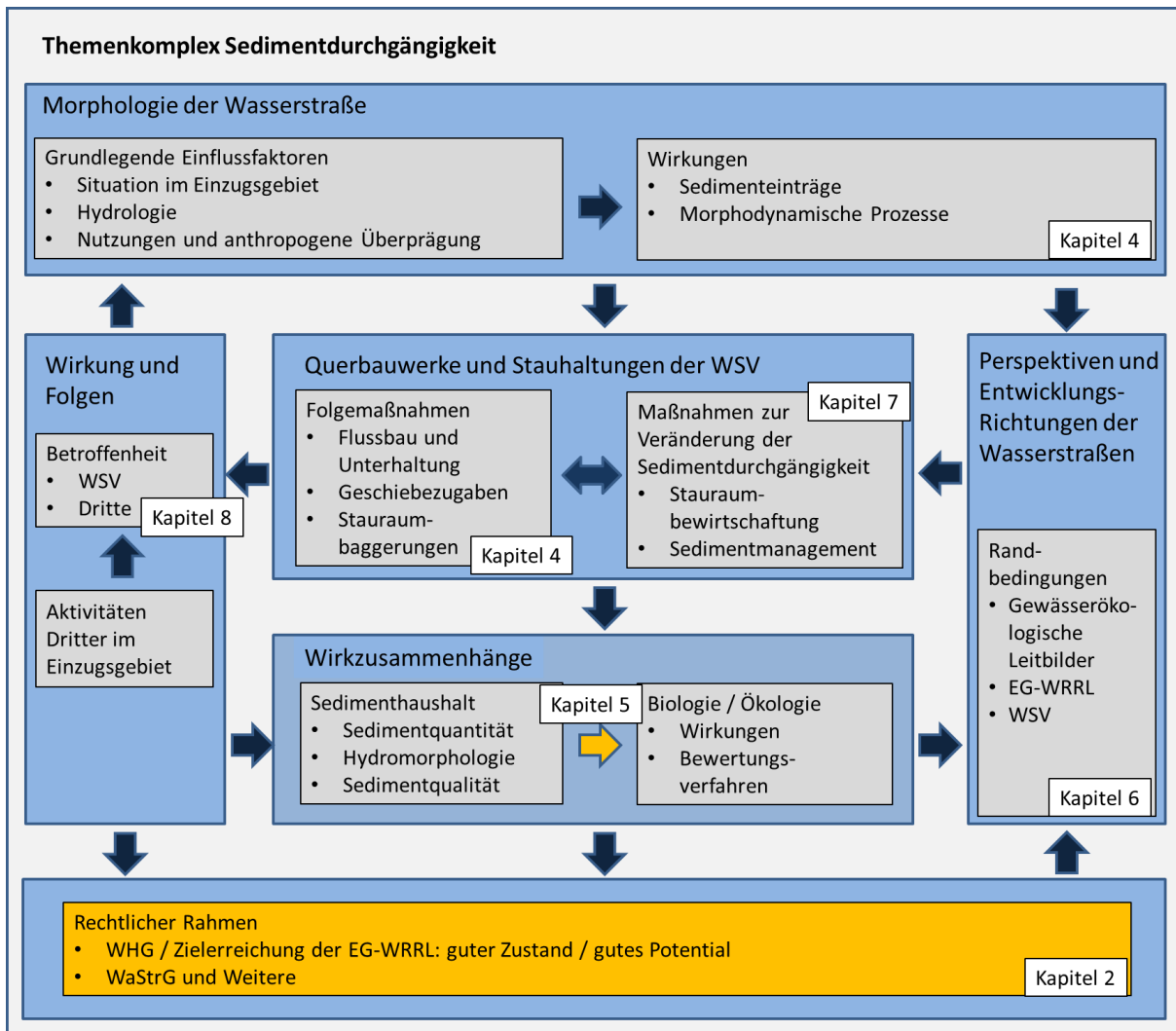


Abbildung 1: Struktogramm zur Sedimentdurchgängigkeit an Bundeswasserstraßen und zum Überblick über die vorliegende Studie

Vorbemerkung

In Europa werden Gewässer seit Jahrtausenden in vielfältiger Weise durch den Menschen genutzt und umgestaltet. Beispielhaft seien hier Landwirtschaft, Energiegewinnung, Hochwasserschutz und auch die Schifffahrt genannt. Die landwirtschaftliche Nutzung in Mitteleuropa setzte vor ca. 7500 Jahren ein und führte ab der Bronzezeit zu einem massiven Anstieg des Sedimenteintrages in die Flüsse (Lang et al. 2003, Hoffmann et al. 2010). Der direkte Eingriff in die Fließgewässer begann bereits durch die Schifffahrt während der Römerzeit und umfasste neben den großen Gewässern auch die kleineren Tributäre (z. B. die Lippe). Die Flößerei und das Mühlenwesen als frühe Formen der Gewässernutzung führten dazu, dass auch kleinere Gewässer im Oberlauf verbaut wurden. Die großflächigen landwirtschaftlichen Eingriffe ab der Bronzezeit, aber auch die frühen lokalen Eingriffe in die Gewässer waren nicht ohne Folgen auf den allgemeinen Sedimenthaushalt. Insbesondere in den letzten 150 Jahren wurden im großen Stil Querbauwerke an vielen Gewässern errichtet, die zu einem Rückhalt von Sedimenten führten. Flussbegradigungen und -regulierungen sowie der Staustufenausbau haben nicht nur die Sedimentquantitäten, sondern auch die Sedimentqualität grundlegend verändert. Ein Beispiel hierfür ist der Oberrhein, der vor dem Ausbau durch Tulla aufgrund der längeren Fließwege und der Aufteilung in mehrere Arme ein geringeres Sohlgefälle hatte. Die Korrekturmaßnahmen führten zu einem größeren Gefälle und zu einsetzender Erosion (Buck et al. 1993). Die Begradigung (Erhöhung der Transportkapazität) und der Bau von Deichen (Reduzierung der Überschwemmungsfläche) führten zum reduzierten Sedimentrückhalt in den morphologischen Flussauen. Der nach dem ersten Weltkrieg beginnende Staustufenausbau stabilisierte die Sohle im Bereich der Stauhaltungen und führte zu einer erhöhten Ablagerung von Sedimenten in den Stauräumen.

Ein anderer Aspekt ist die Verschiebung der Korngrößenverteilung im Sedimentangebot. Die weitflächige Abholzung und die Intensivierung der Landwirtschaft seit der Bronzezeit führte zur Erhöhung der Bodenerosion und des feinkörnigen Sedimenteintrags (Feinsande, Schluffe und Tone), die zu einem großen Teil in Form von Auenlehmen in den Flussauen abgelagert wurden. Als Folge stiegen die langfristigen Raten der Auensedimentation von ca. 0,5 mm/a auf bis zu 8 mm/a (Hoffmann et al., 2009), unter anderem mit erheblichen Auswirkungen auf die fluviale Dynamik (z. B. Veränderung des Gerinnebettmusters von anastomisierenden Flussläufen zu mäandrierenden Flüssen, die jedoch auch durch entsprechende Abflussänderungen induziert wurde (Herget, 2000)). Zudem wird durch Geschiebesperren im Oberlauf der Gewässer der Eintrag von Sanden und Kiesen stark verringert, womit sich der Anteil der Feinfraktion in den Unterläufen zusätzlich erhöht.

Das Feinmaterial wird in Gewässern in der Regel in suspendierter Form transportiert, was zu einer erhöhten Trübung führt. In Stauhaltungen wird dieses Material aufgrund der herrschenden Turbulenz häufig bis in den Bereich der Wehranlage transportiert und dort abgelagert. Damit sind oft verstärkte Nähr- und Schadstoffeinträge verbunden. Industrieprozesse wurden beginnend mit der industriellen Revolution zu einer Quelle von Schadstoffen, die sehr häufig an Feinmaterial angelagert wurden. Dabei hat sich das Schadstoffspektrum über die Jahrzehnte durch die stetig wachsende Zahl neuer synthetischer Stoffe stark verändert und erweitert. Sowohl historisch belastetes Material als auch neu belastetes Material kann in den Ablagerungen der Stauhaltungen vorgefunden werden.

Bei den Entwicklungen der Schwebstofffrachten von Rhein und Elbe sind über die letzten Jahrzehnte Abnahmen zu verzeichnen. An der Elbe könnte dies ein Indiz auf den Einfluss der Landnutzungsänderung nach der Wiedervereinigung sein. Am Rhein zeigt sich messbar der Einfluss des Staustufenbaus (Hillebrand et al., 2012).

Informationen zu früheren Zuständen der Gewässer liegen nicht aus unmittelbaren Messungen der Sedimentfrachten vor, sondern auf Grundlage von geomorphologisch-sedimentologischen Studien, die in Kombination mit paläobotanischen, archäologischen und historisch-geographischen Studien wichtige Informationen für die natürlichen Funktionen geben können: z. B. Lang et al. (2003), Verstraeten (2009), Hoffmann et al. (2009), Erkens et al. (2011).

Über Jahrtausende hinweg ist also der Sedimenthaushalt der Fließgewässer durch anthropogene Einwirkungen im Einzugsgebiet sowie im und am Gewässer selbst beeinflusst. Die Dynamik des Sedimenthaushalts änderte sich dabei mehrfach. Bei Zielsetzungen und Maßnahmen zur Sedimentdurchgängigkeit ist zu beachten, dass in anthropogen veränderten Gewässersystemen eine Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit nicht in jedem Fall per se zu einer Verbesserung des gewässerökologischen Zustandes im Sinne der WRRL führen wird.

2 Rechtliche Situation

Kernaussagen:

- Die WRRL hat als Bewirtschaftungsziel den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial sowie den guten chemischen Zustand eines Oberflächengewässers. Bei der Bewertung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potenzials sind die biologischen Qualitätskomponenten maßgebend, für den chemischen Zustand die stofflichen Belastungen.
- Die Sedimentdurchgängigkeit ist ein Teil des Hilfsparameters Hydromorphologie, der eine unterstützende Funktion für die Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials nach WRRL hat.
- Die Hydromorphologie eines Fließgewässers einschließlich seiner Durchgängigkeit soll so beschaffen sein, dass die für einen guten ökologischen Zustand bzw. für ein gutes ökologisches Potenzial erforderliche Qualität der biologischen Qualitätskomponenten erreicht werden kann.
- Zurzeit besteht mit Blick auf WRRL bzw. WHG keine explizite Handlungsverpflichtung auf Seiten der WSV, die Sedimentdurchgängigkeit an Stauanlagen zu erhöhen.
- Es kann sich eine Verpflichtung der WSV zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit ergeben, wenn die Sedimentdurchgängigkeit für die Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials zwingend erforderlich ist.

Die Wasser- und Schiffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) verwaltet die Bundeswasserstraßen hoheitlich als Verkehrswege. Sie führt Ausbau- (§§ 12 ff. WaStrG) und Unterhaltungsmaßnahmen (§§ 7, 8 WaStrG) nach dem Bundeswasserstraßengesetz durch. Die Unterhaltung der Bundeswasserstraßen umfasst die Erhaltung eines ordnungsgemäßen Zustands für den verkehrsbezogenen Wasserabfluss und die Erhaltung der Schiffbarkeit (§ 8 Abs. 1 Satz 1 WaStrG). Zur Unterhaltung gehört auch der Betrieb der bundeseigenen Schifffahrtsanlagen (§ 7 Abs. 1 WaStrG). Die WSV ist dafür verantwortlich, dass die bundeseigenen Schifffahrtsanlagen und Schifffahrtszeichen sowie die bundeseigenen wasserbaulichen Anlagen allen Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen (§ 48 Satz 1 WaStrG). Als Ausbau werden Maßnahmen zur wesentlichen Umgestaltung einer Bundeswasserstraße, einer Kreuzung mit einer Bundeswasserstraße, eines oder beider Ufer, die über die Unterhaltung hinausgehen und die Bundeswasserstraße als Verkehrsweg betreffen, definiert (§ 12 Abs. 2 Satz 1 WaStrG).

Seit 2010 ist die WSV im Rahmen ihrer Aufgaben nach dem Bundeswasserstraßengesetz hoheitlich dafür zuständig, Maßnahmen für die Erhaltung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit an den von ihr errichteten oder betriebenen Stauanlagen an Bundeswasserstraßen durchzuführen, soweit die Ziele der WRRL dies erfordern (§ 34 Abs. 3 WHG). Diese Maßnahmen gelten als Ausbau i. S. d. Bundeswasserstraßengesetzes (§ 12 Abs. 2 Satz 2 WaStrG).

Schließlich unterhält die WSV als Eigentümerin die Bundeswasserstraßen auch in wasserwirtschaftlicher Hinsicht, soweit das Landesrecht keinen anderen Träger der Unterhaltungslast vorsieht. Die wasserwirtschaftliche Unterhaltung eines Gewässers muss sich an den

Bewirtschaftungszielen nach WRRL ausrichten und darf die Erreichung dieser Ziele nicht gefährden. Sie muss den Anforderungen entsprechen, die im jeweiligen Maßnahmenprogramm nach WRRL an die Gewässerunterhaltung gestellt sind (vgl. § 39 Abs. 2 WHG). Nicht unter die Eigentümerverpflichtung fallen Maßnahmen zum wasserwirtschaftlichen Ausbau, zur Gewässerreinigung und zum Hochwasserschutz.

Zu prüfen ist demnach, ob sich aus den verkehrlichen Aufgaben der WSV, aus der Verpflichtung zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit nach § 34 WHG oder aus der Pflicht zur wasserwirtschaftlichen Unterhaltung auch eine Verpflichtung zur Wiederherstellung der Sedimentdurchgängigkeit an Stauanlagen der WSV ergeben kann.

a) Verkehrliche Aufgaben der WSV

Aus verkehrlichen Gründen kann die Wiederherstellung der Sedimentdurchgängigkeit notwendig werden, wenn sie für die Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, die Sicherstellung des verkehrsbezogenen Wasserabflusses oder den Schutz der wasserbaulichen Anlagen zwingend erforderlich ist. Ob und unter welchen Umständen dies der Fall sein kann, ist eine fachliche Fragestellung.

b) Wiederherstellung der Durchgängigkeit – § 34 WHG

Aus § 34 WHG kann sich eine Verpflichtung der WSV, die Durchgängigkeit für Sedimente an einzelnen Stauanlagen zu verbessern, nur dann ergeben, wenn eine veränderte Sedimentdurchgängigkeit für die Erreichung des guten ökologischen Potenzials bzw. des guten ökologischen Zustands des jeweiligen Fließgewässers zwingend erforderlich ist. Ob und unter welchen Umständen dies der Fall sein kann, ist eine fachliche Fragestellung.

Der Begriff „Sediment“ ist im Wortlaut des § 34 WHG nicht enthalten. Die amtliche Begründung zu § 34 WHG bezieht sich auf die Wanderung von Gewässerorganismen, der Begriff „Sediment“ wird dort nicht gebraucht. Der Begriff „Sediment“ wird – abgesehen von der Beschreibung des sehr guten ökologischen Zustands von Fließgewässern (natürliche Wasserkörper) in Anhang V der WRRL – in WRRL, WHG und OGewV in erster Linie in Zusammenhang mit der Gewässergüte verwendet. Bezieht man dennoch den Begriff „Durchgängigkeit“ in § 34 WHG auch auf Sedimente, so findet die Verpflichtung, die Durchgängigkeit auch für Sedimente herzustellen, ihre Grenze in der Formulierung „soweit dies erforderlich ist, um die Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 zu erreichen“. §§ 27 bis 31 WHG setzen die Bewirtschaftungsziele der WRRL in nationales Recht um.

Die Bewirtschaftungsziele werden insbesondere in Art. 4 WRRL und in Anhang V der WRRL festgelegt. In Art. 4 Abs. 1 Buchst. a) i) verpflichtet die WRRL die Mitgliedstaaten der Europäischen Union, eine Verschlechterung des Zustands aller Oberflächengewässer zu vermeiden (sog. Verschlechterungsverbot). Als weiteres Ziel enthält Art. 4 Abs. 1 Buchst. a) ii) und iii) WRRL die Verpflichtung, den guten ökologischen und chemischen Zustand (bezogen auf als natürlich eingestufte Gewässer) sowie das gute ökologische Potenzial und den guten chemischen Zustand (bezogen auf als erheblich verändert und künstlich eingestufte Gewässer) zu erreichen (sog. Verbesserungsgebot). Anhang V der WRRL legt die Qualitätskomponenten für die Einstufung des Zustands der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers fest. Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial eines Wasserkörpers werden (wie auch die einzelnen Qualitätskomponenten) in fünf bzw. vier Zustandsklassen eingeteilt (sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend und schlecht; beim Potenzial gut und besser, mäßig,

unbefriedigend und schlecht). Nach der „one out, all out“-Regel bestimmt sich der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial eines Wasserkörpers nach der Bewertung der schlechtesten relevanten Qualitätskomponente. Maßgeblich für die Einstufung eines Gewässers sind die biologischen Qualitätskomponenten – bei Fließgewässern sind dies Zusammensetzung und Abundanz der Gewässerflora, Zusammensetzung und Abundanz der benthischen wirbellosen Fauna und Zusammensetzung und Abundanz und Altersstruktur der Fischfauna. Die hydromorphologischen, chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten haben unterstützenden Charakter bei der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten. Die Durchgängigkeit ist eine hydromorphologische Qualitätskomponente, die bei der Einstufung des ökologischen Zustands/Potenzials von Flüssen unterstützend herangezogen wird. Wird eine Qualitätsnorm eines der flussgebietsspezifischen Schadstoffe nicht eingehalten, so wird der ökologische Zustand oder das ökologische Potenzial bestenfalls als „mäßig“ eingestuft.

Die Durchgängigkeit für Sedimente wird in Anhang V der WRRL lediglich für den sehr guten ökologischen Zustand eines (natürlichen) Fließgewässers vorausgesetzt. Bereits bei der Definition des guten ökologischen Zustands eines (natürlichen) Fließgewässers (= Zielzustand nach WRRL) wird auch hinsichtlich der Durchgängigkeit auf die Erfüllung der Kriterien der biologischen Qualitätskomponenten abgestellt und keine davon losgelöste ungehinderte Sedimentdurchgängigkeit verlangt.

Die Definition des höchsten ökologischen Potenzials für erheblich veränderte Fließgewässer berücksichtigt die erheblichen Veränderungen, die das Gewässer erfahren hat und verlangt die Ergreifung aller Gegenmaßnahmen, um die beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit zu erreichen. Näher bestimmt wird dieser Begriff nicht. Herausgestellt werden aber die Wanderung der Fauna und angemessene Laich- und Aufzuchtgründe. Sedimente werden nicht ausdrücklich genannt. Für das gute ökologische Potenzial (= Zielzustand nach WRRL) wird wiederum auf die Erfüllung der Kriterien hinsichtlich der biologischen Qualitätskomponenten abgestellt.

Im Ergebnis verlangt die WRRL Veränderungen an einer Stauanlage, die der Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit dienen, soweit diese erforderlich sind, um die Anforderungen an die biologischen Qualitätskomponenten zur Erreichung des guten ökologischen Potenzials bei erheblich veränderten oder künstlichen Wasserkörpern zu erfüllen.

Sollte eine staugeregelte Bundeswasserstraße als natürliches Gewässer eingestuft sein, verlangt die WRRL Maßnahmen zur Förderung des Transports von Sedimenten, soweit diese erforderlich sind, um die Anforderungen an die biologischen Qualitätskomponenten für den guten ökologischen Zustand zu erreichen.

Die Ziele der WRRL waren grundsätzlich bis zum 31.12.2015 zu erreichen. Art. 4 Abs. 1 Buchst. a WRRL beschränkt sich nicht auf die programmatische Formulierung bloßer Ziele der Bewirtschaftungsplanung, sondern entfaltet auch bezogen auf einzelne Vorhaben verbindliche Wirkungen (vgl. EuGH, C-461/13, Urteil vom 01.07.2015, Rn. 43). Die WRRL lässt in Art. 4 Abs. 4 unter bestimmten Voraussetzungen (technische Durchführbarkeit, unverhältnismäßig hohe Kosten und natürliche Gegebenheiten) eine Verlängerung der Frist um längstens zwei Bewirtschaftungszyklen (bis 2027) zu. Nach Art. 4 Abs. 5 WRRL können die Mitgliedstaaten unter engen Voraussetzungen für bestimmte Wasserkörper weniger strenge Umweltziele festschreiben. Fristverlängerungen und weniger strenge Umweltziele sind in den

Bewirtschaftungsplänen darzulegen und zu begründen. Nach Art. 4 Abs. 6 WRRL verstößt eine vorübergehende Verschlechterung des Zustands von Wasserkörpern nicht gegen die Anforderungen der WRRL, die durch aus natürlichen Ursachen herrührende oder durch höhere Gewalt bedingte außergewöhnliche und nicht vorhersehbare Umstände (z. B. Hochwasser, Dürre) oder durch unvorhersehbare Unfälle verursacht wurden. Auch hier müssen weitere Voraussetzungen erfüllt sein – insbesondere das Ergreifen von Gegenmaßnahmen und die Aufarbeitung der Ereignisse im Bewirtschaftungsplan. § 4 Abs. 7 WRRL lässt Ausnahmen von der Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials und vom Verschlechterungsverbot zu, wenn die Zielverfehlung aufgrund von neuen Änderungen der physischen Eigenschaften eines Oberflächenwasserkörpers oder von Änderungen des Pegels des Grundwasserkörpers eintritt. Gleiches gilt, wenn das Nichtverhindern einer Verschlechterung von einem sehr guten zu einem guten Zustand eines Oberflächenwasserkörpers die Folge einer neuen nachhaltigen Entwicklung des Menschen ist. Hierbei sind alle praktikablen Minimierungsmaßnahmen durchzuführen, die Abweichungen sind in den Bewirtschaftungsplan aufzunehmen und alle 6 Jahre zu überprüfen. Die Gründe für die Änderungen müssen von übergeordnetem öffentlichem Interesse sein bzw. muss ihr Nutzen den Nutzen der Ziele der WRRL übertreffen. Schließlich dürfen keine technisch machbaren oder nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbundenen Alternativen vorhanden sein.

Eine Verschlechterung, die nach Art. 4 Abs. 1 Buchst. a Ziff. i WRRL zu verhindern ist, erfasst auch Verschlechterungen, die nicht zu einer Einstufung des betroffenen Wasserkörpers in eine schlechtere Klasse führen. Eine Verschlechterung liegt vor, sobald sich der Zustand mindestens einer Qualitätskomponente im Sinne des Anhangs V der WRRL um eine Klasse verschlechtert, auch wenn diese Verschlechterung nicht zu einer Verschlechterung der Einstufung des Oberflächenwasserkörpers insgesamt führt. Ist jedoch die betreffende Qualitätskomponente bereits in der niedrigsten Klasse eingeordnet, stellt jede Verschlechterung dieser Komponente eine „Verschlechterung des Zustands“ eines Oberflächenwasserkörpers im Sinne von Art. 4 Abs. 1 Buchst. a Ziff. i. WRRL dar (vgl. EuGH, C-461/13, Urteil vom 01.07.2015, Rn. 70).

c) Wasserwirtschaftliche Unterhaltung

Aus der Pflicht zur wasserwirtschaftlichen Unterhaltung ergeben sich keine eigenen, über § 34 WHG hinausgehenden Pflichten zur Wiederherstellung der Sedimentdurchgängigkeit.

3 Begriff definitions und Abgrenzung

3.1 Definition Sedimentdurchgängigkeit

Sedimentdurchgängigkeit bedeutet, dass Sedimente¹ mit der Strömung im Gewässer in longitudinaler, aber auch lateraler Richtung in einem bestimmten Zeitraum transportiert werden können. Der Begriff Sedimentdurchgängigkeit beschreibt zunächst nicht, ob diese Durchgängigkeit ständig, also bei jedem Abflusszustand, oder nur intermittierend, beispielsweise bei Hochwasser, vorhanden ist oder welcher Zeitraum adressiert ist.

Die Sedimentdurchgängigkeit steht im Hinblick auf das Längskontinuum eines Gewässers in enger Beziehung zu den vorhandenen Querbauwerken. Sie unterbrechen oder beeinträchtigen die Durchgängigkeit von Gewässern für Organismen und Sediment. Die Sedimentdurchgängigkeit kann neben Querbauwerken von weiteren natürlichen wie anthropogenen Faktoren, wie z. B. Gefälle- oder Querschnittsveränderungen, beeinflusst werden.

Als Maß für die Sedimentdurchgängigkeit könnte z. B. der Anteil an zurückgehaltenem Sediment im Vergleich zu einer Ereignisfracht oder einer mittleren Jahresfracht angesehen werden. Für das Geschiebe ist der Vergleich zurückgehaltener Sedimentmengen mit mittleren Jahresfrachten in Stauhaltungsketten nicht quantitativ darstellbar, da Messwerte zu Geschiebefrachten in den staugeregelten Bundeswasserstraßen nicht vorliegen.

Sedimentdurchgängigkeit in fließenden Gewässern soll die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer erhalten oder verbessern. Neben dem gewässertypspezifischen Transport sind dabei auch für bestimmte Lebensräume notwendige Substratzusammensetzungen maßgeblich.

- **Fischdurchgängigkeit**

Die im Rahmen der ökologischen Durchgängigkeit adressierte Migration von Organismen ist nicht Gegenstand der Metastudie. Gewässertypspezifische Sohlsubstrate und Strukturen bestimmen sowohl im Stauraum als auch unterstrom der Stauanlage die Habitatausprägungen. Diese Aspekte werden implizit in der Studie erfasst.

- **Laterale Durchgängigkeit**

Die laterale Durchgängigkeit ist nicht direkt Gegenstand der Metastudie. Die laterale Vernetzung zwischen Fluss und Aue bei höheren Abflüssen hat jedoch maßgeblichen Einfluss auf den longitudinalen Sedimentrückhalt (Stichwort: Flussauensedimentation) und gewinnt damit bei der ökologischen Bewertung des Gewässersystems an Bedeutung.

- **Übergangs- und Küstengewässer**

Die vorliegende Metastudie fokussiert auf den Binnenbereich. Die spezifische und komplexe Sedimentdynamik im Ästuar- und Küstenbereich wird daher vorliegend nicht behandelt.

¹ In der gesamten vorliegenden Studie wird der Begriff „Sediment“ nicht nur für abgelagerte Feststoffe, sondern allgemeiner für die im Gewässer vorhandenen (abgelagerten, erodierten und transportierten) mineralischen Feststoffe aller Korngrößenfraktionen verwendet.

Im Bereich der Übergangs- und Küstengewässer führen die hohen Feinanteile in den Sedimenten aus dem Binnenbereich - teilweise aufgrund der hohen Schadstoffbelastung (z. B. in der Elbe) - zu besonderen Schwierigkeiten. Bei Planungen zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit im Binnenbereich sind die Auswirkungen auf Qualität und Quantität der Sedimente im Küstenbereich zu berücksichtigen.

- **Zielsetzungen zur Sedimentdurchgängigkeit nach MSRL und FFH-RL**

Neben den Anforderungen der WRRL gibt es Zielzustände, die z. B. nach der Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17.06.2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, MSRL, guter Umweltzustand) oder der Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21.05.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, FFH-RL, günstiger Erhaltungszustand) gelten und am natürlichen oder naturnahen Zustand orientiert sind. Diese sind nicht Gegenstand dieser Studie. Sie sind jedoch bei Maßnahmen zur Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit zu berücksichtigen.

Weitere Ausführungen zu den Zielsetzungen im Kontext der Wasserrahmenrichtlinie finden sich in Kapitel 6.1 und 6.2.

3.2 Überblick über Aktivitäten im Themenbereich Sedimentdurchgängigkeit

In verschiedenen Bundesländern und Nachbarstaaten, so in Frankreich, Großbritannien und der Schweiz, wird das Thema Sedimentdurchgängigkeit diskutiert und teilweise bearbeitet. Ausgereifte Konzeptionen existieren jedoch bislang nicht. Schwerpunkte der Auseinandersetzungen mit dieser Thematik liegen zumeist im Bereich des Sedimentmanagements, in welchem die Sedimentdurchgängigkeit nur eine Komponente bei der Schaffung ökologischer Verbesserungen darstellt.

In Anlage 4 werden ausgewählte Aktivitäten in diesem Kontext in ausgewählten Nachbarstaaten, in zwischenstaatlichen Flusskommissionen und in verschiedenen Bundesländern zusammengefasst.

4 Feststofftransportverhältnisse

Kernaussagen:

- Querbauwerke beeinflussen den Sedimenttransport in Menge und Korngrößenzusammensetzung.
- Querbauwerke beeinflussen die Korngrößenzusammensetzung der Sohle sowohl im Staubereich als auch unterstrom.
- Die Datenlage zum Sedimenttransport ist grundsätzlich umfangreich, jedoch mit anderer Ausrichtung erhoben, weshalb Auswertungen zur Sedimentdurchgängigkeit nur eingeschränkt möglich sind.
- Auch an den vorhandenen Stauanlagen erfolgt ein gewisser Durchtransport von Sedimenten.
- Die Störung des Sedimenthaushalts durch Staustufen muss in der Regel durch Unterhaltungsmaßnahmen ausgeglichen werden.
- Im Hinblick auf Sedimenttransportverhältnisse und Unterhaltungsaspekte stellen sich die Gewässer individuell unterschiedlich dar.
- Gewässertypspezifisch hat der Anteil dynamischer bzw. lagestabiler Substrate am dominierenden Substrat immensen Einfluss auf die Besiedlung.

4.1 Sedimenttransportmechanismen

4.1.1 Freifließende Flüsse

Im Folgenden werden die wesentlichen Merkmale der Sedimenttransportmechanik für die vorliegende Fragestellung beschrieben. Die Physik des Sedimenttransportes ist wissenschaftlich noch nicht voll umfänglich verstanden und wird modelltechnisch weitgehend durch empirische Gleichungen abgedeckt.

In freifließenden Gewässern wird der Sedimenttransport durch den Strömungsangriff sowie den Strömungswiderstand bestimmt. Der Strömungsangriff auf die Sohle wird durch die lokale Strömungsgeschwindigkeit bzw. Gefälle und Wassertiefe dominiert und wirkt als Schubspannung auf die Sohle. Auf der anderen Seite stellt die Sohle der Strömung einen Widerstand gegenüber. Dieser wird in erster Linie durch die Kornzusammensetzung der Sohle bestimmt. Grobe Körner haben aufgrund ihres Gewichts einen höheren Widerstand als kleine. In den häufig vorkommenden Kornmischungen mit einer weit gestreuten Verteilung der Korngrößen liegen deutliche Wechselwirkungen zwischen den Korngrößen vor.

Die Menge an transportierten Sedimenten in einem Fluss hängt somit einerseits vom Dargebot, andererseits von der Strömungssituation ab. Die Eigenschaft der Strömung, eine Sedimentmenge bestimmter Korngröße transportieren zu können, wird mit dem Begriff Transportkapazität beschrieben. Nehmen der Strömungsangriff auf die Sohle und die Fließgeschwindigkeiten und damit die Transportkapazität zu, kann mehr Sediment transportiert werden. Übersteigt die Transportkapazität die Sedimentmenge, die von oberstrom in einen Betrachtungsabschnitt eingetragen wird, werden Sedimente aus dem Flussbett erodiert, sofern ihr Widerstand gegen den Strömungsangriff überwunden wird. Übersteigt umgekehrt

die transportierte Sedimentmenge die Transportkapazität, z. B. durch Verringerung der Fließgeschwindigkeit, so lagert sich Sediment ab. In wenig beeinflussten Fließgewässern stellt sich eine vom Gewässertyp abhängige Dynamik ein. Die Ausstattung an morphologischen Elementen ist charakteristisch und Voraussetzung für die Besiedlung mit gewässertypischen Lebensgemeinschaften. Gewässertypspezifisch hat der Anteil dynamischer bzw. lagestabiler Substrate am dominierenden Substrat (z. B. Sand oder Kies) immensen Einfluss auf die Besiedlung (UBA, 2014).

Freifließende Strecken der Flüsse sind häufig durch einen veränderten Sediment- und Geschiebeeintrag infolge von Querbauwerken im Oberlauf und in Nebenflüssen beeinflusst. Das Bestreben des Flusses, entsprechend seiner Transportkapazität Sedimente aufzunehmen und zu transportieren, führt dazu, dass ein durch ein Querbauwerk verursachtes Sedimentdefizit nach einer gewissen Fließstrecke ausgeglichen wird. Die Fließstrecke, die für einen solchen Ausgleich benötigt wird, hängt vom Sedimentdargebot (bzw. vom Umfang künstlicher Zugaben) und der Korngrößenverteilung des Sedimentes an der Flusssohle ab. Sie bestimmen die Möglichkeit des Flusses, das Defizit auszugleichen.

Zum Ausgleich des durch Querbauwerke verringerten Sedimenteintrags von oberstrom bzw. aus den Nebenflüssen werden Sedimente aus der Sohle erodiert, wenn der Erosionswiderstand geringer ist als der Strömungsangriff auf die Sohle. In freifließenden Strecken der Bundeswasserstraßen wird der Tiefenerosion in einigen Strecken durch Zugabe von Geschiebeersatzmaterial entgegengewirkt. Geschiebezugaben dienen in diesem Sinne als Ersatz bzw. Kompensation für zurückgehaltene Sedimente; dies nicht nur unmittelbar unterstrom von Querbauwerken (Bsp. Zugabe unterstrom Staustufe Iffezheim), sondern auch an Einmündungen stauregulierter Nebenflüsse (z. B. Zugabe an der Moselmündung).

Die Sohlzusammensetzung verändert sich in defizitären Systemen generell in Richtung einer Vergröberung (Whiting & King, 2003; Salant et al., 2006; Vericat et al., 2006). In vielen Kiesflüssen findet sich an der Sohle eine Deckschicht, deren mittlerer Korndurchmesser gröber ist als der der Unterschicht. Diese Deckschicht wird dem Effekt zugeschrieben, dass die Transportkapazität des Flusses das Dargebot übersteigt. Feinere Anteile werden wegen ihres geringeren Erosionswiderstands selektiv stärker aus der Sohle abgetragen, was zu einer Anreicherung von gröberen Körnern an der Sohloberfläche führt. Eventuell vorhandener Geschiebetransport in Form von Transportkörpern (Dünen) geht in defizitären Systemen aufgrund des geringeren zur Verfügung stehenden, mobilen Sedimentvolumens tendenziell zurück (Kleinhans et al., 2002; Tuijnder et al., 2009).

Im Gegensatz zum bettbildenden Sediment (vor allem Kies und Sand) hängt die transportierte Menge an Feinsedimenten (Ton/Schluff) weniger von der Strömung, sondern vor allem vom Dargebot bzw. vom Umfang der Einträge ins Gewässer ab (Einstein & Chien, 1953; Garcia, 2008). Der Anteil der Feinsedimente in der Gewässersohle sowie ihr Austausch mit der Gewässersohle sind eher gering. Verringerte Feinsedimentfrachten aufgrund von Stauhaltungen werden entsprechend nicht durch einen Austausch mit der Flusssohle (Erosion) ausgeglichen. Der Effekt verringerter Feinsedimentfrachten aufgrund von Querbauwerken setzt sich damit signifikant und großräumig nach unterstrom fort.

Ein wesentlicher Aspekt für morphologische Prozesse sind die Zeitskalen, auf denen Veränderungen stattfinden. So können lokale Effekte wie z. B. ein Sohldurchschlag, sehr schnell und kurzfristig ablaufen. Großräumige Einflüsse, wie die Sohlerosion nach Bau einer Stauan-

lage, können Jahrzehnte, z. T. auch Jahrhunderte andauern. Auch ist damit zu rechnen, dass die Einflüsse an einer Stelle räumlich sehr weitreichend sein können. Hier wirken nicht nur die direkten Einflüsse, z. B. Sohlhöhenänderungen aufgrund von Sedimentdefiziten bzw. Überschüssen, sondern auch die Wechselwirkung zwischen Kornzusammensetzungen und Sohltopografie. Die physikalischen Mechanismen sind nur teilweise verstanden und Gegenstand aktueller Grundlagenforschung. Sie werden in der Regel mit empirischen Ansätzen bearbeitet. Eine zuverlässige Prognose absoluter morphodynamischer Veränderungen ist auf Grundlage der heutigen Modellierungsansätze kaum möglich.

4.1.2 Staugeregelte Flüsse

Die Sedimenttransportbedingungen in einem Gewässer werden durch Stauanlagen beeinflusst. Unter hydraulischen Gesichtspunkten treten in einer Stauhaltung an den Bundeswasserstraßen bei niedrigen und mittleren Abflüssen und teilweise auch bei Hochwasserabflüssen rückgestaute Strömungsverhältnisse auf. Bei Stauhaltungsketten reicht die Stauwurzel häufig bis zur oberstromigen Stauanlage. Durch den Aufstau an den Querbauwerken werden das Wasserspiegelgefälle und damit verbunden die Fließgeschwindigkeit, die Sohl Schubspannung und letztlich die Transportkapazität verringert. In der Folge verringert sich der Sedimenttransport, grobe Fraktionen lagern sich bereits im oberstromigen Bereich eines Staureaums ab (Deltabildung, vgl. Abbildung 2) und es tritt damit eine Verfeinerung der Kornzusammensetzung entlang des Staureaums auf. Grundlage für eine Deltabildung ist der Eintrag von im Verhältnis zum Gefälle grobem Geschiebe von oberstrom. Bei Stauhaltungsketten kann sich dem gegenüber aufgrund des Sedimentdefizits eine Erosion der Sohle im Stauwurzelbereich einstellen.

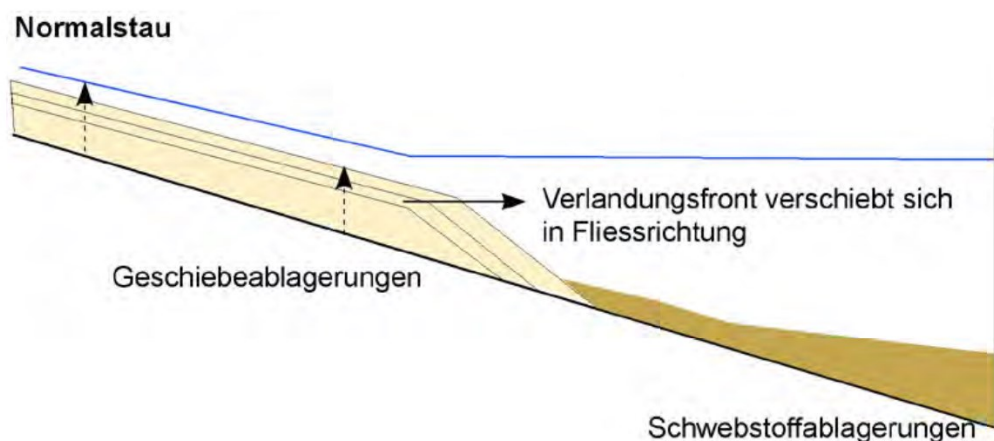


Abbildung 2: Prinzipskizze der zeitlich voranschreitenden Deltabildung in einem Staureaum durch Geschiebe und Schwebstoffe (Abegg et al., 2013)

Die Verringerung des Sedimenttransports hat eine allmählich fortschreitende Verlandung vieler Staureäume zur Folge (DVWK, 1993). Die Stauregulierung begrenzt den Transport von bettbildendem Material. Insbesondere in Bauwerksnähe lagern sich feinkörnige Schwebstoffe ab, welche die wesentlichen Träger von Schadstoffen sein können. Im Nahfeld unterstrom

des Querbauwerks und der damit häufig verbundenen Gerinneaufweitung in der Bauwerks-ebene hingegen stellen sich nach Hochwasserereignissen häufig lokale Anlandungen in Folge eines Spülstoßes ein, die entsprechende Baggermaßnahmen erforderlich machen. In entfernteren Bereichen überwiegt das Geschiebedefizit und es kommt zu einer Erosion und gegebenenfalls zu einer Vergrößerung der Sohloberfläche.

Im Hochwasserfall werden die Verschlüsse gelegt (bei überströmten Wehren) bzw. gezogen (bei unterströmten Wehren), sofern dies zur Gewährleistung einer ausreichenden Hochwasserabfuhr notwendig ist. In der Folge liegen dann im Stauraum merklich höhere Schubspannungen und Transportkapazitäten vor.

Insgesamt ist die Sedimentdurchgängigkeit von Stauanlagen von den folgenden Faktoren abhängig (siehe auch DWA-M 525, 2012):

- Beschaffenheit des eingetragenen Sediments
- Menge des eingetragenen Sediments
- Höhe des Staus und damit auch das Stauraumvolumen
- Ausbaugrad einer Stauanlage und damit die Fließgeschwindigkeiten und die Aufenthaltszeit des Wassers bzw. Sediments
- Gefälle insbesondere bei hohen Abflüssen
- Verschlusstypen und deren Betriebsweise
- Verlandungsgrad

Im Rahmen von Untersuchungen zur Fahrrinnenverlandung in der Stauhaltung Straubing an der Donau (BAW, 2006) wurden Erosions- und Umlagerungspotenziale in der Stauhaltung betrachtet. Sie deuten darauf hin, dass sich aufgrund des Rückhalts von Geschiebe in der oberstrom anschließenden Stauhaltung Geisling (Wehr bei Do-km 2354,285) Erosionspotenziale in der Stauhaltung Straubing ergeben. Im oberen Bereich der Stauhaltung Straubing zeigt sich dadurch ein Geschiebedefizit, welches durch Materialaufnahme aus der Sohle kompensiert wird.

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die mittels eines 1D-HN-Modells berechneten dimensionslosen Schubspannungen für die Stauhaltung Straubing (Wehr Straubing bei Do-km 2329,78) bei MHQ ($1.455 \text{ m}^3/\text{s}$) sowie bei einem hohen Hochwasserabfluss von $2.531 \text{ m}^3/\text{s}$ im Vergleich zur dimensionslosen kritischen Sohlschubspannung nach Meyer-Peter und Müller (1948).

Zum einen unterstützen diese rechnerischen Betrachtungen die Annahme, dass im oberen Bereich der Stauhaltung Straubing feineres Material bei abnehmenden Abflüssen zunehmend selektiv transportiert wird, so dass sich dort tendenziell eine Vergrößerung der Sohle einstellt. Bei hohen Abflüssen werden jedoch auch gröbere Kornfraktionen mobilisiert und innerhalb des Stauraums verlagert, welche zusätzlich erhöhte Unterhaltungsaufwendungen für die Fahrrinne bewirken können. Zum anderen weisen die Ergebnisse darauf hin, dass auch bei höheren Abflüssen kein wesentlicher Transport von Geschiebe mit $d > 5 \text{ mm}$ über das Wehr Straubing auftritt. Bereits im Bereich des MHQ kommt auch der Transport von Geschiebe mit einem Korndurchmesser von deutlich unter $d = 5 \text{ mm}$ über das Wehr zum Erliegen.

Wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben, wird in freifließenden Abschnitten unterstrom von Stauhaltungen oder Stauhaltungsketten großräumig eine Erosion aufgrund des Sedimentrückhalts in

den Stauräumen beobachtet (Kellermann, 2015). Lokal können bei Hochwasserabflüssen insbesondere in Aufweitungsbereichen jedoch auch lokale Anlandungen auftreten. Ein solcher intermittierender Sedimenttransport kann auch im Bereich von Nebenflussmündungen zu Anlandungen in den Bundeswasserstraßen führen.

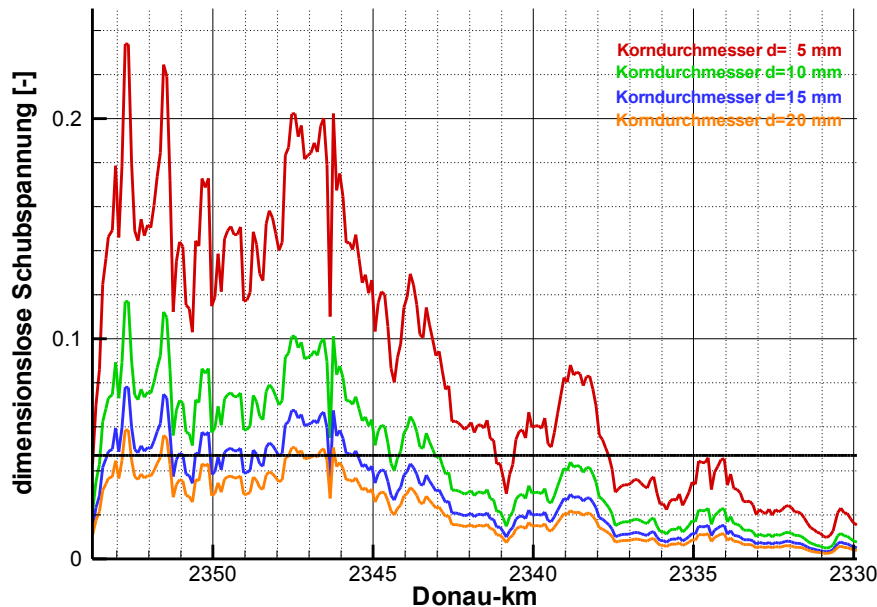


Abbildung 3: Dimensionslose Schubspannungen für unterschiedliche Korngrößen, ermittelt aus 1D-HN-Berechnungen für $Q = 1.455 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bereich MHQ) für die Stauhaltung Straubing gegenüber der kritischen Sohlschubspannung $\theta = 0,047$ nach Meyer-Peter und Müller (1948) in BAW (2006)

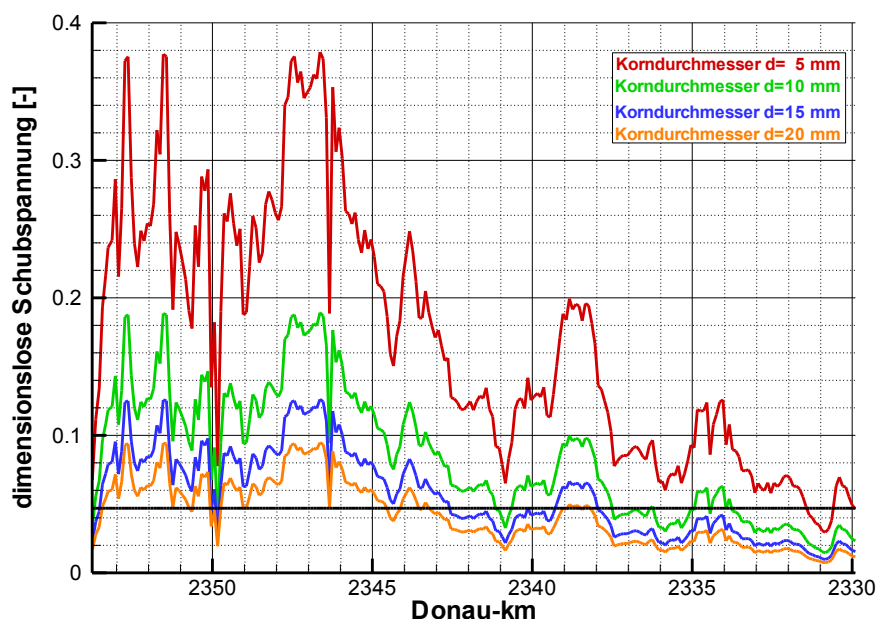


Abbildung 4: Dimensionslose Schubspannungen für unterschiedliche Korngrößen, ermittelt aus 1D-HN-Berechnungen für $Q = 2.531 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Stauhaltung Straubing gegenüber der kritischen Sohlschubspannung $\theta = 0,047$ nach Meyer-Peter und Müller (1948) in BAW (2006)

4.2 Datenlage für die Bundeswasserstraßen

Für die Bundeswasserstraßen liegen in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Detailtiefe Informationen zu Zusammensetzung und Umfang von Sedimentfrachten, zur Zusammensetzung des Sohlsubstrats, zur Sohlentwicklung sowie zu Bagger- und Zugabemengen vor. All diese Größen liefern direkte Angaben zum Sedimenttransport oder zumindest indirekt Hinweise auf gegenwärtige Sedimenttransportverhältnisse.

4.2.1 Sedimenttransportmessungen

Der Sedimenttransport in Bundeswasserstraßen wird durch die WSV mit fachtechnischer Unterstützung durch die BfG gemäß dem Sollkonzept Gewässerkunde (eingeführt per Erlass des BMVBS 1992, AZ: BW 15/02.12.06-09) im Rahmen verschiedener Messnetze erfasst.

Eine direkte Erfassung transportierter Sedimentmengen erfolgt derzeit in den BWaStr im Binnenbereich:

1. für Geschiebe in der freifließenden Strecke von Rhein, Elbe, Saale, Donau, Oder und Warthe an ca. 85 Messstellen an mehreren Punkten verteilt über die geschiebeführende Breite des Gewässerquerschnitts (bis zu 4 bis 6 Messungen pro Jahr).
Für den staugeregelten Bereich werden keine Geschiebetransportmessungen durchgeführt.
2. für Schwebstoff in der freifließenden Strecke von Rhein, Elbe, Saale, Donau, Oder und Warthe an ca. 65 Messstellen als Vielpunktmessungen im Fließquerschnitt (bis zu 2 bis 3 Messungen pro Jahr).
3. für Schwebstoff an 67 Messstellen in freifließenden und staugeregelten Strecken der BWaStr als Einpunktmessungen (werk tägliche Stichprobenmessung).

Schwebstofffrachten liegen quasi flächendeckend für alle BWaStr vor. Informationen zur Zusammensetzung der Schwebstoffe werden hingegen nur eingeschränkt erhoben. Bei der Schwebstoffvielpunktmessung (SVPM) werden suspendierter Sand und Feinanteile (Schluff/Ton) getrennt erfasst. Der Anteil des Sandes an der Gesamtschwebstofffracht schwankt je nach Messstelle und Abfluss. Im freifließenden deutschen Rhein beispielsweise liegt der Sandanteil im langjährigen Mittel etwa im Bereich zwischen 10 und 20 % des Gesamtschwebstoffs.

Für die staugeregelten BWaStr liegen keine systematischen Untersuchungen zur Korngrößenzusammensetzung der Schwebstoffe vor. Eine Untersuchungsreihe an Wasserproben des Rheins aus verschiedenen, auch staugeregelten Flussabschnitten kommt zu Sandgehalten in ähnlicher Größenordnung wie bei der SVPM (Astor et al. 2014). Signifikante Korrelationen zwischen der Korngrößenverteilung und dem Abfluss oder der Schwebstoffkonzentration konnten in dieser Studie nicht beobachtet werden. Aufgrund der eingeschränkten Datenlage können diese Erkenntnisse allerdings nicht verallgemeinert werden.

4.2.2 Messungen der Korngrößenzusammensetzungen der Sohle

Die Korngrößenzusammensetzung natürlicher Gewässersohlen ist in der Regel ein Resultat aus Strömungsangriff und Sedimentdargebot und steht damit in Zusammenhang mit den

Sedimentfrachten. Das Gewässerbett ist allerdings auch durch die Geologie und die Historie beeinflusst. Besonders deutlich wird dies in anthropogen überprägten Systemen. In Stauhaltungsketten findet sich beispielsweise teilweise noch das ursprüngliche Flussbett aus der Zeit vor dem Stauhaltungsbau, bereichsweise überlagert von feinkörnigeren rezenten Ablagerungen.

Die Korngrößenzusammensetzung einer Sohle gibt also Hinweise auf heutige oder frühere Sedimenttransportverhältnisse. Ihre Interpretation setzt Systemkenntnis und Fachverstand voraus. Kolmation weist darauf hin, dass keine oder nur eine seltene Umlagerung der Sohle stattfindet.

Messungen der Korngrößenzusammensetzung der Sohle werden regulär nur im freifließenden Bereich durchgeführt. Im staugeregelten Bereich werden Erhebungen i. d. R. nur im Rahmen von Maßnahmen durchgeführt (Ausbau, Baggerungen etc.). Entsprechend ist die Datenlage streckenabhängig sehr unterschiedlich.

4.2.3 Daten aus Peilungen und Baggerungen

Indirekt lassen sich auch aus Baggermengen Rückschlüsse auf transportierte Sedimentmengen und Korngrößen ziehen. Bei der Dokumentation von Baggermaßnahmen wird in der Beschreibung des Baggermaterials hauptsächlich unterschieden zwischen Kies/Sand und Feinsedimenten. Für Feinsedimente werden Anteile verschiedener Kornfraktionen bestimmt. Bei Baggerungen von Kies und Sand wird in der Regel keine weitere Klassierung vorgenommen. Daneben werden die Lage der Baggerstelle sowie die Baggermenge als Volumen erfasst.

Aus diesen Angaben kann zum einen geschlossen werden, dass das Baggermaterial zumindest bei bestimmten Abflusszuständen im Flussabschnitt oberstrom der Baggerstelle transportiert wurde. Baggermengen in Stauhaltungen geben einen Hinweis auf zurückgehaltene Sedimentmengen und damit auf die Durchgängigkeit der Stauhaltung.

Peildatendifferenzen in Stauhaltungen liefern Informationen zu zurückgehaltenen Sedimentmengen, allerdings keine Information über die Korngrößenzusammensetzung des Materials. Eine reine Peildatenauswertung hat deshalb in Bezug auf die Frage der Sedimentdurchgängigkeit mit Blick auf die Wechselwirkung mit der Ökologie nur eine geringe Aussagefähigkeit.

Insgesamt erlaubt die Datenlage grundsätzlich Mengenabschätzungen zum Sedimentrückhalt aufgrund der Stauhaltungen vor allem für Feinsedimente (Schwebstoffe). Unsicherheiten in den Frachtmessungen liegen vor allem im Hochwasserbereich und darin, dass für eine Bilanzierung einer einzelnen Stauhaltung zu wenig Messstellen vorliegen (Bilanzmessstelle oben und unten). Bilanzierungen werden außerdem dadurch erschwert, dass in Nebenflüssen der BWaStr häufig keine oder nur eingeschränkt Messungen der Schwebstoffkonzentration erfolgen.

Weitere Unsicherheiten liegen bei der indirekten Bestimmung vor allem darin, dass mögliche weitere (Zwischen-)Speicher/Senken, z. B. Vorlandbereiche oder Häfen, nicht berücksichtigt werden. Die indirekte Bestimmung zurückgehaltener Sedimentmengen in Stauhaltungen aus Peilvergleichen oder Baggermengen birgt außerdem Unsicherheiten, die in der zeitlichen Auflösung der Datenerfassung begründet liegen. Aus praktischen Gründen liegen Sohlpeilungen benachbarter Flussabschnitte teils zeitlich nicht nah beieinander, sondern werden mit

einigem zeitlichen Abstand aufgenommen. Wenn in der Zwischenzeit relevante Umlagerungsprozesse stattgefunden haben, verfälscht dies die Bilanzierung. Hinzu kommt die in der Praxis realisierbare Peilgenauigkeit. Abschätzungen auf der Grundlage von Peilvergleichen oder Baggermengen eignen sich deshalb vorwiegend für langfristige Betrachtungen. Auch der Vergleich von Wasserspiegellagen über lange Zeiträume erlaubt Rückschlüsse auf die Sohlagenveränderungen.

Eine systematische Zusammenstellung vorliegender Daten zur Bilanzierung von in Stauhaltungen zurückgehaltenen Sedimentmengen erfolgte bisher für die BWaStr nicht.

4.3 Überblick über abschnittsweise stauregulierte Bundeswasserstraßen

4.3.1 Allgemeines

Die Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen wurde bisher nicht umfassend untersucht. Zum Sedimenttransport und zur Morphodynamik liegen hingegen viele Untersuchungen vor. Vor allem der freifließende Bereich der BWaStr ist Gegenstand vieler Analysen. Nachfolgend wird exemplarisch auf existierende Arbeiten zum Sedimenthaushalt größerer Flussabschnitte im freifließenden Bereich verwiesen. Baggerdaten der vergangenen Jahre sollen darüber hinaus einen groben Einblick in Unterhaltungsaspekte ausgewählter BWaStr geben.

4.3.2 Donau

Die schiffbare deutsche Donau ist im heutigen Zustand geprägt von Stauhaltungsketten zwischen Kelheim und Straubing (Haltungen Bad Abbach, Regensburg, Geisling, Straubing) sowie Vilshofen bis zur deutsch-österreichischen Grenze bei Jochenstein (Haltungen Kachellet, Jochenstein). Die zugehörigen Wehre sind aufgrund der Stauhöhen weitgehend für Sedimente nicht durchgängig. Der freifließende Bereich unterstrom der Staustufe Straubing bis Vilshofen ist seit Stauerrichtung von Erosionserscheinungen geprägt. Da die Sohleintiefungsgeschwindigkeit von ca. 1 bis 2 cm/a nicht durch fehlenden Geschiebeeintrag alleine erklärt werden kann, muss davon ausgegangen werden, dass auch ein erheblicher Anteil des suspendierten Materials die Staustufe derzeit nicht passieren kann. Auch unterstrom der Isarmündung, die etwa in der Mitte der Strecke Straubing Vilshofen liegt, haben nach neuesten Erkenntnissen die Sohleintiefungsraten zugenommen und liegen in der gleichen Größenordnung wie in der Strecke unterhalb der Staustufe Straubing. Grund hierfür ist der reduzierte Geschiebeeintrag aus der Isar infolge des Isarausbaus, der mit der Staustufe Pielweichs ca. 10 km oberstrom der Isarmündung abgeschlossen wurde. Untersuchungen von Bauer (1965) zeigen, dass der mittlere jährliche Geschiebeeintrag im Zeitraum von 1880 bis 1960 bei knapp 100.000 m³/a lag. Untersuchungen der BAW (1998) zeigen einen mittleren jährlichen Geschiebeeintrag von ca. 40.000 m³/a für das Intervall zwischen 1971 und 1986. Untersuchungen von Kellermann (2015) gehen von einem Geschiebeeintrag von ca. 31.000 m³/a für den Zeitraum 1998 bis 2005 aus. Nach derzeitiger Erkenntnis ist dies die Mindestgeschiebemenge, die von der Isar eingetragen werden müsste, um ein dynamisches Sohlgleichgewicht in der Donau zu erhalten. Derzeit werden nach Angaben des Elsner &

Pfleger (2011) nur ca. 20.000 m³ zugegeben, was zu der anhaltenden Erosion in der Donau wesentlich beiträgt.

4.3.3 Elbe

Die Bundeswasserstraße Elbe ist von ihrer Grenze zu Tschechien (El-km 0,0) bis zur Staustufe bei Geesthacht (El-km 585,89) freifließend. Eine lineare Sedimentdurchgängigkeit ist für diesen Flussabschnitt grundsätzlich gegeben. Gleichwohl ist der Sedimenthaushalt des freifließenden Elbeabschnittes elementar von den Gegebenheiten des weiteren Einzugsgebietes und damit auch des Oberlaufes betroffen. In Tschechien ist die Elbe lediglich im Abschnitt von Usti bis zur deutsch/tschechischen Grenze auf ca. 40 km Lauflänge freifließend. Oberhalb von Usti ist die Elbe mit ihren maßgeblichen Nebenflüssen staureguliert, was sich auf den Sedimenthaushalt und somit die Sedimentdurchgängigkeit sowohl auf tschechischem Gebiet aber auch auf den angrenzenden Unterlauf der deutschen Binnenelbe auswirkt.

Defizite im Sedimenthaushalt im deutschen Abschnitt der Binnenelbe, hier insbesondere in der Erosionsstrecke zwischen Mühlberg bei El-km 120 und der Saalemündung bei El-km 290, werden in ihrer Ursache u. a. auch auf einen reduzierten Sedimenteintrag aus dem Oberlauf des Flusses und den Nebenflüssen als Folge der Stauregelung und des Talsperrenbaus zurückgeführt. Im Nachgang der ausgeprägten Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre (z. B. 2002, 2006, 2011, 2013) wurden infolge des verstärkten Sedimenteintrags aus dem Einzugsgebiet umfangreiche Nachsorgearbeiten im Bereich der Nebenflussmündungen notwendig. Weiterführende Informationen finden sich unter anderem in, Vollmer & Schriever (2004), PG Erosionsstrecke Elbe (2009), FGG Elbe (2013), Vollmer et al. (2014) und IKSE (2014).

Die einzige Staustufe im Bereich der deutschen Binnenelbe ist die in den Jahren 1957 bis 1960 errichtete Staustufe Geesthacht (Wehr bei El-km 585,89). Im Bereich des Staureums fallen regelmäßig, in den vergangenen Jahren in zunehmendem Maße Unterhaltungsbaggern Mengen zur Freihaltung der Fahrrinne an (siehe Kapitel 4.4.2).

4.3.4 Oder

Die Oder ist von Od-km 542,4 (Mündung der Lausitzer Neiße) bis Od-km 704,1 (Bundesgrenze) Bundeswasserstraße. Dieser Streckenabschnitt der Oder bildet zusammen mit der Lausitzer Neiße die Grenze zwischen Deutschland und Polen. Die Grenzoder führt die Schifffahrt über die anschließende polnische Westoder bis zur Mündung nahe des Dammischen Sees bei Od-km 741,6 ins Stettiner Haff, welches über drei Mündungsarme die Verbindung zur Ostsee ermöglicht. Der Oberlauf der Oder zwischen Kosel (Od-km 91,5) und Dolny Brzek (Dyhernfurth, Od-km 281,5) ist staureguliert. Die großen Oder-Nebenflüsse Lausitzer Neiße und Warthe sind teilweise schiffbar sowie abschnittsweise staugeregelt.

Der frühere natürliche Lauf zwischen der Mündung der Lausitzer Neiße (Od-km 542,40) und der Mündung der Warthe (Od-km 617,58) war durch Stromspaltungen, Mitteninseln, unregelmäßige Strombreiten und das Fehlen von Mäandern gekennzeichnet. Unterhalb der Warthemündung schloss sich eine 16 km lange Strecke mit großen Mäanderschleifen an. Das folgende Tal bis zur Odermündung in das Haff war durch einige überwiegend vermoorte

Restseen geprägt, entsprechend dem noch erhaltenen Dammschen See. Unterhalb von Oderberg bzw. Hohensaaten verzweigte sich die Oder sehr stark. Etwa seit der Mitte des 18. Jahrhunderts wurden die Wasserläufe des Odertals in mehreren Etappen umgestaltet und zum heutigen Oderstrom ausgebaut. Als Ergebnis zahlreicher Eingriffe fließt die Oder heute zwischen Od-km 617,5 und Od-km 704,1 in einem Flussbett, das zu mehr als 70 % aus Durchstichen besteht und sich durch eine gestreckte Trassierung auszeichnet. Generell ist die Sohle dieses sehr mobilen Sandflusses von mächtigen wandernden Sandbänken und Transportkörpern geprägt. Während früher immer wieder umfangreiche Baggerungen größeren Umfanges die Strecke von den eingetragenen Sedimenten freihielten, bewegen sich die Bänke heute ungehindert auf der Sohle langsam zu Tal (mit einer Migrationsgeschwindigkeit von wenigen 100 m pro Jahr). Die Sohle ist ständig im Umbruch, die Sohlformen sind dabei wesentlich von der Art und Menge des transportierten Materials geprägt. Ein Geschiebedefizit wie an anderen im Oberlauf staugeregelten Strömen tritt an der Oder nicht auf (BfG, 2015).

4.3.5 Rhein

Die Bundeswasserstraße Rhein beginnt bei Rhein-km 170,00 und endet bei Rhein-km 865,515 (Grenze zu den Niederlanden). Eine Stauregelung der Bundeswasserstraße findet lediglich zwischen Rh-km 170,00 und 334,00 durch zehn Staustufen statt, von denen nur die letzte, die Staustufe Iffezheim, in der Verantwortung der WSV liegt. Die übrigen Stauanlagen werden durch die französische Schifffahrtsverwaltung (VNF) beziehungsweise den Energiekonzern Electricité de France (EdF) als Konzessionär der französischen Rheinkraftwerke betrieben und unterhalten. Der staugeregelte Oberrhein ist auf seiner gesamten Länge deutsch-französische Grenzstrecke und steht somit nur teilweise in der Unterhaltungsverpflichtung der WSV.

Der Bodensee fungiert im Sinne des Feststoffhaushalts als Sedimentfalle. Vom Alpenrhein transportierte Feststoffe sedimentieren in ihm vollständig. Sein Ausfluss kann daher praktisch als sediment- und schwebstofffrei betrachtet werden. Relevante Feststoffeinträge für die Bundeswasserstraße Rhein, welche erst ca. 145 km stromab des Auslaufs des Bodensees beginnt, können sich folglich erst unterhalb des Bodensees ereignen. Der sich an den Bodensee anschließende Hochrhein ist durch elf Staustufen geregelt. In der Regel wurden dem System dort bisher vor allem Sedimente aus Hochwasserschutzgründen durch Baggerungen entzogen. Durch Stauregelung und Geschiebeentnahmen kann auf einen verminderten Geschiebeeintrag in den Oberrhein geschlossen werden. Seit 2013 existiert für diesen Bereich der Masterplan „Maßnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein“ (Abegg et al. 2013) der zusätzliche Maßnahmenvorschläge (Geschiebezugaben, Stauabsenkung bei Hochwasser, Zulassen von Ufererosionen, Geschiebewirtschaftung in den Zuflüssen) enthält.

Im staugeregelten Oberrhein ist davon auszugehen, dass aufgrund der reduzierten Fließgeschwindigkeiten kaum Sedimente der Kiesfraktionen transportiert werden. Die Kiesfrachten des freifließenden Rheins stammen im Wesentlichen aus Geschiebezugaben. Sand wird, abhängig vom Abflussgeschehen, vermutlich in gewissem Umfang durch die Stauhaltungskette transportiert. Verschiedene Untersuchungen deuten darauf hin, dass neben den Stauhaltungen auch der Bereich des Restrheins zwischen Weil und Breisach eine Senke für die

Sandfraktionen im staugeregelten Oberrhein darstellt (Arnaud, 2012; BfG & RWTH Aachen, 2016). Sand wird außerdem entlang des gesamten Rheins über Nebenflüsse eingetragen, wird aber im freifließenden Rhein zu einem großen Anteil auch aus der Sohle erodiert. Im freifließenden Bereich werden relevante Sandanteile in Bühnenfeldern und auf Vorländern abgelagert.

Feinsedimente werden vor allem durch Bodenerosion im Einzugsgebiet und über Nebenflüsse in den staugeregelten wie den freifließenden Bereich des deutschen Rheins eingetragen. Ein Teil der Feinsedimente sedimentiert in den Stauhaltungen. Daneben stellen vor allem im freifließenden Bereich die Vorländer eine bedeutende Senke für Feinsedimente dar (BfG & RWTH Aachen, 2016).

4.4 Unterhaltungsaspekte ausgewählter Wasserstraßen

4.4.1 Donau

Eine Auswertung der Baggermengen der Jahre 2009 bis 2013 für die Staubereiche der Bundeswasserstraße Donau zwischen der Mündung des Main-Donau-Kanals MDK und der Staustufe Straubing sowie zwischen der Stauwurzel der Staustufe Kachlet bei Vilshofen und der Grenze zu Österreich im Unterwasser der Staustufe Jochenstein zeigt über die fünf Jahre eine Sedimententnahme von über 335.000 m³. Hiervon wurden etwa 245.000 m³ wieder zugegeben und damit innerhalb der Donau umgelagert. Auffallend hohe Unterhaltungsaufwendungen sind im Jahre 2013, wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Hochwasser dieses Jahres, zu verzeichnen. Etwa 20 % der Baggerungen erfolgen im Umfeld von jeweils einem Kilometer ober- und unterstrom der Schleusen und Wehre, vielfach im Bereich von Aufweitungen wie z. B. den Schleusenvorhöfen.

Zusammenarbeit mit Nachbarstaaten

Über die IKSD wird derzeit eine Erarbeitung eines flussgebietsübergreifenden Sedimentmanagementkonzepts initiiert.

4.4.2 Elbe

Geschiebeumlagerung an der Binnenelbe

Die Umlagerung von Geschiebe als Teil der Geschiebebewirtschaftung an Bundeswasserstraßen, wie der Binnenelbe, findet in der Regel zum Zweck der Beseitigung von Fehltiefen und somit von Hindernissen für die Schifffahrt im Bereich der Fahrrinne oder den bundeseigenen Hafenbereichen sowie deren Zufahrten statt (Abbildung 5).

Die Notwendigkeit von Umlagerungen an der Binnenelbe hat häufig ihre Ursache in Hochwasserereignissen. Aufgrund der für weite Abschnitte der Elbe typischen zum Teil hochbeweglichen Gewässersohle kommt es im Zusammenhang mit hohen Abflüssen zu erheblichen Sohlbelastungen und in der Folge zu Umgestaltungen des Gewässerbettes, die häufig zu Beeinträchtigungen in der Fahrrinne führen. In Abhängigkeit des jeweiligen Hochwasserereignisses können umzulagernde Sedimentmassen in beträchtlichem Umfang anfallen.



Abbildung 5: Baggermaßnahme im Rahmen einer Geschiebeumlagerung an der Elbe im Bereich des WSA Lauenburg

Ein anderes Beispiel für die Notwendigkeit zur Geschiebeumlagerung ergibt sich in Bereichen an der Binnenelbe, in denen das Regelungssystem als Folge eines defizitären Unterhaltungszustandes oder eines nicht zum Abschluss gebrachten Ausbaus in seiner Funktion beeinträchtigt ist. Hier kommt es regelmäßig zu Ablagerungen im Bereich der Fahrrinne, denen entweder durch eine beständige Verlagerung der Fahrrinne oder durch Geschiebeumlagerung begegnet werden muss. Gebaggertes Material wird in Bereichen außerhalb der Fahrrinne oder in Abschnitten mit ausreichender Tiefe wieder in das System eingebracht.



Abbildung 6: Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Binnenelbe mit einer Klappschute

Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke

Neben der Geschiebeumlagerung wird in Abschnitten mit einer überproportional negativen Geschiebebilanz, zum Teil in Folge eines zu geringen Sedimenteintrages aus dem Einzugsgebiet, Geschiebeersatzmaterial zugegeben. An der Binnenelbe findet dies im Bereich der sog. Erosionsstrecke zwischen Mühlberg und der Saalemündung statt (Abbildung 6). Geschiebezugabe ist dabei das Einbringen von Material (Sand, Kies, Steine) in das Gewässer, dessen Herkunft außerhalb des Flussbettes liegt. Die Geschiebezugabe dient der großräumigen Erosionsreduktion. Sie hat zum Ziel ein vorhandenes Geschiebedefizit auszugleichen. Die mittlere jährliche Geschiebezugabe in der gesamten Erosionsstrecke betrug in den Jahren 2010 - 2012 netto 54.000 t/a (WSV, 2014). Die Geschiebezugabe erfolgt dabei mittels Klappschuten (Abbildung 6) und wird gegen den Strom schwimmend über verschiedene Teilstrecken entlang der Erosionsstrecke eingebracht (Abbildung 7). Um das Geschiebedefizit an der Mittel- und Unterelbe effektiver zu reduzieren, ist es geplant, zukünftig höhere Zugabemengen zu realisieren.

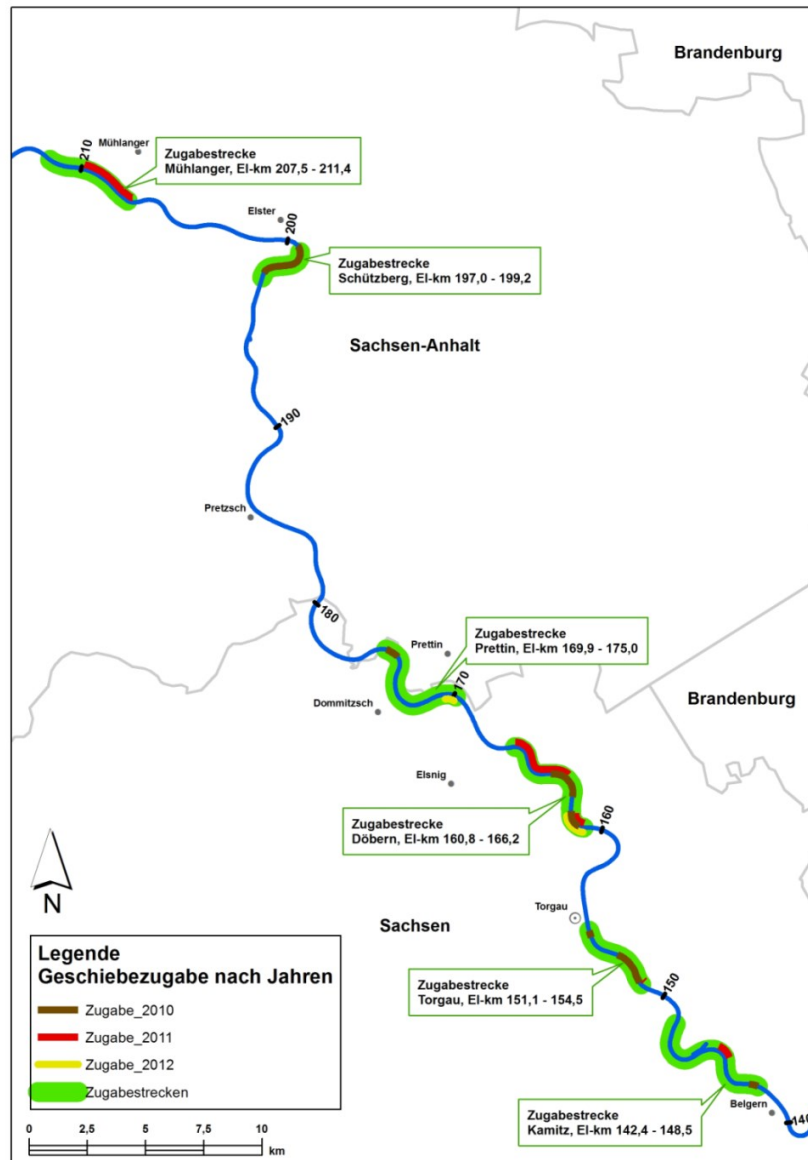


Abbildung 7: Geschiebezugabestrecken an der Binnenelbe

Stauraum Geesthacht

Die seitens des WSA Lauenburg durchgeführten Unterhaltungsbaggerungen zwischen der Mündung des Elbe-Seitenkanals (ESK: EI-km 572,9) in die Elbe und dem Wehr Geesthacht zeigen über die vergangenen 20 Jahre zwischen 1995 und 2014 in ihrer Tendenz ansteigende Baggermengen. Baggerungen direkt im Mündungstrichter des ESK durch das WSA Uelzen sowie im Vergleich eher kleine Entnahmen durch die ansässigen Hafenbetreiber werden in der im Rahmen der Metastudie durchgeführten Auswertung nicht berücksichtigt. Die Aufweitung der Elbe an der Mündung des ESK ist auch in der Elbe eine auffallende Anlandungsstelle. Die Anlandungsneigung im gesamten Stauraum wird durch einen Anstieg der Sohlagen im Bereich der beweglichen Sohle sowie durch Prozesse in den Seitenbereichen (z. B. in überstauten Bühnenfeldern) bestätigt.

Die Jahresgeschiebefracht an der Messstelle Neu Darchau (EI-km 536,4) beträgt nach Vollmer et al. (2014) für die Jahre 1996 bis 2008 etwa 190.000 t/a bei einem mittleren Korndurchmesser von etwa $d_m = 1 \text{ mm}$. Die suspendierte Sandfracht beträgt etwa 230.000 t/a.

Aktuelle Untersuchungen der BAW im Bereich der Unteren Mittelelbe erfordern die Beschreibung der dort herrschenden Sedimenttransportphänomene. Eine in diesem Zusammenhang aufgestellte, jedoch in weiteren Untersuchungen noch zu bestätigende Arbeitshypothese geht derzeit davon aus, dass in der Zeit des geöffneten Wehres im langjährigen Mittel 100 % der Feinschwebstoffe und etwa 60 % der in Neu Darchau gemessenen Gesamtsand- (Suspension und Geschiebe) und -kiesjahresfracht über die Wehrschwelle transportiert werden. Eine klare Unterscheidung zwischen Geschiebe- und Suspensionstransport ist im Staubereich nicht möglich, da die Strömungsverhältnisse örtlich und zeitlich zu stark wechseln. Das Wehr ist ab einem Abfluss von etwa 1200 m³/s voll geöffnet, was in den vergangenen Jahren im Mittel an 59 Tagen im Jahr der Fall war. Demnach würden im langjährigen Mittel etwa 90 % des in Neu Darchau gemessenen Geschiebes zwischen der Reststrecke und dem Wehr Geesthacht liegen bleiben. Das Material wird zum Erhalt der Fahrrinne gebaggert und somit je nach Verbringung dem unmittelbaren Sedimenttransport teilweise bzw. zeitweilig entzogen. Eine Materialentnahme aus dem System erfolgt seit Anfang der 1990er Jahre nicht mehr. Das Baggergut wird derzeit im oberen Wehrarm bzw. zum Teil im Wehrunterwasser umgelagert. Bei einer Verbringung in den Wehrarm oder in das Wehrunterwasser ist es der über die Wehrschwelle transportierten Menge zuzuschlagen. Die langjährig gemittelten Werte sind nicht auf Einzelereignisse zu übertragen.

Zusammenarbeit mit Bundesländern und Nachbarstaaten

Die im Einzugsgebiet der Elbe liegenden Bundesländer - Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen - sowie der Bund haben sich darauf verständigt, die Umsetzung der WRRL für den deutschen Teil der internationalen Flussgebietseinheit (FGG) Elbe gemeinsam durchzuführen. Damit soll eine methodisch und inhaltlich abgestimmte Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplanung für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe gewährleistet werden.

Das Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe wurde als länderübergreifend abgestimmtes Fachkonzept zur Erreichung überregionaler Handlungsziele im deutschen Einzugsgebiet der Elbe im Februar 2014 fertiggestellt. Es dient als Grundlage und Entscheidungshilfe zur Festlegung von Maßnahmen der Länder für den Wasserrahmenrichtlinienprozess. Inhaltlich

beschäftigt es sich sowohl mit qualitativen, als auch mit quantitativen, hydromorphologischen und, stellvertretend für die Gewässernutzung, auch schifffahrtlichen Aspekten des Sedimentthemas für das Einzugsgebiet der Elbe und spricht abschließend Handlungsempfehlungen für die jeweiligen Themenbereiche aus. Das Sedimentmanagementkonzept ist darüber hinaus Bestandteil des Sedimentmanagementkonzepts der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE).

4.4.3 Rhein

Unterhaltung in den Stauhaltungen

Der staugeregelte Teil der Bundeswasserstraße Rhein ist auf gesamter Länge deutsch-französische Grenzstrecke und somit nicht in der ausschließlichen Unterhaltungsverpflichtung der WSV. Neben dem WSA Freiburg sind von französischer Seite auch die französische Schifffahrtsverwaltung (Voies Navigables de France, VNF) beziehungsweise der Energiekonzern Electricité de France (EdF) als Konzessionär der französischen Rheinkraftwerke für die Unterhaltung zuständig. Lediglich die letzte der zehn Staustufen des Oberrheins (Staustufe Iffezheim) befindet sich in der Verantwortung der WSV.

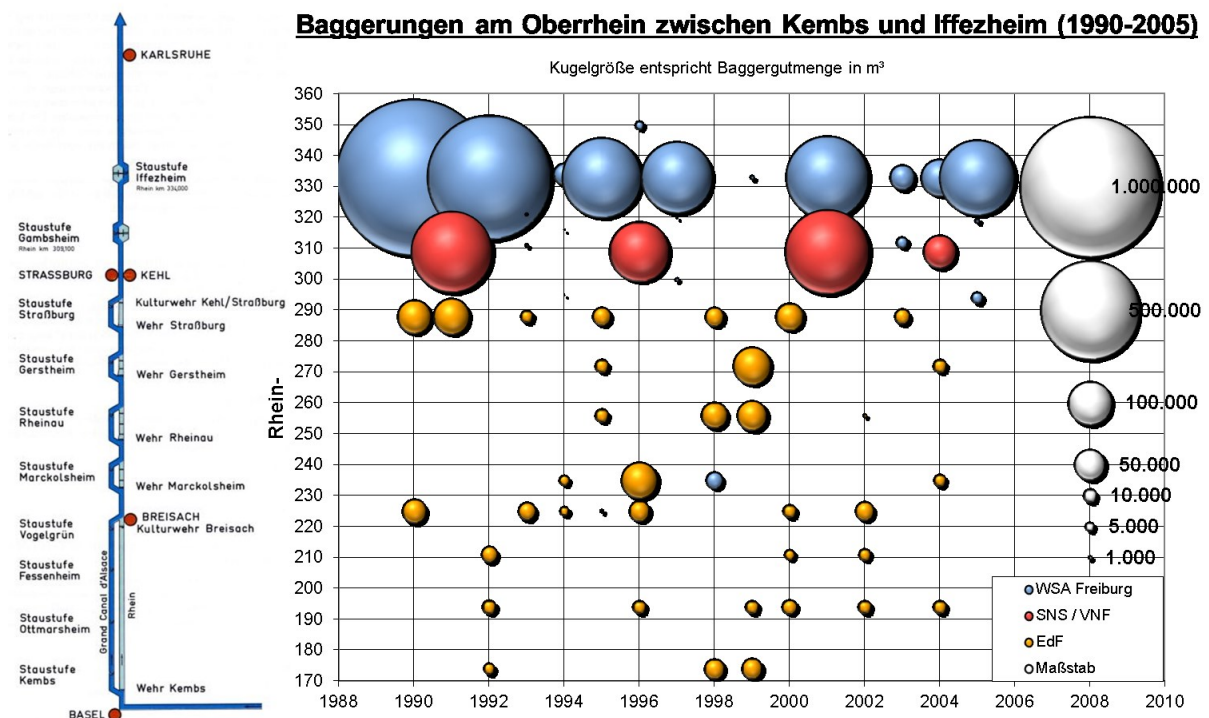


Abbildung 8: Baggerungen am staugeregelten Oberrhein zwischen 1990 und 2005 (Quelle: UAG SuBedO, Synthesebericht 2008)

Als Baggerschwerpunkte lassen sich die Nahbereiche im Oberwasser der Wehre sowie die Unterwasserbereiche der Schleusen (ausgenommen Iffezheim) identifizieren. Es fällt hauptsächlich Feinmaterial an. Die jährlichen Baggermengen summieren sich für die drei Unterhaltungsverantwortlichen im Betrachtungszeitraum auf Werte zwischen 27.910 m³ (1993) und 1.341.550 m³ (1990). Fast zwei Drittel des gesamten Baggeraufkommens im Zeitraum 1990 bis 2005 entfallen allein auf die letzte Stauhaltung Iffezheim (Abbildung 8).

Regelmäßig (alle 2 bis 5 Jahre) erfolgen Feinsedimententnahmen aus dem oberen Wehrkanal der Staustufe Iffezheim in der Größenordnung von über 200.000 m³ pro Baggerkampagne. Diese Feinsedimente können aufgrund ihrer HCB-Belastung seit 2011 nicht mehr umgelagert werden, sondern werden einer Verwertung in den Niederlanden zugeführt. Ein Ziel dieser regelmäßigen Entnahmen ist die Schaffung der Hochwassersicherheit in der Stauhaltung durch die Gewährleistung ausreichender Freibordmaße.

Neben den genannten Baggerschwerpunkten erfordern Fehltiefen beispielsweise im Bereich von Nebenflusmündungen Unterhaltungsmaßnahmen in vergleichsweise geringerem Umfang. Das größtenteils sandige bis kiesige Material wird in Eigenregie gebaggert und zur Verfüllung von Kolken bzw. für den Einsatz im Wegebau (z. B. Bermenweg) verwendet.

Unterhaltung im freifließenden Rhein

Unterstrom der Stauhaltung Iffezheim wird in großem Umfang Geschiebeersatzmaterial zugegeben. Auch im Bereich der Moselmündung und entlang des Niederrheins werden regelmäßig Zugaben durchgeführt. Zugaben und Baggermaßnahmen (in der Regel als Umlagerungen im System) finden jedoch quasi entlang der gesamten freifließenden deutschen Rheinstrecke statt. Entlang des freifließenden Ober-, Mittel- und Niederrheins werden im langjährigen Mittel durchschnittlich netto ca. 0,8 Mio. Tonnen Sedimente pro Jahr von außen ins System eingebracht (Geschiebe und Sohlstabilisierungsmaßnahmen).

Geschiebezugabepaxis Iffezheim

Die Bundesrepublik Deutschland verzichtete auf den bereits mit der Republik Frankreich vereinbarten Bau einer weiteren Staustufe unterhalb von Iffezheim und verpflichtete sich im Gegenzug dazu, mit einer ständigen, punktuellen Geschiebezugabe den Tiefenerosionserscheinungen im Bereich unterhalb der Staustufe Iffezheim zu begegnen. Als Maß gilt hierfür der Wasserstand am Pegel Iffezheim, welcher bei einem Abfluss von 570 m³/s über einen Zeitraum von sechs Monaten nicht mehr als 0,30 m gegenüber dem entsprechenden Wasserstand im Januar 1978 sinken darf.

Seit 1978 wird daher dem Fluss ganzjährig Geschiebeersatzmaterial (aktuelle Körnung 0/63 mm) durch die WSV im Regiebetrieb zugeführt. Der Haupteinbaubereich für die Geschiebezugabe beginnt etwa zwei Rhein-km unterhalb der Staustufe Iffezheim und befindet sich zwischen Rhein-km 336,210 und 337,940. In diesem Bereich wird die Sohle ständig (in der Regel an fünf Tagen pro Woche) bis auf einen Sicherheitsabstand von 50 cm unterhalb des für die Schifffahrt freizuhaltenen Fahrrinnenprofils (2,10 m unter GIW) „aufgefüllt“. Im Bereich von Rhein-km 338 und 351 werden je nach Erfordernis zusätzlich kleinere Mengen Sohlstabilisierungsmaterial (Körnung 50/150 mm) eingebaut. Die zuzugebende Menge richtet sich nach dem tagesaktuellen Abfluss des Rheins. Je größer die Abflussmenge ist, desto größer sind die Erosionskräfte an der Gewässersohle und desto mehr Geschiebeersatzmaterial muss zur Kompensation der Erosionswirkung durch die Geschiebezugabe in den Fluss eingebracht werden. Zwischen 1978 und 2014 wurden dem Rhein unterhalb der Staustufe Iffezheim jährlich im Mittel ca. 185.000 m³ Geschiebeersatzmaterial² zugegeben, insgesamt

² Das Mittel setzt sich zusammen aus zugegebenem Material für Geschiebezugabe und Sohlenstabilisierung.

etwa 6,8 Mio. m³. Die Einbaumenge innerhalb eines Monats kann in Abhängigkeit von den Abflussverhältnissen von durchschnittlich 15.500 m³ auf bis zu 40.000 m³ (Erfahrungswert nach Auftreten eines etwa hundertjährigen Hochwassers im Mai 1999) gesteigert werden.

Zusammenarbeit mit Nachbarstaaten

Die Tätigkeit der WSV im Bereich des staugeregelten Oberrheins ist geprägt durch die Randbedingungen mehrerer staatsvertraglicher Übereinkünfte zwischen Deutschland und Frankreich. In begleitenden Gremien verständigen sich die Betreiber/Unterhaltungsverpflichteten und andere Träger öffentlicher Belange regelmäßig auch über Eingriffe in den Sedimenthaushalt am Oberrhein. In gemeinsamen deutsch-französischen Arbeitsgruppen werden u. a. das Sedimentationsverhalten am Oberrhein untersucht und Vorschläge zur Verbesserung künftig notwendiger Baggerungen erarbeitet. Maßnahmen zur Beeinflussung der Sedimentdurchgängigkeit am Oberrhein können nur effektiv sein, wenn diese mit allen betroffenen Akteuren koordiniert sind.

Darüber hinaus dient die internationale Zusammenarbeit zum Schutz des Rheins im Rahmen der IKS (mit Vertretern der Regierungen der Rheinanliegerstaaten Frankreich, Deutschland, Niederlande und Schweiz sowie Luxemburg) vor allem der Erhaltung, Verbesserung und nachhaltigen Entwicklung des Ökosystems Rhein.

4.4.4 Neckar



Abbildung 9: Nassbaggerarbeiten entlang des Neckars und anzutreffendes Baggergut

Der Neckar ist im Bereich zwischen den Staustufen Ladenburg (Wehr an Ne-km 13,973) und Deizisau (Ne-km 199,507) durch insgesamt 27 Staustufen staugeregt. Die WSÄ Stuttgart und Heidelberg baggern regelmäßig in diesen Stauhaltungen (Abbildung 9). Schwerpunkte befinden sich in Aufweitungsbereichen z. B. in Häfen und im Ober- und Unterwasser der Schleusen überwiegend im Nachgang von Hochwasserereignissen (WSA Stuttgart, 2013; WSA Heidelberg, 2013). Die Verlandungstendenzen in Stauhaltungen können dabei sehr unterschiedlich sein und von Hochwasser zu Hochwasser stark variieren.

Bereits kleinere Hochwasserereignisse führen zu einem relevanten Sedimenteintrag aus dem oberen Neckar und der Fils. Seitens des WSA Stuttgart werden für die Klassifizierung der Ablagerungen drei Bereiche definiert (WSA Stuttgart, 2013):

1. Stauhaltung Deizisau bis UW Cannstatt (km 203,0 – 182,3):
Schluff mit Sand und Tonanteilen
2. Stauhaltung Hofen bis OW Besigheim (km 179,0 – 136,6):
Sand mit Schluff und wenig Kiesanteil
3. Geschiebefang Besigheim (an der Enzmündung) bis Horkheim (136,6 – 116,4):
Kies mit Sand und Schluffanteilen.

Wiederkehrende Baggerstellen in der Fahrrinne zeigen sich in Aufweitungsbereichen des Neckars und damit zumeist im Oberwasser und Unterwasser der Schleusanlagen. Im Amtsbereich des WSA Heidelberg liegen 8 der 16 wiederkehrenden Baggerstellen im Unterwasser der Staustufen, 4 im Oberwasser (Gehres et al., 2014). Bedarfsweise erfolgen Baggerungen außerhalb der Fahrrinne, wenn zu befürchten ist, dass große Ablagerungen zum Beispiel in Wehrbereichen im Zusammenhang mit zukünftigen Hochwasserereignissen mobilisiert und in das Unterwasser verlagert werden können.

Über den Umgang mit dem Baggergut wird in Abhängigkeit der Analyseergebnisse von Sedimentproben durch die BfG entschieden. Umlagerungen des Materials im Nahbereich in Neckar und Rhein erfolgen mittlerweile aufgrund hoher Schadstoffbelastungen nicht mehr.

4.4.5 Main

Der Main ist von der Mündung in den Rhein (Staustufe Kostheim bei Ma-km 3,17) bis Bamberg (Staustufe Viereth bei Ma-km 380,86) staugeregt. Bei anlaufendem Hochwasser erfolgt der Abfluss in der Regel zunächst durch Senken der Aufsatzklappen bzw. des gesamten Verschlusses (Überfall). Bei zunehmendem Abfluss werden die Verschlüsse nach und nach angehoben und damit unterströmt und, je nach Abfluss, ganz herausgefahren. Bei zurückgehenden Hochwasserabflüssen und im Nachgang der Hochwässer werden die Wehre über einen gewissen Zeitraum zur Spülung teilweise geöffnet belassen.

Die Gesamtbaggermengen in den 34 Stauhaltungen des Mains zwischen 2009 und 2013 betragen ungefähr 300.000 m³, hauptsächlich Sand und Kies, und werden zu einem großen Teil dem System entnommen. Etwa 40 % der mittleren Baggermengen (Jahre 2009 bis 2013) wurden im Nahbereich der Wehre und Schleusen bis zu einer Entfernung von 1 km ober- (ca. 5 %), jedoch hauptsächlich unterstrom (ca. 35 %) der Wehre gefördert.

Der weitere Umgang mit dem Material ist abhängig vom Ergebnis der Untersuchung hinsichtlich schädlicher Belastungen bzw. Wirkungen. Zumindest für den Bereich des WSA Aschaffenburg wird das im Regiebetrieb gebaggerte Material umgeschlagen und bei ortsnahen

Sand- und Kiesunternehmen deponiert. Das über Fremdfirmen geförderte Material (im Regelfall bei Baggermengen über 1.000 m³) geht an der Baggerstelle in das Eigentum des Baggerunternehmens über und wird von diesem entsorgt. Die gebaggerten Sedimente werden damit dem Main dauerhaft entzogen.

4.4.6 Mosel

Die Baggerungen im Umfeld der Stauräume erfolgten bislang in der Regel im Rahmen von Umlagerungen innerhalb der Wasserstraße in Eigenregie der WSÄ Trier und Koblenz.

Etwa 50 % der Baggermengen fallen im Bereich 1 km ober- und 1 km unterstrom der Wehre an. Im Bereich 2 km ober- und unterstrom beträgt der Anteil bereits etwa 70 %. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Baggerstellen im Umfeld der 12 Staustufen. Es bestätigt sich die bereits für den Main gewonnene Erkenntnis, dass Unterhaltungserfordernisse tendenziell verstärkt im Unterwasser der Staustufen, hier insbesondere an den Aufweitungen der Schleusenvorhöfen bzw. am Ende von Trennmolen oder Inseln, sowie in den Stauhaltungen im Innenbereich von Kurven oder an Nebenflussmündungen auftreten. Unterhalb der Wehre lagern sich an der Mosel große Kiesmengen, nach Aussage des WSA Koblenz ca. 40.000 m³ pro Wehr in ca. 4 bis 6 Jahren, ab. Hochwasser führen häufig zur Mobilisierung von Material und zu dessen Eintrag in die unteren Schleusenvorhöfen.

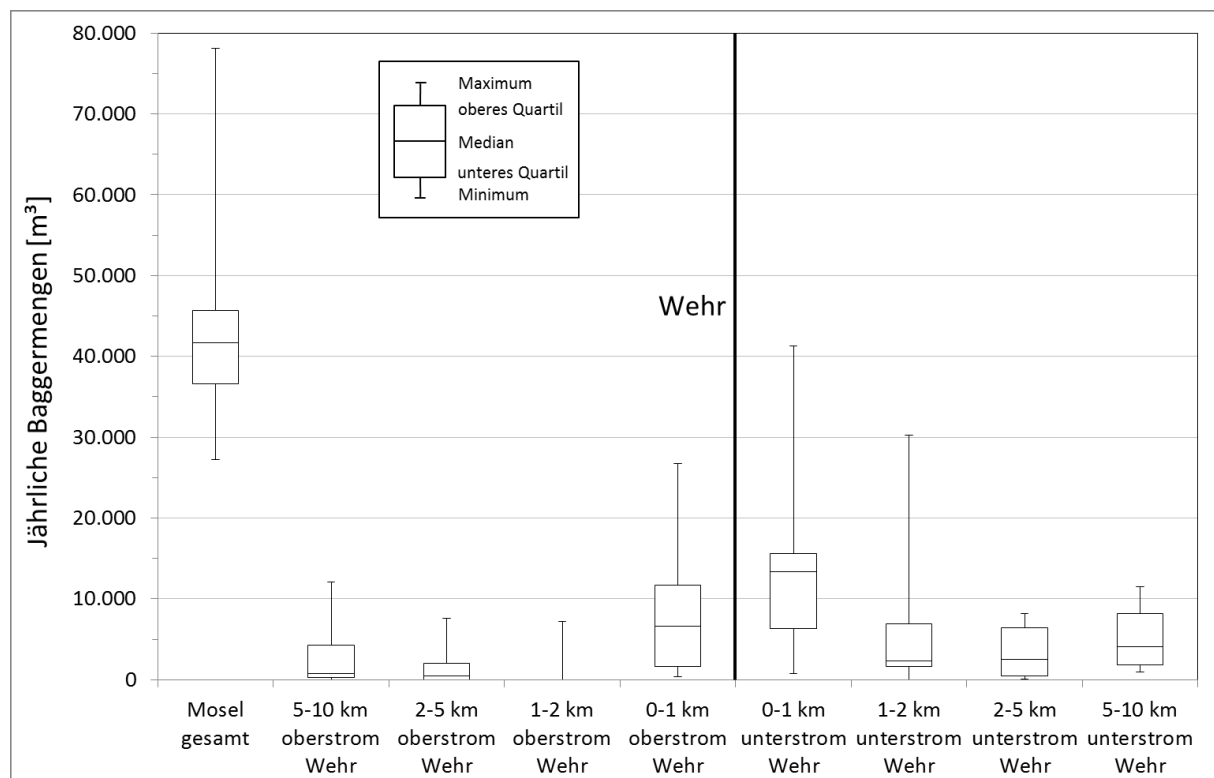


Abbildung 10: Verteilung der Baggermengen der Jahre 2005 bis 2014 in Abhängigkeit von der Entfernung zu den 12 Staustufen der Mosel (die mittlere Länge der Stauhaltungen beträgt ca. 20 km; für den Bereich 1 - 2 km oberstrom des Wehrs liegen im Zeitraum nur wenige Baggermengen vor)

Als Baggergut fällt, je nach Baggerstelle, sowohl schlammig bis sandiges als auch sandiges bis kiesiges Material an. Das WSA Koblenz ist dazu übergegangen, die vorgenannten umfangreichen Ablagerungen innerhalb der Wehrräume, welche bislang ganz oder anteilig im Rhein verbracht wurden bzw. werden sollten (siehe Gehres et al., 2014), im Zuge von Unterhaltungsbaggerungen durch Firmen innerhalb der jeweiligen Stauhaltungen in 15 geeignete Bereiche umzulagern. Teilweise erfolgen jedoch auch Umlagerungen in Übertiefenbereiche jeweils oberstrom gelegener Stauhaltungen. Im Amtsbereich des WSA Trier werden hierfür unter anderem ehemalige Bühnenfelder aus Zeiten vor dem Moselausbau genutzt (WSA Trier, 2015; WSA Koblenz, 2015).

Ggf. belastetes Material aus dem Innenbereich der Häfen wird durch Unternehmen gefördert und deponiert oder thermisch behandelt.

4.4.7 Ober- und Mittelweser

Entlang der Stauhaltungen der Ober- und Mittelweser (WSÄ Hann. Münden und Verden) erfolgen die Baggerungen mit dem Ziel der Verkehrssicherung regelmäßig und hauptsächlich in Eigenregie. Eine Unterstützung durch Unternehmer erfolgt im Falle von Lastspitzen. Mindertiefen für die Schifffahrt in den Stauräumen entstehen vorrangig in den Kurveninnenbereichen sowie an den Einmündungen der Schleusenunterkanäle in die Weser.

Die ausgewerteten Daten der Jahre 2002 bis 2012 weisen eine sehr enge Bandbreite der in der Weser gebaggerten Volumina von im Mittel etwa 90.000 m³/a im Amtsbereich des WSA Verden (6 Staustufen) auf. Das WSA Hann. Münden weist im gleichen Zeitraum mittlere Baggermengen von etwa 13.000 m³/a für die Weser aus. Hier liegt mit den beiden Wehren Oberes und Unteres Wehr Hameln nur eine vollständige Weserstauhaltung im Amtsbereich, in deren Umfeld von 10 km ober- und unterstrom der Wehre etwa ein Drittel der Baggermengen anfallen. Auf die freifließenden Bereiche zwischen dem Zusammenfluss von Fulda und Werra und der Stauwurzel der Haltung Hameln sowie zwischen Hameln und dem Wehr Petershagen entfallen vergleichsweise geringe Baggermengen. Die Angaben zur Weser in Abbildung 11 beziehen sich lediglich auf die Stauhaltungen und die Übergänge in die freifließenden Bereiche.

Das gebaggerte Material in den Stauräumen, zumeist Grobsande durchsetzt mit Mittel- und Grobkiesanteilen bzw. in den Bereichen der Oberweser Kies oder Grobkies, welches nicht durch Schadstoffe belastet ist, wird im Amtsbereich des WSA Verden unterstrom der Baggerstellen in der gleichen Stauhaltung in Übertiefen wieder zugegeben. Baggergut aus dem Bereich der Schleusenkanäle, welches einen hohen Feinsedimentanteil und Schadstoffbelastungen aufweisen kann, wird gegebenenfalls, abhängig von Ergebnissen einer Analyse durch die BfG, dem System entnommen und als Abfall einer weiteren Verwertung zugeführt. Eine Ausnahme von den im Zeitraum 2002 bis 2012 erfolgten Sedimentumlagerungen in den Stauräumen bilden Entnahmen aus dem System, welche im Rahmen der Mittelweseranpassung im Jahre 2008 angefallen sind (WSA Verden, 2010; WSA Verden, 2015). Im Amtsbereich des WSA Hann. Münden wird das gebaggerte Material zumeist in Ufernähe, in Uferausbrüche oder in Übertiefen in der Sohle eingebaut (WSA Hann. Münden, 2015).

4.4.8 Überblick über Unterhaltungsbaggermengen

Die dauerhafte Unterhaltung der Fahrrinnen im Bereich der staugeregelten Bundeswasserstraßen ist mit hohem Aufwand und damit hohen Kosten für die WSV verbunden. Einen Überblick über die im Bereich ausgewählter staugeregelter Wasserstraßen anfallenden jährlichen Baggermengen zeigt Abbildung 11 für unterschiedliche Zeiträume der jüngeren Vergangenheit. Die Daten wurden durch die zuständigen WSÄ bereitgestellt. Bei der Interpretation der Daten ist wichtig zu berücksichtigen, dass ihnen unterschiedliche Zeiträume, unterschiedlich lange Flussabschnitte sowie spezifische hydrologische Bedingungen zugrunde liegen.

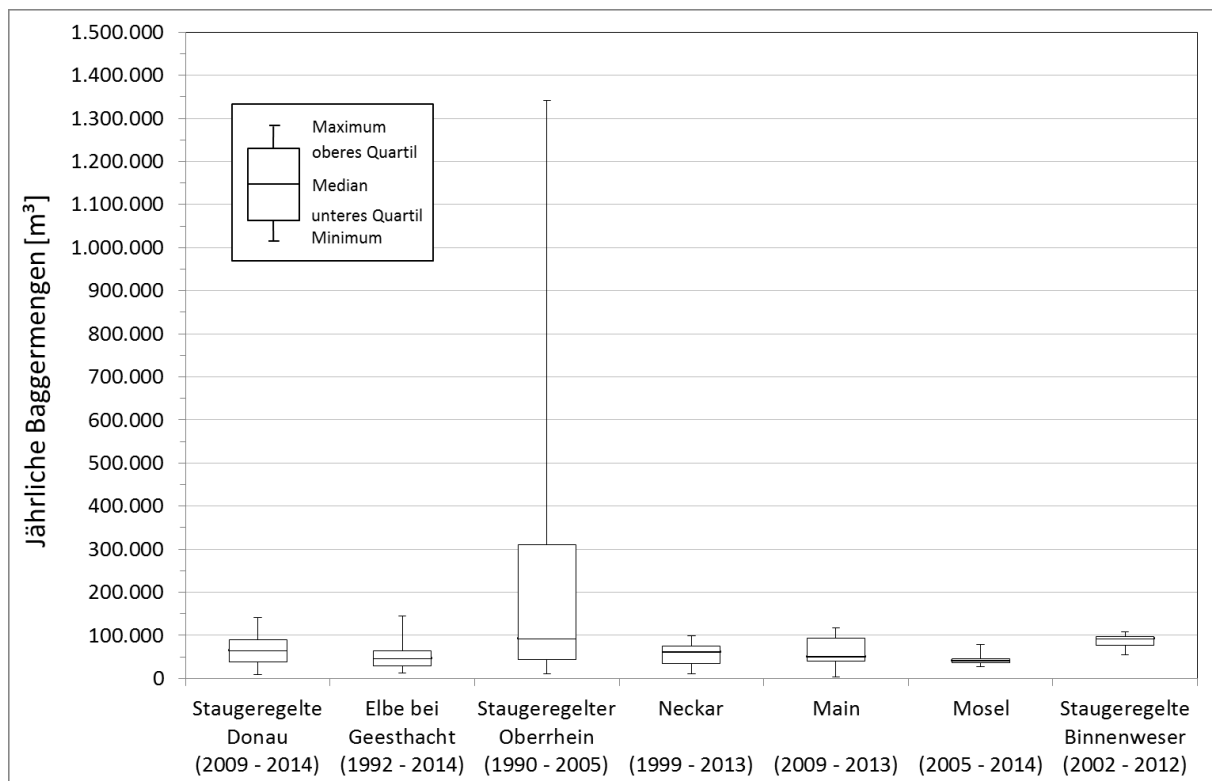


Abbildung 11: Überblick über jährliche Baggermengen an sieben staugeregelten Bundeswasserstraßen über verschiedene Zeiträume

4.5 Stauanlagenportfolio an den Bundeswasserstraßen

Zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf den Bundeswasserstraßen wird eine Vielzahl von Wasserbauwerken genutzt, die durch die Dienststellen der WSV errichtet, betrieben und unterhalten werden. Hierzu zählen neben Schleusen, Schiffshebewerken, Brücken, Sicherheitstoren und Pumpwerken auch über 300 Wehranlagen, acht Sperrwerke und zwei Talsperren.

Der Sedimenttransport durch einen Stauraum und über ein Querbauwerk hinweg lässt sich in drei Komponenten unterteilen:

1. Transport von der Stauwurzel in den Nahbereich des Absperrbauwerks
2. Transport über das Querbauwerk
3. Abtransport aus dem unterwasserseitigen Bereich

Während zu den Stauräumen an den Bundeswasserstraßen keine gesammelten Informationen vorliegen, liefert die WSV-Wasserstraßendatenbank (WaDaBa) Angaben zu den Bauwerken. In Anlage 1 sind die zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts in der WaDaBa aufgeführten Wehranlagen (WaDaBa-Schlüssel 213 zuzüglich zweier Ausnahmen mit Blick auf die Aktivitäten zur Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit), insgesamt 348 Anlagen, zusammengestellt.

Als Verschlusssysteme an den durch Wehre staugeregelten Bundeswasserstraßen werden am häufigsten Schütze eingesetzt (Abbildung 12). Unter diesem Oberbegriff werden hier alle Wehrverschlüsse wie Gleit-, Roll- oder Hakendoppelschütze zusammengefasst, die seitlich gelagert und in Nischen geführt werden. Die Wehrfeldbreiten aller Wehre reichen bis 66,80 m und die Fallhöhen bis zu 14,50 m. Statistisch betrachtet weist das durchschnittliche Wehrfeld eine mittlere Wehrfeldbreite von 19,60 m und eine mittlere Fallhöhe von 4,10 m auf (Gebhardt, 2007).

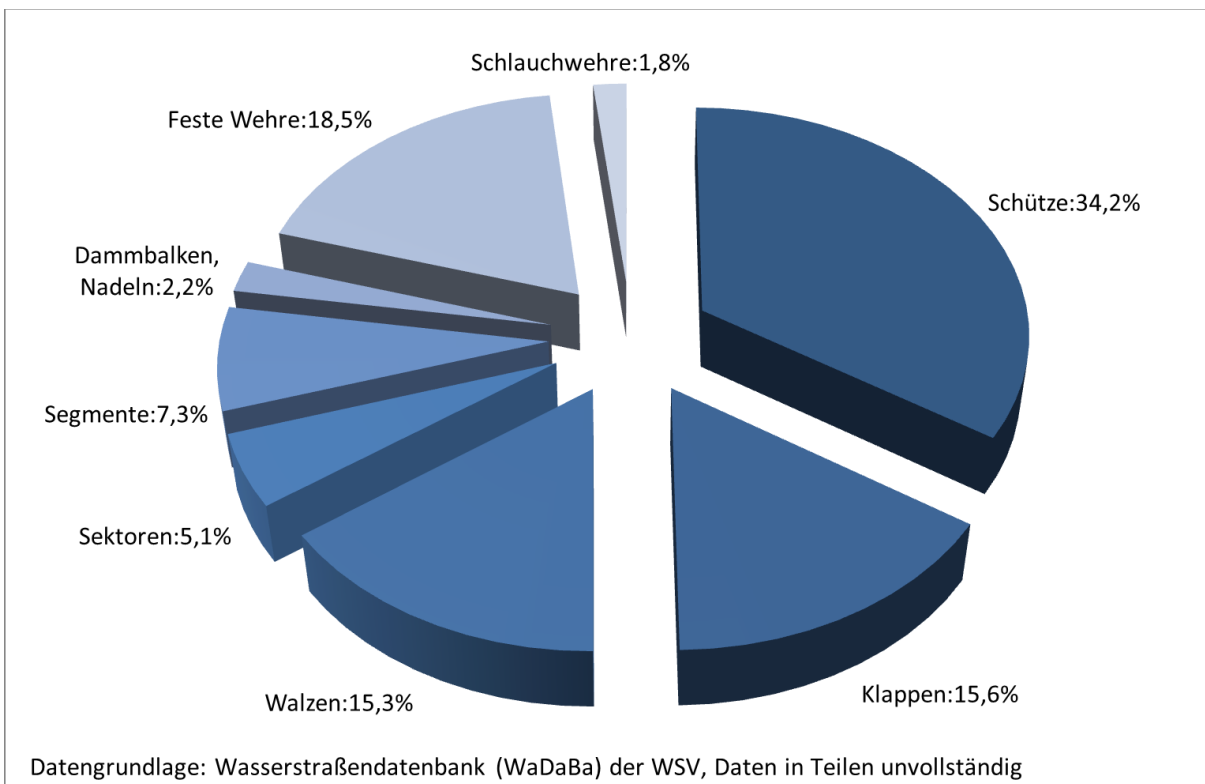


Abbildung 12: Wehr- und Verschlusstypen der Wehranlagen an Bundeswasserstraßen

Wurden bisher ausschließlich Wehrverschlüsse aus Stahl eingesetzt, hat sich in den vergangenen Jahren das Schlauchwehr als neuer Verschlusstyp in der WSV etabliert. Mittlerweile sind fünf Schlauchwehranlagen an Aller, Unterer-Havel-Wasserstraße und Müritz-Havel-Wasserstraße in Betrieb.

An den Staustufen der Bundeswasserstraßen sind heute im Prinzip alle bekannten Verschlusstypen zu finden (Abbildung 13), wobei unterströmte Verschlüsse aufgrund der Anforderungen an die Feinregulierung immer mit überströmten Verschlüssen, wie z. B. Aufsatzklappen, kombiniert werden. Bei den Standardisierungsbestrebungen in der WSV zeichnet sich ab, dass in Zukunft Druck- oder Zugsegmente sowie Schlauchwehre die Verschlusstypen

pen der Wahl sein werden. Zur Reduzierung der Verschlusshöhe werden die beweglichen Wehre wo immer möglich mit einem Wehrhöcker, der sog. Jambor-Schwelle kombiniert. Mit der entwickelten Form kann die Verschlusshöhe bei nahezu unveränderter hydraulischer Leistungsfähigkeit um etwa 25 bis 30 % reduziert werden. In Laboruntersuchungen wurde auch die Sedimentdurchgängigkeit für Sieblinien bis 110 mm nachgewiesen (Jambor, 1959). Der Einfluss des Verschlusstyps auf die Sedimentdurchgängigkeit ist dabei räumlich begrenzt (Kapitel 7). Nach Hochwasserereignissen gepeilte Ablagerungen im Unterwasser von Wehranlagen lassen darauf schließen, dass zumindest intermittierend bei hohen Abflüssen in vielen Stauhaltungen ein Geschiebetransport stattfindet (vgl. u. a. Gehres et al. 2014).

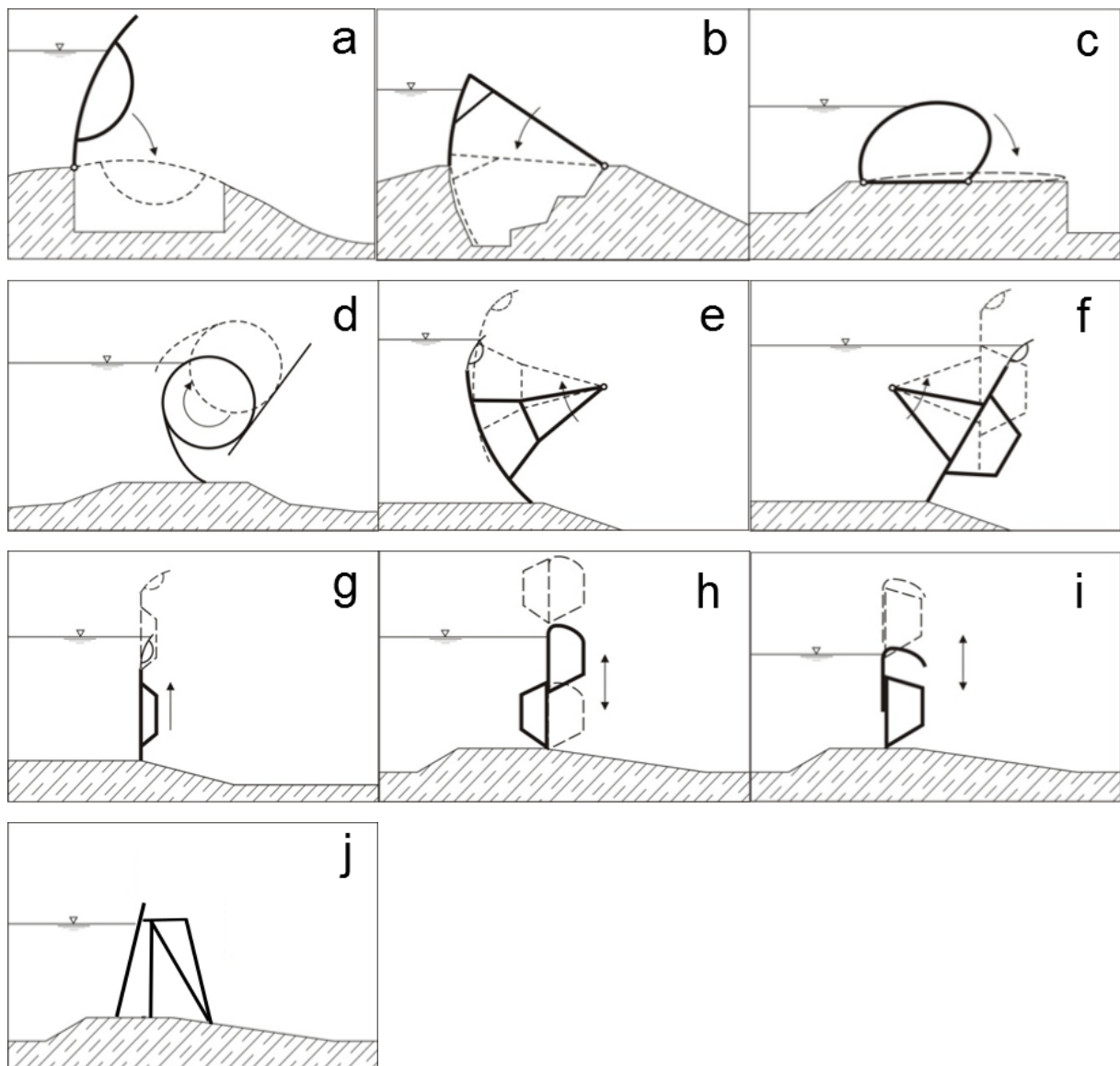


Abbildung 13: Verschlusstypen an Wehranlagen der WSV:
überströmt: (a) Klappe, (b) Sektor, (c) Schlauch
unterströmt: (d) Walze (e) Drucksegment mit Aufsatzklappe, (f) Zugsegment mit Aufsatzklappe, (g) Schütz mit Aufsatzklappe, (h) Doppelschütz, (i) Haken-Doppelschütz durch- / umströmt: (j) Nadelwehr
(Gebhardt et al., 2014, erweitert)

5 Gewässerzustandsrelevante Aspekte

Kernaussagen:

- Querbauwerke bewirken jeweils unterschiedliche Veränderungen sowohl im Stau-bereich als auch im unterstromigen Bereich. Eine Veränderung der Sediment-durchgängigkeit in Richtung zu gewässertypspezifischen Verhältnissen kann ge-wässerzustandsrelevante Aspekte verbessern. Situationsbedingt können auch ne-gative Wirkungen auftreten.
- Insbesondere Feinsedimente können erheblich mit Nähr- und Schadstoffen belas-tet sein.
- Die existierenden biologischen Bewertungsverfahren sind nicht dahingehend sen-sitiv, gezielt Veränderungen der biologischen Parameter nach WRRL in Folge ei-ner Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit zu detektieren. Sie besitzen keinen direkten Bezug zur Sedimentdurchgängigkeit, sondern sind an die Substratver-hältnisse gekoppelt. Diese wiederum werden durch die Sedimentdurchgängigkeit beeinflusst.
- In staugeregelten Abschnitten überwiegt der Effekt der nicht-gewässertypspezifischen Verfeinerung des Substrats. In freifließenden Strecken hingegen ist die Entkopplung von Fluss und Aue durch Tiefenerosion der für die Ökologie maßgebendste Aspekt der reduzierten Sedimentdurchgängigkeit.

5.1 Status Quo der biologischen Qualitätskomponenten sowie der unterstützenden Qualitätskomponenten

Der Anhang V der EG-WRRL (2000) beschreibt Merkmale zur Einstufung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials von Flüssen. Anhand folgender Qualitätskomponentengruppen wird die Bewertung vorgenommen (vgl. auch Kapitel 5.4.1):

Biologische Qualitätskomponenten (QK) mit Unterstützung der

- hydromorphologischen Qualitätskomponenten und
- chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten (spezifische Schadstoffe gemäß Anlage 5 OGewV und allgemeine physikalisch-chemische Komponenten)

Entsprechend Kapitel 2 nehmen die hydromorphologischen QK für den Binnenbereich (Fluss) (Wasserhaushalt, Durchgängigkeit des Flusses und Morphologie) für die Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials Unterstützungsfunktionen zu den biologischen QK ein. Im Zusammenspiel der Hilfskomponenten stellt die Sedimentdurchgängigkeit nur einen Teilaspekt dar, der in der WRRL oder der OGewV nur mit dem Bezug zum sehr guten ökologischen Zustand für die hydromorphologische QK ‚Durchgängigkeit des Flusses‘ derart thematisiert ist, dass die Durchgängigkeit „nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört (wird) und eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedi-menten (ermöglicht).“ Ebenso unterstützende Funktionen haben die chemischen und physi-kalisch-chemischen Komponenten mit den allgemeinen Parametern und den spezifischen Schadstoffen.

Die aktuelle Zustandsbewertung (Zeitpunkt Mai 2015) zeigt für die Bundeswasserstraßen (Flüsse und Kanäle) bezogen auf die Gewässerlänge eine Zielerreichung des guten ökologischen Zustands für natürliche Bundeswasserstraßen von $< 3 \%$ sowie eine Zielerreichung des guten ökologischen Potenzials für als erheblich verändert ausgewiesene Bundeswasserstraßen von $< 2 \%$ und $< 1 \%$ für künstliche Bundeswasserstraßen bzw. gemeinsam für erheblich verändert und künstlich ausgewiesene Bundeswasserstraßen unter 2% (Cron et al. 2015).

Entsprechend der Mitteilung der Europäischen Kommission (2015) an das Europäische Parlament und den Rat zählen „Veränderungen des Abflussverhaltens und der physikalischen Struktur von Wasserkörpern (Hydromorphologie)“ zu den wichtigsten Faktoren, die das Erreichen eines guten Gewässerzustands verhindern“. Diese integrale Aussage unterscheidet nicht zwischen großen und kleinen Gewässern. Der Kenntnisstand zum Ist-Zustand des Aspekts Hydromorphologie ist an den einzelnen Bundeswasserstraßen unterschiedlich. Für Recherchen kann zurückgegriffen werden z. B. auf die Reporting Sheets an die EU, das Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013, IKSE 2014), aktuelle Gewässerstrukturgütekartierungen oder Erhebungen z. B. zu Wasserhaushaltsparametern.

Zu qualitativen Eigenschaften der Sedimente / Böden in bzw. an Bundeswasserstraßen steht mit dem Sediment- und Bodenkataster der WSV seit 2006 ein gewässerkundliches Fachinformationssystem zur Dokumentation, Recherche, Interpretation, Analyse und Bewertung zur Verfügung, das mit Bezug auf Schadstoffbelastungen zur ökologischen Zustandsbewertung herangezogen werden kann.

5.2 Einstufung des chemischen Zustands

Die Einstufung des chemischen Zustands eines Oberflächenwassers richtet sich nach den in Anlage 7 OGWV aufgeführten Umweltqualitätsnormen (UQN) für prioritäre Stoffe. Sind die UQN erfüllt, wird der Oberflächenwasserkörper als gut eingestuft. Andernfalls ist der chemische Zustand als nicht gut einzustufen.

Aufgrund der flächendeckenden Überschreitung der UQN von Quecksilber (Hg) in Biota ist der chemische Zustand von Oberflächengewässern in ganz Deutschland als nicht gut einzustufen. Diese UQN ist neu und war nicht Gegenstand der Einstufung des chemischen Zustandes im ersten Bewirtschaftungsplan.

5.3 Wirkzusammenhänge zwischen Quantität, Hydromorphologie, Sedimentqualität und biologischen Qualitätskomponenten

Sedimente haben eine Schlüsselfunktion für die Morphologie der Gewässer. Ihr Dargebot sowie Erosions-, Transport- und Sedimentationsprozesse bestimmen u. a. die Ausprägung der hydromorphologischen Eigenschaften. Abflussverhältnisse und Gewässerstrukturen wie Inseln/Bänke, Uferstrukturen usw. beeinflussen in der Umkehr das Sedimentdargebot und die Ausprägung der genannten Prozesse (Quick 2012; Quick et al. 2012, 2013). Diese Strukturen sind für die gewässertypspezifische Besiedlung nicht nur für die bewertungsrelevanten Organismen Voraussetzung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die gewässertypischen Lebensgemeinschaften von weiteren Faktoren wie z. B. der Gewässergüte und Veränderungen im gesamten Einzugsgebiet beeinflusst sind.

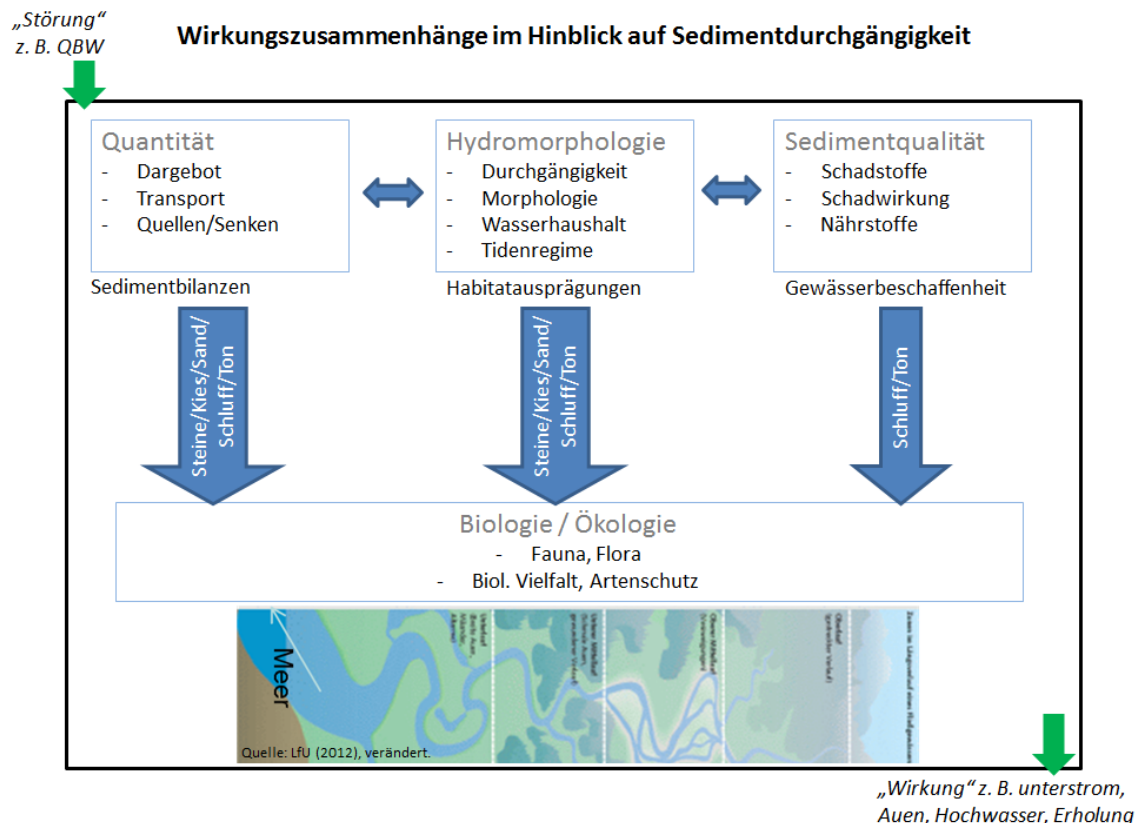


Abbildung 14: Wirkzusammenhänge im Hinblick auf die Sedimentdurchgängigkeit

Die Hydromorphologie bestimmt mit ihren Einzelparametern maßgeblich das Vorkommen und die Ausprägung benthischer Lebensräume (z. B. Jährling 2012; Hauer et al. 2013; Noack et al. 2012, Quick et al. 2012; Vollmer et al. 2012) und hat damit einen direkten Einfluss auf die Biologie (Abbildung 14). So ist z. B. die Substratzusammensetzung der Gewässersohle ein wichtiger Faktor für Fische und benthische Wirbellose. Die Hydromorphologie kann auch indirekt über die Beeinflussung physikalisch-chemischer Parameter auf die Gewässerqualität und die Artengemeinschaften einwirken (Verbindung zu Grundwasserkörpern, Sauerstoffhaushalt, Lichtverhältnisse, Temperatur etc.) (Quick et al. 2013, 2014). Durch diese vielfältigen Wirkungszusammenhänge kann die Hydromorphologie auch die biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL beeinflussen (z. B. Arle & Wagner 2011; UBA 2014; Quick & Schriever 2014; Gurnell et al. 2014; Kampa et al. 2013; Hauer et al. 2013).

Häufig kommt es durch Querbauwerke zu veränderten Sohlsubstratzusammensetzungen und einem Verlust von dynamischen Gewässerstrukturen (Struktur und Substrat der Gewässersohle). Das resultierende Sedimentdefizit insbesondere der größeren Kornfraktionen führt häufig zu Tiefenerosionen des Gewässerbettes unterstrom der Querbauwerke und kann die Flussstrecke auch noch weitab von den Querbauwerken beeinflussen. Sohleintiefungen können ein Absenken des Grundwasserspiegels, eine Entkopplung von Flussbetten und ihren Auen, reduzierte Ausuferungshäufigkeiten oder Schäden an Infrastruktur etc. mit sich bringen (siehe z. B. PG Erosionsstrecke Elbe 2009, FGG Elbe 2013; IKSE 2014). Eine Entkopplung von Flussbett und Aue führt beispielsweise zu einer verringerten oder fehlenden Anbindung von Altarmen oder anderen Seitenstrukturen, die wichtige Rückzugsräume für Fische in verschiedenen Entwicklungsstadien darstellen. Auch für Makrophyten (z. B. Teichrosen, Röhrichte) sind strömungsberuhigte Zonen notwendig.

Auf der anderen Seite führen Querbauwerke auch stromauf der Anlagen zu veränderten Sohlsubstratzusammensetzungen. Sie verursachen als künstliche Barrieren einen Rückstau und somit Verringerungen der Fließgeschwindigkeiten und Strömungsdiversität, kombiniert mit Sedimentakkumulationen. Durch ein Überangebot an feinen Korngrößen, die sich z. B. durch den künstlichen Rückhalt von Sedimenten in Stauräumen von Querbauwerken akkumulieren können, kann es zu Kolmationsprozessen des Lückensystems im Interstitial kommen. Dadurch werden vertikale Austauschprozesse unterbunden. Dies impliziert auch die Anbindung an Grundwasserkörper. Ein verändertes Sedimentangebot kann sich negativ auf Habitateigenschaften sowohl in sedimentologisch-morphologischer als auch in hydrochemischer Hinsicht auswirken, insofern sich z. B. anaerobe Verhältnisse ausprägen oder die Substrate nicht mehr gewässertypspezifisch sind (Quick et al. 2014).

Feinkörnige Sedimente können darüber hinaus Träger von partikulär gebundenen Schad- und Nährstoffen sein. Sie können damit als Quelle wie auch als Senke von Schad- und Nährstoffen fungieren. Bei Betrachtung der Sedimentdurchgängigkeit ist daher der Einfluss der Sedimentqualität auf das Gewässer mit zu berücksichtigen. Nicht nur die Algenproduktion und der Sauerstoffhaushalt der Gewässer, sondern auch mögliche Stoffumsatzprozesse durch Organismen können beeinträchtigt sein.

Insofern sind sowohl die Bereiche oberstrom wie unterstrom von Querbauwerken in unterschiedlicher Weise von der reduzierten Sedimentdurchgängigkeit betroffen. In staugeregelten Abschnitten überwiegt der Effekt der nicht-gewässertypspezifischen Verfeinerung des Substrats. In freifließenden Strecken hingegen ist die Entkopplung von Fluss und Aue durch Tiefenerosion der für die Ökologie maßgebendste Aspekt der reduzierten Sedimentdurchgängigkeit.

In der nachfolgenden Tabelle sind exemplarisch drei häufige Gewässersituationen beschrieben und der Zusammenhang von hydromorphologischer Ausstattung und der zu erwartenden Lebensgemeinschaft hergestellt. Hinsichtlich der Beurteilung der Lebensgemeinschaft mit den für die WRRL relevanten biologischen Bewertungsverfahren ist zu beachten, dass die Biologie trotz Defiziten in der Hydromorphologie als „gut“ bewertet werden kann.

Tabelle 1: Beispiele für den Zusammenhang zwischen Besiedlung und hydromorphologischer Ausstattung

#	Hydromorphologische Ausstattung	Gewässertypspezifische Lebensgemeinschaften
1	Gewässertypspezifischer, anthropogen unbeeinflusster Wechsel von lagestabilen und beweglichen Sedimenten	Voraussetzung für intakte gewässertypspezifische Lebensgemeinschaft. Fehlen negative Einflüsse aus dem Einzugsgebiet, sind insbesondere bei den QK Fische und Makrozoobenthos gute Bewertungen nach WRRL zu erwarten.
2	Veränderungen der gewässertypischen sedimentologischen Verhältnisse in einem Staubereich mit hohem Anteil lagestabiler Sedimente und Überdeckung mit Feinsedimenten gepaart mit verändertem Abflussverhalten	Potamalisierung (Flussalterung) der Lebensgemeinschaften. Zusammen mit Einflüssen aus dem Einzugsgebiet können hochwertige Bewertungen nicht mehr erreicht werden.
3	Verlagerung des Verhältnisses lagestabiler und beweglicher Sedimente hin zu mehr beweglichen Sedimenten, beispielsweise durch verstärkten Geschiebetrieb nach einer Laufverkürzung	Verlust an Siedlungsmöglichkeiten, Verarmung und Verschiebung des Artenspektrums gegenüber gewässertypspezifischen Zuständen (z. B. Wang et al., 2013)

5.4 Existierende Bewertungsverfahren zur Bewertung des ökologischen Zustandes bzw. Potenzials und ihre Bezüge zur Sedimentdurchgängigkeit

5.4.1 Grundlagen

Der ökologische Zustand wird in fünf Stufen (sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend und schlecht) und das ökologische Potenzial eines Wasserkörpers in vier Zustandsklassen (gut und besser, mäßig, unbefriedigend und schlecht) eingeteilt. Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial eines Wasserkörpers richtet sich nach der Bewertung der schlechtesten relevanten Qualitätskomponente (s. a. Kapitel 2).

Die Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials erfolgt über biologische Qualitätskomponenten. Für Fließgewässer sind dies das Makrozoobenthos (wirbellose Fauna), das Phytoplankton (im Wasser schwebende pflanzliche Organismen), Makrophyten (höhere Wasserpflanzen), das Phytobenthos (den Gewässergrund besiedelnde Algen) sowie die Fischfauna. Die Qualitätskomponenten des Anhang V der WRRL beinhalten als unterstützende physikalisch-chemische Qualitätskomponenten u. a. auch Umweltqualitätsnormen (UQN) für „spezifische synthetische Schadstoffe“ und „spezifische nichtsynthetische Schadstoffe“. National umgesetzt werden diese Vorgaben über die Stoffliste der Anlage 5 der OGewV. Wird die UQN für einen spezifischen Schadstoff im betreffenden Wasserkörper nicht eingehalten, wird ein guter ökologischer Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial nicht erreicht (höchstens „mäßig“) (Anhang V, 1.4.2, iii der WRRL).

Es wird vorausgesetzt, dass den angetroffenen Zönosen bei einer guten Einstufung intakte, wenig gestörte abiotische Faktoren zu Grunde liegen. Das heißt, die hydromorphologischen und physikalisch-chemischen sowie chemischen³ Verhältnisse sind entsprechend hochwertig. Bestehen Unsicherheiten bei einer Einstufung der biologischen Qualitätskomponenten schlechter als „gut“, können die Bewertungszustände der hydromorphologischen und physikalisch-chemischen sowie chemischen Komponenten unterstützend zur Gesamtbeurteilung hinzugezogen werden. Defizite dieser Hilfskomponenten beeinflussen die biologische Ausprägung.

Folgerichtig müssen die Bewertungsergebnisse der einzelnen biologischen Qualitätskomponenten bei einer schlechten Einstufung auch hydromorphologische Defizite, zu denen auch gestörte Sedimentdurchgängigkeitsverhältnisse zählen, integrieren. Zur Maßnahmenplanung im Fall einer schlechten Einstufung ist wichtig, Ursachen für die schlechte Bewertung zu identifizieren bzw. die Wirkrichtung von Maßnahmen in Bezug auf die Einstufung zu bewerten. Im Hinblick auf die Fragestellung der vorliegenden Studie ist relevant, inwieweit hydromorphologische Faktoren wie die Sedimentdurchgängigkeit in die Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten eingehen und inwieweit damit der Einfluss von Veränderungen dieser Faktoren bewertet werden kann.

³ Hier sind die flussspezifischen Schadstoffe relevant. Die prioritären und prioritär gefährlichen Schadstoffe sind für die Beurteilung des chemischen Zustandes heranzuziehen, s. a. Anhang X der WRRL.

Zur Veranschaulichung soll der anteilige Einfluss hydromorphologischer Kriterien auf das Bewertungsergebnis der einschlägigen biologischen Bewertungsverfahren an den für Bundeswasserstraßen relevanten Gewässertypen Nrn. 9, 9.1, 9.2, 10, 15, 15_groß, 17 und 20⁴ am Beispiel der Makrozoobenthos- und der Fischbewertung (ASTERICS / Perlodes und fiBs) betrachtet werden (Kapitel 5.4.2 und 5.4.3).

Kail et al. (2015) wiesen über verschiedene in Europa gesichtete Projekte einen positiven Effekt von Renaturierungsmaßnahmen für Fische, Makrozoobenthos und Makrophyten aus. Andere Studien belegen aber auch, dass die Verbesserung hydromorphologischer Faktoren z. B. bei Renaturierungen nicht zwangsläufig zu einem besseren Bewertungsergebnis der biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL führt. Oft beeinflussen weitere Stressoren im Einzugsgebiet eines Wasserkörpers wie Wasserverschmutzung, fehlende Wiederbesiedlungsmöglichkeiten infolge fehlender Quellpopulationen bzw. Unerreichbarkeit der restaurierten Strecken für die Zielarten die erwartete Verbesserung (Haase et al., 2013). Die Methoden zur Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL bilden ökologisch positiv einzustufende Veränderungen von Renaturierungsmaßnahmen nicht in jedem Fall adäquat ab. Es wird daher an Indikatoren gearbeitet, die die Wirkungen von Renaturierungsmaßnahmen und einer Verbesserung der hydromorphologischen Faktoren unmittelbarer abbilden als die derzeitigen Bewertungsverfahren zu den Qualitätskomponenten der WRRL.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die existierenden biologischen Bewertungsverfahren nicht dahingehend sensitiv sind, gezielt Veränderungen der biologischen Parameter nach WRRL in Folge einer Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit zu detektieren. Sie besitzen keinen direkten Bezug zur Sedimentdurchgängigkeit, sondern sind an die Substratverhältnisse gekoppelt. Diese wiederum werden durch die Sedimentdurchgängigkeit beeinflusst.

5.4.2 Bewertung Makrozoobenthos

Für die den GewässerOber- und Mittelläufen zuzuordnenden Gewässertypen erfolgt die Bewertung anhand sogenannter Metrics aus Artenzusammensetzung und Individuendichten, wobei den vorgefundenen Tierarten Indikatoreigenschaften für hydromorphologische Kenngrößen zugeordnet sind. Diese sind im Modul „Allgemeine Degradation“ der Gewässertypen Nr. 9, 9.1, 9.2, 15, 15_groß und 17 zu finden. Die Ströme (Gewässertypen Nr. 10 und Nr. 20) werden insgesamt nur anhand von zwei Metrics (Saprobienindex und Potamon-Type-Index) beschrieben und bewertet. Dabei ist der Einfluss der Morphologie nachrangig. Die im Folgenden dargestellten bewertenden Aussagen zur Morphologie sind allein aus den Indikatoreigenschaften der zur jeweiligen Bewertung herangezogenen Arten abgeleitet.

Nach Cron et al. (2014, 2015) entsprechen ca. 80 % der biozönotisch relevanten Gewässertypen an Bundeswasserstraßen den Typen 9.2, Typ 10, Typ 15 und Typ 20. Deren Bewertungsansätze sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Beschreibung aller relevanten Gewässertypen findet sich in Anlage 2.

⁴ <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/typologie/>

Tabelle 2: Gewässertypspezifische Bewertungsaspekte des Makrozoobenthos für die Typen 9.2, 10, 15 und 20
(Quelle: <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/typologie/>)

Typ	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Ausgewählte Bewertungsaspekte mit hydromorphologischem Bezug
9.2	Große Flüsse des Mittelgebirges	- Grobe Sohlsubstrate (Steine, Schotter) - Fließverhalten vielfältig und überwiegend schnell - ausgedehnte vegetationsfreie Schotter- und Kiesbänke mit gut ausgeprägtem Interstitial	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitat- und Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: - Strömungsdiversität - Aufstau des Gewässers - Ackeranteil im EZG Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 9.2: Metrics > 0,30: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. strömungsliebende Hartsubstratbesiedler) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradiert Morphologie verbreitet sind
10	Kiesgeprägte Ströme	- Vorwiegend grobe Sohlsubstrate (Schotter, Kies), Feinsedimente untergeordnet - flaches, zur Ausbildung von Mehrbettgerinnen neigendes Profil - Durchsetzung mit Sekundärsubstraten (Totholz o. Ä.) - Abflussverhalten divers (vor allem bei Mehrbettgerinnen) - Referenzbiozönose kann wegen anthropogener Überprägung nur konstruiert werden	Potamon-Typie-Index: Der Anteil an Potamalarten – flusstypischen Arten (bestimmte Eintagsfliegen und Steinfliegen) – ist in naturnahen kiesgeprägten Strömen sehr hoch, der Anteil an unspezialisierten Ubiquisten dagegen gering: Positive Indikation: Metrics ≤ 2,6: Gewässermorphologische und chemische Ansprüche der Potamalarten sind erfüllt.

Typ	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Ausgewählte Bewertungsaspekte mit hydromorphologischem Bezug
15	Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	- Sand und Lehm sowie größere Kiesanteile - Durchsetzung mit natürlichen Sekundärsubstraten (Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub) - gewundenes bis mäandrierendes Fließverhalten mit vorherrschend ruhig fließender Strömung - Besiedler unverfestigter Feinsedimente (Schlick und Schlamm) nur untergeordnet	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene, aber auch auf Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: - besondere Uferstrukturen - Gewässeraufstau - Waldanteil im Einzugsgebiet Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 15/17: Metrics > 0,56: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. xylophage Arten) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind
20	Sandgeprägte Ströme	- Feinere Sohlsubstrate (Sand, Kies) - sehr breite und flache Ein- bzw. Mehrbettgerinne - Durchsetzung mit Sekundärsubstraten (Totholz o. Ä.) - Abflussverhalten vorwiegend langsam fließend mit stellenweise schneller fließenden Abschnitten - Makrozoobenthoszönose sehr artenreich - Referenzbiozönose kann wegen anthropogener Überprägung nur konstruiert werden	Potamon-Type-Index: Der Anteil an Potamalarten – flusstypischen Arten (bestimmte Eintagsfliegen und Libellen) – ist in naturnahen sandgeprägten Strömen sehr hoch, der Anteil an unspezialisierten Ubiquisten dagegen gering: Positive Indikation: Metrics ≤ 2,6: Gewässermorphologische und chemische Ansprüche der Potamalarten sind erfüllt.

5.4.3 Bewertung Fische

Zur Beurteilung der Qualitätskomponente Fische wurde in Deutschland das **fischbasierte Bewertungssystem (fiBs)**⁵ entwickelt. Zur Bewertung werden verschiedene fischökologisch relevante Bewertungsparameter – sogenannte Metrics – des Probenahmeergebnisses mit den betreffenden, durch die Referenz-Fischzönose vorgegebenen Werten verglichen. Sämtliche Metrics basieren auf einer gemäß den Definitionen von Dußling et al. (2004a, 2004b) vorgenommenen, deutschlandweit gültigen Einteilung der in Fließgewässern bewertungsrelevanten Fischarten in verschiedene ökologische Gilden und weitere Charakteristika. Diese sind tabellarisch auf der Website zur Fließgewässerbewertung, Thema Fischfauna (siehe Fußnote 5) zusammengestellt und darüber hinaus auch in der Softwareanwendung von fiBS (Dußling, 2008) dokumentiert.

Dabei werden die für das Scoring herangezogenen Metrics den folgenden sechs fischökologischen Qualitätsmerkmalen zugeordnet:

- (1) Arten- und Gildeninventar⁶
- (2) Artenabundanz und Gildenverteilung
- (3) Altersstruktur
- (4) Migration (indexbasiert)
- (5) Fischregion (indexbasiert)
- (6) Dominante Arten (indexbasiert)

Am Beispiel des Qualitätsmerkmals „Arten- und Gildeninventar“ soll das Bewertungsprozedere kurz dargestellt werden: Grundlage bildet ein Vergleich der Anzahl der Arten innerhalb bestimmter Kategorien. Für dieses Qualitätsmerkmal sind dies: "Typspezifische Arten", "Begleitarten" sowie "anadrome & potamodrome Arten". Des Weiteren werden die Anzahlen von Habitat-, Reproduktions- und Trophiegilden der Referenz mit denen der nachgewiesenen Fischzönosen verglichen. Die prozentuale Abweichung der Arten- oder Gilden-Anzahl der Fischzönose von den Referenzwerten bestimmt das Bewertungsergebnis und ist als Indikator für die Habitatausstattung des Gewässerabschnitts sowie der benachbarten Bereiche zu werten. Zusätzlich sollte der ökologischen Durchgängigkeit ein Einfluss auf das Bewertungsergebnis zukommen.

In ähnlicher Weise erfolgt das Prozedere bei den übrigen Bewertungsmerkmalen. Dabei spielen je nach Bewertungsmerkmal auch Strukturparameter eine Rolle. Für das Qualitätsmerkmal „Artenabundanz und Gildenverteilung“ ist die Beschaffenheit der Sohle (Substratdiversität, besondere Sohlstrukturen) als Umweltfaktor von großer Bedeutung. Im unbeeinträchtigten Gewässerzustand ist eine Verteilung der verschiedenen ökologischen Gilden zu erwarten, die sich den durch die Referenz-Fischzönose vorgegebenen Werten annähert.

⁵ <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/kurzdarstellungen/fischfauna/>

⁶ Als Gilden werden Artengruppen bezeichnet, die ähnliche Strategien zur Ressourcennutzung verfolgen oder ähnliche Lebensformtypen zur Reproduktion, Ernährung oder Migration aufweisen.

Dagegen führen Beeinträchtigungen eines Gewässers – abhängig von ihrer Art und ihrem Ausmaß – zu einer Verschiebung der verschiedenen Gildenanteile eines Fischbestands.

Bei anderen Bewertungsmerkmalen spielen morphologische Faktoren kaum eine Rolle.

5.4.4 Hydromorphologische Bewertungsverfahren (hier speziell zur Sedimentdurchgängigkeit) in Unterstützung der biologischen Qualitätskomponenten

Hydromorphologische Verfahren bieten die Möglichkeit, auch kleinere Veränderungen der Sedimentdurchgängigkeit zu erfassen. Zwar sind hydromorphologische Veränderungen einfacher zu erfassen als Veränderungen der biologischen Qualitätskomponenten, eine biologische Bewertung können sie jedoch nicht ersetzen. Standardisierte Erfassungs- und Bewertungsmethoden zur Sedimentdurchgängigkeit existieren bislang nicht (Herpertz, Schäfer & Esser 2011; Quick 2012; Quick et al. 2013; Vollmer et al., 2012).

Mit dem INFORM-Modul Valmorph wurde in den vergangenen Jahren eine Methode zur Erfassung und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit als hydromorphologischer Indikator an Bundeswasserstraßen entwickelt (Rosenzweig et al., 2012; Quick et al., 2014). Im Rahmen des Sedimentmanagementkonzepts der FGG Elbe wurde dieses Verfahren eingesetzt (IKSE, 2014; FGG Elbe, 2013). Die Bewertung hatte zum Ziel, die Durchgängigkeit für Sedimente in der Elbe und ihren als relevant ausgewiesenen Nebengewässerunterläufen zu klassifizieren. Die Erfassung des Ist-Zustandes erfolgte mittels der Erfassung und Evaluierung aller Querbauwerke im Hauptgewässerbett inklusive ihrer Bauwerksart (Staustufe, Talsperre etc.) und Absturzhöhe und eines Malussystems bei stromaufwärts vorhandenen Querbauwerken im betrachteten Hauptgewässerbett und in den als relevant ausgewiesenen Nebengewässerunterläufen sowie an stromaufwärts einmündenden kleineren Nebengewässern (Quick et al., 2014), vgl. Abbildung 15. Das INFORM-Modul Valmorph wurde von der BfG im Auftrag des BMVI für die Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Veränderungen entwickelt und dient zur Unterstützung von Entscheidungen und Priorisierungen von Maßnahmenoptionen zur Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse und für das Management (lokal bis flussgebietsweit).

Weitere standardisierte Erfassungs- und Bewertungsverfahren existieren nicht. Es gibt jedoch weitere qualitativ-quantitative Vorgaben seitens der DIN EN 14614 (2005) und DIN EN 15843 (2010) für den Binnenbereich (siehe Anhang 3). Darüber hinaus machen z. B. Gurnell et al. (2014) dreistufige Vorschläge (count of high, medium and low impact blocking structures):

- high – substantial structure and upstream storage area, sufficient to intercept > 90 % river flow, or the majority of transported sediment and wood
- medium – substantial structure completely blocking the channel but with relatively low storage giving lower impact on flow, sediment or wood continuity
- low – minor channel blocking (e.g. low check dam) structure with minor impact on flow, sediment, or wood continuity

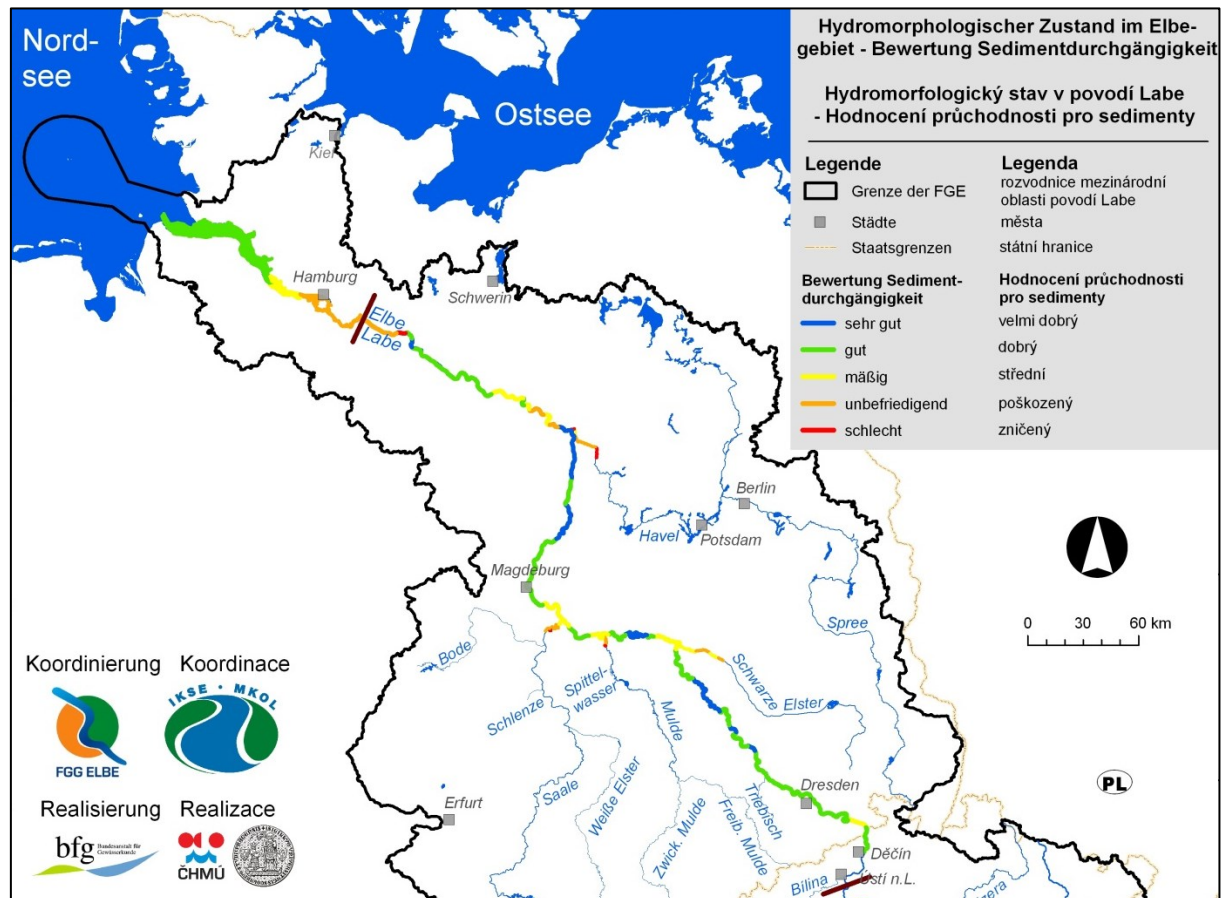


Abbildung 15: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit gemäß Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (IKSE 2014, FGG Elbe 2013)

Parameter aus den existierenden Gewässerstrukturkartierungsverfahren (z. B. LAWA 1999, 2001, 2002, 2014) können nur indirekt Aussagen zur Sedimentdurchgängigkeit geben und beziehen sich im Abgleich zwischen Ist- und Ziel-Zustand auf den heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustand (Leitbild). Aussagen zur Sedimentdurchgängigkeit sind indirekt über kartierte Querbauwerke oder Parameter wie Strömungsdiversität und Substrate möglich. Gegenwärtig wird ein LAWA LFP-Projekt zur ökologischen Durchgängigkeit sowohl für Fische (Fischaufstieg und –abstieg) als auch Sedimente initiiert, das sich dem Thema für die deutschen Gewässer annehmen soll. Zudem gibt es ein LAWA LFP-Projekt speziell zu den Wasserhaushaltsparametern.

Weitere Aspekte zum Thema finden sich z. B. in UBA (2008a, b), Theler et al. (2010), Fryirs (2013), Gurnell et al. (2014) oder EU (2015, e-flows), LAWA (2015), Pottgiesser et al. (2008), Camenen et al. (2015), LUWG (2008), UBA (2008a, 2008b, 2014), NLWKN (2008), Koenzen et al. (2008), Fallbeispielsammlung BfG und im LAWA-Maßnahmenkatalog (Maßnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaltens bzw. Sedimentmanagement; Maßnahmen zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit).

Unbestritten der Rolle der Hydromorphologie an der Ausprägung bewertungsrelevanter Lebensgemeinschaften gibt es unterschiedliche Forschungsergebnisse, wenn es um den direkten Zusammenhang der hydromorphologischen Verbesserung defizitärer Gewässerzustände

und die Antwort durch die Veränderung der Besiedlung mit Tieren und Pflanzen geht. Es gibt verschiedene Studien, die zu Gewässerrevitalisierungen sowohl für Makrophyten, Fische als auch Makrozoobenthos positive Effekte zeigen (s. Kail et al. 2015). Im Rahmen des Reform-Projektes wurde das Projektbeispiel Olsberg für positive Entwicklungen der Biologie unterhalb einer Durchführung einer Maßnahme zur Sedimentdurchgängigkeit angeführt; nach einigen Wochen soll es zu Verbesserungen gekommen sein. Auf die Untersuchung von Haase et al. (2013), wo infolge von Gewässerrenaturierungen die erwartete positive Entwicklung der Besiedlung im Vergleich zu benachbarten defizitären Strecken vielfach ausblieb, wurde bereits hingewiesen.

Der Anteil der hydromorphologischen Faktoren an der Beeinflussung der Bewertung der biologischen Qualitätskriterien ist je nach Gewässer unterschiedlich und in vielen Fällen zumindest nicht ausschlaggebend. Die Verfahren zur Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten sind aufgrund ihrer Robustheit und den Skalen, in denen sie eingesetzt werden, gegenüber kleinen Veränderungen nicht hinreichend sensibel. Diese können daher nicht angezeigt werden. Damit wird eine Verbesserung nicht in Frage gestellt, sie lässt sich allerdings – nicht zuletzt auch wegen der vielfältigen Einflussgrößen – mit den etablierten Methoden nicht gesichert nachweisen.

Zudem spielt auch der Zeitaspekt eine Rolle, da sowohl eine veränderte Hydromorphologie aufgrund veränderter Sedimentdurchgängigkeit als auch eine veränderte Biologie jeweils unterschiedlich lange Zeiträume benötigen, um sich zu entwickeln.

Die bereits in Kapitel 5.4.1 angesprochene fehlende Sensibilität der biologischen Qualitätskomponenten-Verfahren, hydromorphologische Verbesserungen adäquat abzubilden, wurde auch im Reform-Projekt ausgewiesen (Feld et al., 2014). Das bedeutet nicht, dass nicht ab Überschreiten einer Art Schwellenwert auch die biologischen Bewertungsverfahren nach WRRL greifen (Bsp. direktes "Zuschütten" einer MZB-Probenahmestelle eines Wasserkörpers mit großen Mengen Sediments durch erhöhte Sedimentdurchgängigkeit, Bsp. Initiierung von Substratdiversität inkl. neuer Laichgründe für z. B. Kieslaicher durch erhöhte Sedimentdurchgängigkeit usw.). Kleineren hydromorphologischen Veränderungen gegenüber sind die Methoden jedoch nicht sensitiv. Die Entwicklung entsprechend sensibler WRRL-konformer Methoden kann hier im Rahmen der Metastudie oder seitens der WSV nicht geleistet werden. Sie obliegt in Deutschland den Bundesländern.

Das Sensitivitätsproblem wurde auch im Guidance-Dokument Eco-Flows der Common Implementation Strategy (CIS) der Europäischen Kommission (EU, 2015) mit der Feststellung adressiert, dass biologische Bewertungsverfahren, welche (hier im Zusammenhang mit ökologisch begründeten Abflüssen in einem Wasserkörper) nicht in der Lage sind, erkennbar negative Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse zu indizieren, nicht WRRL-konform sind.

Erste Ansätze, auch kleine Veränderungen u. a. bei hydromorphologischen Merkmalen und deren Einfluss auf die Ausprägung der den jeweiligen biologischen Qualitätskomponenten zu Grunde liegenden Besiedlung zu erfassen, können den „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle“ (UBA, 2014) entnommen werden. Dabei scheint die hier vorgenommene differenzierte Betrachtung von morphologischen Parametern, welche die für die Bundeswasserstraßen relevanten Regionen „Mittelgebirge“ und „Tiefland“ unterscheidet, und am sehr guten ökologischen Zustand aus-

gerichtet ist, vielversprechend. Zur Charakterisierung werden nicht nur die Substratanteile anhand ihrer prozentualen Verteilung in Klassen und anhand Dominanzkriterien differenziert. Es werden auch Kriterien wie dynamische und lagestabile Anteile des dominierenden Substrates zur Charakterisierung herangezogen. Im Anhang 9 der UBA-Texte werden u. a. für die Bundeswasserstraßen relevanten Gewässertypen Nr. 9 und Nr. 15 Arbeitshilfen bereitgestellt um z. B. die Folgen morphologischer Veränderungen im Zusammenhang von Verbesserungsmaßnahmen anhand der sich einstellenden Besiedlung zu bewerten. Inwieweit dieser Ansatz für die Fragestellung der Bewertung von Sedimentdurchgängigkeitsmaßnahmen geeignet oder weiterentwicklungsfähig ist, muss geprüft werden.

Gemäß dem gemeinsamen Bericht der deutschen CIS-Vertreter zum 29. Treffen der WFD CIS ECOSTAT am 17./18.03.2015 in Brüssel zur Interkalibrierung⁷ des göP wird auf europäischer Ebene generell eine vereinfachte Interkalibrierung über Maßnahmen zur Verbesserung der Hydromorphologie angestrebt. Auf den Hinweis des fehlenden „Link“ zur Biologie bei der göP-Interkalibrierung wurde auf die von ECOSTAT, der SCG und den Wasserdirektoren bestätigte Vorgehensweise des Ansatzes über Maßnahmen verwiesen. Einen umfänglichen Abgleich mit der Biologie wird es nicht geben. D. h., dass auch auf europäischer Ebene der göP-Interkalibrierung keine Kopplung zur Biologie in den EU-Mitgliedstaaten stattfinden wird. Darüber hinaus leitet z. B. auch die DIN EN 15843 (2010) („Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen der hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern“) eine Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit (wie auch aller anderen hydromorphologischen Parameter) ohne Bezug zur Biologie ab.

5.4.5 Chemische und physikalisch-chemische Bewertung in Unterstützung der biologischen Qualitätskomponenten

Analog zu den hydromorphologischen Bewertungsverfahren dienen allgemeine physikalisch-chemische Kenngrößen (Bedingungen) und spezifische Schadstoffe als Hilfskomponenten für die Bewertung zur Einstufung des ökologischen Zustands.

Für die allgemeinen physikalisch-chemischen Bedingungen ist ein guter ökologischer Zustand erreicht, wenn die Funktionsfähigkeit des typspezifischen Ökosystems und die Einhaltung der Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind. Für die flussgebietsspezifischen Schadstoffe, die in signifikanten Mengen eingetragen werden, dürfen die von den Mitgliedstaaten zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften auf der Grundlage von längerfristigen ökotoxikologischen Wirkungsdaten abgeleiteten Umweltqualitätsnormen (Anhang V Nr. 1.2.6 EG-Wasserrahmenrichtlinie bzw. Anlage 5 der OGewV, 2011) nicht überschritten sein. Die Prüfung auf Einhaltung der Umweltqualitätsnorm erfolgt anhand von Jahresmittelwerten, wie es die EG-Wasserrahmenrichtlinie vorgibt. Die Nichteinhaltung der Umweltqualitätsnorm eines flusspezifischen Schadstoffes führt dazu, dass der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial des betroffenen Wasserkörper höchstens als „mäßig“ beurteilt werden kann.

⁷ Ziel der Interkalibrierung ist die europaweit einheitliche Definition des göP für die einzelnen Gewässerkategorien und biologischen Qualitätskomponenten.

Umweltqualitätsnormen für manche Stoffe sind mit sehr niedrigen Werten festgelegt worden. Bei Messungen in der Matrix „Wasser“ liegen die Bestimmungsgrenzen für die betreffenden (meist an Feststoffen adsorbierenden) Stoffe meist oberhalb der Umweltqualitätsnorm. In diesen Fällen ist eine Überprüfung auf Einhaltung der Umweltqualitätsnorm nicht möglich. Daher wurden für einige wenige adsorbierbare Stoffe in Deutschland Umweltqualitätsnormen vorrangig für die Matrix „Schwebstoff“ festgelegt.

5.5 Bewertungsverfahren für den chemischen Zustand

Die zur Einstufung des chemischen Zustands zugrunde zu legenden Stoffe (prioritäre Stoffe, bestimmte andere Stoffe und Nitrat) und deren Umweltqualitätsnormen ergeben sich aus OGewV (2011) Anlage 7 (Tabelle 1-3). Diese Umweltqualitätsnormen berücksichtigen den Schutz der Gewässerorganismen (einschließlich der Anreicherung in der Nahrungskette) und der menschlichen Gesundheit.

Der chemische Zustand wird in zwei Klassen eingeteilt. Wenn die Normen eingehalten sind, ist der Zustand „gut“, andernfalls ist er als „nicht gut“ einzustufen. Der „gute chemische Zustand“ als Umweltziel gilt sowohl für „natürliche“ als auch für „künstliche“ und „erheblich veränderte“ Gewässer. Je nach Kennzeichnung JD-UQN bzw. ZHK-UQN sind die Umweltqualitätsnormen für die entsprechenden Stoffe anhand des Jahresdurchschnittswertes bzw. der zulässigen Höchstkonzentration nach Maßgaben der Anlage 8 zu überprüfen.

Für Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien und Quecksilber, die eine hohe Anreicherung innerhalb der Nahrungskette aufweisen, wurde zusätzlich eine Norm für Biota festgelegt. Den Mitgliedstaaten steht es frei, für diese Stoffe eine weitere Umweltqualitätsnorm für Wasser festzulegen, die diesem Biotawert entspricht und analytisch überwacht werden kann. In Deutschland wurde für Hexachlorbenzol und Hexachlorbutadien eine Umweltqualitätsnorm für Wasser abgeleitet, für Quecksilber aber aufgrund methodischer Probleme nicht.

6 Ziele und Handlungsanforderungen im Zusammenhang mit einer Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit

Kernaussagen:

- Ziele und Handlungsanforderungen im Zusammenhang mit einer Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit bedürfen adäquater gewässertypspezifischer Referenzbedingungen bzw. Zielzustände.
- Eine Verknüpfung von verkehrlichen und WRRL-bezogenen Zielstellungen ist möglich.
- Eine Verletzung von WRRL-Zielen durch Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit ist nicht zulässig.
- Um die verschiedenen Aspekte zusammenzuführen und weitere Risiken zu behandeln, ist ein Abwägungs- und Planungsprozess erforderlich.
- Zur Vermeidung von negativen Auswirkungen ist eine Vorbewertung von Maßnahmen zur Herstellung der Sedimentdurchgängigkeit im Einzelfall erforderlich. Es sollen nur Maßnahmen in Betracht gezogen werden, von denen keine absehbaren Schädigungen wie z. B. die Remobilisierung von Schadstoffen (Verletzung von WRRL-Zielen), Schädigungen von Arten (z. B. von empfindlichen Larven, Jungtieren durch unangemessenen Zeitpunkt) oder die schädigende Abdeckung von hochwertigen Strukturen mit Feinsedimenten (z. B. von Kiesbänken) ausgehen.

Die Ziele und Handlungsanforderungen, an denen sich Maßnahmen zur Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit ausrichten, müssen das Verbesserungsgebot bzw. Verschlechterungsverbot der WRRL beachten. Um beurteilen zu können, ob eine Verbesserung oder Verschlechterung vorliegt und in welche Zielrichtung ein Gewässer z. B. zu pflegen oder zu entwickeln ist, bedarf es zuvor einer klaren Definition der gewässertypspezifischen Vergleichszustände und des gewässertypspezifischen Zielzustandes. Es gilt also für die Beurteilung einer Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit zu berücksichtigen, welche Leitbild-Begriffe den Gewässertypen mit ihren verschiedenen Einstufungen (natürlich, erheblich verändert und künstlich) zugrunde liegen und wie der gewässertypische Zielzustand abgeleitet wird.

Daher wird im Folgenden die Entstehung des Leitbildbegriffes für natürliche Systeme sowie seine Übereinstimmungen bzw. Abgrenzungen gegenüber weiteren Begriffen wie Referenzbedingungen, sehr guter ökologischer Zustand und damit auch den Zielzuständen gemäß WRRL (= guter ökologischer Zustand und gutes ökologisches Potenzial) näher beschrieben und definiert.

6.1 Natürliches System (Leitbild, heutiger potenziell natürlicher Gewässerzustand, gewässertypspezifische Referenzbedingungen, sehr guter ökologischer Zustand)

Friedrich (1992) beschreibt als Leitbild den heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustand (hpnG) (in Anlehnung an den Begriff der heutigen potenziell natürlichen Vegetation nach Tüxen (1956)), der sich nach Herausnahme jeglicher Verbauungen sowie Auflassung sämtlicher anthropogener Nutzungen im und am Fließgewässer und seiner Aue sowie im gesam-

ten Einzugsgebiet unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen einstellen würde. Das Leitbild entspricht also keinem „ursprünglichen“ Zustand von vor Jahrtausenden oder Jahrhunderten, sondern besitzt einen aktualistischen Ansatz (Friedrich 1992; LAWA 1998; Quick 2004). Es orientiert sich am gegenwärtigen Wissensstand über die natürlichen Funktionen eines Gewässerökosystems entsprechend dem heutigen Naturpotenzial (LAWA 1998, 1999). Das Leitbild illustriert dabei ein dynamisches Klimaxstadium, in dem sich der Naturhaushalt weitgehend von anthropogenen Eingriffen regenerieren konnte. Weitgehend nur deshalb, da das Leitbild definierte irreversible Veränderungen der naturräumlichen Rahmenbedingungen impliziert, die die Ausprägung des hpnG bestimmen können. Hierzu gehören z. B. die Auenlehmsedimentation, die modifizierte Nährstoffsituation, bergbaulich induzierte Reliefveränderungen, Sohleintiefungen bei Erreichen leicht erodierbarer Substrate (Bsp. Tertiär) oder die Mineralisierung organischer Böden.

Das Leitbild des hpnG stellt ein maximal mögliches Sanierungsziel dar, bei dem sozio-ökonomische Beschränkungen außer Acht gelassen werden, ebenso bleiben Kosten-Nutzen-Betrachtungen unberücksichtigt (LAWA 1995). In der Praxis fungiert es als Bewertungsmaßstab, da es den Idealzustand skizziert. Von ihm werden die weiteren Bewertungsklassenspannweiten durch Abweichungsgrade vom Leitbild festgelegt (LUA NRW 1998; Quick 2004; LAWA 2015).

Der Begriff des Leitbildes wurde in Deutschland bereits vor der WRRL eingeführt. Der Begriff Referenzbedingungen stammt aus der WRRL und bezeichnet den sehr guten ökologischen Zustand. Das Leitbild ist in Deutschland mit den gewässertypspezifischen Referenzbedingungen bzw. dem sehr guten ökologischen Zustand gleichgesetzt (LANUV NRW 2012; LAWA 2015).

Die sich je nach Fließgewässertyp speziell unter diesen genannten Verhältnissen (Herausnehmen von Verbauungen und Auflassung anthropogener Nutzung) einstellende Sedimentdurchgängigkeit würde damit dem Leitbildzustand eines heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustands entsprechen. Es wird also kein ursprünglicher, weit früher vorherrschender Zustand (z. B. Mittelalter oder früher) als Leitbild bzw. sehr guter ökologischer Zustand herangezogen (vgl. Vorbemerkung). An die Durchgängigkeit eines Flusses im sehr guten Zustand wird damit die Anforderung gestellt, dass diese nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört wird und eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und der Transport von Sedimenten möglich ist.

6.2 Zielzustand gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie nennt als wesentliche Ziele die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung, die Verbesserung des Zustandes und die Erreichung des guten Zustandes bzw. Potenzials der aquatischen Ökosysteme. Je nachdem, ob ein Gewässer als natürlich oder als künstlich bzw. erheblich verändert eingestuft wird, gelten unterschiedliche Umweltziele. Für natürliche Oberflächengewässer war grundsätzlich bis zum 31.12.2015 ein guter Zustand zu erreichen, für als erheblich verändert oder künstlich eingestufte Gewässer das gute ökologische Potenzial. Die WRRL eröffnet – wie in Kapitel 2 erläutert – die Möglichkeit, die Frist zur Zielerreichung zu verlängern oder weniger strenge Umweltziele festzulegen.

Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial eines Wasserkörpers werden (wie auch die einzelnen Qualitätskomponenten) in fünf bzw. vier Zustandsklassen eingeteilt (sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend und schlecht; beim Potenzial: gut und besser, mäßig, unbefriedigend und schlecht). Nach der „one out all out“-Regel bestimmt sich der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial eines Wasserkörpers nach der Bewertung der schlechtesten relevanten Qualitätskomponente.

Abbildung 16 zeigt die Bundeswasserstraßen mit ihren Ausweisungen als natürliche oder erheblich verändert und künstlich ausgewiesene Gewässer. Es gilt zu beachten, dass sich im Zuge der derzeit vorliegenden Entwürfe der Bewirtschaftungspläne für den zweiten Bewirtschaftungszyklus die Ausweisungen lokal verändert haben können (Bsp. UHW unterhalb Bahnitz).

Guter ökologischer Zustand

Vom sehr guten ökologischen Zustand (sgöZ, Leitbild s. o.) leitet sich gemäß WRRL der gute ökologische Zustand (göZ) als Zielvorgabe für natürliche Gewässer ab. Für die Zielerreichung nach WRRL und OGewV muss in natürlichen Gewässern die Durchgängigkeit die Bedingungen ermöglichen, unter denen die biologischen Qualitätskomponenten den guten ökologischen Zustand erreichen können.

Für Bundeswasserstraßen, die als natürliche Gewässer ausgewiesen wurden, gilt daher als Zielzustand der göZ. Beispielsweise wurden Fulda, Werra, Leine und Abschnitte der Havel als natürliche Gewässer ausgewiesen (s. Abbildung 16), obwohl sie Querbauwerke besitzen.

Gutes ökologisches Potenzial

Für als erheblich verändert und künstlich ausgewiesene Gewässer gilt das gute ökologische Potenzial (göP) als Zielzustand, das sich vom höchsten ökologischen Potenzial (höP) ableitet. Das höP wird dann erreicht, wenn alle hydromorphologischen Verbesserungsmaßnahmen ausgeführt sind (Umsetzung aller technisch machbaren Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung eines Wasserkörpers), die keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Nutzungen nach Artikel 4 Abs. 3 haben (LAWA 2012, 2015). Die diesen hydromorphologischen Bedingungen entsprechenden Werte der biologischen Qualitätskomponenten bestimmen das höP. Für die Zielerreichung nach WRRL und OGewV muss die Durchgängigkeit die Bedingungen ermöglichen, unter denen die biologischen Qualitätskomponenten das gute ökologische Potenzial erreichen können (s. o.). Das göP darf in den biologischen Werten nur geringfügig vom höP abweichen (LAWA 2012, 2015).

Wenn die zum Erreichen eines guten ökologischen Zustandes erforderlichen Änderungen der hydromorphologischen Merkmale dieses Wasserkörpers signifikant negative Auswirkungen auf die nach Artikel 4 Abs. 3 WRRL spezifizierten Nutzungen hätte, kann ein Oberflächenwasserkörper als erheblich verändert ausgewiesen werden. Damit gilt für ihn das göP als Zielzustand. Zu diesen Nutzungen zählt z. B. die Schifffahrt (LAWA 2012). Die Definition und Beurteilung der Signifikanz wurde im Rahmen der LAWA (2015) nicht abschließend bearbeitet: Es wurde für die Herleitung von Maßnahmen eine funktionale Definition verwendet, um die Maßnahmenauswahl begründbar zu machen. Diese indirekte, rein funktionale Definition der Signifikanz über Maßnahmen, die keine signifikante Beeinträchtigung der Nutzung bewirken, bezieht sich hinsichtlich der Schifffahrt als Nutzung nach Art. 4 Abs. 3 WRRL auf die Kriterien „Schiffbare Tage“ sowie „Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt“. Hier liegt keine signifikante Beeinträchtigung bei Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen

vor, durch deren Umsetzung die Anzahl der schiffbaren Tage und die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt nicht beeinträchtigt wird (LAWA 2012).

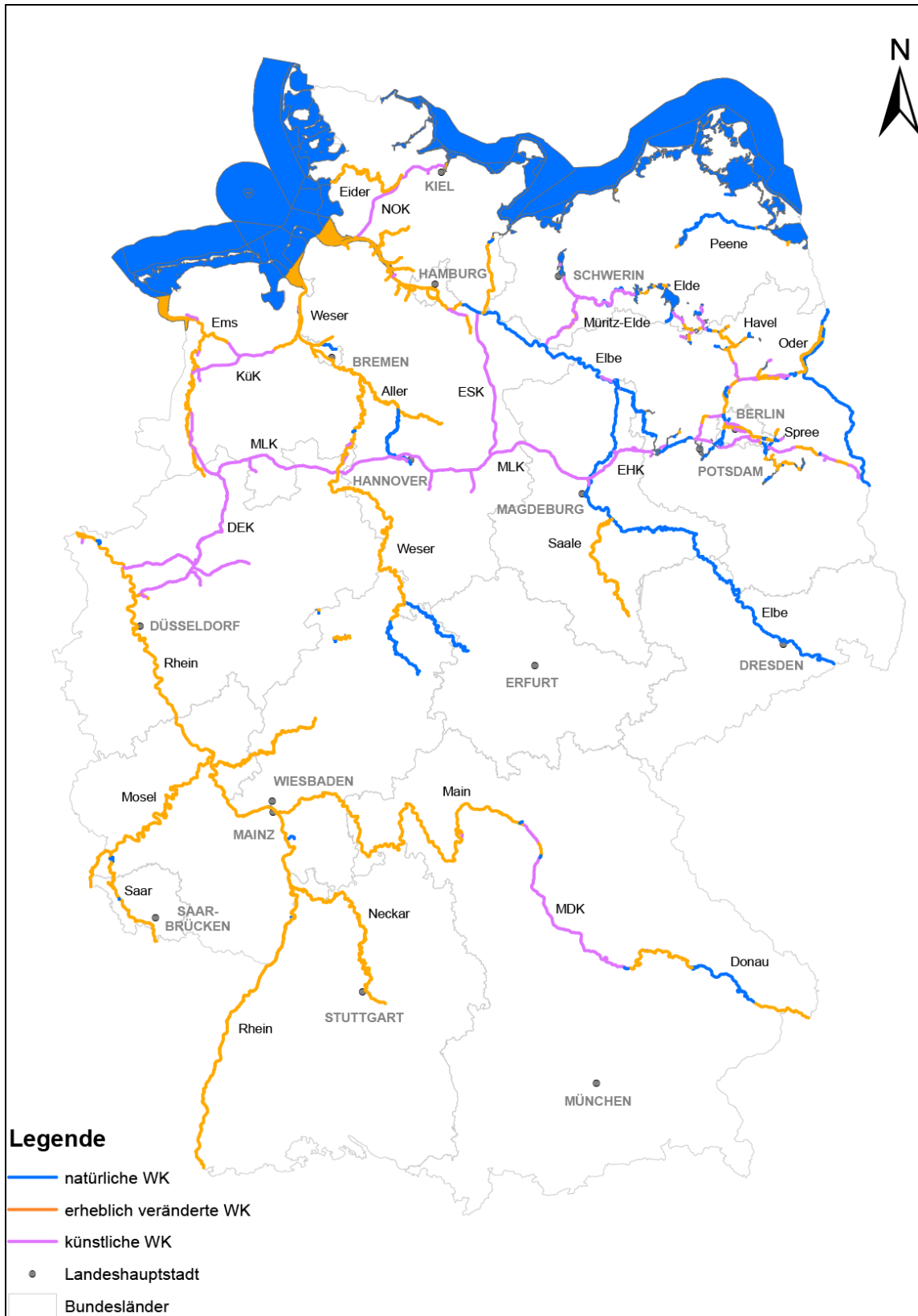


Abbildung 16 Bundeswasserstraßen und ihre Ausweisung als natürliche, erheblich veränderte und künstliche Gewässer (WK = Wasserkörper) (Quelle: Cron et al. 2014, 2015)

Bei erheblich veränderten Gewässern werden daher nicht die gewässertypspezifischen Referenzbedingungen (s. o., göZ) als Bewertungsmaßstab genommen, sondern das Bewirtschaftungsziel wird über hydromorphologische Maßnahmen (s. a. LAWA-Maßnahmenkatalog⁸) und die daraus resultierenden biologischen Werte abgeleitet (LAWA 2012, 2015). Für jeden Gewässertyp sind nach WRRL und OGewV die typspezifischen Referenzbedingungen festzulegen, die dem sehr guten ökologischen Zustand entsprechen. Das höchste ökologische Potenzial ist im Einzelfall aus den Referenzbedingungen des Gewässertyps abzuleiten, dem der künstliche oder erheblich veränderte Oberflächenwasserkörper am ähnlichsten ist. Zur Einstufung des ökologischen Potenzials von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern werden daher die Qualitätskomponenten derjenigen Gewässerkategorie herangezogen, die dem betreffenden Wasserkörper am ähnlichsten ist (LAWA 2012).

Verschiedene Arbeiten beschäftigen sich aus hydromorphologischer Sicht mit dem Zielzustand zum Sedimenthaushalt und zur Sedimentdurchgängigkeit als solchem. Eine Zusammenstellung exemplarischer Arbeiten findet sich im Anhang 5.

Guter chemischer Zustand

Sowohl für natürliche als auch erheblich verändert und künstlich ausgewiesene Gewässer gilt nach WRRL ebenso der gute chemische Zustand (gcZ) als Zielzustand. Der gute chemische Zustand gilt als eingehalten bzw. erreicht, wenn keine Umweltqualitätsnorm eines prioritären oder prioritär gefährlichen Stoffes überschritten ist.

6.3 Zielzustand aus Sicht der WSV

6.3.1 Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt (nautisch)

Nach § 8 Abs.1 WaStrG erstreckt sich die Unterhaltungsverpflichtung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung an den Bundeswasserstraßen auf die Erhaltung eines ordnungsgemäßen Zustandes für den verkehrsbezogenen Wasserabfluss und die Erhaltung der Schifffahrt.

Sedimentablagerungen verringern die Wassertiefe und damit die Abladetiefe. Während Ablagerungen im Oberwasser einer Staustufe mit ohnehin übergroßen Wassertiefen für die Schifffahrt in der Regel unproblematisch sind, behindern Ablagerungen im Unterwasser die Schifffahrt erheblich. Für die Schifffahrt sind also Sedimente, die sich aufgrund der fehlenden Sedimentdurchgängigkeit des Wehres vor dem Wehr ablagern, in erster Linie kein Hindernis. Erst wenn diese Sedimente durch Hochwasser und Ziehen bzw. Legen des Wehrverschlusses mobilisiert werden und sich in strömungsberuhigten Bereichen unterhalb der Staustufe ablagern, werden sie zum Schifffahrtshindernis.

An mehrachsigen Stauanlagen gibt es unterhalb der Wehre lange Wehr- bzw. Altarme, die von der Sportschifffahrt genutzt werden, weil hier keine Großschifffahrt stattfindet. Aufgrund

⁸ http://www.fgg-elbe.de/eg-wrrl/bewirtschaftungsplan-2015/umweltberichtmassnahmenprogramm-2015.html?file=tl_files/Downloads/EG_WRRL/anh/ub-mnp/2015/MNP_Elbe_Anhang_M1.pdf

der meist geringen Wassertiefen in diesen Bereichen würde bei Sedimentdurchgängigkeit durch das Wehr die Sportschifffahrt durch Sedimenteintrag und fortlaufende Sedimentumlagerungen erschwert bis unmöglich gemacht.

An Querschnittsaufweitungen des Gewässerbetts lagern sich nach Hochwässern Sedimente ab, die ebenfalls eine Behinderung der Schifffahrt darstellen können. Neben den natürlich vorhandenen Querschnittsaufweitungen eines Flusses, z. B. an Krümmungen, sind dies auch künstliche für die Schifffahrt angelegte wie der Übergang von nicht schiffbaren zu schiffbaren Flussabschnitten mit definiertem Fahrrinnenkasten oder im Bereich von Schleusenkanälen, Hafenanlagen und Kurvenaufweitungen.

Aus Sicht der Unterhaltung für die Schifffahrt hat das Sedimentmanagement zum Ziel,

- entweder keine Ablagerungen entstehen zu lassen
 - o durch Verhinderung/Beseitigung der Einträge in den Fluss bzw.
 - o durch kontinuierliche Weitergabe der Sedimente,
- Ablagerungen in Bereiche außerhalb der Fahrrinne oder in Übertiefen zu lenken, wo sie kein Schifffahrtshindernis mehr darstellen sowie
- Erosion im Umfeld fester Schwellen (anstehender Fels, Hafeneinfahrten etc.) zu begrenzen.

6.3.2 Bauwerkssicherheit

An nicht durchgehend stauregulierten Gewässern bzw. am Ende einer jeweiligen Staukette kann als Folge einer nicht gegebenen Sedimentdurchgängigkeit und in Abhängigkeit von Sohlbeschaffenheit und Strömungssituation im Unterwasser der Bauwerke eine fortschreitende Erosion (Erosionskeil) eintreten. Aufgrund des bauwerksbedingten Sedimentrückhaltes und des sich unterhalb der Staustufe einstellenden Sedimentdefizites ist die Bauwerkssicherheit damit auch über große Bereiche potenziell gefährdet. Hieraus können sich für die WSV unmittelbare Handlungserfordernisse, z. B. in Form einer gezielten Geschiebezugabe, ergeben.

Eine ausreichende Sedimentverfügbarkeit aus dem Flusseinzugsgebiet bei regeltem Sedimentdurchtransport hat an freifließenden Flussabschnitten eine besondere Bedeutung für die Gewährleistung der Standsicherheit der am und im Gewässer befindlichen Regelbauwerke (Buhnen, Deckwerke, etc.) aber auch anderer am Gewässer befindlicher Bauwerke, wie z. B. Brücken (hier die Brückenpfeiler im Strom), Ufermauern, Uferbefestigungen (z. B. Spundwände) und Düker. Wird nicht ausreichend Sediment aus dem Einzugsgebiet geliefert, kann dies für die davon betroffenen Strecken, als Folge eines sich einstellenden Sedimentdefizites, zu großräumiger Tiefenerosion führen. Im Ergebnis können die Gründungen der Bauwerke ihre Standsicherheit verlieren. In Abhängigkeit der jeweiligen Ursachen sind hier zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf die Standsicherheit der Bauwerke Maßnahmen zu ergreifen bzw. durch die Gewährleistung einer geregelten Sedimentzufuhr aus dem Einzugsgebiet einem möglichen Sedimentdefizit vorzubeugen.

6.3.3 Aspekte der Wasserwirtschaft (z. B. Freiborde, WaWi Unterhaltung)

Bezogen auf wasserwirtschaftliche Aspekte unterliegt der Bund, vertreten durch die WSV, als Eigentümer der Bundeswasserstraßen aufgrund von § 4 Abs. 1 Satz 2 i. V. m. § 40 Abs. 1 Satz 1 WHG der Pflicht zur wasserwirtschaftlichen Unterhaltung. Inhalt und Ziele der wasserwirtschaftlichen Unterhaltung leiten sich aus § 39 WHG und dem Wassergesetz des jeweiligen Landes ab. Hierbei ergeben sich allgemein folgende wasserwirtschaftliche Ziele:

- Erhaltung des Gewässerbetts
- Erhaltung der Ufer
- Erhaltung der Schiffbarkeit
- Erhaltung und Förderung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Gewässers
- Erhaltung der wasserwirtschaftlichen Funktionsfähigkeit des Gewässers, insbesondere hinsichtlich der Abführung oder Rückhaltung von Wasser, Geschiebe, Schwebstoffen und Eis

Dabei sind Unterhaltungsmaßnahmen an den Bewirtschaftungszielen der WRRL sowie den einschlägigen Maßnahmenprogrammen auszurichten; die Zielerreichung darf nicht gefährdet werden. Mit Blick auf eine geänderte Sedimentdurchgängigkeit können verschiedene Aspekte eine Rolle spielen. Eine Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit könnte dabei die Zielerreichung der WRRL unterstützen (z. B. Schaffung gewässertypspezifischer Habitate), aber auch verschlechtern (z. B. Überdeckung von gewässertypspezifischen Standorten mit nicht gewässertypspezifischen Substraten). Bei sachgemäßer Planung besteht keine prinzipielle Gefahr negativer Auswirkungen. Untersuchungen der BfG (Schmidt et al., 2007) an der Binnenelbe und am Main zur Makrozoobenthosbesiedlung im Zusammenhang mit Sedimentumlagerungen konnten zeigen, dass sowohl in den Bagger- als auch den Umlagerungsbereichen nach einer gewissen Zeit der Wiederbesiedlung keine Unterschiede zum Ausgangszustand erkennbar waren.

Sedimentablagerungen in Stauräumen führen zu einer lokalen Verringerung des Abflussquerschnittes. Hierdurch kann es zur schnelleren Ausuferung des Gewässers bei gesteigerten Abflussverhältnissen bzw. einer unzulässigen Verringerung des Freibords an seitlich angrenzenden Dämmen oder Deichen kommen, so dass nur noch ein verminderter Schutz vor Hochwasser vorliegt. Dieser Tendenz wird in der Regel durch regelmäßige Sedimententnahmen oder -umlagerungen begegnet.

Wie bereits unter dem Aspekt Bauwerkssicherheit beschrieben, kann sich zudem bei unzureichender Sedimentdurchgängigkeit einer Stauanlage unterhalb davon ein Sedimentdefizit einstellen und zu einer fortschreitenden Erosion führen. Eignet sich dabei vor allem eine Tiefenerosion, sinkt mit der Sohle zugleich auch der Wasserspiegel im Fließgewässer und damit die Überflutungshäufigkeit der Vorländer ab. Die seitlichen Grundwasserstände, die mit dem Vorfluter korrespondieren, erfahren dadurch ebenfalls einen Absink mit negativen Konsequenzen für die Auenvegetation.

Im freifließenden Bereich wird im Hochwasserfall Sediment aus dem Hauptfließquerschnitt auf die Vorländer ausgetragen, dort abgelagert und bildet sogenannte Uferrehnen. In natürlichen Gewässern bewegt sich der Fluss durch horizontale Erosion an den Ufern auch in Querrichtung und trägt auf diese Weise die entstandenen Uferrehnen wieder ab. Die Fixierung der Ufer führt dazu, dass es zu keiner Seitenerosion mehr kommt und in der Folge

werden die Uferrehnen nicht mehr abgebaut. Dadurch kann der Fluss erst bei höheren Abflüssen ausufern. Damit verbunden sind höhere Sohlschubspannungen auf die Sohle und eine verstärkte Tendenz zur Erosion. Beispielsweise wurden im Bereich der Isarmündung in die Donau im Uferbereich Rehnen mit 2 bis 3 Meter Höhe festgestellt und mussten teilweise mit technischem Gerät entfernt werden. Durch die Ablagerungen auf dem Vorland können Hochwasserstände ansteigen und damit der Hochwasserschutz verringert sein.

6.4 Risiken für WRRL-Ziele, die mit der Sedimentdurchgängigkeit verbunden sind

Damit Maßnahmen zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit den Zielen nach WRRL genügen, müssen die mit ihr im Einzelfall verbundenen Risiken bekannt sein. Erst dann lässt sich in einer planerischen Abwägung ermitteln, ob die ggf. notwendigen Verbesserungen im Sinne der WRRL / WHG erwartet werden können. Im Folgenden beispielhaft genannte Risiken können die Zielerreichung gefährden und sind im Einzelfall zu betrachten:

1. Es kann nur eine geringfügige Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit erreicht werden, welche voraussichtlich keinen messbar positiven Effekt auf die Erreichung von WRRL-Zielen entfalten kann.
2. Die Sedimentdurchgängigkeit lässt sich maßgeblich verbessern, aber eine Zielerreichung kann aufgrund anderer Rahmenbedingungen wie z. B. Schad- und Nährstoffbelastung nicht herbeigeführt werden, solange diese Einflüsse bestehen.
3. Mit der Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit können Sedimente mobilisiert werden, welche aufgrund von Schadstoffbelastungen (insbesondere prioritäre und prioritär gefährliche Stoffe) geeignet sind, andernorts WRRL-Ziele zu gefährden.
4. Der Anteil an Feinsedimenten (auch unbelastete) ist derart hoch, dass trotz sorgfältiger Planung zu besorgen ist, dass andernorts morphologisch hochwertige Strukturen überdeckt werden und zu Zielkonflikten mit der WRRL führen.
5. Der Unterhaltungsaufwand ist sehr hoch und steht in keinem Verhältnis mit der zu erwartenden Verbesserung auf dem Weg der Erreichung von WRRL-Zielen.

Mit Kenntnis der Risiken werden im Folgenden vier Szenarien zu denkbaren Sedimentdurchgängigkeitsmaßnahmen beschrieben. Dabei werden nur solche Szenarien betrachtet, von denen nach einer Vorprüfung und Vorplanung absehbare Schädigungen wie die Remobilisierung von Schadstoffen (Verletzung von WRRL-Zielen), Schädigungen von Arten (z. B. von empfindlichen Larven oder Jungtieren durch unangemessenen Zeitpunkt) oder die schädigende Abdeckung von hochwertigen Strukturen (z. B. von Kiesbänken) mit Feinsedimenten ausgeschlossen sind. In diesen Fällen müssten stoffliche Belastungen durch die dafür zuständigen Institutionen zunächst saniert oder dem übermäßigen Feinsedimenteintrag aus dem Einzugsgebiet zuvor begegnet werden.

#	Szenariobeschreibung	Wirkungen auf		Bemerkungen
		Quantität und Hydromorphologie	Biologie / Öko- logie	
1	Erhöhung der Sediment- durchgängigkeit eines Querbauwerkes einer einzelnen Stauanlage oder der untersten Stau- anlage einer Kaskade (vollständiges Spektrum der dem Gewässertyp entsprechenden Korn- größenverteilung)	Begegnung der Rückhaltung und Klassierung in der Staustrecke; Be- gegnung einer sich unterstrom einstel- lenden Tiefenero- sion	Verbesserung des unterstro- migen Sedi- mentdargebotes zur Ausbildung gewässertyp- spezifischer dynamischer und lagestabiler Besiedlungs- strukturen mit typischen (be- wertungsrele- vanten) Arten. Begegnung des GW-Absunks in der Aue infolge der Tiefenerosi- on	WSV: Verringerung von Unterhaltungs- kosten (Baggerung im Staubereich, Geschiebezugabe unterstrom), ggf. jedoch erhöhter Aufwand im Bereich von Fehlstellen unterstrom Bundesländer: bei übermäßiger Fein- kornfracht aus dem Einzugsgebiet sind Maßnahmen zur Erosionsbekämp- fung z. B. an Acker- flächen erforderlich. Damit sich eine ökologische Verbes- serung unterstrom einstellen kann, muss der Raum für die Ausbildung lage- stabiler und dynami- scher Strukturen vorhanden sein

#	Szenariobeschreibung	Wirkungen auf		Bemerkungen
		Quantität und Hydromorphologie	Biologie / Öko- logie	
2	Verbesserung des Durchtransportes feiner Sedimente	Begegnung der Überlagerung hochwertiger Struk- turen in den Stau- strecken, partieller Ausgleich (Feinsedimentan- teil) von Sediment- defiziten unter- strom	Verbesserung der Besied- lungsfähigkeit grobkörniger Strukturen in der Staustrecke	WSV: Verringerung der Baggerkosten von Feinsediment- ablagerungen im Oberwasser, ggf. jedoch erhöhter Unterhaltungsauf- wand unterstrom Bundesländer: bei übermäßiger Fein- kornfracht aus dem EZG sind Maßnah- men zur Erosions- bekämpfung z. B. an Ackerflächen erfor- derlich
3	Verbesserung des An- gebotes gewässertypi- scher Siedlungsstruktu- ren innerhalb von Stau- strecken	Keine echte Ver- besserung des Sedimentdurch- transportes (nur lokale Remobilisie- rung von Feinsedimenten) „Permanente“ Bereitstellung hochwertiger mor- phologischer Struk- turen	Bereitstellung und Verbesse- rung grobkörni- ger Strukturen in der Staustrecke. Verbesserung der Besiedlung und ggf. der Durchgängigkeit der Staustrecke mit typischen (bewertungsre- levanten) Arten	WSV: zusätzlicher Unterhaltungsauf- wand i. d. R. ohne Verkehrsbezug. Bundesländer: bei übermäßiger Fein- kornfracht aus dem EZG sind Maßnah- men zur Erosions- bekämpfung z. B. an Ackerflächen erfor- derlich

#	Szenariobeschreibung	Wirkungen auf		Bemerkungen
		Quantität und Hydromorphologie	Biologie / Öko- logie	
4	Saisonale Staulegung	Vor allem bei längerer Staulegung (z. B. im Winter) lassen sich Sedimente nicht nur im Bereich der Stauanlage, sondern auch aus der Staustrecke transportieren.	Zeitweise Wiederherstellung der gewässertypspezifischen Korngrößenverteilung. Je nach Dauer teilweise Wiederbesiedlung im Staukörper mit typspezifischen Arten möglich. Synergien wegen simultaner Effekte auf die hydrologischen Verhältnisse. Hoher Wirkungsgrad	Maßnahme i.d.R. nur an nicht genutzten Wasserstraßen möglich. Im Idealfall kann eine dauerhafte Staulegung zur Umkehr nahezu aller negativen Effekte führen. Insbesondere in begradigten Strecken besteht Erosionsgefahr.

7 Möglichkeiten zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit

Kernaussagen:

- Eine vollumfängliche Sedimentdurchgängigkeit ist nur durch Rückbau von Stauanlagen bzw. mit einem sehr hohen Aufwand zu erreichen.
- Unter Beibehaltung der vorhandenen Nutzungen sind der Umsetzbarkeit von Maßnahmen zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit deutliche Grenzen gesetzt.
- Der reine Bauwerksbezug greift für die Beurteilung der Auswirkungen veränderter Sedimentdurchgängigkeit zu kurz. Großräumige Aspekte spielen bei einer langzeitlichen Betrachtung eine wesentliche Rolle.
- Es gibt Maßnahmen zur sedimentologischen/hydromorphologischen Habitatverbesserung, ohne dass eine deutliche Erhöhung des Sedimenttransports notwendig ist.
- Zur Vermeidung von negativen Auswirkungen ist eine Vorbewertung von Maßnahmen zur Herstellung der Sedimentdurchgängigkeit im Einzelfall erforderlich.
- Änderungen in der Hydromorphologie und Ökologie wirken sich häufig erst über lange Zeiträume aus und finden sich nicht direkt in veränderten Bewertungsergebnissen wieder. Die Vorbewertung von Maßnahmen wird dadurch erschwert, dass absolute Veränderungen nicht zuverlässig prognostizierbar sind.
- Die Situation im Einzugsgebiet prägt die Wirkung und damit Effizienz von Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit wesentlich mit.
- Ggf. notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit müssen in ein integrales Sedimentmanagement eingebettet werden.

7.1 Potenzielle Maßnahmen

Maßnahmen, die sich auf den Sedimenthaushalt auswirken, wie z. B. Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit, müssen innerhalb eines ausgewiesenen Wasserkörpers eines entsprechenden Gewässertyps über das gesamte Fließgewässerkontinuum hinweg betrachtet werden. Auswirkungen werden sowohl am Ort der Maßnahme (Lebensraum für Sedimentbewohner) als auch nach unterstrom z. B. durch Schad- und Nährstoffaustrag, Sauerstoffzehrung, Folgen für die Wasserwirtschaft wie den Hochwasserschutz oder die Gewässerunterhaltung oder Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt wirksam. Numerische Modelle können die Abschätzung der Auswirkung von Maßnahmen unterstützen. Prognosen absoluter Systemveränderungen, vor allem langfristiger Auswirkungen, mit den heute verfügbaren Modellierungsansätzen sind jedoch mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Grundsätzlich sind Maßnahmen außerhalb der Bundeswasserstraßen bzw. außerhalb des Gewässerbetts, insbesondere auch in den Oberläufen und in den Nebenflüssen, von großer Bedeutung für die Gestaltung und den möglichen Erfolg von Maßnahmen zum Sedimentmanagement bzw. zur Sedimentdurchgängigkeit in den Bundeswasserstraßen. Maßnahmen an den Stauanlagen an den Bundeswasserstraßen müssen die durch sie bedingten Randbedingungen berücksichtigen.

7.1.1 Maßnahmen außerhalb des Gewässerbetts der Bundeswasserstraßen und im Einzugsgebiet

Neben Maßnahmenoptionen zur Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit in den Bundeswasserstraßen existieren auch Maßnahmenmöglichkeiten außerhalb des unmittelbaren Gewässerbettes der Bundeswasserstraßen, die für die Sedimentdurchgängigkeit von Relevanz sind. Zu ihnen gehören z. B. Uferentsiegelungen, Renaturierungen von Gewässerabschnitten im Einzugsgebiet, Maßnahmen zur Optimierung der Sedimentdurchgängigkeit an Querbauwerken im Einzugsgebiet, Maßnahmen zur Verringerung vor allem des Feinsedimenteintrages in die Gewässer durch Bodenerosion im Einzugsgebiet usw. Diese Beispiele können die Durchgängigkeit von Sedimenten in Bundeswasserstraßen unmittelbar mit beeinflussen, sind jedoch nicht Gegenstand der Betrachtungen im Rahmen dieser Metastudie.

7.1.2 Überblick über Maßnahmen an den Stauanlagen

Die Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit als eigenständiges Ziel und damit als konkretes Fachthema hatte in der fachwissenschaftlichen Literatur bisher keine größere Relevanz. Mögliche Maßnahmen lassen sich jedoch im Zusammenhang mit der Aufgabe von Stauanlagen (USBR, 2006) sowie der Staupraumentlandung (Fan & Morris, 1992a und 1992b; DWA, 2006; USBR, 2006; Kondolf et al., 2014) identifizieren. Insbesondere bei der Staupraumentlandung liegt der Fokus jedoch, im Gegensatz zur Sedimentdurchgängigkeit, auf der Verbesserung der Staupraumnutzung. Aufgrund dieser Zielabweichung sind nicht alle Maßnahmen, die einem Rückbau von Stauräumen oder einer Entlandung von Stauräumen dienen, der Erreichung der Ziele der WRRL, wie sie im Rahmen der vorliegenden Thematik betrachtet werden, dienlich.

Grundsätzlich lassen sich Maßnahmenoptionen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit grundlegenden Kategorien zuordnen:

- Aufgabe und vollständiger oder Teil-Rückbau der Stauanlage
- Sedimententnahmen und externe Verbringung oder Umlagerung nach unterstrom oder innerhalb eines Staupraums (Beräumung, Dynamisierung im Staupraum, Mechanische Umlagerung nach unterstrom oder Bypässe)
- Verbesserung des hydrodynamischen Transports von ankommenden Sedimenten durch den Staupraum (Durchschleusung von Sediment, Staupraumspülungen, Herstellung von Initialrinnen im Staupraum oder flussbauliche Regelungsmaßnahmen)
- Bauliche Anpassungen im Wehrbereich (Wahl günstiger Verschlusstypen oder Installation von Spülrinnen)
- Sedimentzugabe zum Ausgleich von Sedimentdefizit unterhalb einer Staustufe (bzw. weiter stromab in tieferenerosionsgeprägten Bereichen). Dabei handelt es sich nicht um eine echte Herstellung der Durchgängigkeit, aber um die Nachbildung der Auswirkungen einer Durchgängigkeit im Unterwasser und der Bereitstellung damit verbundenen Funktionen.

Steckbriefe zu den einzelnen Maßnahmen der genannten Kategorien finden sich in Anlage 6.

Wesentliche Faktoren für die erzielbare Wirkung (ökologisch und verkehrlich) von Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit und deren konkrete Gestaltung sind

das Sedimentdargebot hinsichtlich Korngrößen und Sedimentmengen, die Hydrologie des Gewässers, die Geometrie des Stauraums hinsichtlich Länge, Breite und Gefälleverhältnissen und die langfristige oder auch ereignisbezogene Flexibilität in Bezug auf die Stauzielregelung.

7.2 Möglichkeiten zur Vorbewertung von Maßnahmen

In einer Vorprüfung sollten Maßnahmen zum einen auf die mögliche Zielerreichung (hier die Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit für die Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials), zum anderen auf potenziell mit der Maßnahme verbundene Risiken bzw. Betroffenheiten untersucht werden. Eine mögliche Vorbewertung von Maßnahmen, welche anlagen- und standortspezifisch die Auswahl einer oder mehrerer Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit erleichtern kann, sollte anhand einer strukturierten Vorgehensweise erfolgen und mindestens die Aspekte der nachfolgenden Kapitel behandeln:

- Quantität des transportierten Sediments
- Hydromorphologie
- Chemische Qualität und Wirkungen
- Ökologie

Betroffenheiten werden außerdem in Kapitel 8 betrachtet.

7.2.1 Quantität des transportierten Sediments

Basis für eine quantitative Erhöhung des Sedimenttransports sind gegenüber dem gestauten Zustand erhöhte Schubspannungen. Hydraulisch sind diese durch höhere Fließgeschwindigkeiten bedingt, die durch Stauzielabsenkungen im Hochwasserfall, hier bieten Wehre mit einer größeren Fallhöhe mehr Potenzial, und/oder Strömungskonzentration erreicht werden. Letztere werden vor allem durch Bauwerke wie Buhnen oder Parallelwerke sowie Initialbaggerungen erreicht. Abhängig vom Dargebot lassen sich vor allem feinere Lockersedimente transportieren. Kohäsives Material kann jedoch einen relativ hohen Widerstand gegen Erosion entwickeln. Vor allem in freifließenden Strecken ist zu bewerten, ob ein Sedimentdefizit vorliegt. In defizitären Bereichen kann das Dargebot an transportierbaren Sedimenten durch Zugaben erhöht werden.

7.2.2 Hydromorphologie

Eine Vorbewertung von möglichen Maßnahmen kann für die Hydromorphologie mit Hilfe hydromorphologischer Indikatoren mittels der Methoden des INFORM-Moduls Valmorph erfolgen (Rosenzweig et al. 2012). Hierzu ist jeweils der Vergleichszustand (vgl. Kapitel 6.1 und 6.2), der Ist-Zustand sowie der Prognosezustand (nach Umsetzung z. B. einer konkreten Maßnahme zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit) der Indikatoren zu ermitteln. Eine Bewertung erfolgt für den Ist- und den Prognosezustand durch den Abgleich mit dem jeweiligen Vergleichs-Zustand. Durch Gegenüberstellung der Wertstufen von Ist- und Prognosezustand wird der Grad der Veränderung durch eine konkrete Maßnahme (in positiver wie negativer Richtung) erkennbar (vgl. BfG 2011; Quick 2012). Im Zuge von Maßnahmen-

planungen können somit Aussagen über zu erwartende Verbesserungen oder Verschlechterungen getroffen werden (Rosenzweig et al. 2012). Da die Sedimentdurchgängigkeit auch die weiteren hydromorphologischen Parameter in ihrer Ausprägung beeinflusst (vgl. FGG Elbe 2013, IKSE 2014), sind unter dem Aspekt Hydromorphologie weitere, über die Sedimentdurchgängigkeit hinausgehende Indikatoren zur Vorbewertung möglicher Maßnahmen zu untersuchen. Ein Mindestindikatorsatz wird durch die WRRL vorgegeben, je nach Maßnahme und Fragestellung werden darüber hinaus ggf. weitere hydromorphologische Indikatoren relevant. Nach WRRL sind dies für Flüsse Abfluss und Abflussdynamik, Verbindung zu Grundwasserkörpern, Durchgängigkeit des Flusses, Tiefen- und Breitenvariation, Struktur und Substrat des Flussbetts und Struktur der Uferzone. Ergänzend können darüber hinaus z. B. Schwebstoffhaushalt oder mittlere Sohlhöhenänderung als hydromorphologische Indikatoren relevant sein (s. z. B. BfG 2011; Rosenzweig et al. 2012).

7.2.3 Chemische Qualität und Wirkungen

Sedimente können bei signifikanten Anteilen feiner Körnung v. a. in anthropogen beeinflussten Bereichen Träger von Schad- und Nährstoffen sein, die die Qualität der Feststoffe prägen (s. auch Kapitel 5.2). Die von den Schadstoffen ausgehende potenzielle Wirkung auf aquatische Lebensgemeinschaften ist maßgebend für die grundsätzliche Entscheidung und für die Auswahl zu ergreifender Maßnahmen und deren Bewertung. Aus dem Sediment- und Bodenkataster der WSV kann der qualitative Zustand der Sedimente/Böden in bzw. an Bundeswasserstraßen entnommen werden (s. Kapitel 5.1).

Bei einer Remobilisierung von Sedimenten können temporär eine erhöhte Trübung und in der Folge durch Sauerstoffdefizite und Lichtmangel eine Verschlechterung der Wasserqualität auftreten. Bei der Remobilisierung von belasteten Sedimenten können auch Schad- und Nährstoffe durch eine Veränderung der chemischen Bedingungen (oxische/anoxische Bedingungen) freigesetzt werden (in Lösung gehen). Eine Wirkung auf aquatische Organismen über die Wasserphase ist möglich. Andererseits können intakte Gewässerböden insbesondere großer Flüsse und Ströme durch die Fähigkeit zur Stickstoffelemination (s. a. Ritz & Fischer, 2015) zur Selbstreinigung hinsichtlich Nährstoffkomponenten beitragen. Kolmation des Lückensystems z. B. in Stauhaltungen schränken diese Leistung allerdings ein. Daher können Verbesserungen in Richtung gewässertypischer Verhältnisse eine Ertüchtigung dieser Leistungen wiederum herbeiführen.

7.2.4 Ökologie

Zur Verbesserung defizitärer ökologischer Verhältnisse stehen zahlreiche morphologische Maßnahmen zur Verfügung und sind im LAWA-Katalog⁹ näher beschrieben. Dabei wird in der Maßnahme Nr. 96 (Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Durchgängigkeit) die Durchgängigkeit an Stauanlagen thematisiert, ohne jedoch explizit die Sedimentdurchgängigkeit zu adressieren. Die Wirkung der im LAWA-Katalog geführten Maßnahmen ist belegt. Es ist unumstritten, dass eine Veränderung der hydromorphologischen Verhältnisse und des Sedimenthaushaltes in Richtung der eines Gewässertyps entsprechenden unbeeinflussten Verhältnisse der Beförderung ökologischer Zielsetzungen dient. Zur Bewertung von Sedimentdurchgängigkeitsmaßnahmen hinsichtlich ökologischer Folgen stehen derzeit aber noch keine anwendungsreifen biologischen Verfahren zur Verfügung. Damit eine Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit auch tatsächlich positive Effekte auf die gewässertypspezifischen Arten entfalten kann, können die für den Idealfall ausgelegten Beschreibungen des hydromorphologischen Zustandes für den höchsten Zustand zugrunde gelegt werden (s. UBA 2014). Diese Idealbedingungen, sofern keine weiteren Belastungen einwirken, sind Voraussetzung für den höchsten ökologischen Zustand bzw. unter Einschränkung für das höchste ökologische Potenzial (vgl. Kapitel 6).

Detaillierkenntnisse der jeweiligen Gewässer sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Planung. Hierzu der Auszug aus CIS-ECOSTAT (2006): *„Der Feststofftransport ist von zentraler Bedeutung. Bei Flüssen, die Feststofffracht führen, muss unbedingt dafür Sorge getragen werden, dass mit den zur Sanierung vorgeschlagenen morphologischen und/oder Zu- und Abflussveränderungen die natürliche Durchgängigkeit für den Feststofftransport des Flusses wiederhergestellt wird. Bei Flüssen, die keine Feststofffracht führen, insbesondere passive (zahlreiche kleinere Flachlandflüsse in Europa), ist der Feststofftransport nur dann relevant, wenn die Veränderungen einen solchen bewirken. Dies zeigt, weshalb Flüsse auf dieselbe Veränderung unterschiedlich reagieren, und es macht das Risiko deutlich, das mit einer einfachen Übernahme von Sanierungsmaßnahmen aus Fallstudien verbunden ist, wenn die Fließgewässer in Art und Größe nicht vergleichbar sind. Die Strömungsdynamik sollte auch deshalb berücksichtigt werden, damit sich die Verbesserungsmaßnahmen im Einklang mit der Typik des Fließgewässers befinden. Es geht im Grunde darum, die Energie der Strömung zu nutzen, um die mit der jeweiligen Art von Fluss verbundene morphologische Variabilität wieder herzustellen. Dies kann durch nicht-bauliche Maßnahmen erzielt werden, möglicherweise aber auch durch Bauwerke, mit deren Hilfe die erforderlichen ökologischen Verbesserungen (guter ökologischer Zustand/gutes ökologisches Potenzial) eingeleitet oder beschleunigt werden oder mit deren Hilfe eine größere lebensräumliche Vielfalt künstlich geschaffen wird. Vor Durchführung dieser Maßnahmen sollte unbedingt dafür Sorge getragen werden, dass sie den Feststofftransport im Gewässerabschnitt nicht negativ beeinflussen.“*

⁹ http://www.fgg-elbe.de/eg-wrrl/bewirtschaftungsplan-2015/umweltberichtmassnahmenprogramm-2015.html?file=tl_files/Downloads/EG_WRRl/anh/ub-mnp/2015/MNP_Elbe_Anhang_M1.pdf

8 Implikationen für die WSV

Kernaussagen:

- Für eine flussgebietsbezogene, ganzheitliche Betrachtung ist die Zusammenarbeit zwischen Bund, Ländern und ggf. Nachbarstaaten erforderlich. Eine koordinierte Abstimmung der Maßnahmen ist in den Einzugsgebieten geboten.
- Eine Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit kann zu erhöhten Unterhaltungsaufwendungen führen bzw. ebenfalls zu Reduktionen des Unterhaltungsaufwandes.
- Auf lange Sicht ist mit großräumigen Effekten zu rechnen.
- Die Bundeswasserstraßen können durch Maßnahmen der Bundesländer bzw. anderer Staaten im Einzugsgebiet betroffen sein. Umgekehrt ist mit z. T. erheblichen Auswirkungen durch WSV-Maßnahmen für Dritte zu rechnen.
- Durchgängigkeitsmaßnahmen sind möglichst so zu planen, dass sich Win-Win-Situationen ergeben.
- Die Planung und Durchführung von Maßnahmen setzt die Kenntnis und Beachtung von potenziellen Schadwirkungen voraus.

Die Auswirkungen einer ggf. notwendig werdenden Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit in den Bundeswasserstraßen wie auch in den Nebenflüssen sind sowohl für die WSV als auch für Dritte potenziell vielgestaltig. Aufgrund der Komplexität der jeweils initiierten Prozesse zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit lassen sich keine allgemein gültigen Aussagen zu Betroffenheiten treffen. Auswirkungen von Maßnahmen zur Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit sind im Einzelfall zu betrachten. Die im vorliegenden Kapitel getätigten Aussagen sind daher nur Hinweise auf mögliche Wirkungsketten.

8.1 WSV als Handelnde

8.1.1 Betroffenheiten der WSV durch eigene Maßnahmen

Eine Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit von bettbildendem Material führt im Bereich unterstrom der Anlagen zu einer Verminderung von Erosionswirkungen bzw. zur Erhöhung der Verlandungstendenzen. Eine erhöhte Durchgängigkeit bettbildender Sedimente kann die zur Verringerung einer Tiefenerosion notwendigen Zugabemengen an Geschiebeersatzmaterial reduzieren. Umgekehrt können Stellen, die derzeit Anlandungsstellen sind, verstärkt anlanden bzw. neue Anlandungsstellen entstehen und damit einen erhöhten Unterhaltungsaufwand nach sich ziehen. In stauregulierten Flussabschnitten, vor allem in Stauhaltungsketten, führt ein erhöhter Sedimentaustrag aus oberstromigen Stauhaltungen zu merklichen Veränderungen im Sedimenthaushalt für weiter unterstrom gelegene Anlagen. Eine ganzheitliche, überregionale Betrachtung der umzusetzenden Maßnahmen in Stauhaltungsketten, z. B. im Rahmen von Sedimentmanagementkonzepten, ist daher erforderlich.

Eine erhöhte Durchgängigkeit der Feinanteile der Sedimentfracht führt im staugeregelten Bereich tendenziell zu einer Verringerung der Baggermengen. Unterstrom der Querbauwerke sind die Feinanteile für die Wassertiefenentwicklung in der Fahrrinne in der Regel nicht relevant, da nicht bettbildend. Nur in strömungsberuhigten Zonen, z. B. in Häfen, können

erhöhte Feinsedimentfrachten zu erhöhten Ablagerungsraten und damit zu einem erhöhten Unterhaltungsaufwand führen.

Mit Blick auf die wasserwirtschaftliche Unterhaltung als nicht verkehrliche Aufgabe der WSV kann die Verbesserung gewässertypspezifischer Strukturen infolge einer Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit einen wichtigen Beitrag darstellen. In diesem Sinne erfolgreiche Maßnahmen setzen eine entsprechende Planung voraus, um Zielverfehlungen (WRRL) und Nutzungsbeschränkungen (Schifffahrt) auszuschließen.

8.1.2 Mögliche Betroffenheiten Dritter durch ggf. erforderliche Maßnahmen der WSV

Maßnahmen der WSV zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit können ggf. aus den Anforderungen zur Erreichung von WRRL-Zielen resultieren, wenn die Sedimentdurchgängigkeit für die Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials zwingend erforderlich ist. Daneben bestehen auch verkehrliche Veranlassungen, wenn durch eine gesteigerte Sedimentdurchgängigkeit der Aufwand für Unterhaltungsbaggerungen oder auch Geschiebezugaben reduziert werden kann. Bei der Planung und Durchführung von Maßnahmen sind naturschutzfachliche und artenschutzrechtliche Aspekte zu betrachten (s. Handbuch Umweltbelange an Bundeswasserstraßen¹⁰). Negative Wirkungen auf die Biologie beispielsweise aufgrund einer Remobilisierung von schadstoffbelastetem Material sollen im Rahmen einer Vorbewertung der Maßnahmen ausgeschlossen werden (vgl. Kapitel 7.2). Trotz sorgfältiger Planung können durch eine erhöhte Sedimentdurchgängigkeit an den Bundeswasserstraßen eine Reihe von Betroffenheiten berührt werden (Abbildung 17). Daher werden in einer Art Risikobetrachtung im Folgenden mögliche nachteilige Wirkungen aufgelistet.



Abbildung 17: Mögliche Betroffenheiten (Auswahl) Dritter im Zuge einer Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit

Es ist zu berücksichtigen, dass viele Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL, welche eine Verbesserung des Sedimenthaushaltes in den BWaStr bewirken, nicht innerhalb der Mög-

¹⁰ http://www.bafg.de/DE/08_Ref/U1/01_Arbeitshilfen/handbuch_umwelt_bwastr.pdf

lichkeiten der WSV liegen (z. B. wegen Zuständigkeiten oder Lage im weiteren Einzugsgebiet). Daher sollten auch in diesen Fällen Maßnahmen abgestimmt geplant werden (s. Kapitel 8, erste Kernaussage).

Ökologie

Neben den gewünschten positiven Auswirkungen einer erhöhten Sedimentdurchgängigkeit auf die Ökologie (z. B. Vergröberung des Substrats in Stauhaltungen, verringerte Tiefenerosion und damit verringerte Entkopplung Fluss – Aue, vgl. Kapitel 5) können mit einer erhöhten Sedimentdurchgängigkeit auch unerwünschte Wirkungen auf die Ökologie auftreten (vgl. auch Kapitel 6.4), die im Einzelfall bei der Planung von Maßnahmen zu betrachten sind.

So ist beispielsweise mit veränderten Kornverteilungen im Unterwasser von Stauanlagen zu rechnen, in der Regel mit einer Verschiebung in Richtung feinerer Sedimente. Es ist darauf zu achten, dass es zu keiner verstärkten Kolmatierungsneigung von Kies und Sandbänken sowie höheren Einträgen in die Vorländer und damit einhergehenden nachteiligen Wirkungen kommt.

Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass aufgrund der Transportsortierung im Zuge z. B. der strombaulichen Anpassungen der Gewässer feinere Kornfraktionen aus den Gewässersohlen abtransportiert wurden, die die Korngrößenverteilungen der Gewässersohlen gewässertypspezifisch mitbestimmt haben. Eine erfolgte Vergröberung der Gewässersohlen aufgrund Transportsortierung stellt keine gewässertypspezifische Zusammensetzung der Korngrößen dar. Somit können ggf. erhöhte Feinsedimenteinträge durchaus auch gewässertypspezifisch sein und eine typspezifische Habitatausprägung fördern.

Mögliche Betroffenheiten von Naturschutzgebieten (insbesondere Natura 2000) sind zu betrachten.

Gewässergüte

Mit einer erhöhten Sedimentdurchgängigkeit können auch unerwünschte Wirkungen auf die Qualität des Gewässers auftreten, die im Einzelfall bei der Planung von Maßnahmen zu betrachten sind. Es muss ausgeschlossen werden, dass feinere Kornfraktionen, die ggf. Träger von Schad- oder Nährstoffen sind, verstärkt durch bzw. über die Hindernisse transportiert werden, um negative Auswirkungen auf die aquatische Umwelt nicht nur im direkten Gewässerabschnitt stromab, sondern auch in weiter entfernten Gewässerbereichen zu vermeiden.

Trinkwasserversorgung

Zum Schutz von Uferfiltratgewinnungsanlagen ist die Mobilisierung von Feinsedimenten aus Stauräumen, die unterstrom zu einer Kolmation der Gewässersohle führen können, zu vermeiden. Dadurch wird verhindert, dass es infolge einer geringeren Durchlässigkeit zu einer reduzierten Infiltration von Flusswasser in den Grundwasserkörper und einer verminderten Ergiebigkeit kommt.

Tourismus

Naturräume dienen vielfach als hochwertige touristische Ziele. Auch werden Ufer- und Vorlandbereiche als wertvolle Erholungsräume wahrgenommen. Kiesbänke können beliebte Zugangsbereiche an Fließgewässer darstellen. Es ist zu vermeiden, dass eine morphologische Veränderung dieser Bereiche durch eine nach Veränderung der Sedimentdurchgängig-

keit auch verändertes Sedimentdargebot, beispielsweise durch Überlagerung von Kiesufern oder Vorländern mit Feinsedimenten, negative Auswirkungen auf die touristische Wertigkeit betroffener Bereiche entfaltet. Andererseits trägt erhöhte Sedimentdurchgängigkeit dazu bei, die Ausstattung mit gewässertypischen Strukturen zu befördern.

Verladende Wirtschaft

Veränderte bzw. erhöhte Sedimentfrachten, insbesondere bezogen auf feine Fraktionen, können unterstrom von Stauhaltungen zur verstärkten Verlandung in Aufweitungsbereichen und damit auch vor Hafeneinfahrten führen. Feinsedimente können verstärkt in Hafenbereiche eingetragen werden und dort die Abladetiefen für die Schifffahrt begrenzen.

Fischerei

Veränderte Sohlsubstratzusammensetzungen und eine veränderte Gewässerstruktur wirken sich potenziell auf den Fischbestand (z. B. Zusammensetzung Fischarten, Altersstruktur) aus. Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit sollen daher dazu beitragen, solche Strukturen zu schaffen, die als Lebensraum für Fische erforderlich sind. Dabei ist darauf zu achten, dass verstärkte Mobilisierung von Feinsedimenten zu verstärkter Trübung des Wasserkörpers führen kann. Sowohl die dadurch geförderten sauerstoffzehrenden Prozesse als auch die direkte Wirkung von Feinsedimenten auf den Fischorganismus, z. B. bei Verklebung der Kiemen, wirken sich unmittelbar auf das Fischdargebot und dessen wirtschaftliche Nutzung aus.

Baustoffindustrie

In den Vorländern oder auch durch Sohlbaggerungen gewonnene Baustoffe können durch einen sowohl hinsichtlich der Korngrößenverteilung als auch der Menge veränderten Eintrag von Sedimenten in die Gewinnungsbereiche, beispielsweise im Zusammenhang mit Hochwasser, ökonomischen Wertveränderungen unterliegen.

Verkehrsinfrastruktur

Die Hochwässer der vergangenen 10 - 15 Jahre, insbesondere an der Elbe und der Donau, haben die grundsätzliche Betroffenheit der Straßen- und Schieneninfrastruktur im Falle von Ausuferungen, auch in freifließenden Flussabschnitten, gezeigt. Neben den unmittelbaren Schäden durch die Strömung, beispielsweise in Folge der Erosion von Dammkörpern, sind auch umfangreiche Nachsorgearbeiten durch Verunreinigungen und Sedimentablagerungen zu beobachten. Möglicherweise zeigen sich Abrasionseffekte. Hydrostatische Belastungen werden durch gesteigerte Dichten des schwebstoffhaltigen Wassers ggf. erhöht.

Im Bereich von Stauräumen können diese Effekte aufgrund der dort gelagerten Sedimentmengen potenziell verstärkt sein. Abbildung 18 weist auf das Potenzial zur Mobilisierung von feinen Sedimenten in Stauräumen bei Hochwasser hin. Eine Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit kann diese Prozesse verstärken oder reduzieren. Im Bereich der Stauhaltungen wird der Sedimentaustrag in die Vorländer aufgrund des geringeren Dargebots an feinen Sedimenten ggf. geringer bzw. kann sich in den freifließenden Bereich verlagern.



Abbildung 18: Sedimentablagerungen im Vorland des Stauraums der Staustufe Geesthacht an der Elbe nach Hochwasser im März 2011 (Foto: WSA Lauenburg)

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft unterliegt in bei Hochwasser überfluteten Bereichen einem verstärkten Eintrag von feinerem Material. Es ist darauf zu achten, dass es zu keinen Verschlechterungen infolge schadstoffbelasteter Sedimente kommt. Prinzipiell gelten die gleichen Ausführungen wie in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur.

Hochwasserschutz

Bezüglich des Hochwasserschutzes kann es unterstrom von Staustufen durch höhere Sedimentfrachten örtlich zu einer Erhöhung von Hochwassergefahren kommen. Längerfristig kann es zu dauerhaften Sohl- oder Vorlandaufhöhungen kommen. Im Bereich der Stauhaltungen kann es bei einem höheren Eintrag von Material aus oberstrom liegenden Stauhaltungen in der Wasserstraße bzw. in Nebengewässern ebenfalls zu höheren Wasserständen im Hochwasserfall als Folge eventuell verstärkter Verlandung kommen. Dies kann ggf. die Verlagerung von Unterhaltungsaktivitäten nach sich ziehen.

Positive Auswirkungen ergeben sich durch Freiräumen der Wehrbereiche oberhalb der Staustufe für die Hochwassersituation der dortigen Ufer (s. Kapitel 8.2). Bei der Planung von ggf. nach WRRL erforderlichen Durchgängigkeitsmaßnahmen mit Hochwasserrelevanz sind auch Vorgaben gemäß der HWRM-RL und der entsprechenden Pläne zu berücksichtigen.

Wasserkraft

Grundsätzlich sind Wasserkraftnutzer, wie das Themenheft Stauraumentlandung der DWA (2006) zeigt, an einer erhöhten Sedimentdurchgängigkeit interessiert. Diese kann jedoch in Abhängigkeit von der Betriebsweise der Wasserkraftanlage und der Sedimentabfuhr zu einem verstärkten Abrieb an den Turbinenblättern führen, was den Wartungsaufwand und damit die Ausfallzeiten sowie insgesamt die Kosten erhöhen kann. Analog zu den Betrachtungen

tungen für das Hochwasser kann ein verstärkter Sedimenteintrag durch Oberlieger auch zu Verschlechterungen im Betrieb an Anlagen kommen.

8.1.3 Rechtliche Aspekte bei der Planung und Durchführung von WSV-Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit

Die WSV kann eine der unter 7.1 beschriebenen Maßnahmen durchführen, wenn es sich um eine verkehrliche Ausbaumaßnahme oder um eine verkehrliche oder wasserwirtschaftliche Unterhaltungsmaßnahme handelt. Sie muss eine solche Maßnahme durchführen, wenn diese aus Gründen der Verkehrssicherung oder aufgrund von § 34 Abs. 3 WHG (Wiederherstellung der Durchgängigkeit) erforderlich ist.

Handelt es sich um eine verkehrliche Ausbaumaßnahme – dazu zählt gemäß § 12 Abs. 2 Satz 2 WaStrG auch eine Maßnahme zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit nach § 34 Abs. 3 WHG (s. dazu Kapitel 2) –, gelten dieselben Regelungen wie für alle anderen verkehrlichen Ausbaumaßnahmen auch. Es ist ein Planfeststellungsverfahren durchzuführen (bzw. zu prüfen, ob eine Plangenehmigung ausreicht oder ob auf ein Verfahren verzichtet werden kann). Planfeststellungsbehörde ist die GDWS. Das naturschutzfachliche Benehmen ist herzustellen und das wasserwirtschaftliche und landeskulturelle Einvernehmen ist einzuholen. Das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung ist anzuwenden, ggf. sind ein Screening, ein Scoping und eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Die Eingriffsregelung nach Bundesnaturschutzgesetz ist abzuarbeiten, artenschutzrechtliche Prüfungen, Verträglichkeitsprüfungen nach der FFH-RL und andere gesetzlich vorgeschriebene Prüfungen sind durchzuführen.

Handelt es sich um eine verkehrliche oder eine kombinierte verkehrliche und wasserwirtschaftliche Unterhaltungsmaßnahme, gelten dieselben Regelungen wie für andere verkehrliche Maßnahmen. Die WSV handelt in diesem Fall hoheitlich und bedarf keiner weiteren Erlaubnis, Bewilligung oder Genehmigung (§ 7 Abs. 3 WaStrG). Bundesrechtliche Beteiligungspflichten wie insbesondere das wasserwirtschaftliche und landeskulturelle Einvernehmen sowie das naturschutzrechtliche Benehmen bleiben unberührt. Führt die WSV gemäß der Eigentümerverpflichtung rein wasserwirtschaftliche Unterhaltungsmaßnahmen durch, handelt die WSV nicht hoheitlich. Ggf. sind landesrechtliche Genehmigungen erforderlich.

8.2 WSV als Betroffene durch Maßnahmen Dritter

8.2.1 Betroffenheiten

Die WSV ist in der Frage der Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich der Länder betroffen (Abbildung 19). Maßnahmen im Einzugsgebiet können sowohl quantitativ wie auch qualitativ zu Veränderungen der transportierten Sedimente führen. Dies kann die physikalisch-chemische Qualität (z. B. Schadstoffe), die Kornzusammensetzung mit Wirkung auf die Ökologie (z. B. Veränderung von Lebensräumen) sowie Anlandungen in Vorland und Hauptgerinne mit Wirkung auf den Hochwasserschutz, die Regelungswirkung und die Fahrrinnen beeinflussen. All diese Wirkungen führen gegebenenfalls zu erhöhten Unterhaltungsaufwendungen.

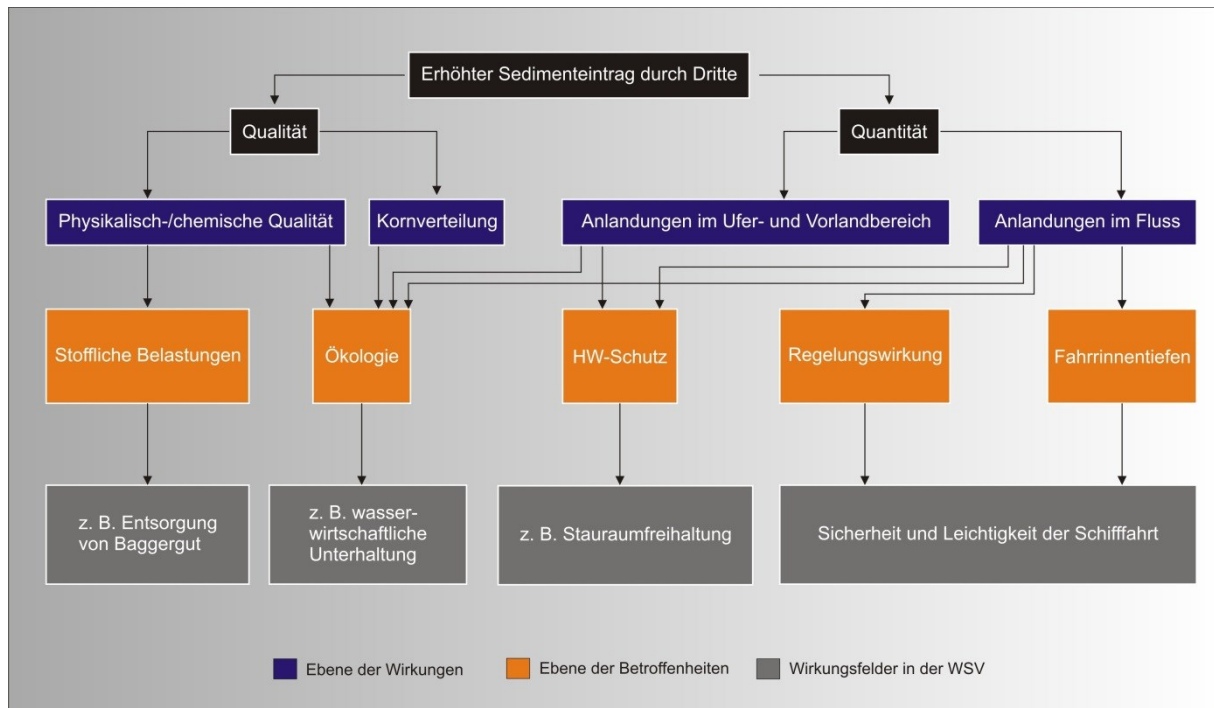


Abbildung 19: Mögliche Betroffenheit auf Seiten der WSV durch Maßnahmen Dritter

Renaturierungsmaßnahmen mit Uferentsiegelungen können beispielsweise zu erhöhten Einträgen in die Gewässer führen. Flächenversiegelung oder Erosionsschutzmaßnahmen im Einzugsgebiet (z. B. konservierende Bodenbearbeitung, ständige Bodenbedeckung durch Zwischenfrüchte oder Untersaaten) können hingegen vor allem die Einträge von Feinsediment verringern. Landnutzungsänderungen im Einzugsgebiet können mit erhöhten Sedimenteinträgen (z. B. Umstellung auf Monokulturen), aber auch mit verringerten Einträgen (z. B. Grünland- statt Ackernutzung) einhergehen.

Stoffliche Belastungen

Das eingetragene Material kann durch Schadstoffe belastet sein. Damit einher geht eine gegebenenfalls erforderliche Entsorgung von Baggergut. Belastete Sedimente können nicht mehr im Rahmen der verkehrlichen oder wasserwirtschaftlichen Unterhaltung umgelagert werden.

Hochwasserschutz

Bei einer weitgehend flächendeckenden Umsetzung der Sedimentdurchgängigkeit in den durch die Bundesländer betreuten Gewässern ist mit einem deutlich erhöhten Eintrag von Sedimenten, und hierbei insbesondere von Feinsedimenten, in die Bundeswasserstraßen zu rechnen. Dieser Eintrag führt zu einer verstärkten Anlandungstendenz in den Stauräumen. Eine Folge dieser Verlandungen ist eine reduzierte Hochwassersicherheit im Bereich der Stauräume durch Verlust von Freibord. An einigen Wasserstraßen, wie z. B. der Donau oder am Oberrhein, ist die WSV für die Freihaltung dieser Stauräume zuständig. Hier müssen die Freibordhöhen bei vorgegebenem Bemessungshochwasserabfluss, zumeist einem HQ100, erhalten bleiben, was zu einem erhöhten Unterhaltungsaufwand führen kann.

Verlust von Regelungswirkung

Durch den Eintrag und gegebenenfalls Durchtransport von Material wird ebenfalls die Dynamik der Sohle in den Buhnenfeldern und unter damit unter Umständen die Regelungswirkung beeinflusst.

Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt

Erhöhte Sedimentfrachten können zu einer verstärkten Anlandungstendenz mit verringerten Fließtiefen im Bereich der Fahrrinne sowie auch dem durch die Schifffahrt genutzten Bereich außerhalb der Fahrrinne führen. Dies würde die Sicherheit und Leichtigkeit gegenüber dem heutigen Zustand verringern und hätte einen erhöhten Aufwand für die Unterhaltung der Fahrrinne zur Folge. Erhöhte Sedimentfrachten können andererseits auch, wenn sie Gewässerstrukturen v. a. außerhalb des Fahrrinnenbereichs schaffen, zu einer Anhebung des Wasserspiegels und somit auch verbesserten Schifffahrtsverhältnissen beitragen. Im Unterwasser von Stauhaltungen auftretende Erosion bzw. zu ihrer Reduktion zugegebene Mengen an Geschiebeersatzmaterial können durch verstärkten Durchtransport bettbildenden Materials potenziell verringert werden.

Erhöhung des Unterhaltungsaufwands

Viele vorgenannte Aspekte führen zu einem erhöhten Unterhaltungsaufwand im Sinne von erhöhten oder teureren Bagger- bzw. Unterbringungsmaßnahmen. Auch eine Verringerung der Häufigkeit oder des Umfangs von Baggermaßnahmen ist möglich. Daneben gibt es weitere betroffene Unterhaltungsaspekte. Beispielsweise bewirken durchgehende Sedimentwanderungen durch die Stauhaltungen eine stetige Veränderung der Flusssohle. Dies wiederum macht es notwendig, dass die zur Verfügung zu stellende Fahrrinntiefe öfter durch flächendeckende Peilungen kontrolliert wird.

Ablagerungen von erhöhten Sedimentmengen im Bereich der Ufer, z. B. in Form von Uferreihen, oder in Vorländern führen zu einer verstärkten Entkopplung von Fluss und Aue. Neben den ökologischen Implikationen führt ein späteres Ausufern bei höheren Abflüssen zu erhöhten Sohlschubspannungen und damit einer potenziell erhöhten Sohldynamik, welche in einem erhöhten Unterhaltungsaufwand resultieren kann.

Bei Durchlaufen der Hochwasserwelle setzen sich Sedimente in Schleusenammern ab. Das Räumen der Kammern dauert bis zu 1 bis 2 Tagen, wodurch nicht nur der Unterhaltungsaufwand erheblich erhöht, sondern auch die Wiederaufnahme der Schifffahrt nach Hochwasserereignissen verzögert wird.

Feinmaterial setzt sich auch in den Nischen der beweglichen Wehr- und Schleusenteile ab, so dass im Extremfall vor Wiederverschließen der Wehrverschlüsse bzw. vor Öffnen der Schleusentore die Nischen gereinigt werden müssen. Zugesetzte Köcher für Revisionsverschlüsse müssen mit Hilfe von Tauchern geräumt werden.

8.2.2 Rechtliche Aspekte bei Maßnahmen Dritter aus WSV-Perspektive

Bei Maßnahmen Dritter kann sich die WSV als Träger öffentlicher Belange (wenn die Maßnahme des Dritten Einfluss auf die Bundeswasserstraße als Verkehrsweg haben kann – z. B. Aufhöhung der Fahrrinne) oder als Eigentümer (z. B. die Maßnahme findet in der Bundeswasserstraße statt oder beeinträchtigt wasserwirtschaftliche Unterhaltungsziele) in ggf.

erforderliche Genehmigungsverfahren einbringen. In dieser Eigenschaft kann sie gegenüber der genehmigenden oder durchführenden Wasserwirtschaftsbehörde Stellungnahmen abgeben oder Einwendungen erheben. In kritischen Fällen muss die WSV sowohl als Hoheitsverwaltung als auch als Eigentümer umfassend Stellung nehmen, um sich die Möglichkeit einer späteren Klage offen zu halten.

9 Zusammenfassung und Empfehlungen

9.1 Zusammenfassung und Bewertung des Kenntnisstands

Die Bewertung der zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Metastudie geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen, unter anderem auf Basis des WHG, der WRRL, der OGewV und des WaStrG, liefert für die WSV keine explizite Handlungsverpflichtung, die Sedimentdurchgängigkeit an ihren Stauanlagen zu erhöhen. Eine solche kann erwachsen, sobald die Sedimentdurchgängigkeit für die Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials zwingend erforderlich ist. Als hydromorphologische Qualitätskomponente wird die Durchgängigkeit eines Flusses, sofern nach WRRL der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial als Zielzustand formuliert werden, unterstützend zu den biologischen Qualitätskomponenten herangezogen. Explizit wird die Sedimentdurchgängigkeit nur zur Erreichung des sehr guten ökologischen Zustands gefordert.

Sollten Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit erforderlich werden, so dürfen im Rahmen ihrer Umsetzung die Ziele nach WRRL, der FFH-Richtlinie und weiterer rechtlicher Grundlagen nicht gefährdet werden. Dies erfordert die Betrachtung und Beurteilung der mit einer solchen Maßnahme verbundenen wesentlichen Wirkzusammenhänge mit Blick auf die Ökologie und aller konkret im Kontext der WRRL für den ökologischen Zustand bzw. das ökologische Potenzial relevanten Qualitätskomponenten sowie potenzielle Auswirkungen auf den chemischen Zustand.

Der natürliche Sedimenttransport wird durch Strömung und Kornzusammensetzung maßgeblich bestimmt. Querbauwerke beeinflussen den Sedimenttransport in Menge und Korngrößenzusammensetzung. Dabei erfolgt in der Regel vor allem bei Hochwasser ein Resttransport von Material durch die Bauwerksebene. Durch den veränderten Sedimenttransport wird sowohl der Staubebereich als auch der Bereich unterstrom der Staustufe beeinflusst. Die Wissenslage zum Sedimenttransport ist an den Bundeswasserstraßen grundsätzlich umfangreich. Jedoch liegt der Schwerpunkt nicht auf der Frage der Durchgängigkeit, so dass Auswertungen zu dieser Fragestellung nur begrenzt möglich sind. Im Hinblick auf Sedimenttransportverhältnisse und Unterhaltungsaspekte stellen sich die Gewässer individuell unterschiedlich dar. Durch den Sedimentrückhalt an Querbauwerken ist auf Seiten der WSV in der Regel ein erhöhter Unterhaltungsaufwand sowohl im Oberwasser wie im Unterwasser der Querbauwerke, und dabei verstärkt im Nahfeld der Querbauwerke bzw. im Bereich von Querschnittsaufweitungen wie Hafen- und Schleusenkanaleinfahrten, erforderlich.

Die Beeinflussung des Sedimenthaushalts durch Querbauwerke hat negative Auswirkungen auf die Ökologie. Wesentliche Aspekte sind die deutliche Verfeinerung des Substrats im staugeregelten Bereich sowie die Entkopplung von Fluss und Aue im unterstrom anschließenden freifließenden Bereich durch eine Eintiefung des Flusses im Falle eines Sedimentdefizits und den damit einhergehenden Wasserspiegelverfall. Der durch Querbauwerke veränderte Sedimenttransport ist dabei aber nur eine von verschiedenen Auswirkungen der Stau- und Regulierung auf die Ökologie.

Die Wirkungszusammenhänge zwischen Hydromorphologie und Ökologie sind grundsätzlich bekannt. Die Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials nach WRRL erfolgt über biologische Qualitätskomponenten. Existierende biologische Bewertungsverfahren sind

allerdings nicht sensitiv genug, um auch kleinere Veränderungen durch eine veränderte Sedimentdurchgängigkeit hinreichend zu detektieren. Hinsichtlich der Bewertung der Wirkrichtung von Maßnahmen zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit wird bis zum Vorliegen sensibler biologischer Bewertungsverfahren angeregt, auch Verfahren zur Bewertung der hydromorphologischen, physikalisch-chemischen und chemischen Hilfskomponenten unterstützend heranzuziehen.

Eine Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit hin zu gewässertypspezifischen Verhältnissen kann die Hilfsparameter „Durchgängigkeit des Flusses“ und „Morphologische Bedingungen“ verbessern. Situationsbedingt können durch die erhöhte Sedimentdurchgängigkeit jedoch auch negative Wirkungen auftreten. Dazu gehören u. a. lokale Erhöhungen der Hochwasserstände und des Unterhaltungsaufwandes sowie Verschlechterungen der ökologischen Verhältnisse beispielsweise durch Kolmation. Darüber hinaus können insbesondere akkumulierte Feinsedimente aus den Stauräumen erheblich mit Nähr- und Schadstoffen belastet sein. Somit ist zur Vermeidung von negativen Auswirkungen eine Vorbewertung von Maßnahmen im Einzelfall zwingend erforderlich. Dabei besteht aus heutiger Sicht jedoch zum einen die bereits beschriebene Schwierigkeit, die Wirkzusammenhänge zwischen Hydromorphologie und Ökologie belastbar zu beschreiben. Zum anderen stellt sich in der Nachweisführung der Wirksamkeit von Maßnahmen bereits vorgelagert die Problematik, dass heutige morphologische Modellierungswerkzeuge nur eine begrenzte Prognosefähigkeit in Raum bzw. Zeit aufweisen. Es ist davon auszugehen, dass die Prognosefähigkeit insbesondere für längere Zeiträume als Grundlage für ökologische Betrachtungen nicht ausreicht.

Lösungen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit mit zwangsläufiger Verbesserung der ökologischen Situation existieren nicht. Eine vollumfängliche Sedimentdurchgängigkeit ist nur durch Rückbau von Stauanlagen bzw. einen sehr hohen Aufwand zu erreichen. Für alle anderen technischen und betrieblichen Maßnahmen sind, unter Beibehaltung der Nutzung, dem Maßnahmenenerfolg in Form einer Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit Grenzen gesetzt. Für die Beurteilung der Wirkung von Maßnahmen ist nicht nur der Bereich des Querbauwerks zu betrachten, sondern neben dem Staubereich auch der Bereich unterstrom. Für lange Zeiträume (mehrere Dekaden und mehr) spielen auch großräumige Aspekte und hierbei insbesondere die Situation und Entwicklung im Einzugsgebiet eine wesentliche Rolle. Diese prägt die Wirkung und Effizienz von Maßnahmen an den Stauanlagen der WSV wesentlich mit. Umgekehrt kann die WSV durch Maßnahmen der Bundesländer bzw. anderer Staaten betroffen sein. Entsprechend ist eine koordinierte Abstimmung von Maßnahmen auf Einzugsgebietsebene geboten.

Insgesamt wird deutlich, dass eine Durchgängigkeit von Sedimenten per se insbesondere kurz- und mittelfristig nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung der ökologischen Situation im Gewässer führen muss. Vor einer Umsetzung werden Maßnahmen zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit daraufhin geprüft, ob sie einerseits zielführend und andererseits machbar erscheinen. Gleichzeitig muss für Fälle, in denen negative Auswirkungen durch erhöhte Durchgängigkeit zu erwarten sind, eine Betrachtung erfolgen, wie diese umgangen werden können (z. B. Maßnahme erst nach Sanierung einer Belastungssituation). Insbesondere Feinsedimente, die teilweise schadstoffbelastet sind, können hierbei für Probleme sorgen. Massive Mobilisierungen können zu erheblichen und langfristigen Folgen für die Artenzusammensetzung und die Populationen führen. Voraussetzung für eine positive Veränderung der biologischen WRRL-Qualitätskomponenten durch eine Veränderung der Sediment-

durchgängigkeit ist, dass diese auch tatsächlich zu einer gewässertypspezifischen Verbesserung der Substratangebote für die biologischen Qualitätskomponenten führt. Alleine ein „Durchreichen“ von Material bewirkt noch nicht eine Verbesserung für die biologische Qualität. Hierbei spielen auch Faktoren außerhalb des Sediments, wie z. B. die Wasserqualität, eine Rolle. Maßnahmen zur Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit sind von allen Beteiligten einvernehmlich zu prüfen und abgestimmt durchzuführen. Dabei sind auch die Verhältnisse unter den projizierten veränderten klimatischen Bedingungen mit zu betrachten.

Für sedimentologische Habitatverbesserungen stehen auch Maßnahmen ohne deutliche Erhöhung des Sedimenttransports über das Wehr zur Verfügung. Zu nennen wären Geschiebezugaben im Unterwasser oder gezielte Bewirtschaftung von Kiesbänken oder strombauliche Maßnahmen.

Die Bundeswasserstraßen können durch die Umsetzung von Maßnahmen der Länder bzw. andere Staaten betroffen sein. Das bedingt eine auf das Einzugsgebiet bezogene, ganzheitliche Betrachtung in der Zusammenarbeit zwischen Bund, Ländern und ggf. Nachbarstaaten sowohl in oberstromiger wie unterstromiger Richtung wie sie auch in der WRRL aber auch anderen RL wie der Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (HWRM-RL) gefordert wird.

9.2 Zusammenfassung und Bewertung der Kenntnislücken

9.2.1 Identifizierte Kenntnislücken

Im Zuge der Erstellung der vorliegenden Metastudie erfolgte eine intensive und zumindest auf nationaler Ebene erstmalig in dem vorliegenden Umfang darstellende Auseinandersetzung mit der Thematik der Sedimentdurchgängigkeit an Bundeswasserstraßen. Auch für den europäischen Bereich konnten keine konkreten Hinweise dahingehend gefunden werden, dass bislang der Aspekt der Sedimentdurchgängigkeit mit Blick auf den durch die WRRL gegebenen Rahmen intensiv und vordringlich verfolgt wird. In der internationalen fachwissenschaftlichen Auseinandersetzung wird die Sedimentdurchgängigkeit als eine Komponente in Sedimentmanagementkonzepten auf Einzugsgebietsebene und für Stauräume gesehen. Letzteres gewinnt wegen des fortschreitenden Verlusts an Stauraum in den weltweiten Talsperren zunehmend an Bedeutung. Damit ergibt sich, dass auf dem Gebiet der Sedimentdurchgängigkeit an Wasserstraßen und konkret im Zusammenhang mit den entlang dieser Wasserstraßen anzutreffenden Stauhaltungen nur sehr begrenzte Erfahrungen vorliegen und der fachliche Hintergrund für die Behandlung der Thematik erst erarbeitet werden muss. Zwangsläufig liegt daher eine Vielzahl an Kenntnislücken vor.

Zusammenfassend werden wesentliche Kenntnislücken insbesondere in den folgenden Bereichen erkannt:

1. Die Datenlage zum Sedimenthaushalt im Zusammenhang mit Querbauwerken an den Bundeswasserstraßen ist unzureichend. Das Maß an Sedimentdurchgängigkeit, oder das bestehende Defizit, ist auf Grundlage aktuell verfügbarer Daten und Datenerhebungskonzepte nur sehr eingeschränkt quantifizierbar.

2. Es liegen derzeit keine belastbaren Bewertungsverfahren vor, auf deren Grundlage eine Bewertung der Auswirkungen veränderter Sedimentdurchgängigkeit auf die Ökologie, konkret unter Fokussierung auf die biologischen Qualitätskomponenten nach EG-WRRL, möglich ist. Dieser Aspekt wird als wesentlicher „Missing Link“ auf dem Weg zu einer fundierten und aussagekräftigen Bewertung von Aspekten zur Sedimentdurchgängigkeit in Bundeswasserstraßen angesehen.
3. Zur Wirkung von technischen und betrieblichen Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit im Bereich von Bundeswasserstraßen sowie zur Wirksamkeit im Zusammenspiel mit den dort vorliegenden geometrischen, hydrologischen, hydraulischen, sedimentologischen und morphologischen Bedingungen liegen keine Erkenntnisse vor. Im Grundsatz sind die Wirkzusammenhänge zwischen der Sedimentdurchgängigkeit und der Hydromorphologie beschreibbar. Jedoch sind vor allem langfristige Veränderungen der Hydromorphologie mit den derzeit verfügbaren Modellierungswerkzeugen nicht zuverlässig bzw. nur unter Anerkennung mitunter erheblicher Unsicherheiten prognostizierbar. Ähnliches gilt auch für die Abbildung weiterer Prozesse, welche durch eine Veränderung der Sedimentdurchgängigkeit beeinflusst werden.

9.2.2 Vorschläge zur Schließung der Kenntnislücken

Unter direktem Bezug zu den zuvor aufgeführten wesentlichen Kenntnislücken werden die nachfolgenden Vorschläge zu deren Schließung formuliert. Die Umsetzung dieser Vorschläge kann in vielen Teilen nicht durch das BMVI und dessen nachgeordnete Behörden initiiert oder vorgenommen werden. Deren Beteiligung, das Geltendmachen der Interessen der WSV oder zumindest eine zeitnahe wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Initiativen zur Schließung der Kenntnislücken werden als sinnvoll erachtet.

Voraussetzung für die Umsetzung folgenden Vorschläge ist, dass ressourcenseitig gewährleistet sein muss, dass eine dauerhafte Begleitung der Vorhaben auf Seiten der WSV und der Oberbehörden BAW und BfG möglich ist.

Kenntnislücke 1: Sedimenthaushalt und Quantifizierung der Sedimentdurchgängigkeit

Vorschlag	Entwicklung und Umsetzung eines Messprogramms an ausgewählten Stauhaltungen durch die WSV und die Oberbehörden BAW und BfG in Verbindung mit entsprechenden Problemlagen in der Unterhaltung.
Umsetzung	Es wird vorgeschlagen, mehrere Stauräume in Bundeswasserstraßen mit unterschiedlicher Charakteristik (Stauraum mit kleiner / großer Speicherkennzahl; oberste Stauhaltung / unterste Stauhaltung mit anschließender freifließender Strecke / Stauhaltung innerhalb einer Stauhaltungskette) über ausreichend lange Zeiträume zu untersuchen. Der Untersuchungsraum umfasst dabei sowohl die Stauhaltung als auch unterstrom gelegene Bereiche. Ziel ist es, Messungen zu erheben, anhand derer Aussagen zu • Sedimentfrachten (Geschiebe, suspendierter Sand, Schwebstoffe) in verschiedenen Profilen (Stauwurzel bis Wehr sowie Unterwasser) • Verlandungen (abgeleitet aus Peilungen), • Sieblinien in verschiedenen Profilen (Stauwurzel bis Wehr sowie Unterwasser)

abgeleitet werden können. Mögliche Untersuchungsanlagen wären Iffezheim/Oberrhein, Geesthacht/Elbe, Straubing/Donau und ein Stauraum innerhalb einer Stauhaltungskette.

Zeitliche und ökonomische Aspekte Aufgrund der für die Schaffung einer belastbaren, vor allem auch ein breites hydrologisches Spektrum abdeckenden Datenbasis notwendigen langen Zeiträume und zahlreichen Messungen ist eine zeitnahe Konzipierung und Umsetzung eines Messprogramms sinnvoll.

Kenntnislücke 2: Ökologische Wirksamkeit Sedimentdurchgängigkeit – Biologie

Vorschlag Entwicklung und Umsetzung eines Messprogramms hinsichtlich der Koppelung Hydromorphologie – Biologie u. a. an den unter Kenntnislücke 1 ausgewählten Stauhaltungen durch die WSV und die Oberbehörden BAW und BfG in Verbindung mit entsprechenden Problemlagen in der Unterhaltung.

Es obliegt den dafür zuständigen Bundesländern, einen Bewertungsrahmen für die biologischen Qualitätskomponenten zu schaffen, der den Nachweis über die ökologisch positive Wirksamkeit von Maßnahmen zur Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit erbringen kann.

Eine Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit wird aus WRRL-Sicht nur dort zwingend erforderlich, wo ein guter ökologischer Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial ansonsten nicht erreicht werden könnte. Neben Maßnahmen mit der Zielsetzung Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit können aber auch andere, ohnehin stattfindende Sedimentmanagementmaßnahmen genutzt werden, um die Auswirkungen veränderter Substratbedingungen oder in Menge und Kornzusammensetzung veränderter Sedimentfrachten als Proxy für die Auswirkung einer veränderten Sedimentdurchgängigkeit zu untersuchen.

Umsetzung Ohnehin stattfindende Sedimentmanagementmaßnahmen (auch HABAB, Pilotprojekte) können genutzt werden, um parallel Änderungen bzw. Auswirkungen auf die Hydromorphologie sowie auf die Biologie zu erfassen. Dazu gehört auf der einen Seite ein Messprogramm der abiotischen Faktoren (z. B. Fließgeschwindigkeiten, Substratzusammensetzung, Sedimenttransportraten etc.). Auf der anderen Seite schließt sich ein ökologisches Monitoring an, vorrangig mit Fauna als Zielgrößen (z. B. Erfassung der Besiedelung, Taxa, Altersstruktur, Anwendung von Bewertungsverfahren etc.).

Die gemeinsame Auswertung der Messprogramme kann Rückschlüsse über den Zusammenhang zwischen Änderungen in der Sedimentdynamik und der Biologie liefern und damit Hinweise auf die Wirkrichtung und Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung der Sedimentdurchgängigkeit. Die Erkenntnisse verbessern die Sprechfähigkeit der WSV und können in Gremien eingebracht werden.

Zeitliche und ökonomische Aspekte Die „Umgehung“ des „Missing Link“ von der Sedimentdurchgängigkeit zu den biologischen Qualitätskomponenten durch hydromorphologische Bewertungen oder eine isolierte Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit kann nur unterstützend herangezogen werden, verbindliche Anforderungen der WRRL können damit nicht angemessen begründet werden.

Kenntnislücke 3: Maßnahmenwirkungen und deren Prognose

Vorschlag Auswahl von Pilotprojekten anhand der zeitlichen Reihung sowieso anstehender Maßnahmen an Stauanlagen der WSV.

Umsetzung Es sollte im Hinblick auf anstehende Ausbau- oder Unterhaltungsmaßnahmen an Anlagen der WSV die Umsetzung von flankierenden Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit, auch mit dem Ziel der Minderung von Unterhaltungsaufwendungen für die WSV (Win-Win-Situation), geprüft werden. Die Maßnahmen werden durch BAW und BfG eng begleitet. Anhand bisher vorliegenden Wissens zur Wirksamkeit von Maßnahmen wird ein Vorschlag zur betrieblich oder baulich basierten Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit erarbeitet, umgesetzt und im Rahmen eines Monitoring begleitet.

Zeitliche und ökonomische Aspekte Vor dem aktuell gültigen rechtlichen Hintergrund, dass Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit an Anlagen der WSV derzeit nicht verpflichtend sind, dürfen die Pilotmaßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit die Ausbau- oder Unterhaltungsmaßnahmen nicht verzögern. Dieser Aspekt sowie die aktuell noch fehlenden Erfahrungen zur Wirkung von baulichen oder betrieblichen Maßnahmen an Stauhaltungen in Bundeswasserstraßen schränken den Umfang solcher Maßnahmen aus ökonomischen Gründen ein. Es wird vorgeschlagen, ohne großen Aufwand umsetzbare bzw. nachträglich leicht anpassbare Maßnahmen prioritär zu untersuchen.

9.3 Vorschläge für den Umgang mit dem Thema im Geschäftsbereich

Die Arbeitsgruppe formuliert die folgenden Vorschläge für den zukünftigen Umgang mit der Thematik seitens BMVI, WSV (GDWS und WSÄ) und Oberbehörden BAW und BfG:

1. Entsprechend der rechtlichen Beurteilung ist derzeit keine explizite Handlungserfordernis zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit an den Stauanlagen in den Bundeswasserstraßen seitens der WSV abzuleiten. Die Arbeitsgruppe sieht daher aktuell keine rechtlich zwingende Notwendigkeit für die WSV, Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit zu ergreifen. Diese Sichtweise orientiert sich dabei auch an den dokumentierten Kenntnislücken und fehlenden Instrumenten, um den Erfolg von Maßnahmen sicherzustellen bzw. nachzuweisen. Zur Sicherung des rechtlichen Rahmens schlägt die Arbeitsgruppe vor, dass das BMVI dessen regelmäßige Prüfung vornimmt.

2. Die vorliegende Metastudie stellt aus Sicht der Arbeitsgruppe den derzeitigen Stand des Wissens im Themengebiet Sedimentdurchgängigkeit an Bundeswasserstraßen dar. Die Thematik Sedimentdurchgängigkeit ist aufgrund ihrer potenziellen zukünftigen Relevanz für die WSV als Handelnde (sobald sich eine rechtliche Verpflichtung ergeben würde) und davon unabhängig als Betroffene aufgrund von Maßnahmen im Einzugsgebiet der Bundeswasserstraßen für das BMVI und die WSV von Bedeutung. Die Arbeitsgruppe schlägt daher vor, in Anlehnung an die Vorgehensweise im Zusammenhang mit den Fragen zur Fischdurchgängigkeit, Ansprechpartner im BMVI, in der GDWS, in den WSÄ sowie in den Oberbehörden BAW und BfG zu benennen bzw. benennen zu lassen. Deren Aufgabe ist ein regelmäßiger Fachaustausch zum Thema. Die Arbeitsgruppe schlägt vor, Ansprechpartner aus den bestehenden Plattformen zum Erfahrungsaustausch zur WRRL sowie ggf. darüber hinaus zu benennen.
3. Das Thema Sedimentdurchgängigkeit wird sowohl auf nationaler Ebene, unter anderem durch bereits laufende Initiativen der LAWA, der IKSx'en, seitens Flussgebietsgemeinschaften oder einzelner Bundesländer, als auch international vermehrt fachlich behandelt werden. Die Arbeitsgruppe empfiehlt daher, dass das BMVI und die WSV die entsprechenden Entwicklungen verfolgen und einen regen Austausch mit den entsprechenden Stellen pflegen. In entsprechenden Arbeitsgruppen und Gremien sollten die Interessen der WSV geltend gemacht und das bisher oder zukünftig erarbeitete Wissen konstruktiv eingebracht werden.
4. Anlagen der WSV unterliegen regelmäßig der Unterhaltung bzw. es werden seitens der WSV Ausbaumaßnahmen durchgeführt. Der fehlenden Verpflichtung ungeachtet schlägt die Arbeitsgruppe vor, dass bei zukünftigen Maßnahmen an Stauanlagen der WSV, im Rahmen von Ausbaumaßnahmen oder im Zusammenhang von Bauwerksunterhaltungen, der Aspekt der Sedimentdurchgängigkeit Berücksichtigung findet. Auf Basis bereits heute verfügbaren Wissens kann eine Optimierung von Maßnahmen mit Blick auf die Sedimentdurchgängigkeit möglich sein. Dies sollte individuell untersucht werden. Vor allem sollten Potenziale für sogenannte Win-Win-Lösungen seitens der WSV geprüft werden. Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen sollten im Optimalfall neben den unmittelbaren bauwerksbezogenen Aspekten zum einen die Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit berücksichtigen und zum anderen Bestrebungen inkludieren, den mit den Stauanlagen verbundenen Unterhaltungsaufwand seitens der WSV zu mindern. Dabei sollten gleichzeitig auch die projizierten klimatisch veränderten Rahmenbedingungen an den BWaStr mit berücksichtigt werden.
5. Zur Verbesserung des Kenntnisstands hinsichtlich der tatsächlichen Durchgängigkeit der Querbauwerke an den BWaStr (Kenntnislücke 1, Kapitel 9.2.2) schlägt die Arbeitsgruppe vor, gezielt Stauräume über längere Zeiträume zu untersuchen und deren Sedimentdurchgängigkeit für verschiedene Korngrößenklassen zu quantifizieren.
6. Zur Verbesserung des Kenntnisstands hinsichtlich der Wirkungszusammenhänge zwischen Sedimentdynamik und Biologie empfiehlt die Arbeitsgruppe, ohnehin statt-

findende Sedimentmanagementmaßnahmen (auch HABAB, Pilotprojekte) zu nutzen, um parallel Änderungen bzw. Auswirkungen auf die Hydromorphologie sowie auf die Biologie zu erfassen und daraus Hinweise auf die Wirkrichtung und Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung der Sedimentdurchgängigkeit abzuleiten.

7. Maßnahmen an den Stauanlagen der WSV erfordern vielfach die Einbindung anderer Nutzer und Betroffener wie Energieerzeuger und die Wasserwirtschaft der Bundesländer. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, diese Stellen seitens der WSV frühzeitig in die Planungen von Maßnahmen an Stauanlagen einzubinden, dies vor allem auch in Bezug auf die Konzipierung und Planung von flankierenden Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit.
8. Auswirkungen einer Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit sind nicht nur lokal begrenzt. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, dass der Blick im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit nicht nur auf das Querbauwerk, dessen Nahbereich oder die betroffene Stauhaltung gerichtet sein soll, sondern auch großräumige und langfristige Prozesse berücksichtigen muss. Aufgrund des damit verbundenen großräumigen, und langfristigen, Blicks auf Wasserstraßen obliegt es der WSV und den Oberbehörden BAW und BfG, Maßnahmen seitens der WSÄ durch entsprechende Betrachtungen zu begleiten.
9. Der bisherige Kenntnis- und Erfahrungsschatz zu Fragen der Sedimentdurchgängigkeit weist deutliche Lücken auf, die zukünftig durch wissenschaftliche Arbeiten und der noch durchzuführenden Formulierung eines weithin anerkannten Stands von Wissenschaft und Technik schrittweise geschlossen werden müssen. Die Arbeitsgruppe schlägt vor, dass die Oberbehörden BAW und BfG, ihrer Funktion als wissenschaftliche Einrichtungen im Geschäftsbereich des BMVI entsprechend, an Initiativen partizipieren bzw. die Generierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf dem Gebiet der Sedimentdurchgängigkeit verfolgen und im Hinblick auf Relevanz für die WSV bewerten.

10 Quellen

- Abegg, J., Kirchhofer, A. & Rutschmann, P. (2013): Masterplan Maßnahmen zur Geschieberekativierung im Hochrhein. Flussbau AG, Zürich (CH), WFN – Wasser Fisch Natur, Bern (CH), TU München, München. Im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE und Regierungspräsidium Freiburg.
- Arle, J. & Wagner, F. (2011): Die Bedeutung der Gewässerstruktur für das Erreichen des guten ökologischen Zustands in den Fließgewässern des Freistaates Thüringen. In: Jähnig, S., Hering, D., Sommerhäuser, M. (Hrsg.): Limnologie aktuell. Fließgewässer-Renaturierung heute und morgen. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers (13), Bd. 13, 207 - 233.
- Arnaud, F. (2012): Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial aménagé: le cas du Vieux Rhin entre Kembs et Breisach (France, Allemagne). Doktorarbeit Université de Lyon, Frankreich.
- Astor, B., Gehres, N. & Hillebrand, G. (2014): Von der Quelle zur Mündung, eine Sedimentbilanz des Rheins: Korngrößenanalyse von Schwebstoffproben am Rhein und seinen Nebenflüssen (BfG-Bericht 1798). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Bauer, F. (1965): Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen, Wasserwirtschaft, Heft 4/5.
- BAW (1998): Donauausbau Straubing – Vilshofen. Flußmorphologischer Statusbericht, BAW-Nr. 97316410, Karlsruhe, 1998.
- BAW (2006): Fahrrinnenverlandungen in der Stauhaltung Straubing. BAW, interner Bericht, Karlsruhe, 2006.
- BfG (2011): Verfahren zur Bewertung in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung an Bundeswasserstraßen - Anlage 4 des Leitfadens zur Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen des BMVBS (2007). BfG-Bericht 1559. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2015): Untersuchung der großräumlichen hydraulisch-morphologischen Entwicklung an der Grenzoder. In Vorbereitung.
- BfG & RWTH Aachen (2016): Von der Quelle zur Mündung, eine Sedimentbilanz des Rheins. In Vorbereitung.
- Buck, W., Felkel, K., Gerhard, H., Kalweit, H., Malde, J. v., Nippes, K.-R., Ploeger, B. & Schmitz, W. (1993): Der Rhein unter der Einwirkung des Menschen - Ausbau, Schifffahrt, Wasserwirtschaft. KHR-Bericht I-11, Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR), Lelystad.
- Camenen, B., Latapie, A., Paquier, A., Rodrigues, S., Mosselman, E., Grabowski, R.C. & Solari, L. (2015): On the estimation of the sediment transport and sediment budget in a long reach: application on the Middle Loire River, France. Aquatic Sciences: research across boundaries, S 1-11.

- CEN/TC 230 WI (2011): Water quality — Guidance standard on assessing the hydromorphological features of transitional and coastal waters.
- CIS-ECOSTAT (2006): Alternative methodology for defining Good Ecological Potential (GEP) for Heavily Modified Water Bodies (HMWB) and Artificial Water Bodies (AWB). Annex II in: Good practice in managing the ecological impacts of hydropower schemes; flood protection works; and works designed to facilitate navigation under the Water Framework Directive”, final Version, November 30th 2006.
- Cron, N., Zumbroich, T. & Quick, I. (2014): Bewertung und Prognose des ökologischen Potentials von Bundeswasserstraßen – Gewässerkategorien, Gewässertypen und Ausweisungsgründe nach Wasserrahmenrichtlinie. In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie – Erweiterte Zusammenfassungen 2013 (Potsdam-Berlin). 151 - 156. Hardegsen.
- Cron, N., Quick, I. & Zumbroich, T. (2015): Assessing and predicting the hydromorphological and ecological quality of federal waterways in Germany – development of a methodological framework. In: Multifunctionality of large rivers, Hydrobiologia (2015). Springer.
- DIN EN 14614 (2005): Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern.
- DIN EN 15843 (2010): Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen der hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern.
- Dußling, U. (2008): fiBS 8.0 – Softwareanwendung, Version 8.0.6 zum Bewertungsverfahren aus dem Verbundprojekt: Erforderliche Probenahmen und Entwicklung eines Bewertungsschemas zur ökologischen Klassifizierung von Fließgewässern anhand der Fischfauna gemäß EG-WRRL.
- Dußling, U., Berg, R., Klinger, H. & Woter, C. (2004a): Assessing the Ecological Status of River Systems Using Fish Assemblages. Handbuch Angewandte Limnologie 20. Erg.Lfg. 12/04, Seiten 1-84.
- Dußling, U., Bischoff, A., Haberbosch, R., Hoffmann, A., Klinger, H., Wolter, C., Wysujack, K. & Berg, R. (2004b): Grundlagen zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern anhand der Fischfauna. Abschlussbericht, Allgemeiner Teil im Verbundprojekt: Erforderliche Probenahmen und Entwicklung eines Bewertungsschemas zur ökologischen Klassifizierung von Fließgewässern anhand der Fischfauna gemäß EG-WRRL. 49 S.
- DVWK (1993): Verlandung von Flußstauhaltungen – Morphologie, Bewirtschaftung, Umweltaspekte und Fallbeispiele. DVWK Schriften 105. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Bonn.
- DWA (2006): Entlandung von Stauräumen. Themenheft, DWA-Arbeitsgruppe WW-2.5. DWA, Hennef. ISBN 978-3-937758-33-6.
- DWA (2012): Sedimentmanagement in Fließgewässern - Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele. Merkblatt DWA-M 525, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.

- EU (Europäische Union) (2015): Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. – Guidance Document No. 31, Technical Report – 2015 – 086. Doi: 10.2779/775712
- Europäische Kommission (2015): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat. Wasserrahmenrichtlinie und Hochwasserrichtlinie - Maßnahmen zum Erreichen eines guten Gewässerzustands in der EU und zur Verringerung der Hochwasserrisiken. COM (2015) 120 final. Brüssel, 9.3.2015.
- Einstein, H. A. & Chien, N. (1953): Can the rate of wash load be predicted from the bed-load function? *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 34(6), 876-882. doi: 10.1029/TR034i006p00876
- Elsner, T. & Pfleger, F. (2011): Sedimentmanagement in Bayern. Vorstudie. aquasoli Ingenieurbüro & Hunziker, Zarn & Partner AG. Im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU), Augsburg. 70 S.
- Erkens, G., Hoffmann, T., Gerlach, R. & Klostermann J. (2011): Complex fluvial response to Lateglacial and Holocene allogenic forcing in the Lower Rhine Valley (Germany). *Quaternary Science Reviews*, Vol. 30, No. 5-6, S. 611-627.
- Fan, J. & Morris, G.L. (1992a): Reservoir Sedimentation I: Delta and Density Current Deposits. *J. Hydraul. Eng.*, 118(3), 354–369.
- Fan, J. & Morris, G.L. (1992b): Reservoir Sedimentation II: Reservoir Desiltation and Long-Term Storage Capacity. *J. Hydraul. Eng.*, 118(3), 370–384.
- Feld, C.K., de Bello, F. & Dolédec, S. (2014): Biodiversity of traits and species both show weak responses to hydromorphological alteration in lowland river macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 59, S. 233-248.
- FGG Elbe (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe - Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Flussgebietsgemeinschaft Elbe.
- Friedrich, G. (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern – eine unlösbare Aufgabe? In: Friedrich, G., & Lacombe, J. (Hrsg.): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Stuttgart. S. 1-7.
- Fryirs, K. (2013): (Dis) Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 38 No. 1, S. 30-46.
- García, M. H. (Hrsg.) (2008): ASCE Manual of Practice 110 — Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modeling and Practice.
- Gebhardt, M. (2007): Stand der Schlauchwehrtechnik, Anwendungsbeispiele und Betriebserfahrungen. In: Einsatz von Schlauchwehren an Bundeswasserstraßen, Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau, Nr. 91. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe. ISSN 0572-5801.

- Gebhardt, M., Gerstner, N. & Thorenz, C. (2014): Der Einfluss über- und unterströmter Wehrverschlüsse auf den Sedimenttransport durch Stauhaltungen. *WasserWirtschaft*, 104(11), 16-22.
- Gehres, N., Astor, B. & Hillebrand, G. (2014): Von der Quelle zur Mündung, eine Sedimentbilanz des Rheins: Rhein Nebenflüsse als Sedimentlieferanten. (BfG-Bericht 1812). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Gurnell A.M., Bussettini, M., Camenen, B., González Del Tánago, M., Grabowski, R.C., Hendriks, D., Henshaw, A., Latapie, A., Rinaldi, M. & N. Surian, N. (2014): REFORM – A hierarchical multi-scale framework and indicators of hydromorphological processes and forms. D2.1 Part 1, a report in four parts of REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656. <http://www.reformrivers.eu/system/files/D2.1%20Part%201%20Main%20Report%20FINAL.pdf> (abgerufen zuletzt am 11.5.2016)
- Haase, P., Hering, D., Jähning, S. C., Lorenz, A. W. & Sundermann, A. (2013): The impact of hydromorphological restoration on river ecological status: a comparison of fish, benthic invertebrates, and macrophytes. – *Hydrobiologia*, 704, 475 – 488, doi 10.1007/s10750-012-1255-1
- Hauer, C., Unfer, G., Habersack H., Pulg, U. & Schnell J. (2013): Bedeutung von Flussmorphologie und Sedimenttransport in Bezug auf die Qualität und Nachhaltigkeit von Kieslaichplätzen. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, Nr. 4, 2013, S.189 - 197.
- Herget, J. (2000): Development of the Holocene valley bottom of the river Lippe (Germany): a case study of anthropogenic influence. *Earth Surface Processes and Landforms* 25,3, Chichester, S. 293-305.
- Herpertz, D., Schäfer, B., Esser, B. (2011): Ökologische Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen - Neue Wege nicht nur für Fische. *Wasser und Abfall* 3/2011: S. 10 - 13.
- Hillebrand, G., Pohlert, T. & Vollmer, S. (2012): Frühere und zukünftige Entwicklung der Schwebstofffrachten im Rhein Tagungsband der 2. KLIWAS-Statuskonferenz am 25./26. Oktober 2011, BMVBS, Berlin (S. 80 - 83).
- Hoffmann, T., Erkens, G., Gerlach, R., Klostermann, J. & Lang, A. (2009): Trends and controls of Holocene floodplain sedimentation in the Rhine catchment. *Catena* 77(2), 96-106.
- Hoffmann, T., Thorndycraft, V.R., Brown, A.G., Coulthard, T.J., Damnati, B., Kale, V.S., Middelkoop, H., Notebaert, B. & Walling, D.E. (2010): Human impact on fluvial regimes and sediment flux dating during the Holocene: review and future research agenda. – *Global and Planetary Change* 72, 87-98
- IKSE (2014): Sedimentmanagementkonzept der IKSE - Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE). Magdeburg.
- IKSR (2009): Sedimentmanagementplan Rhein – Zusammenfassung. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz. Bericht Nr. 175. ISBN 3-941994-00-X.

- Jährling, K.-H. (2012): Die Bedeutung des Feststoffhaushaltes für die Gewässerstruktur und Morphodynamik der Elbe – Grundlagen, Maßnahmen, Kompromisse. In: Die Elbe und ihre Sedimente, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband, Hamburg: S. 41 - 46.
- Jambor, F. (1959): Mögliche Erhöhung der festen Wehrschwelle sowie Gestaltung der damit verbundenen Wehrkonstruktion, im Besonderen des Sektorwehrs. Die Bautechnik, Heft 6 und 8, 1959, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn.
- Kail, J., Brabec, K., Poppe, M. & Januschke K. (2015): The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: a meta-analysis. Ecological Indicators 58 (2015) 311–321.
- Kampa, E., Buijse, T., Cowx, I., Friberg, N., Zeeman, W., Hering, D., Rinaldi, M., Bussetini, M., Catalinas, M., O'Hare, M.T., Okruszko, T. & Mosselman, E. (2013): Deliverable 7.3.: Summary report REFORM stakeholder workshop. Projekt: Restoring rivers FOR effective catchment Management (REFORM).
- Kellermann (2015): Langfristige Sohlentwicklung an der Donau unterhalb Straubing, 17. Gewässermorphologisches Kolloquium, 3.-4.11.2015, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Kern (2014): Erfahrungen mit Sedimentmanagement in Baden-Württemberg. River Consult, Karlsruhe. Bericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Kleinhans, M. G., Wilbers, A. W. E., De Swaaf, A. & Van Den Berg, J. H. (2002): Sediment Supply-Limited Bedforms in Sand-Gravel Bed Rivers. Journal of Sedimentary Research, 72(5), 629-640. doi: 10.1306/030702720629
- Koenzen, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland. Typologie und Leitbilder. Ergebnisse des F+E-Vorhabens „Typologie und Leitbildentwicklung für Flussauen in der Bundesrepublik Deutschland“ des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ: 803 82 100. In: Angewandte Landschaftsökologie 65: 3-326.
- Koenzen, U., Döbbelt-Grüne, S. & Reuvers, C. (2008): Auswirkungen naturnaher Rückbaumaßnahmen und naturnaher Laufabschnitte – Gezielte Nutzung von Strahlwirkungen und Trittsteineffekten zur Erreichung der Ziele der EG-WRRL im EZG Eifel-Rur. Systemanalyse und Entwicklung einer regelbasierten Entscheidungshilfe für die Bewirtschaftungsplanung an der Eifel-Rur. Gutachten im Auftrag des Wasserverbandes Eifel-Rur (WVER), Düren. Planungsbüro Koenzen, Hilden.
- Kondolf, G.M., Gao, Y., Annandale, G. W., Morris, G. L., Jiang, E., Zhang, J., Cao, Y., Carling, P., Fu, K., Guo, Q., Hotchkiss, R., Peteuil, C., Sumi, T., Wang, H.-W., Wang, Z., Wei, Z., Wu, B., Wu, C. & Yang, C. T. (2014): Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. Earth's Future, 2, 256–280, doi:10.1002/2013EF000184.

- Lang, A., Bork, H. R., Mäckel, R., Preston, N., Wunderlich, J. & Dikau, R. (2003): Changes in sediment flux and storage within a fluvial system: some examples from the Rhine catchment. *Hydrol. Processes* 17, 3321–3334.
- LANUV NRW (2012): Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. LANUV-Arb.bl. 18. Recklinghausen.
- LAWA (1995): Definition Leitbild nach Beschluss der LAWA vom 21. Juni 1995.
- LAWA (1998): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Vorabkopie zur Schulung.
- LAWA (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren. Roth.
- LAWA (2001): Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Berlin.
- LAWA (2002): Empfehlung Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer. o. O.
- LAWA (2012a): RAKON VI Ermittlung des guten ökologischen Potenzials - Fließgewässer -.
- LAWA (2012b): Unterstützende Bewertungsverfahren. Ableitung von Bewertungsregeln für die Durchgängigkeit, die Morphologie und den Wasserhaushalt zur Berichterstattung in den reportingsheets. LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung - Produktdatenblatt 2.2.6.
- LAWA (2014): Überarbeitung der Verfahrensbeschreibung der Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer. Endbericht. [in Bearbeitung].
- LAWA (2015): Handbuch zur Bewertung und planerischen Bearbeitung von erheblich veränderten Wasserkörpern (HMWB) und künstlichen Wasserkörpern (AWB). http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/81142/Handbuch_zur_Bewertung_HMWB_und_AWB.pdf (zuletzt abgerufen am 17.12.2015).
- LUA NRW (1998): Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Merkblätter Nr. 14. Essen.
- LUWG (2008): Durchgängigkeit und Wasserkraftnutzung in Rheinland-Pfalz. Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, LUWG-Bericht 2/2008, Mainz.
- Meyer-Peter, E. & Müller, R. (1948): Formulas for bed-load transport. Proceedings of the 2nd IAHR Congress, Stockholm, Schweden.
- MUNLV NRW (2006): Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW. Düsseldorf. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- NLWKN (2008): Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer. Teil A Fließgewässer – Hydromorphologie. Empfehlungen zu Auswahl, Prioritätensetzung und Umsetzung von Maßnahmen zur Entwicklung niedersächsischer Fließgewässer. Norden.

- Noack, M., Roberts, M. & Vollmer S. (2012): Numerische Modellierung von abiotischen Randbedingungen zur Unterstützung in ökologischen Bewertungen. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen. 1. Ökologisches Kolloquium am 14./15. Februar 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 6/2012, S. 19 - 36, Koblenz, Juli 2012.
- PG Erosionsstrecke Elbe (2009): Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung. WSD Ost, WSA Dresden; BAW, BfG unter Mitwirkung der Biosphärenreservatsverwaltung „Mittelelbe“ im Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt und des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft
- Pottgiesser, T., Kail, J., Halle, M., Mischke, U., Müller, A., Seuter, S., van de Weyer, K. & Wolter, C. (2008): Endbericht PEWA II, Das gute ökologische Potenzial: Methodische Herleitung und Beschreibung. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin.
- Quick, I. (2004): Geomorphologisches Leitbild des Niederrheins. Methodik zur Leitbildentwicklung für Ströme in Hinblick auf die Gewässerstrukturgütebewertung. In: Reihe Wissenschaft Bd. 21, 229 S. Bergisch Gladbach.
- Quick, I. (2012): Sediment management concept with special regard to hydromorphological aspects. In: Die Elbe und ihre Sedimente, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband, Hamburg: S. 167 - 168.
- Quick, I. & Schriever, S. (2014): Ausgewählte hydromorphologische Parameter als Zeiger für den Sedimentstatus der Tideems. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde [Hrsg.], Ästuare und Küstengewässer der Nordsee. 16. Gewässermorphologisches Kolloquium am 6./7. November 2013 in Bremerhaven. Veranstaltungen 2/2014, Koblenz. S. 63 - 88.
- Quick, I., König, F., Svenson, C., Cron, N., Schriever, S. & VOLLMER, S. (2012): Hydromorphologische Bewertung und Praxisprojekte mit Schnittstelle zur Gewässerökologie. In: Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen. Ökologisches Kolloquium, S. 43 - 62. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Quick, I., Cron, N., Schriever, S., König, F. & Vollmer, S. (2013): Die Bedeutung der Sedimente für die Ausprägung der Hydromorphologie großer Fließgewässer als unterstützende Komponente für die Zielerreichung nach Wasserrahmenrichtlinie. In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie – Erweiterte Zusammenfassungen 2012 (Koblenz). 370 - 375. Hamburg, Berlin.
- Quick, I., Jährling, K.-H., Vollmer, S., Anlanger, C. & Fricke, D. (2014): Hydromorphologische Indikatoren als Zeiger für den Status des Sedimenthaushaltes der Elbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Geesthacht. In: Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept Elbe. Schriftenreihe Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. 30: S. 77 - 141. Koblenz. Bundesanstalt für Gewässerkunde.

- Ritz, S. & Fischer, H. (2015): Stickstoffretention in großen Flüssen – eine Ökosystemleistung? (Vortrag zum 5. Ökologisches Kolloquium der BfG: Ökosystemleistungen – Herausforderungen und Chancen im Management von Fließgewässern und PIANC-Seminar: Ecosystem Services: Identification, Assessment and Benefits for Navigation Infrastructure Projects). Download 20.11.2015:
http://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2015_05_05_ritz.pdf?__blob=publicationFile
- Rosenzweig, S., Quick, I., Cron, N., König, F., Schriever, S., Vollmer, S., Svenson, C. & Grätz, D. (2012): Hydromorphologische Komponenten im Flussauenmodell INFORM - Entwicklung und Anwendung der morphologischen Systemkomponente Morpho und des Bewertungsmoduls Valmorph zur quantitativen Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Veränderungen in Fluss und Aue, BfG-Bericht Nr. 1657, Koblenz.
- Salant, N. L., Renshaw, C. E. & Magilligan, F. J. (2006): Short and long-term changes to bed mobility and bed composition under altered sediment regimes. *Geomorphology*, 76(1–2), 43–53. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.09.003>.
- Schmidt, S. I., Haybach, A., König, B., Schöll, F. X. & J. H. E. Koop (2007): Makrozoobenthosbesiedlung und Sedimentumlagerung in Bundeswasserstraßen. - HW 51, H. 6. S 266 – 272.
- StUA Minden (Staatliches Umweltamt Minden, Hrsg.) (2001): Morphologische Leitbildentwicklung für die Weser in NRW als Grundlage für die Gewässerstrukturgütekartierung. Bearbeitung: Planungsbüro Koenzen (unveröffentl.).
- Theler, D., Reynard, E., Lambiel, C. & Bardou, E. (2010): The contribution of geomorphological mapping to sediment transfer evaluation in small alpine catchments. *Geomorphology*, 124, S. 113–123.
- Tuijnder, A. P., Ribberink, J. S. & Hulscher, S. J. M. H. (2009): An experimental study into the geometry of supply-limited dunes. *Sedimentology*, 56(6), 1713–1727. doi: [10.1111/j.1365-3091.2009.01054.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01054.x)
- Tüxen, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. In: *Angewandte Pflanzensoziologie* 13.
- UAG SuBedO. (2008): Bericht der Expertengruppe 1 „Quantitative Untersuchungen“ der Unterarbeitsgruppe „Sediment- und Baggergutmanagement entlang des Oberrheins“.
- UBA (2008a): Ökologische Effektivität hydromorphologischer Maßnahmen an Fließgewässern. Texte 21/08. Dessau-Roßlau.
- UBA (2008b): Wasserrahmenrichtlinie und Hydromorphologie. Dokumente der gemeinsamen Umsetzungsstrategie der EU-Staaten (CIS). 17/08. Dessau-Roßlau.

- UBA (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Mit Anhang 1 von „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle“ und Anhang 2 bis 9: „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen“ – UBA Texte 43 / 2014 Download:
<http://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/strategien-zur-optimierung-von-fluessgewaesser>
- USBR (2006): Erosion and Sedimentation Manual. U.S. Department of the Interior – Bureau of Reclamation, Denver, CO.
- Vericat, D., Batalla, R. J. & Garcia, C. (2006) : Breakup and reestablishment of the armour layer in a large gravel-bed river below dams: The lower Ebro. *Geomorphology*, 76(1–2), 122-136. doi: 10.1016/j.geomorph.2005.10.005
- Verstraeten, G., Rommens, T., Peeters, I., Poesen, J., Govers, G. & Lang, A. (2009): A temporarily changing Holocene sediment budget for a loess-covered catchment (central Belgium). *Geomorphology*, Vol. 108, No. 1–2, S. 24-34.
- Vischer, D. (Hrsg.) (1981): Verlandung von Stauhaltungen und Speicherseen im Alpenraum. Internationale Fachtagung. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 53.
- Vollmer, S., & Schriever, S. (2004): Feststofftransport und Flussbettentwicklung der Elbe. BfG-1431, 55 Seiten, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Vollmer, S., Quick, I. & Moser, H. (2012): Sedimenthaushalt und Managementaspekte der Binnenwasserstraße Elbe. In: *Die Elbe und ihre Sedimente*. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2012, Tagungsband. Hamburg: S. 34 - 37.
- Vollmer, S., Grätz, D., Schriever, S., Krötz, K., König, F., Svenson, C., Promny, M., Busch, N. & Hatz, M. (2014): *Sedimenttransport und Flussbettentwicklung der Binnenelbe*. KLIWAS Schriftenreihe Band 67/2014. 98 Seiten. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Wang, Z. Y., Lee, J. H. W. & Melching, C. S. (2013): River Dynamics and Integrated River Management. Springer-Verlag.
- Whiting, P. J., & King, J. G. (2003): Surface particle sizes on armoured gravel streambeds: effects of supply and hydraulics. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(13), 1459-1471. doi: 10.1002/esp.1049
- Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker B., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner K. & Peter, A. (2005): Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ (CH). 112 S.
- WSA Hann. Münden (2015): Persönliche Mitteilung.
- WSA Heidelberg (2013): Unterhaltungskonzept WSA Heidelberg – Nassbaggerarbeiten am Neckar von Mannheim bis Heilbronn. Az.: 3-231.2/005. Wasser- und Schifffahrtsamt Heidelberg.

WSA Koblenz (2015): Persönliche Mitteilung.

WSA Stuttgart (2013): Unterhaltungskonzept WSA Stuttgart – Nassbaggerarbeiten am Neckar von Plochingen bis Heilbronn. Az.: 3-231.2-Gew/59. Wasser- und Schifffahrtsamt Stuttgart.

WSA Trier (2015): Persönliche Mitteilung.

WSA Verden (2010): Bericht zur Durchführung der Unterhaltungsbaggerung. Az.: 2-231.2 Gew / 28 I. Wasser- und Schifffahrtsamt Verden.

WSA Verden (2015): Persönliche Mitteilung.

WSV (2014): Erosionsstrecke der Elbe – Umsetzung des Sohlstabilisierungskonzeptes: Tätigkeitsbericht 2010 bis 2012. AG Umsetzung des Sohlstabilisierungskonzeptes für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung. Dresden, Magdeburg, Koblenz, Karlsruhe.

11 Abkürzungsverzeichnis

1D-HN-Modell	eindimensionales hydrodynamisch-numerisches Modell
Abs.	Absatz
AG	Arbeitsgruppe
Art.	Artikel
AWB	künstlicher Wasserkörper ("artificial water body")
AZ	Aktenzeichen
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BFE	Bundesamt für Energie der Schweiz
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Buchst.	Buchstabe
BWaStr	Bundeswasserstraße
CEN	Europäisches Institut für Normung
CIS	Common Implementation Strategy
COST	Cooperation in the field of Scientific and Technical Research
DEM	Digitales Höhenmodell ("digital elevation model")
DIN	Deutsches Institut für Normung
Do-km	Donaukilometer
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
ECOSTAT	Arbeitsgruppe "Ecological status"
EdF	Electricité de France
EG	Europäische Gemeinschaft
El-km	Elbekilometer
EN	Europäische Norm
ESK	Elbe-Seitenkanal
EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EZG	Einzugsgebiet
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
FGE	Flussgebietseinheit
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
fiBS	fischbasiertes Bewertungssystem

gcZ	guter chemischer Zustand
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
GEK	Gewässerentwicklungskonzept
GIS	Geografisches Informationssystem
GÖP	gutes ökologisches Potenzial
göZ	guter ökologischer Zustand
GSGK	Gewässerstrukturgütekartierung
GW	Grundwasser
HABAB	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland
HCB	Hexachlorbenzol
Hg	Quecksilber
HMWB	erheblich veränderter Wasserkörper ("heavily modified water body")
höP	höchstes ökologisches Potenzial
hpnG	heutiger potenziell natürlicher Gewässerzustand
HQ100	hundertjähriger Abfluss
HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagementrichtlinie
i. V. m.	in Verbindung mit
IKSD	Internationale Kommission zum Schutz der Donau
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
INFORM	Integriertes Flussauenmodell
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
JD-UQN	Umweltqualitätsnorm als Jahresdurchschnitt
KG	Küstengewässer
LANUV NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LCH EPFL	Laboratoire de Constructions Hydrauliques, École polytechnique fédérale de Lausanne
LFP	Länderfinanzierungsprogramm
LfU Bayern	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LUA NRW	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LUWG RLP	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Ma-km	Mainkilometer
MDK	Main-Donau-Kanal
MHQ	mittlerer Hochwasserabfluss
MQ	mittlerer Abfluss

MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
MUNLV NRW	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
MZB	Makrozoobenthos
Ne-km	Neckarkilometer
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NWB	natürlicher Wasserkörper ("natural water body")
Od-km	Oderkilometer
OGewVO	Oberflächengewässerverordnung
OW	Oberwasser
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PG	Projektgruppe
QBW	Querbauwerk
QK	Qualitätskomponente
REFORM	Restoring rivers for effective catchment management
Rh-km	Rheinkilometer
RL	Richtlinie
Rn.	Randnummer
RP	Regierungspräsidium
RWTH Aachen	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
SCG	Strategische Koordinierungsgruppe ("Strategic Coordination Group")
sgöZ	sehr guter ökologischer Zustand
StUA	Staatliches Umweltamt
SVPM	Schwebstoffvielpunktmessung
UAG SuBedO	Unterarbeitsgruppe "Sediment- und Baggergutmanagement entlang des Oberrheins"
UBA	Umweltbundesamt
ÜG	Übergangsgewässer
UHW	Untere Havel-Wasserstraße
UQN	Umweltqualitätsnorm
USBR	United States Bureau of Reclamation
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
UW	Unterwasser
VAW ETHZ	Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
VNF	Voies navigables de France
WaDaBa	Wasserstraßendatenbank
WaStrG	Bundeswasserstraßengesetz

WaWi Unterhaltung	wasserwirtschaftliche Unterhaltung
WFD	Water Framework Directive
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WK	Wasserkörper
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSA / WSÄ	Wasser- und Schifffahrtsamt / Wasser- und Schifffahrtsämter
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
ZHK-UQN	Umweltqualitätsnorm als zulässige Höchstkonzentration
Ziff.	Ziffer

Anlage 1: Liste der Wehre an den Bundeswasserstraßen

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr - felder
Wehranlage Hademstorf	213-332200 1	0109	Wehram Hademstorf	Aller	49,646	Weser	WSV	2,54	2
Wehranlage Oldau	213-332400 1	0103	Wehram Oldau	Aller	14,685	Weser	WSV	3,18	2
Wehranlage Bannetze (Restbauwerk)	213-332400 2	0104	Wehram Bannetze	Aller	26,675	Weser	WSV		
Wehranlage Marklendorf (Restbauwerk)	213-332400 3	0105	Wehram Marklendorf	Aller	38,3	Weser	WSV		
Wehranlage Marklendorf	213-332400 4	0105	Wehram Marklendorf	Aller	38,317	Weser	WSV	3,2	2
Wehranlage Bannetze	213-332400 5	0104	Wehram Bannetze	Aller	26,741	Weser	WSV	2,13	2
Wehranlage Dietfurt	213-693400 1	0201	Altmühl	Altmühl	136,17	Donau	WSV	4,3	2
Wehranlage Schützenwehr Neue Mühle	213-374600 1	5521	Wehram Neue Mühle	DaW	9,44	Elbe	WSV	1,41	3
Wehranlage Fischbauchklappe Neue Mühle	213-374600 2	5521	Wehram Neue Mühle	DaW	9,44	Elbe	WSV	1,41	2
Wehranlage Neue Mühle - NEU (temporär)	213-374600 3	5501	Dahme-Wasserstraße (Hauptstrecke)	DaW	9,5	Elbe	WSV		
Wehranlage Storkow	213-374800 5	5510	Fluss-/Kanalstrecke Storkower Gewässer	DaW	15,48	Elbe	WSV	2	1
Wehranlage Kummersdorf	213-374800 6	5510	Fluss-/Kanalstrecke Storkower Gewässer	DaW	10,27	Elbe	WSV	1,18	1
Wehranlage Wendisch Rietz	213-375000 3	5515	Wehram Wendisch Rietz	DaW	0,133	Elbe	WSV		
Wehranlage Herbrum	213-290800 1	0528	Wehram Herbrum	DEK	212,04	Ems	WSV	1,35	2
Wehranlage Hilter	213-310800 1	0520	Wehram Hilter	DEK	186,69	Ems	WSV	1,1	2
Wehranlage Dütthe	213-310800 2	0522	Wehram Dütthe	DEK	191,88	Ems	WSV	2,2	2

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Bollingerfähr	213-3108003	0526	Wehrram Bollingerfähr	DEK	205,96	Ems	WSV	1,8	2
Wehranlage Versen	213-3308003	0516	Wehrram Hüntel	DEK	172,18	Ems	WSV	2,6	2
Wehranlage Nadelwehr Versen (Restbauwerk)	213-3308004	0517	Altarm Versen Ost	DEK	173,8	Ems	WSV		
Wehranlage Goldfischdever	213-3110001	2301	Küstenkanal (Hauptstrecke)	DEK	64,28	Ems	WSV	1,5	4
Wasserverteilungsanlage Hamm	213-4312001	0301	Datteln-Hamm-Kanal	DHK	36,98	Rhein	WSV	3,35	5
Wehranlage Regensburg Südarm	213-6938001	0406	Wehrram Regensburg Süd/Donau-Südarm	Donau	2.381,33	Donau	WSV	5,2	4
Wehranlage Regensburg Nordarm	213-6938002	0407	Wehrram Regensburg Nord/Donau-Nordarm	Donau	2.381,11	Donau	WSV	5,2	1
Wehranlage Bad Abbach	213-7138001	0404	Wehrram Bad Abbach	Donau	2.401,73	Donau	WSV	5,7	4
Wehranlage Geisling	213-7140001	0408	Wehrram Geisling	Donau	2.354,29	Donau	WSV	7,3	5
Wehranlage Straubing	213-7140002	0409	Wehrram Straubing	Donau	2.329,78	Donau	WSV	7	5
Wehranlage Kachlet	213-7546001	0424	Wehrram Kachlet	Donau	2230,72	Donau	WSV	9,8	6
Wehranlage Plaue	213-3540003	5614	Woltersdorfer Altkanal	EHK	3,15	Elbe	WSV	3,1	1
Wehranlage OV Zerben	213-3736001	5605	Wehrram Zerben	EHK	344,99	Elbe	WSV	2,7	1
Wehranlage UV Zerben	213-3736002	5605	Wehrram Zerben	EHK	346,08	Elbe	WSV	3,1	1
Wehranlage OVH Zerben (in Planung)	213-3736003	5605	Wehrram Zerben	EHK	0,032	Elbe	WSV		
Wehranlage UVH Zerben (in Planung)	213-3736004	5605	Wehrram Zerben	EHK	1,237	Elbe	WSV		
Wehranlage Wusterwitz	213-3740001	5614	Woltersdorfer Altkanal	EHK	0,36	Elbe	WSV	4,8	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ordnung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Wusterwitz (in Planung)	213-3740002	5614	Woltersdorfer Altkanal	EHK	0,28	Elbe	WSV		0
Wehranlage Nordfeld	213-1720001	0601	Eider (Hauptstrecke)	Eider	78,273	Eider	WSV		5
Wehranlage Geesthacht	213-2528001	0702	Wehram Geesthacht	Elbe	585,89	Elbe	WSV	3,42	4
Wehranlage Cracau	213-3934001	0726	Nebenarm Magdeburger Alte Elbe	Elbe	1,38	Elbe	WSV	1,12	1
Wehranlage Büssau	213-2128002	0802	Wehram Büssau	ELK	3,32	Schlei / Trave	WSV	2,84	0
Wehranlage Lauenburg	213-2728004	0803	Wehram Lauenburg	ELK	59,684	Elbe	WSV	5,06	0
Sohlenschwelle Bentlage	123-3710001	1112	Schiffahrtskanal	Ems	51,4	Ems	WSV		1
Wehranlage Geeste	213-3308001	1101	Ems (Hauptstrecke)	Ems	110,844	Ems	WSV	0,99	1
Wehranlage Varloh	213-3308002	1101	Ems (Hauptstrecke)	Ems	114,336	Ems	WSV	0,82	1
Wehranlage Hanckenfähr	213-3508001	1101	Ems (Hauptstrecke)	Ems	84,635	Ems	WSV	3,67	4
Wehranlage Rheine	213-3710003	1111	Wehram Rheine	Ems	46,66	Ems	WSV	2,75	2
Wehranlage Listrup	213-3710004	1113	Wehram Listrup	Ems	71,945	Ems	WSV	2,34	2
Wehranlage Wilhelmshausen	213-4522001	1601	Fulda (Hauptstrecke)	Fulda	101,455	Weser	WSV	2,44	2
Wehranlage Bonaforth	213-4522002	1601	Fulda (Hauptstrecke)	Fulda	105,31	Weser	WSV	2,41	2
Wehranlage oberes Fuldaweher Hann. Münden	213-4522003	1619	Wehram Hann. Münden	Fulda	107,835	Weser	WSV	2,54	1
Wehranlage unteres Fuldaweher Hann. Münden	213-4522004	1620	Mühlenwehram Hann. Münden	Fulda	108,305	Weser	WSV	2,34	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Mühlenwehr Freiarhe Hann. Münden	213- 452200 8	1621	Kraftwerkskanal Mühlengraben Hann. Münden	Fulda	108,32 5	Weser	WSV		
Wehranlage Werbebach	213- 472000 1	1610	Edersee mit Eder (Eder Nebengewäs- ser)	Fulda	28,3	Weser	WSV (Eigen- verwaltung)		
Wehranlage Reiherbach	213- 472000 2	1610	Edersee mit Eder (Eder Nebengewäs- ser)	Fulda	28,4	Weser	WSV		
Wehranlage Kassel	213- 472200 2	1601	Fulda (Hauptstrecke)	Fulda	81,279	Weser	WSV	2,84	2
Wehranlage Wahnhausen	213- 472200 3	1601	Fulda (Hauptstrecke)	Fulda	93,5	Weser	WSV	7,5	3
Wehranlage Guxhagen	213- 472200 4	1608	Wehram Guxhagen	Fulda	61,147	Weser	WSV (privat- rechtl. Nutzung durch Dritte)	1,74	1
Wehranlage Neue Mühle	213- 472200 8	1611	Wehram Neue Mühle Kassel	Fulda	75,686	Weser	WSV (privat- rechtl. Nutzung durch Dritte)	1,32	1
Wehranlage Banfe	213- 491800 1	1610	Edersee mit Eder (Eder Nebengewäs- ser)	Fulda	18,49	Weser	WSV		
Wehranlage Neumorschen	213- 492200 1	1603	Wehram Neumor- schen	Fulda	26,54	Weser	WSV	1,61	1
Wehranlage Melsungen	213- 492200 2	1605	Wehrstrecke Melsungen	Fulda	42,342	Weser	WSV	1,68	1
Wehranlage Wolfershausen	213- 492200 3	1610	Edersee mit Eder (Eder Nebengewäs- ser)	Fulda	149,42	Weser	WSV		
Wehranlage Rotenburg	213- 512400 1	1601	Fulda (Hauptstrecke)	Fulda	12,36	Weser	WSV (privat- rechtl. Nutzung durch Dritte)	1,54	0
Wehranlage Grafenbrück	213- 314600 9	5846	Wehrstrecke Grafen- brück	HOW	63,308	Oder	WSV	3,66	1
Wehranlage Eichhorst	213- 314601 0	5858	Wehram Eichhorst	HOW	0,026	Elbe	WSV		1
Wehranlage Rosenbeck	213- 314601 1	5859	Wehram Rosenbeck	HOW	6,136	Elbe	WSV	3,23	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Schöpfung	213- 314800 1	5844	Finowkanal	HOW	67,45	Oder	Hartmut Kleiß, Brinkstraße 11, 38536 Meinersen		
Wehranlage Heegermühle	213- 314800 2	5878	Wehrstrecke Hee- germühle	HOW	0,41	Oder	WSV	2,03	1
Wehranlage Wolfswinkel	213- 314800 3	5850	Wehrstrecke Wolfs- winkel	HOW	72,864	Oder	WSV	2,55	1
Wehranlage Drahthammer	213- 314800 4	5851	Wehrstrecke Draht- hammer	HOW	73,83	Oder	WSV		1
Wehranlage Kupferhammer	213- 314800 5	5852	Wehrstrecke Kup- ferhammer	HOW	75,919	Oder	WSV	4,42	1
Wehranlage Eberswalde	213- 314800 6	5853	Wehrstrecke Ebers- walde	HOW	77,903	Oder	WSV		1
Wehranlage Ragöse	213- 314800 7	5854	Wehrstrecke Ragöse	HOW	80,918	Oder	WSV		1
Wehranlage Stecher	213- 314800 8	5855	Wehrstrecke Stecher	HOW	84,42	Oder	WSV	2,96	1
Wehranlage Liede	213- 314800 9	5856	Wehram Liede	HOW	0,063	Oder	WSV	2,3	1
Wehranlage Hohensaaten	213- 315000 1	5868	Wehrstrecke Hohen- saaten West	HOW	92,975	Elbe	WSV	0,79	3
Wehranlage festes Havelwehr Sachsenhausen	213- 334400 1	5837	Gr. Wehram Sach- senhausen	HOW	0,679	Elbe	WSV		0
Wehranlage Pinnow	213- 334400 2	5825	Auslasskanal Pinnow	HOW	22,517	Elbe	WSV		1
Wehranlage Großes Wehr Sachsenhausen	213- 334400 3	5837	Gr. Wehram Sach- senhausen	HOW	0,972	Elbe	WSV		4
Wehranlage Kleines Wehr Sachsenhausen	213- 334400 4	5838	Kl. Wehram Sach- senhausen	HOW	0,261	Elbe	WSV		1
Wehranlage Malz I (Freiarbe)	213- 334400 5	5830	Malzer Kanal (bei Malz)	HOW	35,109	Elbe	WSV	2,74	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Malz II	213- 334400 6	5830	Malzer Kanal (bei Malz)	HOW	35,11	Elbe	WSV	2,74	1
Wehranlage Zitadellenwehr Spandau	213- 354400 1	5817	Wehrstrecke Zitadel- lenwehr	HOW	0,58	Elbe	WSV	1,3	1
Wehranlage Freiarchenwehr Spandau	213- 354400 2	5802	Wehrstrecke Span- dau	HOW	0,538	Elbe	WSV	1,75	1
Wehranlage Fahrenholz	213- 272600 1	2104	Wehrstrecke Fah- renholz	Ilmenau	17,705	Elbe	WSV	1,97	1
Wehranlage Bardowick	213- 272800 2	2102	Wehram Bardowick	Ilmenau	5,55	Elbe	WSV	1,53	1
Wehranlage Wittorf	213- 272800 3	2103	Wehram Wittorf	Ilmenau	0,148	Elbe	WSV	2,18	1
Wehranlage Löhnberg	213- 551400 1	2406	Wehrstrecke Löhn- berg	Lahn	36,326	Rhein	WSV	1,92	1
Wehranlage oberes Wehr Weilburg	213- 551400 2	2407	Wehram Weilburg	Lahn	39,772	Rhein	WSV		1
Wehranlage unteres Wehr Weilburg	213- 551400 3	2407	Wehram Weilburg	Lahn	41,12	Rhein	WSV		1
Wehranlage oberes Wehr Kirschhofen	213- 551400 4	2408	Wehram Kirschh- ofen	Lahn	45,275	Rhein	WSV		1
Wehranlage oberes Wehr Förfurt	213- 551400 5	2409	Wehram Förfurt	Lahn	50,89	Rhein	WSV		1
Wehranlage Runkel	213- 551400 6	2411	Wehrarme Runkel	Lahn	65,36	Rhein	WSV		1
Wehranlage unteres Wehr Kirschhofen	213- 551400 7	2408	Wehram Kirschh- ofen	Lahn	45,34	Rhein	WSV		
Wehranlage unteres Wehr Förfurt	213- 551400 8	2409	Wehram Förfurt	Lahn	50,93	Rhein	WSV		
Wehranlage großes Wehr Dorlar	213- 551600 1	2402	Wehram Dorlar	Lahn	4,69	Rhein	WSV		1
Wehranlage großes Wehr Naunheim	213- 551600 2	2403	Wehram Naunheim	Lahn	7,94	Rhein	WSV		1
Wehranlage oberes Wehr Wetzlar	213- 551600 3	2401	Lahn	Lahn	11,55	Rhein	WSV		1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage unteres Wehr Wetzlar	213- 551600 4	2401	Lahn	Lahn	11,99	Rhein	WSV		1
Wehranlage Altenberg	213- 551600 5	2404	Wehram Altenberg	Lahn	15,84	Rhein	WSV		1
Wehranlage Oberbiel	213- 551600 6	2405	Wehram Oberbiel	Lahn	18,993	Rhein	WSV	2,18	1
Wehranlage unteres Wehr Gießen	213- 551600 7	2491	Hauptstrecke Lahn km (-) 11,08 (Baden- burg) bis 0,00 (Dutenhofen)	Lahn	-4,688	Rhein	Stadt Gießen		
Wehranlage kleines Wehr Dorlar (Mühlgraben)	213- 551600 8	2402	Wehram Dorlar	Lahn	4,845	Rhein	Dritte (öff.- rechtl. Verwal- tung durch WSV)		
Wehranlage kleines Wehr Naunheim (Mühlgraben)	213- 551600 9	2403	Wehram Naunheim	Lahn	7,98	Rhein	Dritte (öff.- rechtl. Verwal- tung durch WSV)		
Wehranlage oberes Wehr Gießen	213- 551800 1	2491	Hauptstrecke Lahn km (-) 11,08 (Baden- burg) bis 0,00 (Dutenhofen)	Lahn	-5,295	Rhein	Stadt Gießen		2
Wehranlage Ahl	213- 571000 3	2423	Wehram Ahl	Lahn	132,39 3	Rhein	WSV	3,54	1
Wehranlage Lahnstein	213- 571000 4	2426	Wehram Lahnstein	Lahn	135,76 2	Rhein	WSV		1
Wehranlage Cramberg	213- 571200 1	2415	Wehrstrecke Cram- berg	Lahn	91,82	Rhein	WSV		2
Wehranlage Scheidt	213- 571200 2	2416	Wehrstrecke Scheidt	Lahn	96,773	Rhein	WSV		2
Wehranlage Kalkofen	213- 571200 3	2417	Wehram Kalkofen	Lahn	105,6	Rhein	WSV		2
Wehranlage Hollerich	213- 571200 4	2418	Wehram Hollerich	Lahn	113,07	Rhein	WSV		4
Wehranlage Nassau	213- 571200 5	2419	Wehrstrecke Nassau	Lahn	117,61	Rhein	WSV		2
Wehranlage Dausenau	213- 571200 6	2420	Wehrstrecke Dausenau	Lahn	122,35 4	Rhein	WSV		2

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Ems	213- 571200 7	2421	Wehrrarm Bad Ems	Lahn	125,83 5	Rhein	WSV		1
Wehranlage Nievern	213- 571200 8	2422	Wehrrarm Nievern	Lahn	128,65 5	Rhein	WSV		1
Wehranlage Villmar	213- 571400 1	2410	Wehrrarm Villmar	Lahn	62,56	Rhein	WSV		1
Wehranlage oberes Wehr Limburg	213- 571400 2	2412	Wehrrarm Limburg	Lahn	76,18	Rhein	WSV		1
Wehranlage unteres Wehr Limburg	213- 571400 3	2412	Wehrrarm Limburg	Lahn	76,728	Rhein	WSV		1
Wehranlage Diez	213- 571400 4	2413	Wehrstrecke Diez	Lahn	83,2	Rhein	WSV		2
Wehranlage Neustadt am Rübenberge	213- 352200 1	2603	Wehrrarm Neustadt a. Rbge.	Leine, Ihme und Schnel- ler Graben	65,37	Weser	Mühlenbetrei- ber Hesse		
Wehranlage Hannover- Herrenhausen	213- 372400 2	2601	Leine, Ihme und Schneller Graben (Hauptstrecke)	Leine, Ihme und Schnel- ler Graben	22,78	Weser	WSV		5
Wehranlage Kostheim	213- 591600 1	2951	Wehrrarm Kostheim	Main	3,17	Rhein	WSV	3,74	3
Wehranlage Eddersheim	213- 591600 2	2950	Wehrrarm Edders- heim	Main	15,6	Rhein	WSV	3,61	3
Wehranlage Griesheim	213- 591600 3	2949	Wehrrarm Griesheim	Main	28,72	Rhein	WSV	4,49	3
Wehranlage Offenbach	213- 591800 1	2947	Wehrstrecke Offen- bach	Main	38,44	Rhein	WSV	3,18	3
Wehranlage Krotzenburg	213- 591800 4	2944	Wehrstrecke Krot- zenburg	Main	63,73	Rhein	WSV	2,74	3
Wehranlage Mühlheim	213- 591800 5	2946	Wehrstrecke Mühl- heim	Main	53,047	Rhein	WSV	3,77	3
Wehranlage Kleinstheim	213- 592000 1	2943	Wehrstrecke Kleino- stheim	Main	77,73	Rhein	WSV	6,8	5
Wehranlage Steinbach	213- 592200 1	2933	Wehrstrecke Stein- bach	Main	200,8	Rhein	WSV	5,14	3

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Harrbach	213-592400 1	2932	Wehrstrecke Harrbach	Main	219,53	Rhein	WSV	4,9	3
Wehranlage Schweinfurt	213-592600 1	2915	Wehram Schweinfurt	Main	331,96	Rhein	WSV	4,67	2
Wehranlage Ottendorf	213-592800 1	2912	Wehram Ottendorf	Main	345,29	Rhein	WSV	7,59	2
Wehranlage Knetzgau	213-592800 2	2911	Wehram Knetzgau	Main	359,99	Rhein	WSV	4,24	3
Wehranlage Obernau	213-612000 1	2942	Wehrstrecke Obernau	Main	93,04	Rhein	WSV	4,01	3
Wehranlage Wallstadt	213-612000 2	2941	Wehrstrecke Wallstadt	Main	101,37	Rhein	WSV	4	3
Wehranlage Lengfurt	213-612200 1	2935	Wehrstrecke Lengfurt	Main	174,62	Rhein	WSV	3,99	3
Wehranlage Rothenfels	213-612200 2	2934	Wehrstrecke Rothenfels	Main	186,06	Rhein	WSV	5,26	3
Wehranlage Himmelstadt	213-612400 1	2931	Wehrstrecke Himmelstadt	Main	232,37	Rhein	WSV	4,3	3
Wehranlage Erlabrunn	213-612400 2	2930	Wehrstrecke Erlabrunn	Main	241,22	Rhein	WSV	4,15	3
Wehranlage Volkach	213-612600 1	2919	Wehram Volkach/Mainschleife	Main	311,42	Rhein	WSV	3,2	3
Wehranlage Wipfeld	213-612600 2	2918	Wehram Wipfeld	Main	316,12	Rhein	WSV	4,31	3
Wehranlage Garstadt	213-612600 3	2916	Wehram Garstadt	Main	323,68	Rhein	WSV	4,69	3
Wehranlage Limbach	213-612800 1	2910	Wehram Limbach	Main	368,74	Rhein	WSV	5,36	3
Wehranlage Viereth	213-613000 1	2904	Wehrstrecke Viereth	Main	380,86	Rhein	WSV	6	2
Wehranlage Klingenberg	213-632000 1	2940	Wehrstrecke Klingenberg	Main	113,16	Rhein	WSV	4	3
Wehranlage Heubach	213-632000 2	2939	Wehrstrecke Heubach	Main	122,37	Rhein	WSV	4	3
Wehranlage Freudenberg	213-632000 3	2938	Wehrstrecke Freudenberg	Main	134,06	Rhein	WSV	4,51	3

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Faulbach	213- 632200 1	2937	Wehrstrecke Faulbach	Main	147,12	Rhein	WSV	4,51	3
Wehranlage Eichel	213- 632200 2	2936	Wehrstrecke Eichel	Main	160,6	Rhein	WSV	4,5	3
Wehranlage Würzburg	213- 632400 1	2929	Wehrstrecke Würzburg	Main	252,32	Rhein	WSV	2,75	2
Wehranlage Randersacker	213- 632400 2	2926	Wehrstrecke Randersacker	Main	258,81	Rhein	WSV	3,3	3
Wehranlage Goßmannsdorf	213- 632600 1	2925	Wehrstrecke Goßmannsdorf	Main	269,05	Rhein	WSV	3,4	3
Wehranlage Marktbreit	213- 632600 2	2923	Wehrstrecke Marktbreit	Main	275,7	Rhein	WSV	3,31	3
Wehranlage Kitzingen	213- 632600 3	2922	Wehrstrecke Kitzingen	Main	284,18	Rhein	WSV	3,66	3
Wehranlage Dettelbach	213- 632600 4	2920	Wehrstrecke Dettelbach	Main	295,48	Rhein	WSV	5,5	3
Wehranlage Hirschaid	213- 613000 3	3015	Kraftwerkskanal Hirschaid (km 0,08 bis 0,31 (Wehr) Nebengewässer)	MDK	14,016	Rhein	Bayernwerk Wasserkraft AG München	9,21	0
Wehranlage Forchheim	213- 633200 2	3006	Wehrarm Forchheim	MDK	26,291	Donau	WSV	5,29	3
Wehranlage Riedenburg	213- 713600 1	3010	Wehrstrecke Riedenburg	MDK	150,93 7	Donau	WSV	8,4	3
Wehranlage Kelheim	213- 713600 2	3014	Wehrstrecke Kelheim	MDK	166,16 4	Donau	WSV	8,4	3
Wehranlage Banzkow	213- 253400 1	5934	Wehrarm Banzkow StW	MEW	0,906	Elbe	WSV	1,16	0
Wehranlage Kreuzschleuse Friedrichsmoor	213- 253400 3	5926	Fluss-/Kanalstrecke Stör-Wasserstraße StW	MEW	4,86	Elbe	WSV	1,8	0
Wehranlage Lewitz, neu	213- 253400 4	5935	Wehrstrecke Lewitz	MEW	50,53	Elbe	WSV		0

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Mittelschleuse	213- 253400 5	5926	Fluss-/Kanalstrecke Stör-Wasserstraße StW	MEW	2,35	Elbe	WSV	1,77	0
Wehranlage Banzkow (in Pla- nung)	213- 253400 6	5934	Wehrarm Banzkow StW	MEW	0,911	Elbe	WSV		
Wehranlage Notwehr Parchim	213- 253600 1	5901	Müritz-Elde- Wasserstraße	MEW	72,09	Elbe	WSV	3,08	0
Wehranlage Neuburg	213- 253600 2	5920	Wehrarm Alte Elde Buraw (zu Schl. Neuburg)	MEW	83,9	Elbe	WSV	3,8	0
Wehranlage Tuchfabrik Parchim	213- 253600 3	5921	Wehrarm Mühlen- strom	MEW	72,2	Elbe	WSV	3,08	0
Wehranlage Malchow	213- 253600 5	5925	Wehrarm Alte Elde Damm (zu Schl. Garwitz)	MEW	5,479	Elbe	WSV	3,84	0
Wehranlage Plau	213- 253800 1	5910	Wehrarm Plau	MEW	120,05	Elbe	WSV	1,67	0
Wehranlage Barkow	213- 253800 2	5912	Wehrarm Barkow (Alte Elde)	MEW	114,3	Elbe	WSV	3,21	0
Wehranlage Bobzin	213- 253800 3	5915	Wehrarm Bobzin	MEW	103,78	Elbe	WSV	6,91	0
Wehranlage Lübz	213- 253800 4	5917	Wehrarm Gerber- bach Lübz	MEW	98,95	Elbe	WSV	2,94	0
Wehranlage Mühlen- wehr Lübz	213- 253800 5	5918	Wehrarm Mühlen- strom Lübz	MEW	98,95	Elbe	WSV	2,94	0
Wehranlage Aalbachdüker Kuppentin	213- 253800 6	5901	Müritz-Elde- Wasserstraße (Hauptstrecke)	MEW	109,56	Elbe	WSV	4,27	0
Wehranlage Eldena	213- 273400 1	5948	Wehrarm Eldena	MEW	17,97	Elbe	WSV	1,73	2
Wehranlage Klein Laasch	213- 273400 2	5938	Wehrarm Alte Elde Klein Laasch (zu Schl. Hechtsforth)	MEW	42,72	Elbe	WSV	2,66	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Serrahnwehr Grabow	213- 273400 3	5944	Wehrram Alte Elde Grabow (zu Schl. Güritz)	MEW	29,7	Elbe	WSV		1
Wehranlage Grabow	213- 273400 4	5943	Wehrram Grabow	MEW	30,83	Elbe	WSV	1,91	1
Wehranlage Floßholzschleuse Grabow	213- 273400 6	5901	Müritz-Elde- Wasserstraße (Hauptstrecke)	MEW	29,55	Elbe	WSV		0
Wehranlage Basiswehr Eldena	213- 273400 8	5901	Müritz-Elde- Wasserstraße (Hauptstrecke)	MEW	19,85	Elbe	WSV		1
Wehranlage Güritz	213- 273400 9	5947	Wehranlage Güritz	MEW	0,136	Elbe	WSV		
Wehranlage Wulfenschleuse Neustadt-Glewe	213- 273401 0	5937	Wehrram Wulfenarm Neustadt-Glewe	MEW	46,201	Elbe	WSV		
Wehranlage Burow	213- 273600 1	5920	Wehrram Alte Elde Burow (zu Schl. Neuburg)	MEW	88,6	Elbe	WSV		0
Wehranlage Dömitz	213- 293200 1	5954	Wehrstrecke Dömitz	MEW	0,95	Elbe	WSV	2,14	3
Wehranlage Findenwunshier	213- 293200 3	5951	Wehrram Findenwi- runshier (zu Schl. Neu Kaliß)	MEW	5,9	Elbe	WSV	2,27	1
Wehranlage Neu Kaliß	213- 293200 5	5953	Wehrram Neu Kaliß	MEW	4,696	Elbe	WSV	1,74	2
Wehranlage Malliß	213- 293400 1	5950	Wehrram Malliß	MEW	0,203	Elbe	WSV	1,99	1
Wehranlage Malliß (im Bau)	213- 293400 2	5950	Wehrram Malliß	MEW	9,5	Elbe	WSV		
Wehranlage Diemitz	213- 274200 1	6001	Müritz-Havel- Wasserstraße (Hauptstrecke)	MHW	13,2	Elbe	WSV	1,32	2

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Mirow	213- 274200 2	6001	Müritz-Havel- Wasserstraße (Hauptstrecke)	MHW	22,2	Elbe	WSV	3,71	2
Wehranlage Bolt	213- 274200 3	6003	Wehrram Bolt	MHW	1,97	Elbe	WSV	3,01	1
Wehranlage Canow	213- 274200 4	6011	Wehrram Canow	MHW	0,117	Elbe	WSV	1,28	1
Wehranlage Strasen	213- 274200 5	6029	Wehrram Strasen	MHW	0,039	Elbe	WSV	1,9	1
Wehranlage Koblenz	213- 571000 1	3224	Wehrstrecke Koblenz	Mosel	1,944	Rhein	WSV	4,95	3
Wehranlage Lehmen	213- 571000 2	3222	Wehrstrecke Lehmen	Mosel	20,848	Rhein	WSV	7,65	3
Wehranlage Müden	213- 591000 1	3218	Wehrstrecke Müden	Mosel	37,106	Rhein	WSV	6,5	3
Wehranlage Fankel	213- 590800 1	3216	Wehrstrecke Fankel	Mosel	59,388	Rhein	WSV	7	3
Wehranlage St. Aldegund	213- 590800 2	3212	Wehrstrecke St. Aldegund	Mosel	78,304	Rhein	WSV	7	3
Wehranlage Enkirch	213- 610800 1	3211	Wehrstrecke Enkirch	Mosel	102,97 3	Rhein	WSV	7,5	3
Wehranlage Zeltingen	213- 610800 2	3209	Wehrstrecke Zeltin- gen	Mosel	123,85 6	Rhein	WSV	6	3
Wehranlage Wintrich	213- 610600 1	3208	Wehrstrecke Wintrich	Mosel	141,40 3	Rhein	WSV	7,5	3
Wehranlage Detzem	213- 610600 2	3207	Wehrram Detzem	Mosel	166,85 6	Rhein	WSV	9	3
Wehranlage Trier	213- 630400 1	3204	Wehrstrecke Trier	Mosel	195,83	Rhein	WSV	7,25	3
Wehranlage Grevenmacher	213- 630400 2	3203	Wehrstrecke Gre- venmacher	Mosel	212,85	Rhein	WSV / Luxem- bourg	6,25	2
Wehranlage Palzem	213- 650400 1	3202	Wehrstrecke Palzem	Mosel	229,87 2	Rhein	WSV/ Luxem- bourg	4	2
Wehranlage Ladenburg	213- 651600 1	3340	Wehrram Ladenburg	Neckar	13,973	Rhein	WSV	10,05	3

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Wieblingen	213- 651800 1	3336	Wehrram Wieblingen	Neckar	22,386	Rhein	WSV	8,71	6
Wehranlage Heidelberg	213- 651800 2	3334	Wehrstrecke Heidel- berg	Neckar	26,057	Rhein	WSV	2,61	3
Wehranlage Neckargemünd	213- 651800 3	3333	Wehrstrecke Neckargemünd	Neckar	30,787	Rhein	WSV	3,89	3
Wehranlage Neckarsteinach	213- 651800 4	3332	Wehrstrecke Neckarsteinach	Neckar	39,221	Rhein	WSV	4,68	3
Wehranlage Hirschhorn	213- 651800 5	3331	Wehrstrecke Hirsch- horn	Neckar	47,648	Rhein	WSV	5,3	3
Wehranlage Ro- ckenau	213- 652000 1	3330	Wehrstrecke Ro- ckenau	Neckar	61,351	Rhein	WSV	5,99	3
Wehranlage Guttenbach	213- 672000 1	3328	Wehrstrecke Gutten- bach	Neckar	72,145	Rhein	WSV	5,3	3
Wehranlage Neckarzimmern	213- 672000 2	3327	Wehrstrecke Neckarzimmern	Neckar	85,877	Rhein	WSV	5,6	3
Wehranlage Gundelsheim	213- 672000 3	3326	Wehrstrecke Gunde- lsheim	Neckar	93,785	Rhein	WSV	4,21	3
Wehranlage Neckarsulm	213- 692000 1	3325	Wehrram Neckarsulm- Kochendorf	Neckar	107,07 7	Rhein	WSV	8,02	4
Wehranlage Heilbronn	213- 692000 2	3324	Wehrstrecke Heil- bronn	Neckar	113,52 8	Rhein	WSV	3,18	3
Wehranlage Horkheim	213- 692000 3	3320	Wehrram Horkheim	Neckar	120,45 3	Rhein	WSV	7,37	3
Wehranlage Lauffen	213- 692000 4	3318	Wehrram Lauffen	Neckar	125,09 4	Rhein	WSV	8,38	3
Wehranlage Besigheim	213- 692000 5	3317	Wehrram Besigheim	Neckar	136,91 3	Rhein	WSV	6,31	3
Wehranlage Hessigheim	213- 712000 1	3316	Wehrstrecke Hessig- heim	Neckar	142,94 4	Rhein	WSV	6,17	3
Wehranlage Beihingen	213- 712000 2	3315	Wehrram Beihingen- Pleidelshausen	Neckar	154,33 6	Rhein	WSV	8,05	4
Wehranlage Marbach	213- 712000 3	3314	Wehrram Marbach	Neckar	158,93 9	Rhein	WSV	5,99	3
Wehranlage Poppenweiler	213- 712000 4	3313	Wehrstrecke Pop- penweiler	Neckar	164,92 8	Rhein	WSV	7,01	3

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Aldingen	213-7120005	3311	Wehrstrecke Aldingen	Neckar	171,919	Rhein	WSV	3,6	2
Wehranlage Hofen	213-7120006	3310	Wehrstrecke Hofen	Neckar	176,195	Rhein	WSV	6,91	3
Wehranlage Cannstatt	213-7120007	3309	Wehrstrecke Bad Cannstatt	Neckar	182,73	Rhein	WSV	5,3	2
Wehranlage Untertürkheim	213-7320001	3307	Wehrstrecke Untertürkheim	Neckar	186,387	Rhein	WSV	3,65	4
Wehranlage Obertürkheim	213-7320002	3306	Wehrstrecke Obertürkheim	Neckar	189,449	Rhein	WSV	8,35	3
Wehranlage Esslingen	213-7320003	3305	Wehrstrecke Esslingen	Neckar	193,916	Rhein	WSV	5,2	3
Wehranlage Oberesslingen	213-7322001	3304	Wehrram Oberesslingen	Neckar	196,481	Rhein	WSV	5,91	3
Wehranlage Deizisau	213-7322002	3302	Wehrstrecke Deizisau	Neckar	199,507	Rhein	WSV	5,08	3
Bootsschleusenanlage Awk Schleuse Strohnbrück	313-1724001	3407	Stichkanal Achterwehrrer Schiffahrtskanal	NOK	0,218	Elbe	WSV		
Wehranlage Zellin	213-3352001	6209	Zelliner Umfluter	Oder	0,16	Oder	WSV		1
Wehranlage Kietz	213-3552001	6206	Kietzer Umfluter	Oder	1,127	Oder	WSV		1
Wehranlage Wesenberg	213-2742006	6106	Wehrram Wesenberg	OHW	8,25	Elbe	WSV	2,38	4
Wehranlage Voßwinkel	213-2744001	6102	Wehrram Voßwinkel	OHW	88,086	Elbe	WSV	1,81	1
Wehranlage Fürstenberg, Bahnhofstraße	213-2944001	6101	Obere Havel-Wasserstraße	OHW	60,7	Elbe	WSV	1,56	2
Wehranlage Freiarchenwehr Steinhavel, Süd	213-2944002	6114	Wehrram Steinhavel Süd (ehem. Triebwerk)	OHW	64,359	Elbe	WSV	1,74	1
Wehranlage Mühlenwehr Steinhavel, Nord	213-2944003	6113	Wehrram Steinhavel Nord	OHW	64,361	Elbe	WSV	1,64	2

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Fürstenberg, Brandenburger Straße	213-2944004	6115	Rechter Wehram	OHW	0,22	Elbe	WSV	1,56	3
Wehranlage Himmelpfort	213-2944005	6122	Wehram Himmelpfort	OHW	0,181	Elbe	WSV	1,2	2
Wehranlage Bredereiche	213-2944006	6123	Wehrstrecke Bredereiche	OHW	47,682	Elbe	WSV	2,84	1
Wehranlage Regow	213-2944007	6126	Wehram Regow	OHW	42,188	Elbe	WSV	0,77	3
Wehranlage Tornow	213-2944008	6143	seeartige Erweiterung Fahrt nach Tornow und Tornowfließ	OHW	1,934	Elbe	WSV	1,92	2
Wehranlage Steinhavel, Nord (in Planung)	213-2944009	6113	Wehram Steinhavel Nord	OHW	64,35	Elbe	WSV		0
Wehranlage Zaaren	213-2946001	6129	Wehram Zaaren	OHW	36,1	Elbe	WSV	0,86	3
Wehranlage Schorfheide	213-2946002	6130	Wehrstrecke Schorfheide	OHW	32,673	Elbe	WSV	0,39	5
Wehranlage Templin	213-2946003	6131	Fluss-/Kanalstrecke Templiner Gewässer	OHW	0,11	Elbe	WSV		2
Wehranlage Kannenburg	213-2946004	6140	Wehram Kannenburg	OHW	0,161	Elbe	WSV	1,45	2
Wehranlage Bauhofsarche Zehdenick	213-3146001	6101	Obere Havel-Wasserstraße (Hauptstrecke)	OHW	14,78	Elbe	WSV		1
Wehranlage Schmelzfließ Zehdenick	213-3146002	6101	Obere Havel-Wasserstraße (Hauptstrecke)	OHW	16,243	Elbe	WSV		1
Wehranlage Bischofswerder	213-3146003	6148	Wehram Bischofswerder	OHW	0,027	Elbe	WSV	3,27	1
Wehranlage Liebenwalde	213-3146004	6150	Wehrstrecke Liebenwalde	OHW	45,332	Elbe	WSV		1
Wehranlage Zehdenick I	213-3146005	6146	Wehram Zehdenick Ost	OHW	0,233	Elbe	WSV	2,98	2

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Zehdenick II	213- 314600 6	6146	Wehram Zehdenick Ost	OHW	0,233	Elbe	WSV	2,98	2
Wehranlage Zehdenick III	213- 314600 7	6146	Wehram Zehdenick Ost	OHW	0,221	Elbe	WSV	3,98	2
Wehranlage Bamberg	213- 613000 2	3801	Regnitz (Hauptstrecke)	Regnitz	7,526	Rhein	WSV	7,04	3
Wehranlage Neuses	213- 633200 1	3801	Regnitz (Hauptstrecke)	Regnitz	21,985	Rhein	WSV	5,21	5
Wehranlage Hausen	213- 633200 4	3801	Regnitz (Hauptstrecke)	Regnitz	32,297	Rhein	WSV	5,07	3
Wehranlage Iffezheim	213- 711400 1	3908	Wehrstrecke Iffezheim	Rhein	333,98 3	Rhein	WSV	12,5	6
Wehranlage Kulturwehr Kehl	213- 751200 1	3906	Wehram Altenheim	Rhein	290,31	Rhein	Land Baden- Württemberg		
Wehranlage Weisweil	213- 771000 1	3904	Wehram Weisweil	Rhein	249,2	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Oberhausen	213- 771200 1	3904	Wehram Weisweil	Rhein	251,5	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Niederhausen	213- 771200 2	3904	Wehram Weisweil	Rhein	253,62	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Rust	213- 771200 3	3904	Wehram Weisweil	Rhein	256,52	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Ottenheim I	213- 771200 4	3905	Wehram Ottenheim	Rhein	270,3	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Ottenheim II	213- 771200 5	3905	Wehram Ottenheim	Rhein	272	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Breisach	213- 791000 1	3902	Flussstrecke Märkt - Breisach	Rhein	224,79 4	Rhein	WSV		4
Wehranlage Jechtingen	213- 791000 2	3903	Wehram Burkheim	Rhein	237,83	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Sasbach	213- 791000 3	3903	Wehram Burkheim	Rhein	239,73	Rhein	Französische Republik		
Wehranlage Gamsheim	213- 731200 1	3907	Wehrstrecke Freistett	Rhein	309,08 4	Rhein	Service de la Navigation de Strasbourg	9,5	6
Wehranlage Woltersdorf	213- 354800 1	6306	Wehrstrecke Woltersdorf	RüG	3,82	Elbe	WSV	2,12	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Ruhrwehr Duisburg	213- 450600 1	4104	Wehram Duisburg	Ruhr	2,626	Rhein	WSV		4
Wehranlage Ruhrwehr Raffelberg (Restbauwerk)	213- 450600 2	4103	Wehram Raffelberg	Ruhr	10,03	Rhein	WSV		
Wehranlage Ruhrwehr Raffelberg	213- 450600 3	4103	Wehram Raffelberg	Ruhr	9,98	Rhein	WSV		0
Wehranlage Fischbauchklappe Calbe	213- 413600 1	6423	Wehram Calbe	Saale	1,345	Elbe	WSV	2,55	1
Wehranlage Überfallwehr Calbe	213- 413600 2	6423	Wehram Calbe	Saale	1,292	Elbe	WSV	3,46	1
Wehranlage Schützenwehr Bernburg	213- 433600 1	6420	Wehram Bernburg	Saale	0,348	Elbe	WSV	1,6	2
Wehranlage Alsleben	213- 433600 2	6418	Wehram Alsleben	Saale	0,675	Elbe	WSV	3,58	1
Wehranlage Rothenburg/Saale	213- 433600 3	6417	Wehram Rothen- burg	Saale	1,658	Elbe	WSV	2,52	1
Wehranlage Überfallwehr Bernburg	213- 433600 4	6420	Wehram Bernburg	Saale	0,495	Elbe	WSV	3,28	2
Wehranlage Wettin	213- 453600 1	6415	Wehram Wettin	Saale	0,479	Elbe	WSV	2,7	1
Wehranlage Kleines Wehr Wettin	213- 453600 2	6414	Kraftwerkskanal Turbinengraben Wettin	Saale	1,135	Elbe	WSV	2,7	1
Wehranlage Kröllwitz (Trotha)	213- 453600 3	6413	Wehram Trotha	Saale	1,053	Elbe	WSV	2,23	1
Wehranlage Gimritz	213- 453600 4	6412	Wehram Gimritz	Saale	0,508	Elbe	WSV	0,92	1
Wehranlage Halle-Stadt	213- 453600 5	6411	Wehrstrecke Halle- Stadt	Saale	0,133	Elbe	WSV	1,3	1
Wehranlage Pulverweiden Halle	213- 453600 6	6409	Wehram Pulverwei- den	Saale	0,148	Elbe	WSV	2,3	2
Wehranlage Böllberg	213- 453600 7	6407	Wehram Böllberg	Saale	0,209	Elbe	WSV	1,23	1
Wehranlage Kleines Wehr Böllberg	213- 453600 8	6401	Saale (Hauptstrecke)	Saale	96,8	Elbe	WSV	1,4	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Planena	213- 453600 9	6406	Wehram Planena	Saale	0,416	Elbe	WSV	2,3	2
Wehranlage Meuschau	213- 473800 1	6404	Wehram Meuschau	Saale	0,576	Elbe	WSV	2,6	1
Wehranlage Rischmühle	213- 473800 2	6403	Wehram Rischmühle	Saale	0,408	Elbe	WSV	1,32	1
Wehranlage Schoden	213- 630400 3	4214	Wehram Schoden (Wiltinger Bogen)	Saar	7,811	Rhein	WSV	5,69	4
Wehranlage Serrig	213- 650400 3	4213	Wehrstrecke Serrig	Saar	18,46	Rhein	WSV	14,5	3
Wehranlage Mettlach	213- 650400 4	4212	Wehrstrecke Mettlach	Saar	31,415	Rhein	WSV	11	3
Wehranlage Lisdorf	213- 670600 1	4208	Wehrstrecke Lisdorf	Saar	66,227	Rhein	WSV	3,8	3
Wehranlage Rehlingen	213- 670600 4	4210	Wehrstrecke Rehlingen	Saar	54,14	Rhein	WSV	8	3
Wehranlage Saarbrücken	213- 670600 6	4207	Wehrstrecke Saarbrücken	Saar	82,581	Rhein	WSV	5,95	3
Wehranlage Gündingen	213- 690800 1	4204	Wehrstrecke Gündingen	Saar	93,031	Rhein	WSV	2,41	2
Wehranlage Streichwehr Hanweiler	213- 690800 2	4202	Wehrstrecke Rillchingen-Hanweiler	Saar	66,118	Rhein	Dritte (öff.- rechtl. Be- handlung durch Dritte)		
Wehranlage Streichwehr Kleinblittersdorf	213- 690800 3	4203	Wehram Kleinblittersdorf	Saar	71,11	Rhein	Dritte (öff.- rechtl. Be- handlung durch Dritte)		
Wehranlage Charlottenburg	213- 354400 3	6503	Wehram Charlottenburg	SOW	6,48	Elbe	WSV	1,23	0
Wehranlage Mühlendamm Berlin	213- 354600 1	6508	Wehrstrecke Mühlendamm	SOW	17,55	Elbe	WSV	1,54	1
Wehranlage Unterschleuse Berlin	213- 354600 2	6505	Wehram Unterschleuse	SOW	1,7	Elbe	WSV	1,34	1
Wehranlage Oberschleuse Berlin	213- 354600 3	6506	Wehram Oberschleuse/Flutgraben	SOW	10,5	Elbe	WSV	0,25	2
Wehranlage Spreekanal	213- 354600 4	6507	Spreekanal/Kupfergraben	SOW	0,9	Elbe	WSV	1,54	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaStr- r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaStr- km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Große Tränke	213-374800 1	6513	Flussstrecke Müggelspree	SOW	44,85	Elbe	WSV	0,61	3
Wehranlage Wernsdorf	213-374800 3	6501	Spree-Oder-Wasserstraße	SOW	47,6	Elbe	WSV	4,5	1
Wehranlage Fürstenwalde	213-375000 2	6540	Wehrram Fürstenwalde	SOW	0,169	Elbe	WSV	0,98	3
Wehranlage Kleinmachnow	213-374400 1	6601	Teltowkanal (Hauptstrecke)	TeK	8,34	Elbe	WSV	2,78	1
Wehranlage Durchstich Quitzböbel	213-313800 2	6879	Quitzöbeler Durchstich (Hauptwehr)	UHW	156,15	Elbe	WSV	1,9	2
Wehranlage Hinterarche Rathenow	213-333800 1	6826	Wehrram Hinterarche	UHW	102,99	Elbe	WSV	1,7	3
Wehranlage Vorderarche Rathenow	213-333800 2	6827	Wehrram Vorderarche	UHW	103,39	Elbe	WSV	1,7	2
Wehranlage Grütz	213-333800 4	6836	Wehrram Grütz	UHW	117,15	Elbe	WSV	1	2
Wehranlage Garz	213-333800 5	6853	Wehrram Garz	UHW	128,85	Elbe	WSV	1,4	2
Rathenow Mühlenarm	213-333800 6	6830	Triebwerkskanal Mühlenarm	UHW	104,21	Elbe	WSV	1,7	2
Wehranlage Großes Wehr Brandenburg	213-354000 1	6759	Wehrram Stimmingsarche	UHW	56,41	Elbe	WSV	1,5	2
Wehranlage Bahnitz	213-354000 2	6807	Wehrram Bahnitz	UHW	82	Elbe	WSV	0,7	2
Wehranlage Großer Überfall Brandenburg (außer Betrieb)	213-354000 4	6764	Triebwerkskanal Domstreng (2. Mühlenarm)	UHW	0,25	Elbe	Dritte (Verwaltung durch WSV)		3
Wehranlage Reißnersche Gerinne Brandenburg	213-354000 5	6766	Triebwerkskanal Neustädtischer Streng (1. Mühlenarm, Näthewinde)	UHW	56,6	Elbe	WSV	1,5	2
Wehranlage Altarm Quitzböbel	213-313800 1	6875	Flussstrecke Mündungsstrecke Untere Havel	UHW	156,13	Elbe	WSV	1,9	1
Wehranlage Rostock	213-193800 1	8501	Warnow (Hauptstrecke)	Warnow	0	Warnow / Peene	WSV		4

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage oberes Werrawehr Hann. Münden	213- 452200 5	5001	Werra (Hauptstre- cke)	Werra	88,465	Weser	WSV		0
Wehranlage Unteres Mühlenwehr Hann. Münden	213- 452200 6	5013	Wehrarm Hann. Münden	Werra	88,518	Weser	WSV		0
Wehranlage Nadelwehr Hann. Münden	213- 452200 7	5001	Werra (Hauptstre- cke)	Werra	88,572	Weser	WSV		0
Wehranlage Oberes Mühlenwehr Hann. Münden	213- 452200 9	5013	Wehrarm Hann. Münden	Werra	88,457	Weser	WSV		0
Wehranlage Blumer Mühlenwehr Hann. Münden	213- 452201 0	5013	Wehrarm Hann. Münden	Werra	88,54	Weser	WSV	2,4	0
Wehranlage Letzter Heller	213- 452400 1	5001	Werra (Hauptstre- cke)	Werra	83,91	Weser	Dritte	2,55	2
Wehranlage oberes Wehr Bad Sooden- Allendorf	213- 472400 1	5006	Oberer Wehrarm Bad Sooden- Allendorf	Werra	46,347	Weser	WSV	1,08	1
Wehranlage mittleres Wehr Bad Sooden-Allendorf	213- 472400 2	5007	Mittlerer Wehrarm Bad Sooden- Allendorf	Werra	47,014	Weser	WSV	0,93	1
Wehranlage unteres Wehr Bad Sooden- Allendorf	213- 472400 3	5008	Unterer Wehrarm Bad Sooden- Allendorf	Werra	47,383	Weser	WSV	1,28	1
Wehranlage Bad Sooden- Allendorf	213- 472400 4	5010	Hauptwehrarm Bad Sooden- Allendorf	Werra	47,725	Weser	WSV	1,43	1
Wehranlage Hedemünden	213- 472400 5	5011	Wehrarm Mühlen- Werra Hedemünden	Werra	78,077	Weser	Dritte	1,55	0
Wehranlage Wanfried	213- 492600 1	5001	Werra (Hauptstre- cke)	Werra	19,885	Weser	WSV (privat- rechtl. Nutzung durch Dritte)	2,63	1
Wehranlage Eschwege- Haarlache	213- 492600 2	5004	Kraftwerkskanal Haarlache-Eschwege	Werra	29,3	Weser	WSV (privat- rechtl. Nutzung durch Dritte)	2,17	1
Wehranlage Eschwege-Nordarm	213- 492600 3	5003	Wehrarm Nordarm Eschwege	Werra	28,447	Weser	WSV (privat- rechtl. Nutzung durch Dritte)	1,84	1

Wehr	WaDaB a-Nr.	BWaSt r-Nr.	BWaStr (unmittel- bare Lage)	BWaStr (Zu- ord- nung)	BWaSt r-km	FGE	Eigentümer oder Objekt- beziehung	Fall- höhe [m]	An- zahl Wehr- felder
Wehranlage Falken	213- 492600 4	5001	Werra (Hauptstrecke)	Werra	2	Weser	WSV (privatrechtl. Nutzung durch Dritte)	1,8	0
Wehranlage Hasberger Ochtumstau	213- 291800 2	5218	Ochtum (Nebengewässer)	Weser	20,171	Weser	Ochtum Verband / WSA Bremen	1,85	4
Wehranlage Delmestau	213- 291800 3	5219	Delme (Nebengewässer)	Weser	0,795	Weser	Ochtum Verband / WSA Bremen	1,48	3
Wehranlage Bremen	213- 291800 4	5220	Wehram Bremen	Weser	362,13 8	Weser	WSV	6,32	5
Wehranlage Dörverden	213- 312000 1	5212	Wehram Dörverden	Weser	308,83 2	Weser	WSV	4,6	3
Wehranlage Langwedel	213- 312000 2	5213	Wehram Langwede	Weser	329,39 6	Weser	WSV	5,5	3
Wehranlage Drakenburg	213- 332000 1	5211	Wehram Drakenburg	Weser	277,73 5	Weser	WSV	6,4	2
Wehranlage Schlüsselburg	213- 352000 1	5208	Wehram Schlüsselburg	Weser	236,6	Weser	WSV	4,5	2
Wehranlage Landesbergen	213- 352000 2	5209	Wehram Landesbergen	Weser	251,96 2	Weser	WSV	5,5	2
Wehranlage Petershagen	213- 371800 1	5207	Wehram Petershagen	Weser	213,98 5	Weser	WSV	6	3
Wehranlage Oberes Wehr Hameln	213- 392200 1	5204	Oberer Wehram Hameln	Weser	134,94	Weser	WSV	2,74	2
Wehranlage Unteres Wehr Hameln	213- 392200 2	5205	Unterer Wehram Hameln	Weser	135,2	Weser	WSV	2,61	1
Wehranlage Ausgleichsweiher Diemeltalsperre	213- 471800 1	5215	Diemelsee mit Diemel (Diemel Nebengewässer)	Weser	11,1	Weser	Dritte (öff.-rechtl. Behandlung durch Dritte)		

Anlage 2: Gewässertypspezifische Bewertung Makrozoobenthos

In Ergänzung zum Kapitel 5.4.2 erfolgt für alle bundeswasserstraßenrelevanten Gewässertypen eine auszugsweise Darstellung von Bewertungsansätzen mit morphologischer Relevanz. Die vollständigen Angaben sind in den Kurzdarstellungen der Makrozoobenthosbewertung unter <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/typologie/> zu finden. Die im Folgenden dargestellten bewertenden Aussagen zur Morphologie sind allein aus den Indikatoreigenschaften der zur jeweiligen Bewertung herangezogenen Arten abgeleitet und nicht als direkte Eigenschaft zu verstehen.

Typ 9: Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse

Die Silikatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüsse zeichnen sich im naturnahen Zustand durch grobe Sohlsubstrate (Steine, Schotter), ein vielfältiges, vorherrschend schnelles Fließverhalten sowie ausgedehnte Schotter- und Kiesbänke mit gut ausgeprägtem Interstitial aus.

Der Fauna-Index Typ 9 bewertet die Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene (z. B. Vorkommen oder Fehlen bestimmter Mikrohabitate) und auf Einzugsgebietsbene (z. B. verstärkte Sedimentation aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen). Höhere Werte des Metrics ($> 0,52$) indizieren ein strukturell intaktes Gewässer und sind bedingt durch das Vorkommen von Taxa, die bevorzugt Gewässer mit naturnaher Morphologie besiedeln (z. B. Arten sauerstoffreicher, schnell überströmter Schotterbänke). Strukturelle Verarmung zeigt sich durch das Vorkommen von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind und in größerer Individuendichte. Faktoren, die die Höhe des Metric-Wertes bestimmen sind insbesondere die Strömungsdiversität, die Ausprägung der Tiefenvarianz sowie der Waldanteil im Einzugsgebiet.

Typ 9.1: Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse

Die Karbonatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüsse zeichnen sich im naturnahen Zustand durch eine große Substratvielfalt aus, wobei Schotter, Steine oder Kiese dominieren können, aber auch Sand mit einem großen Anteil vertreten sein kann. Das Fließverhalten ist vielfältig und vorherrschend schnell, das Interstitial gut ausgebildet.

Der Fauna-Index Typ 9.1 bewertet die Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene (z. B. Vorkommen oder Fehlen bestimmter Mikrohabitate) und auf Einzugsgebietsbene (z. B. verstärkte Sedimentation aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen). Höhere Werte des Metrics ($> 0,36$) indizieren ein strukturell intaktes Gewässer und sind bedingt durch das Vorkommen von Taxa, die bevorzugt Gewässer mit naturnaher Morphologie besiedeln (z. B. strömungsliebende Hartsubstratbesiedler). Strukturelle Verarmung zeigt sich durch das Vorkommen von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind und in größerer Individuendichte. Faktoren, die die Höhe des Metric-Wertes bestimmen sind insbesondere die Ausprägung der Tiefenvarianz sowie der Ackeranteil im Einzugsgebiet.

Typ 9.2: Große Flüsse des Mittelgebirges

Die Großen Flüsse des Mittelgebirges zeichnen sich im naturnahen Zustand durch grobe Sohlsubstrate (Steine, Schotter), ein vielfältiges, überwiegend schnelles Fließverhalten sowie ausgedehnte vegetationsfreie Schotter- und Kiesbänke mit gut ausgeprägtem Interstitial aus.

Der Fauna-Index Typ 9.2 bewertet die Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene (z. B. Vorkommen oder Fehlen bestimmter Mikrohabitate) und auf Einzugsgebietebe-
ne (z. B. verstärkte Sedimentation aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen). Höhere Werte des Metrics ($> 0,30$) indizieren ein strukturell intaktes Gewässer und sind bedingt durch das Vorkommen von Taxa, die bevorzugt Gewässer mit naturnaher Morphologie besiedeln (z. B. strömungsliebende Hartsubstratbesiedler). Strukturelle Verarmung zeigt sich durch das Vorkommen von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind. Faktoren, die die Höhe des Metric-Wertes bestimmen, sind die Strömungsdiversität, ein Aufstau des Gewässers sowie der Ackeranteil im Einzugsgebiet.

Typ 10: Kiesgeprägte Ströme

Die Kiesgeprägten Ströme zeichnen sich im naturnahen Zustand durch ein flaches, zur Ausbildung von Mehrbettgerinnen neigendes Profil und vorwiegend grobe Sohlsubstrate (Schotter, Kies) aus; Feinsedimente treten untergeordnet auf. Natürliche Sekundärsubstrate wie Totholz unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung durchsetzen die mineralischen Substrate. Das Abflussverhalten ist, vor allem wenn Mehrbettgerinne ausgebildet sind, sehr divers. Durch die teilweise Jahrhunderte dauernde anthropogene Nutzung der Ströme kann die Referenzbiozönose - im Gegensatz zu der der meisten anderen Fließgewässertypen - jedoch nur konstruiert werden.

Potamon-Typie-Index: Der Anteil an Potamalarten – flusstypischen Arten wie der Eintagsfliege *Heptagenia flava* oder der Steinfliege *Perla burmeisteriana* – ist in naturnahen Kiesgeprägten Strömen sehr hoch, der Anteil an unspezialisierten Ubiquisten dagegen gering. Niedrigere Werte des Metrics ($\leq 2,6$) werden erreicht, wenn die gewässermorphologischen und -chemischen Ansprüche der Potamalarten erfüllt sind.

Typ 15: Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse

Die Sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse zeichnen sich im naturnahen Zustand durch ein gewundenes bis mäandrierendes Fließverhalten mit vorherrschend ruhig fließender Strömung aus. Dominierende Sohlsubstrate sind Sand und Lehm sowie größere Kiesanteile, durchsetzt mit natürlichen Sekundärsubstraten wie Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub. Besiedler unverfestigter Feinsedimente wie Schlick und Schlamm sind nur untergeordnet vertreten.

Der Fauna-Index Typ 15/17 ist hoch mit positiven Strukturelementen korreliert und bewertet somit vor allem die Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene (z. B. Vorkommen oder Fehlen bestimmter Mikrohabitate), reagiert aber auch auf Beeinträchtigungen auf Einzugsgebietebe-
ne (z. B. verstärkte Sedimentation aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen). Höhere Werte des Metrics ($> 0,56$) indizieren ein strukturell intaktes Gewässer und sind durch das Vorkommen solcher Taxa bedingt, die bevorzugt in Gewässern mit naturna-

her Morphologie vorkommen (z. B. xylophage Arten). Strukturelle Verarmung zeigt sich durch das Vorkommen von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind. Faktoren, die die Höhe des Metric-Wertes bestimmen, sind insbesondere das Vorhandensein besonderer Uferstrukturen, ein Aufstau des Gewässers sowie der Waldanteil im Einzugsgebiet.

Typ 15_groß: Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse (EZG > 1.000 km²)

Die Großen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse zeichnen sich im naturnahen Zustand durch ein mäandrierendes Fließverhalten mit vorherrschend ruhig fließender Strömung aus. Dominierende Sohlsubstrate sind Sand und Lehm sowie größere Kiesanteile, durchsetzt mit natürlichen Sekundärsubstraten wie Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub. Durch den Wechsel von ruhig sowie kurzen turbulent fließenden Abschnitten im Bereich der Sekundärsubstrate kommen vorwiegend Arten unterschiedlich schnell strömender Bereiche vor; Arten der Stillwasserzonen sind mit geringen Anteilen vertreten.

Der Fauna-Index Typ 15_groß ist hoch mit positiven Strukturelementen korreliert und bewertet somit vor allem die Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene (z. B. Vorkommen oder Fehlen bestimmter Mikrohabitate), reagiert aber auch auf Beeinträchtigungen auf Einzugsgebietebene (z. B. verstärkte Sedimentation aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen). Höhere Werte des Metrics (> 0,2) indizieren ein strukturell intaktes Gewässer und sind bedingt durch das Vorkommen solcher Taxa, die bevorzugt Gewässer mit naturnaher Morphologie besiedeln (z. B. xylophage Arten). Strukturelle Verarmung zeigt sich durch das Vorkommen von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind. Faktoren, die die Höhe des Metric-Wertes bestimmen, sind insbesondere das Vorhandensein besonderer Uferstrukturen sowie der Aufstau des Gewässers.

Typ 17: Kiesgeprägte Tieflandflüsse

Die Kiesgeprägten Tieflandflüsse zeichnen sich im naturnahen Zustand durch ein gewundenes bis stark mäandrierendes Fließverhalten mit vorwiegend turbulenter, abschnittsweise auch ruhig fließender Strömung aus. Die dominierenden Sohlsubstrate (stabile Kiesablagerungen, Steine und lagestabiler, detritusreicher Sand) werden von rheophilen Hartsubstratbesiedlern dominiert, Arten der Stillwasserzonen sind mit sehr geringen Anteilen vertreten.

Der Fauna-Index Typ 15/17 ist hoch mit positiven Strukturelementen korreliert und bewertet somit vor allem die Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene (z. B. Vorkommen oder Fehlen bestimmter Mikrohabitate), reagiert aber auch auf Beeinträchtigungen auf Einzugsgebietebene (z. B. verstärkte Sedimentation aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen). Höhere Werte des Metrics (> 0,62) indizieren ein strukturell intaktes Gewässer und sind bedingt durch das Vorkommen von Taxa, die bevorzugt Gewässer mit naturnaher Morphologie besiedeln (z. B. xylophage Arten). Strukturelle Verarmung zeigt sich durch das Vorkommen von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind. Faktoren, die die Höhe des Metric-Wertes bestimmen, sind insbesondere das Vorhandensein besonderer Uferstrukturen sowie der Aufstau des Gewässers.

Typ 20: Sandgeprägte Ströme

Die Sandgeprägten Ströme zeichnen sich im naturnahen Zustand durch sehr breite und flache Ein- bzw. Mehrbettgerinne mit feineren Sohlsubstraten (Sand, Kies) aus. Natürliche Sekundärsubstrate wie Totholz unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung durchsetzen die mineralischen Substrate. Das Abflussverhalten ist vorwiegend langsam fließend mit stellenweise schneller fließenden Abschnitten. Aufgrund der großen Habitatvielfalt, insbesondere der organischen Sekundärsubstrate, ist die Makrozoobenthoszönose sehr artenreich. Durch die teilweise Jahrhunderte dauernde anthropogene Nutzung der Ströme kann die Referenzbiozönose - im Gegensatz zu der der meisten anderen Fließgewässertypen – jedoch nur konstruiert werden.

Potamon-Typie-Index: Der Anteil an Potamalarten – flusstypischen Arten wie den Eintagsfliegen *Ephemera vulgata* und *Ephoron virgo* oder der Libelle *Gomphus vulgatissimus* – ist in naturnahen sandgeprägten Strömen sehr hoch, der Anteil an unspezialisierten Ubiquisten dagegen gering. Niedrigere Werte des Metrics ($\leq 2,6$) werden erreicht, wenn die gewässer-morphologischen und -chemischen Ansprüche der Potamalarten erfüllt sind.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Inhalte nochmals zusammen:

Typ	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Ausgewählte Bewertungsaspekte mit hydromorphologischem Bezug
9	Silikatische, fein- bis grob-materialreiche Mittelgebirgsflüsse	- Grobe Sohlsubstrate (Steine, Schotter) - vielfältiges, vorherrschend schnelles Fließverhalten - ausgedehnte Schotter- und Kiesbänke mit gut ausgeprägtem Interstitial	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitat- und auf Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion). Einflussfaktoren: - Tiefenvarianz - Strömungsdiversität - Waldanteil im EZG Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 9: Metrics > 0,52: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradiert Morphologie verbreitet sind
9.1	Karbonatische, fein- bis grob-materialreiche Mittelgebirgsflüsse	- Große Substratvielfalt (Schotter, Steine oder Kiese dominierend, aber ggf. auch Sand in großem Anteil) - Fließverhalten vielfältig und vorherrschend schnell - Interstitial gut ausgebildet	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitat- und Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: - Tiefenvarianz - Ackeranteil im EZG Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 9.1: Metrics > 0,36: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. strömungsliebende Hartsubstratbesiedler) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradiert Morphologie verbreitet sind

Typ	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Ausgewählte Bewertungsaspekte mit hydromorphologischem Bezug
9.2	Große Flüsse des Mittelgebirges	- Grobe Sohlsubstrate (Steine, Schotter) - Fließverhalten vielfältig und überwiegend schnell - ausgedehnte vegetationsfreie Schotter- und Kiesbänke mit gut ausgeprägtem Interstitial	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitat- und Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: - Strömungsdiversität - Aufstau des Gewässers - Ackeranteil im EZG Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 9.2: Metrics > 0,30: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. strömungsliebende Hartsubstratbesiedler) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind
10	Kiesgeprägte Ströme	- Vorwiegend grobe Sohlsubstrate (Schotter, Kies), Feinsedimente untergeordnet - flaches, zur Ausbildung von Mehrbettgerinnen neigendes Profil - Durchsetzung mit Sekundärsubstraten (Totholz o. Ä.) - Abflussverhalten divers (vor allem bei Mehrbettgerinnen) - Referenzbiozönose kann wegen anthropogener Überprägung nur konstruiert werden	Potamon-Typie-Index: Der Anteil an Potamalarten – flusstypischen Arten (bestimmte Eintagsfliegen und Steinfliegen) – ist in naturnahen kiesgeprägten Strömen sehr hoch, der Anteil an unspezialisierten Ubiquisten dagegen gering: Positive Indikation des Potamon-Typie-Index: Metrics ≤ 2,6: Gewässermorphologische und chemische Ansprüche der Potamalarten sind erfüllt.

Typ	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Ausgewählte Bewertungsaspekte mit hydromorphologischem Bezug
15	Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	- Sand und Lehm sowie größere Kiesanteile - Durchsetzung mit natürlichen Sekundärsubstraten (Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub) - gewundenes bis mäandrierendes Fließverhalten mit vorherrschend ruhig fließender Strömung - Besiedler unverfestigter Feinsedimente (Schlick und Schlamm) nur untergeordnet	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene, aber auch auf Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: - besondere Uferstrukturen - Gewässeraufstau - Waldanteil im Einzugsgebiet Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 15/17: Metrics > 0,56: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. xylophage Arten) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradiert Morphologie verbreitet sind
15_groß	Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse (EZG > 1.000 km ²)	- Sand und Lehm sowie größere Kiesanteile - Durchsetzung mit natürlichen Sekundärsubstraten (Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub) - mäandrierendes Fließverhalten mit vorherrschend ruhig fließender Strömung - Wechsel von ruhig sowie kurzen turbulent fließenden Abschnitten im Bereich der Sekundärsubstrate - vorwiegend Arten unterschiedlich schnell strömender Bereiche - wenige Arten der	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene, aber auch Beeinträchtigungen auf Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: - besondere Uferstrukturen - Gewässeraufstau Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 15_groß: Metrics > 0,2: - strukturell intaktes Gewässer - Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. xylophage Arten) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradiert Morphologie verbreitet sind

Typ	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Ausgewählte Bewertungsaspekte mit hydromorphologischem Bezug
		Stillwasserzonen	
17	Kiesgeprägte Tieflandflüsse	• Stabile Kiesablagerungen, Steine und lagestabiler, detritusreicher Sand • gewundenes bis stark mäandrierendes Fließverhalten mit vorwiegend turbulenter, abschnittsweise auch ruhig fließender Strömung • rheophile Harts- substratbesiedler • Arten der Stillwasserzonen sind mit sehr geringen Anteilen vertreten	Auswirkungen struktureller Degradation auf Habitatebene, aber auch Beeinträchtigungen auf Einzugsgebietsebene (z. B. verstärkte Flächenerosion): Einflussfaktoren: • besondere Uferstrukturen • Gewässeraufstau Positive Indikation am Beispiel des Fauna-Index Typ 15/17: Metrics > 0,62: • strukturell intaktes Gewässer • Taxa mit Vorliebe für naturnahe Morphologie (z. B. xylophage Arten) Negative Indikation: Höhere Individuendichte von Taxa, die in Gewässern mit degradierter Morphologie verbreitet sind
20	Sandgeprägte Ströme	• Feinere Sohlsubstrate (Sand, Kies) • sehr breite und flache Ein- bzw. Mehrbettgerinne • Durchsetzung mit Sekundärsubstraten (Totholz o. Ä.) • Abflussverhalten vorwiegend langsam fließend mit stellenweise schneller fließenden Abschnitten • Makrozoobenthoszönose sehr artenreich • Referenzbiozönose kann wegen anthropogener Überprägung nur konstruiert werden	Potamon-Typie-Index: Der Anteil an Potamalarten – flusstypischen Arten (bestimmte Eintagsfliegen und Libellen) – ist in naturnahen sandgeprägten Strömen sehr hoch, der Anteil an unspezialisierten Ubiquisten dagegen gering: Positive Indikation des Potamon-Typie-Index: Metrics ≤ 2,6: Gewässermorphologische und chemische Ansprüche der Potamalarten sind erfüllt.

Anlage 3: Überblick über Bewertungsverfahren zur Sedimentdurchgängigkeit

Methodik	Land und Herausgeber	Ziel Raum-/Zeitskala	Berücksichtigte Parameter	Bewertung	Datenbasis
INFORM, Modul Valmorph (2012) Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Rahmen der hydromorphologischen Bewertung (Rosenzweig et al. 2012, Quick et al. 2014)	BfG, Deutschland	- Quantitative Bewertung und Einteilung in 5-Stufen System in Anlehnung an die WRRL - Momentaufnahme - Raumbezug ist variabel- Gewässerabschnitt (5 km) bis Einzugsgebiet - Unterschiedliche Gewässertypen	Hydromorphologischer Indikator Sedimentdurchgängigkeit / Querbauwerke an BWaStr Erfassung über kombinierten Ansatz: - Bauwerksart - Absturzhöhe Querbauwerke (Wasserspiegeldifferenz OW-UW/Sohle bei MQ) - Entfernung des stromauf gelegenen Querbauwerks zum bewerteten Gewässerabschnitt im Hauptgewässerbett (und relevanten Nebengewässern) - Entfernung des stromauf gelegenen Querbauwerks zum bewerteten Gewässerabschnitt in evtl. einmündenden kleineren Nebengewässern (Querbauwerke = Bauwerke, die eine Barrierewirkung im Gewässer besitzen nach DIN 4047-5, 19661)	- In Bezug auf definierten Referenzzustand - Abschnittsbezogen (ermöglicht verschiedene Aggregationsstufen von 5 km-Abschnitten über Wasserkörper oder homogene Abschnittste bis hin zum Gesamtverlauf) - pessimistischste Bewertung	- Karten - Fernerkundung - Ausbaulagen - Querbauwerkskataster - INSPIRE-Daten
Vorstudie Sedimentmanagement Bayern (2011) (Elsner & Pfleger, 2011)	LFU Bayern, Deutschland	- Qualitative Bewertung als Vorstudie zur Priorisierung von Vorranggewässern in Bayern, eine Wertung ist bisher nicht möglich - Momentaufnahme - Flussgebiete unterschiedlicher Fließgewässertypen in Bayern	Gefährdungspotential und Definition von Vorranggewässern - Räumliche Beurteilung auf Grundlage morphologischer Defizite: - Defizitärer Geschiebetrieb bzw. fehlende/beeinträchtigte Morphodynamik - Sohldurchschlag - Hochwasserschutz - Standortsicherheit von Bauwerken - Ökologische Auswirkungen - Grundwasserhaushalt - Prioritärer Handlungsbedarf nach räumlichen Gegebenheiten und anthropogenen Eingriffen: - Historischer Ausbau - Menge an Querbauwerken - Vorhandenes Sohlmaterial - Geologische Situation (Gefahr von Sohlurchschlägen) - Geschiebedargebot - Niederschlagsverteilung	- Längsschnitte mit Auswertung der mittleren Sohle, deren Veränderung und daraus ableitbare Volumensummierungen (Instrument zur Bewertung) - Querprofilaufnahmen - Feststoffentnahmen - Schwebstofffrachten - Bewirtschaftungspläne/Maßnahmenprogramme WRRL - GEKS - Vorhandene Studien - Ergebnisse biologisches	

Methodik	Land und Herausgeber	Ziel Raum-/Zeitskala	Berücksichtigte Parameter	Bewertung	Datenbasis
„Handbuch für die Erfolgskon- trolle bei Fließ- gewässerrevita- lisierungen“ - Eine Publikation des Rhone Thur Projektes 12/2005 (Woolsey et al. 2005)	Rhone Thur Projekt: EA- WAG, Eidge- nössische Forschungs- anstalt für Wald, Schnee und Land- schaft (WSL), Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH, EPFL Lausanne) und Ver- suchsanstalt für Wasser- bau, Hydrolo- gie und Gla- ziologie (VAW, ETH Zürich), Schweiz		3. Definition von Vorranggewässern (Symbiose aus 1+2): • Schadenspotential aufgrund des gestörten Sediment- haushaltes (s. 1.) • Günstige Sekundärwirkungen bei Verbesserung des Sedimenthaushaltes (positive Sekundärwirkung auf Ufer- und Sohlstruktur sowie Ökologie, Großräumige Auswirkungen, Erreichung Gewässerentwicklungszie- le) • Meldung Flusswasserkörper für Konzepterstellung • Gewässerstrecken mit bereits durchgeführten Maß- nahmen und verschärftem Monitoring • Grad der Abweichung der aktuellen Geschiebeführung vom natürlichen Gleichgewichtszustand. • Große Sohlagenveränderung/-schwankungen	Monitoring Fische und MZB – Defizite in der ökologischen Funktionsfähigkeit des hypo- thetischen Interstitials (Kolma- tierung)	
			Indikatorsatz „Geschiebesanierung“ 1. Indikatorgruppe Fische: • Altersstruktur von Fischpopulationen • Artenvorkommen und -häufigkeit • Ökologische Gilden 2. Indikatorgruppe Geschiebe: • Geschiebehaushalt in Bezug auf den naturnahen Geschiebehaushalt 3. Indikatorgruppe Kosten: • Projektkosten 4. Makroinvertebraten: • taxonomische Zusammensetzung des Makro- zoobenthos 5. Sohle: • Durchlässigkeit des Flussbettes • Dynamik der Sohlenstruktur • Innere Kolmatation der Gewässersohle • Qualität und Korngrößenverteilung des Substra- tes 6. Übergangszonen: 	in Bezug auf die jeweiligen Projektziele unterteilt in die Kategorien: • Gesellschaftlicher Nutzen (nachhaltige Trinkwasserver- sorgung) • Umwelt und Ökologie (mor- phologische und hydraulische Variabilität, naturnaher Ge- schiebehaushalt, longitudinale Vernetzung, laterale Vernet- zung, vertikale Vernetzung, naturnahe Diversität und A- bundanz Fauna), • Wirtschaft (Budgeteinhaltung)	

Methodik	Land und Herausgeber	Ziel Raum-/Zeitskala	Berücksichtigte Parameter	Bewertung	Datenbasis
Hydromorphologische Eigenschaften + Veränderungen	DIN EN 14614, DIN EN 15843	konsistenter Vergleich der Hydromorphologie zwischen den Fließgewässern eines Landes sowie zwischen denen verschiedener Länder in Europa Erfassung von lokal über Gewässerabschnitte bis hin zu Teilzugsgebieten und EZG	Stoffaustausche zwischen Fluss- und Grundwasser Auswertung und Protokollierung hydromorphologischer Eigenschaften und Veränderungen Zahlreiche hydromorphologische Indikatoren, u. a. auch Sedimentdurchgängigkeit als folgendes Merkmal: Fließgewässerabschnittbezogene und lokale Auswirkungen von Schleusen und Wehren auf die Migrationsbewegungen von vorkommenden Arten (z. B. wandernde Fische) sowie auf den natürlichen Transport von Sediment - vereinfachtes dreistufiges qualitatives Verfahren nach DIN EN 15843 (2010) (keine, geringe oder mäßige Auswirkungen, Barrieren). - Beurteilungskategorie „von künstlichen Strukturen beeinflusste Durchgängigkeit“ nach DIN EN 14614 (2005) [Hauptmerkmal: Künstliche Barrieren, die das Fließverhalten, den Sedimenttransport und die Wanderung von Organismen beeinflussen; Bsp. für erfasste Parameter Wehre, Schleusen, Deiche, Unterquerungen]	Qualitative Bewertung: Durchgängigkeit und Sedimenttransport im Flussbett Referenzbedingungen: Es fehlen im Gewässerlauf jegliche strukturelle Änderungen, die den natürlichen Sedimenttransport, die Abflussdynamik und die freie Beweglichkeit der Gewässerorganismen behindern. 1 = Keine Strukturen oder, sofern vorhanden, ohne Auswirkung (oder mit nur geringer Auswirkung) auf Wanderungsbewegungen und Sedimenttransport 3 = Es sind Strukturen vorhanden, aber sie haben nur geringe oder mäßige Auswirkungen auf die Wanderungsbewegungen der vorkommenden Arten und den Sedimenttransport. 5 = Strukturen sind im Allgemeinen Barrieren für sämtliche Arten und für Sedimente.	Hydromorphologische Kartierungen, Luftbilder etc. Fokus in den DIN ENs auf Erhebung künstlicher Hindernisse
Gurnell, A.M. et al. (2014): REFORM – A hierarchical multi-scale framework and indicators of hydromorphological process-	EU-Projekt		Sedimentdurchgängigkeit The longitudinal (upstream to downstream) continuity of water and sediment as well as large wood is also affected by interventions that regulate the flow of these elements. These interventions also frequently influence the base level of the river profile. They include the presence of blocking (dam / check dam / weir / pier-deflector) structures; and spanning / crossing structures (bridges), and they can be enumerated using aerial imagery if	Count of high, medium and low impact blocking structures: high – substantial structure and upstream storage area, sufficient to intercept > 90% of river flow, or the majority of transported sediment and wood;	- Luftbilder - Kombination aus Kartierungen und Fernerkundung - digitale Geländemodelle - historische

Methodik	Land und Herausgeber	Ziel Raum-/Zeitskala	Berücksichtigte Parameter	Bewertung	Datenbasis
es and forms.			other information sources are not available. A combined field survey and remote sensing approach can be particularly useful for assessing sediment connectivity and transfer. For example, Theler et al. (2010) propose a process-based geomorphological mapping method in which sources are identified from aerial photographs, DEMs, and historical topographic maps; mapped and analysed in a GIS; and combined with information on land cover and slope to predicted the transfer potential of sediment from the hillslope to the channel.	- medium – substantial structure completely blocking the channel but with relatively low storage giving lower impact on flow, sediment or wood continuity; - low – minor channel blocking (e.g. low check dam) structure with minor impact on flow, sediment, or wood continuity.	topografische Karten Landnutzungsdaten
existierende Gewässerstrukturkartierungsverfahren (z. B. LAWA 1999)		Vom 100 m-Abschnitt über verschiedene Aggregationsstufen bis hin zum gesamten Gewässer / EZG	Zahlreiche gewässerstrukturelle Parameter Durchgängigkeit nur indirekt über Querbauwerke oder z. B. Veränderungen Sohlsubstrat berücksichtigt [Abgleich Ist- und Ziel-Zustand: hpnG].	7-stufiges Verfahren	leitbildbasiert
Umweltbundesamt (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen	UBA	Bewertungsraster Bäche der Kalkalpen, Große Flüsse des Alpenvorlandes etc. Bundesweite Fließgewässertypen	U. a. Betrachtung des Parameters „Durchgängigkeit“ Bsp. Bäche der Kalkalpen: sehr guter ökologischer Zustand: kein Durchgängigkeitsdefizit und keine Querbauwerke guter ökologischer Zustand (Kernlebensraum): Es treten höchstens geringe Sohl- und Uferbelastungen auf. Bauwerke und andere Veränderungen im und am Gewässer beeinträchtigen den Geschiebehaushalt sowie die longitudinale und laterale Durchgängigkeit für die aquatischen Lebensgemeinschaften gar nicht oder nur geringfügig. Parameter u. a. Geschiebehaushalt, Feinsedimentanteil, Grobsedimentanteil, Anteil dynamischer und lagestabiler Substrate, laterale Durchgängigkeit, Kolmatierung etc.	Fein- und Grobsedimentanteil: - Dominant < 10 % - Nicht relevant Dynamische und lagestabile Anteile am dominierenden Substrat: 0-25 gering 25-50 mäßig >50-75 groß >75-100 sehr groß Referenz: im potenziell natürlichen Zustand i.d.R. nicht eingeschränkt. Entsprechend weist der Geschiebehaushalt keine Defizite auf. Es gibt keinen flächigen Sohlverbau und keine anthropogenen Stauräume.	leitbildbasiert

Methodik	Land und Herausgeber	Ziel Raum-/Zeitskala	Berücksichtigte Parameter	Bewertung	Datenbasis
Umweltbundesamt (2008b): Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes richtlinie und Hydromorphologie, Dokument der gemeinsamen Umsetzungsstrategie der EU-Staaten (CIS), 17/08. Dessau-Roßlau.	UBA (Grundlagen u. a. CIS-Papiere)	Spezifische Empfehlungen für Bewirtschaftungspläne für Einzugsgebiete: Die Festlegung solcher Prioritäten sollte auf einem integrierten Ansatz beruhen. So bietet sich als geeignete Lösung in der Regel eher an, die Durchgängigkeit der Flüsse auf der Ebene des Einzugsgebiets oder Teilzugsgebiets wieder herzustellen (nicht nur auf der Ebene einzelner Wasserkörper oder Orte)	Beeinträchtigung der Durchgängigkeit eines Flusses/Ästuars und des Sedimentprofils: Querbauwerke (Dämme, Wehre, Schleusen, Staumauern); Kanalisierungen, Begradigungen; Uferbefestigung, Uferverbau (Leitwerke, Molen, Bühnen usw.); Vertiefung (Gewässerunterhaltung, Ausbaggerungen, Entfernung oder Austausch von Material); Entnahme und Umleitung von Wasser (Tunnel usw.) Für ein umfassendes Sedimenttransport-Management im Maßstab des Einzugsgebiets sind Daten und Kenntnisse zwar häufig noch unzureichend, doch scheint es bereits möglich, dies in einigen Fällen zu berücksichtigen, z. B.: • in Gebieten, in denen Sedimenttransport und -ablagerung gut überwacht und untersucht sind • und dort, wo einfache und kostengünstige Managementmaßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit des Sedimenttransports möglich sind (zum Beispiel Öffnen von Schleusentoren nicht mehr betriebener Mühlen) Neben der baulichen Gewährleistung der Weitergabe von Geschiebe und organischem Schwemmgut kann ein Feststoffbewirtschaftungsplan die ökologische Verbesserung unterstützen. Elemente des Feststoffbewirtschaftungsplans können Bilanzierungen der zu erwartenden Feststoffmengen (inkl. Korngrößen) gegenüber dem Transportvermögen der vorgesehenen Maßnahmen oder Regelungen zur künstlichen Geschiebezugabe innerhalb von Querbauwerken sein. Die Feststoffbewirtschaftung sollte sich an folgenden Zielen orientieren: • Weitergabe von Totholz und Geschiebe an das Untertwasser • Erhaltung der Menge und der Korngrößenverteilung des Geschiebes entsprechend der Transportleistung des Abflusses.	Beeinträchtigung der Durchgängigkeit von Gewässern und des Feststofftransports: Dämme, Wehre, Schleusen, Staumauern, Umleitungskanäle, Uferbefestigungen und andere Bauwerke werden für die Zwecke der Schifffahrt, der Wasserschutz, der Stromerzeugung, der Wasserversorgung und der Bewässerung errichtet. Sie unterbrechen oder beeinträchtigen die ökologische Durchgängigkeit von Gewässern und Sediment. Wehre und Dämme sollten für wandernde Fischearten sowie Wirbellose passierbar sein (stromaufwärts und stromabwärts) und den stromabwärts gerichteten Transport von organischem und anorganischem Geschiebe und natürlich treibende Gegenständen (zum Beispiel Totholz) ermöglichen.	Presence of dams, weirs and other artificial barriers affecting the movement of either
Entwurf Water quality — Guidance standard on determining the	Fokus: ÜG und KG	Wasserkörper bis zum (Teil-)EZG	Longitudinal connectivity within and between water bodies (river, transitional, coastal waters)	3 Bewertungsstufen: 1 = No structures having any effect on migratory biota or on sediment transport	Presence of dams, weirs and other artificial barriers affecting the movement of either

Methodik	Land und Herausgeber	Ziel Raum-/Zeitskala	Berücksichtigte Parameter	Bewertung	Datenbasis
degree of modification of the hydromorphological features of transitional and coastal waters (CEN/TC 230 WI: 2011)				3 = Structures present having moderate effects on migratory biota and sediment transport 5 = Structures that in general are barriers to all species and to sediment	species or sediment e.g. Analysis of maps

Anlage 4: Ausgewählte Aktivitäten zum Sedimentmanagement

Baden-Württemberg	Kern (2014), im Auftrag der LUBW: Erfahrungen mit Sedimentmanagement in Baden-Württemberg
Zur Beurteilung des Geschiebehaushalts in Fließgewässern wird ein Ansatz zur Beurteilung von Störungen im Geschiebehaushalt vorgestellt. Er beinhaltet die Erfassung von Merkmalen zu • reduziertem Eintrag und Mobilisierung von Geschiebe in das bzw. im Gewässer, • unzureichendem Durchtransport von Geschiebe durch Untersuchungsstrecken durch die Verlandung von Stauräumen und durch Anlandungen in der freien Strecke, • Störungen der Ablagerung in Folge von Sedimententzug oder aufgrund anderer morphologischer Beschränkungen. Aus der Analyse von zahlreichen Fallbeispielen zum Sedimentmanagement in Süddeutschland sowie angrenzenden Alpenstaaten wird abgeleitet, dass zumeist in den voralpinen oder Mittelgebirgsflüssen Wehranlagen mit Stauhöhen 2 m keine wesentlichen Hindernisse für die Geschiebedurchgängigkeit darstellen. Inwiefern die vorgeschlagene Methodik weiter ausgearbeitet oder seitens der LUBW eine strategische Basis für die Ausgestaltung des Sedimentmanagements in Baden-Württemberg darstellen soll, kann der Ausarbeitung nicht entnommen werden.	
Schweiz und Baden-Württemberg	Abegg, J. et al. (2013), im Auftrag des BFE und RP Freiburg: Masterplan Maßnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein
Für den Zeitraum nach Abschluss des Baus der Kraftwerke am Hochrhein wurde ein zunehmender Rückhalt von Geschiebe, welches aus den Zuflüssen eingetragen wird, in den Stauräumen verzeichnet. Im Ergebnis können Veränderungen der morphologischen Verhältnisse und des Charakters des Hochrheins festgestellt werden. Der Masterplan soll den Geschiebehaushalt beschreiben und Maßnahmenoptionen aufzeigen, mittels derer der Geschiebehaushalt mit verhältnismäßigem Aufwand reaktiviert werden kann. Ziel ist die Aufwertung und Verbesserung der Fischfauna und des Benthos. Als mögliche Maßnahmen zur Reaktivierung des Geschiebetransports im Hochrhein werden Geschiebezugaben, Ufererosion, Geschiebemanagement und Geschiebereaktivierung in den Zuflüssen als auch temporäre, periodische Stauabsenkungen genannt. Als potenzielle Nachteile der Stauabsenkungen werden neben der Mobilisierung von Feinsedimenten und Schadstoffen, der möglichen Beeinträchtigung der Uferstabilität, der Grundwasserverhältnisse und dem Trockenfallen von Flachwasserzonen Betroffenheiten Dritter identifiziert, welche im Rahmen einer Maßnahmenumsetzung fallweise abzuklären sind. Erste Maßnahmen des Masterplans gehen bei anstehenden Neukonzessionierungen in die Umsetzung. Weitere Möglichkeiten zur Verfügung und Unterstützung zukünftiger Maßnahmenumsetzungen können sich unter Nutzung bestehender rechtlicher Instrumentarien ergeben. Eine weitere Konkretisierung des Masterplans steht noch aus.	

Bayern	Elsner & Pfleger (2011), im Auftrag des LfU Bayern: Sedimentmanagement Bayern – Vorstudie
Mit Blick auf die Umsetzung der Forderungen aus der EG-WRRL beschäftigt sich das Land Bayern systematisch mit dem Thema Sedimentmanagement. Die Vorstudie soll den Sachstand zusammenfassen, vorrangigen Handlungsbedarf aufzeigen und Vorschläge für geeignete Strategien zur Verbesserung des Sedimenthaushalts herausarbeiten. Eine Konkretisierung dieser Ansatzpunkte soll im Rahmen einer anschließenden Hauptstudie (Rahmenkonzept Sedimentmanagement Bayern) erfolgen. Ziel ist die transparente, belastbare und fachlich fundierte Auswahl von Fließgewässerstrecken für eine vorrangige Maßnahmenkonzeption und -umsetzung (Vorranggewässer) zur Verbesserung des Sedimenthaushalts. Eine Veröffentlichung des Rahmenkonzepts steht zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Metastudie noch aus. Im Rahmen der Vorstudie wird die fehlende Sedimentdurchgängigkeit von Stauanlagen als ein teilweise bedeutendes Problemfeld hinsichtlich des Hochwasserschutzes, der Bauwerkssicherheit oder drohender Sohldurchschläge, mit teilweise abgeleitetem dringendem Handlungsbedarf, identifiziert.	

Elbegebiet: IKSE und FGG Elbe	FGG Elbe (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe – Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele
Die Elbe weist Defizite im Sedimenthaushalt, in der Hydromorphologie, der Sedimentqualität und, davon beeinflusst, der Ökologie auf. Ziel des Sedimentmanagements ist die überregionale Betrachtung und Beeinflussung in den defizitären Bereichen in der Elbe. Ziel des Sedimentmanagementkonzepts war die Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen zum Umgang mit schadstoffbelasteten Sedimenten, zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustands des Elbestroms und seiner relevanten Nebengewässerunterläufe und zur Unterstützung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts. Die hydromorphologischen Verhältnisse an der Elbe sind u. a. stark durch den verminderten Sedimenteintrag aus dem Einzugsgebiet, bedingt durch die dortige große Zahl an Querbauwerken, geprägt. Dies wird an den Nebenflussmündungen in die Elbe erkennbar und prägt auch anschließende Streckenabschnitte der Elbe deutlich mit. Die Sohleintiefung und der damit zusammenhängende Wasserspiegelverfall wirken sich negativ auf die Ökologie aus. Aus der Sicht der Sedimentqualität wird als mögliche Maßnahme zur Verbesserung der Situation in der Elbe ein effektiverer Rückhalt von belasteten Sedimenten in den Zuflüssen, hier z. B. in den Stauräumen wie dem Muldestausee genannt. Zum Ausgleich des Sedimentdefizits und seiner unmittelbaren Folgen werden flussgebietsübergreifende Handlungsansätze empfohlen, welche u. a. auch die Erhöhung der Sedimentzufuhr aus dem Einzugsgebiet einschließen. Die Handlungsempfehlungen werden jeweils aus Sicht der Qualität, Quantität, Hydromorphologie und Schifffahrt gemeinsam betrachtet und auf entsprechende Beeinflussungen hingewiesen. So würde z. B. eine Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit an Querbauwerken in Tschechien und an den Nebengewässern neben den erforderlichen größeren Sedimenten zur Bekämpfung der Sohlerosion potenziell eine erhöhte Feinsedimentzufuhr aus der Mobilisierung von Altsedimentdepots bewirken. Deren vorlaufende Sanierung würde jedoch die mit den dort gebundenen Schadstoffen in Verbindung stehenden Risiken reduzieren.	

Rheingebiet: IKS	IKSR (2009): Sedimentmanagementplan Rhein
Ziele des Sedimentmanagements Rhein sind die Schaffung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts und einer guten Sedimentqualität. Der Sedimentmanagementplan schlägt Maßnahmen im Rhein zur Erreichung dieser Ziele, dabei primär der qualitativen Aspekte, vor und grenzt sich dabei von den Maßnahmenprogrammen (WRRL), welche auch Maßnahmen im Einzugsgebiet behandeln, ab. Als Bereiche mit einer relevanten mengenmäßigen Belastung kontaminierter Sedimente und einem Remobilisierungsrisiko für Schadstoffe aus diesen kontaminierten Sedimenten wurden unter anderem Stauhaltungen des Oberrheins (durch HCB) und in den Unterläufen des Mains und der Ruhr (PCB und Schwermetalle) identifiziert. Die vorgeschlagen Maßnahmenoptionen zielen auf eine technische und wirtschaftliche Optimierung des Baggergutmanagements am Oberrhein ab und umfassen Baggerung und Verbringung sowie eine Sicherung belasteter Sedimente vor Ort. Darüber hinaus wird vorgeschlagen, Sedimentationsneigungen in den Stauräumen zu vermindern. Als Möglichkeiten werden hier flussbauliche, regelnde Maßnahmen wie Molenverlängerungen und Leitwände sowie operative Maßnahmen in Form verbesserter Wehrsteuerungen, Baggerungen und Umlagerungen im Stauraum genannt, jedoch nicht weiter konkretisiert.	
Schweiz	Woolsey et al. (2005), Rhone-Thur Projekt: Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen
Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und weitere flussbauliche Eingriffe resultierten in der Schweiz in verbauten und begradigten Systemen mit in der Folge erkennbaren Defiziten hinsichtlich der Morphologie und der Biologie. Eine große Zahl an Querbauwerken vermindern die Durchgängigkeit sowohl für die Biologie als auch die Sedimente. Fokussiert auf die Durchgängigkeit für Fische wird die Entfernung von Talsperren und größeren Wehren als nicht umsetzbar angesehen. Für kleinere Wehre, Schwellen und Abstürze werden jedoch positive Wirkungen durch einen Rückbau gesehen. Im Fall einer Entfernung sind jedoch alternative Maßnahmen zur Sohlstabilisierung zu finden. Zum Zweck der Verbesserung des Geschiebehaushalts werden unter anderem folgende Maßnahmen mit Bezug auf die Querbauwerke benannt: • Zulassen des natürlichen Geschiebetriebes • Rückbau oder Verzicht auf die Entleerung von Geschiebesammlern bzw. deren verbesserte Bewirtschaftung (z. B. mit Rückführung von Sediment) • Verzicht auf Sedimententnahmen aus dem Gewässer, evtl. sogar Geschiebezuga-ben • Umbau von Wehren oder deren angepasster Betrieb, z. B. in Form von temporären Stauspiegelabsenkung bei Hochwasser zur Förderung des Geschiebetransports Zur Bewertung des Erfolgs von Maßnahmen zur Revitalisierung von Fließgewässern wird ein Indikatorsatz empfohlen, der sedimentbezogen den Geschiebehaushalt und sohlenbezogene Elemente (Durchlässigkeit, Sohldynamik, Kolmation, Korngrößen, Sohlenstruktur und Verbauungsgrad der Sohle) umfasst. Fische und Makroinvertebraten sind die zentralen biologischen Indikatorengruppen.	

Bundesländer LAWA	/	LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung Produktdatenblatt 2.2.6 /Stand 11. Juli 2012): Ableitung von Bewertungsregeln für die Durchgängigkeit, die Morphologie und den Wasserhaushalt zur Berichterstattung in den reporting sheets (LAWA 2012b)
Zeitgleich zur Erstellung der vorliegenden Metastudie wurde seitens der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) die Erarbeitung des LFP-Projektes O 5.14 „Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Fische und Sedimente“ - LAWA-Verfahrensempfehlung „Klassifikation der Durchgängigkeit für die Berichterstattung nach Wasserrahmenrichtlinie“ - in Auftrag gegeben. Hierin sollen Regeln zur Klassifikation der Durchgängigkeit bestimmt werden, die einerseits als Grundlage zur Bewertung der Durchgängigkeit für die Bewirtschaftungsplanung und andererseits das Ausfüllen der „reporting sheets“ für die Berichterstattung an die EU geeignet sind. Aufgrund nicht ausreichender Daten und der fehlenden Kenntnisse hinsichtlich der Auswirkungen der Sedimentdurchgängigkeit auf die Biologie wird diese vorerst nicht in der Gesamtbewertung berücksichtigt.		

EU COST	EU COST Action ES 1306 „Connecting European connectivity research“
Ende 2013 wurde eine EU COST Initiative gestartet, die sich mit der Frage der Konnektivität im Bereich Wasser und Sediment befasst. Die wichtige Rolle der Konnektivität in Bezug auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion wurde erkannt. Mit der Initiative soll Forschung aus dem Bereich der Hydrologie, Bodenkunde, Geomorphologie und Ökologie vernetzt werden. Mehr Informationen auf der Website http://connecteur.info.	

Anlage 5: Exemplarische Arbeiten, die sich aus hydromorphologischer Sicht mit dem Zielzustand Richtung Sedimentdurchgängigkeit und Bewertungen für BWaStr beschäftigen

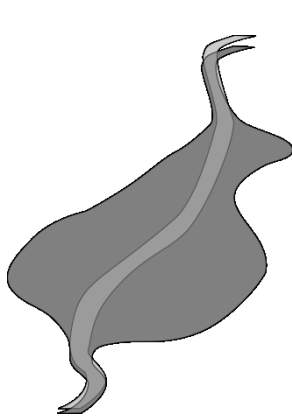
Quelle	Inhalt (Auszug)	Zielzustand, angelehnt z. B. an
DIN EN 14614 (2005) – Anleitung zur Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern	„Durchgängigkeit und Sedimenttransport im Flussbett, Referenzbedingungen: Es fehlen im Gewässerlauf jegliche strukturelle Änderungen, die den natürlichen Sedimenttransport, die Abflussdynamik und die freie Beweglichkeit der Gewässerorganismen behindern.“	WRRL
DIN EN 15843 (2010) – Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen der hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern	„Charakterisierung der Veränderung von Fließgewässern auf der Grundlage hydromorphologischer Eigenschaften, Bewertungsskala qualitativ: z. B. „es sind Strukturen vorhanden, aber sie haben nur geringe oder mäßige Auswirkungen auf die Wanderungsbewegungen der vorkommenden Arten und den Sedimenttransport“ etc.“. Klasse 1 = keine Strukturen oder, sofern vorhanden, ohne Auswirkung (oder mit nur geringer Auswirkung) auf Wanderungsbewegungen und Sedimenttransport; Klasse 2: es sind Strukturen vorhanden, aber sie haben nur geringe oder mäßige Auswirkungen auf die Wanderungsbewegungen der vorkommenden Arten und den Sedimenttransport; Klasse 3: Strukturen sind im Allgemeinen Barrieren für sämtliche Arten und für Sedimente. (...) „Wenn sämtliche Sedimente hinter einem Staudamm zurückgehalten werden, sollte eine Bewertung 5 vergeben werden (...)“	WRRL
FGG Elbe (2013) und IKSE (2014) - Sedimentmanagementkonzept Elbe	Referenz-Zustand in Anlehnung an die typspezifischen Referenzbedingungen. (Die deutsche Binnenelbe wurde als natürliches Gewässer ausgewiesen). Die Sedimentdurchgängigkeit wird in fünf Stufen klassifiziert gemäß der INFORM-Modul Valmorph Methodik (Quick et al. 2014).	WRRL
Rosenzweig et al. (2012) – Valmorph-Bericht	Deutsche Binnenelbe, Teilaspekte von Rhein und Tideems: Referenz-Zustand in Anlehnung an die typspezifischen Referenzbedingungen. Die deutsche Binnenelbe wurde als natürliches Gewässer ausgewiesen, Rhein und Tideems sind als erheblich verändert ausgewiesen. Hydromorphologische Indikatoren. Sedimentdurchgängigkeit speziell s. Quick et al. (2014)	WRRL

Quelle	Inhalt (Auszug)	Zielzu- stand, angelehnt z. B. an
Quick (2004) – Leitbild Nieder- rhein	Die Sedimentdurchgängigkeit speziell wurde nicht adressiert. Hydromorphologisches Leit- bild. Querbauwerke existieren nicht.	Leitbild (Grundlage GSGK)
StUA Minden (2001) – Leitbild Weser	Die Sedimentdurchgängigkeit speziell wurde nicht adressiert. Hydromorphologisches Leit- bild. Querbauwerke existieren nicht.	Leitbild (Grundlage GSGK)
Koenzen (2005) - Auentypolo- gie	Die Sedimentdurchgängigkeit speziell wurde nicht adressiert. Hydromorphologisches Leit- bild, Fokus Auen.	Leitbild
UBA (2014) – Hydromorpho- logische Steckbriefe	Die Sedimentdurchgängigkeit speziell wurde nicht adressiert. Jedoch findet sich der Ge- schiebehaushalt jeweils als „sehr guter öko- logischer Zustand“ und als „guter ökologi- scher Zustand“ sowie als „Mindestausstattung zur funktionalen Verknüpfung von Lebens- räumen“ klassifiziert in „kein Defizit“, „kein bis geringes Defizit“, „kein bis mäßiges Defizit“, „kein bis starkes Defizit“, „bei Dominanz von Sand: kein bis mäßiges Defizit“, „bei Domi- nanz von Kies: kein bis geringes Defizit“, „bei Dominanz von Sand: keine Anforderung“, „keine Anforderung; kein bis mäßiges Defizit bei teilmineralischer Ausprägung“, „keine Anforderung; kein bis mäßiges Defizit bei Dominanz von Kies“, „keine Anforderung“, „bei Dominanz von Kies: geringes Defizit“, „in Moorstrecken keine Anforderung“, und Kol- matierung in Stauräumen mit „keine“ und „temporärer Rückstau möglich“ – je nach Gewässertyp. Ergänzend gibt es noch die Aussage zur Referenz: im potenziell natürli- chen Zustand i. d. R. nicht eingeschränkt. Entsprechend weist der Geschiebehaushalt keine Defizite auf. Es gibt keinen flächigen Sohlverbau und keine anthropogenen Stau- räume). Zudem gibt es den Parameter „mobi- le und lagestabile Sedimente“. Beispiel Feinsedimentanteil: „Der Feinsedimentanteil (%) gibt an, welche Anteile an Feinsedimen- ten (v. a. Sand, Ton, Schluff) in der Sohle eines Gewässers nicht überschritten werden sollten bzw. ob es dominante Feinsedimen- tanteile im Gewässer gibt. Bei der Einschät- zung der leitbildtypischen Feinsedimentantei- le ist v. a. ein Faktor von besonderer Rele- vanz. Ein Fließgewässertyp, dessen Refer- renz-Artenspektrum relevante Anteile lithophi- ler Arten (z. B. kieslaichende Fischarten)	Leitbild

Quelle	Inhalt (Auszug)	Zielzu- stand, angelehnt z. B. an
	umfasst, muss für diese Arten auch ausreichend (Teil-) Habitate aufweisen. Für viele Salmoniden zeigt sich, dass ein Feinsedimentanteil von weniger als 10 % im grobmaterialreichen Laichsubstrat günstige Reproduktionsbedingungen widerspiegelt (z. B. MUNLV NRW 2006). Darauf aufbauend wurde ein Wert von < 10 % für alle grobmaterialreichen Typen sowie Typen mit relevanten Grobmaterialanteilen im Leitbild (für grobmaterialreiche Bereiche) angesetzt.	
CIS-ECOSTAT (2006) bzw. UBA (2008b) – Wasserrahmenrichtlinie und Hydromorphologie	Sedimentbewirtschaftung. Die Feststoffbewirtschaftung sollte sich an den Zielen „Weitergabe von Totholz und Geschiebe an das Unterwasser“ sowie „Erhaltung der Menge und der Korngrößenverteilung des Geschiebes entsprechend der Transportleistung des Abflusses“ orientieren.	WRRL
Gurnell et al. (2014) – Reform-Projekt	Dreistufige Vorschläge (count of high, medium and low impact blocking structures: low – minor channel blocking (e.g. low check dam) structure with minor impact on flow, sediment, or wood continuity	WRRL

Anlage 6: Maßnahmenoptionen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit

Aufgabe und Rückbau der Stauanlage



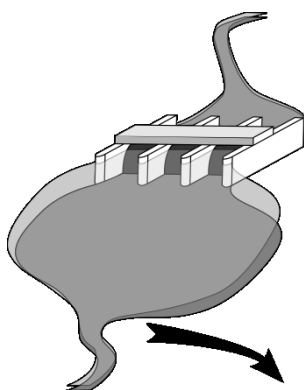
Es ist ein teilweiser oder vollständiger Rückbau denkbar.

Es besteht zumindest zeitweise und in Abhängigkeit von den hydrologischen Gegebenheiten die Gefahr sehr hoher Sedimentausträge. Ein begleitendes komplexes Sedimentmanagement ist zwingend erforderlich, um den Sedimentaustrag aus dem aufgegebenen Stauraum kontrolliert zu gestalten.

Bei Erhalt von Teilen des Absperrbauwerks ist prinzipiell mit längeren Wartezeiten zu rechnen, bis das Querbauwerk nach weiterer Verlandung des Stauraums auch für größere Sedimente passierbar wird.

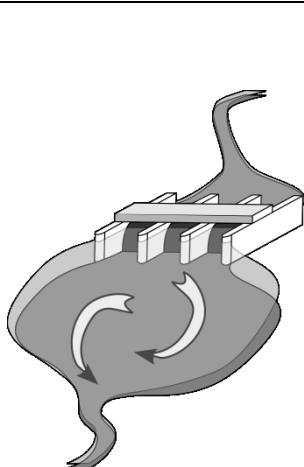
Sedimententnahmen oder Umlagerungen

Mechanische Beräumung



Mechanische Räumungen mit technischem Gerät (Bagger etc.) werden entweder trocken oder nass durchgeführt. Ziel der Räumung ist die Entfernung des Baggerguts aus dem System. Dies wirkt jedoch dem Ziel der Erhöhung der Sedimentdurchgängigkeit in Form eines flussabwärts gerichteten Transports prinzipiell entgegen. Diese Maßnahme dient daher im Wesentlichen der Stauraumbewirtschaftung oder der Fahrrinnenunterhaltung und ist nicht als Maßnahme der Durchgängigkeit zu verstehen.

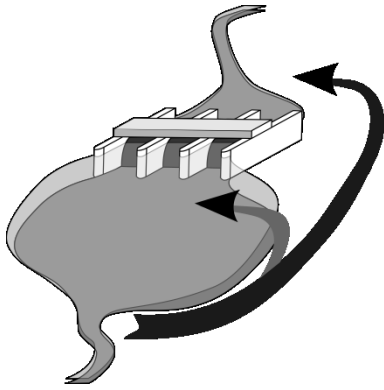
Mechanische Umlagerung im Stauraum (Dynamisierung)



Hintergrund einer Dynamisierung im Stauraum ist eine Erhöhung der Morphodynamik durch Schaffung eines Geschiebekreislaufes und regelmäßige Umlagerungen von Sedimenten innerhalb des Stauraums mit dem Ziel einer Verbesserung der gewässertypischen Habitatstrukturen.

Zwar erfolgt durch derartige Maßnahmen bilanziell keine wesentliche Veränderung der Menge der durch einen Stauraum transportierten Sedimente, jedoch können stauraumtypische, sedimentologische Sortierungsprozesse beeinflusst werden. Auf Basis der Nutzung der natürlichen Gewässersedimente kann zumindest eine verbesserte Durchgängigkeit von Sedimenteigenschaften (im Sinne der Vermeidung eines großen Wechsels in den sedimentbezogenen Eigenschaften der Sohle, insbesondere zwischen Ober- und Unterwasser am Staubaufwerk) erreicht werden.

Mechanische Umlagerung nach unterstrom

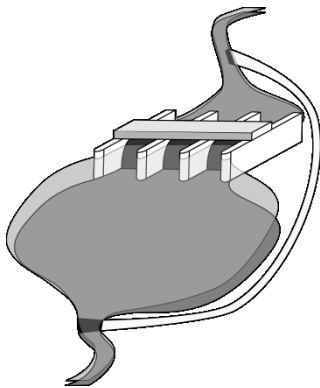


Entnahmen aus dem Stauraum werden mit technischem Gerät entweder trocken oder nass (Bagger, Absaugeinrichtung etc.) durchgeführt. Trockene Räumungen bedingen eine Stauzielabsenkung, die wiederum auf die Energiegewinnung sowie die Schifffahrt Einfluss hat. Zum Zweck der konzentrierten Sammlung und Entnahme des in einen Stauraum eingetragenen Sediments bietet sich die bauliche Einrichtung eines Geschiebefangs im Stauwurzelbereich an.

Gebaggertes Material kann per Schiff, LKW oder bei Feinsedimenten per Heberleitung in den Bereich unterstrom der Staustufe transportiert und wieder zugegeben werden, wenn die rechtlichen Anforderungen (u. a. an den Schadstoffgehalt des Baggerguts) berücksichtigt werden.

Eine Zwischenlösung stellt die hydraulische Umlagerung von Sedimenten innerhalb eines Stauraums in den oberwasserseitigen Nahbereich des Absperrbauwerks dar, um einen späteren hydraulischen Abtransport zu ermöglichen.

Hydraulische Sedimentumleitungen (Bypass)

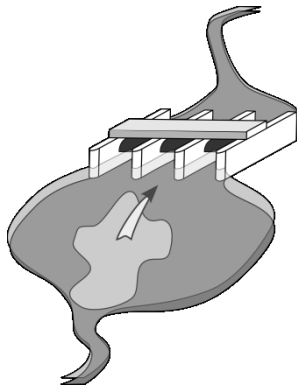


Sedimentumleitungen (Bypass) vom Stauwurzelbereich in das Stauanlagenunterwasser erfordern den Transport fördernde und damit ausreichend große Gefälle der Bypasseinrichtungen. Flusskrümmungen im Stauraum und abkürzende Bypassleitungen sind als besonders günstig anzusehen. Sedimentumleitungen kommen vorwiegend bei größeren Staueen zum Einsatz, z. B. in Form von Spülstollen.

In der Regel dürfte sich diese Methode in schiffbaren Gewässern für den Transport von Sedimenten, insbesondere von gröberen Fraktionen, nicht eignen.

Verbesserung des hydrodynamischen Transports durch den Stauraum

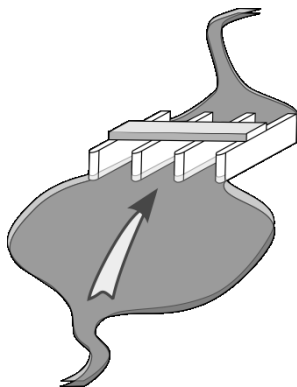
Durchschleusung



Eine Strategie zur Unterbindung von Stauraumverlandungen ist der Durchtransport von eingetragenen Material und damit die Vermeidung von Ablagerungen. Eine Durchschleusung setzt voraus, dass insbesondere bei erhöhten Zuflüssen das Energieliniengefälle und damit die Transportkapazität erhöht werden. Erreichbar ist dies durch Öffnen der Wehrverschlüsse bei zunehmendem Zufluss von oberstrom.

Ziel des „density current ventings“, als eine Variante zur Durchleitung und damit Reduzierung der Ablagerung von Feinsedimenten, ist der sohlnahe Abzug von Sedimentsuspensionen, welche sich als sohlnahe Mischung aus Fluid und Feststoff darstellt. Möglich ist dies durch Öffnen der Wehrverschlüsse während erhöhter Stauraumzuflüsse und hoher Sedimentfrachten zu Beginn eines Hochwassers. Nachteilig kann sich jedoch die unkontrollierte Remobilisierung und Abführung von Schadstoffen in das Unterwasser auswirken.

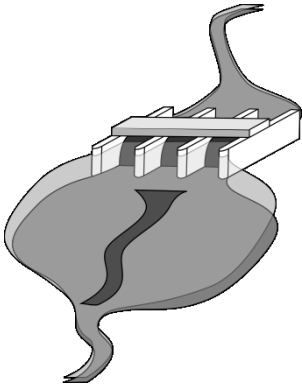
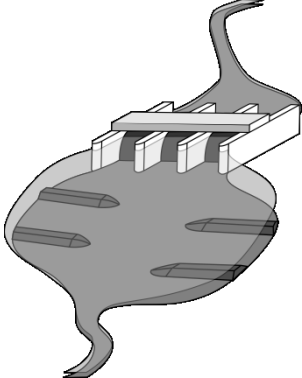
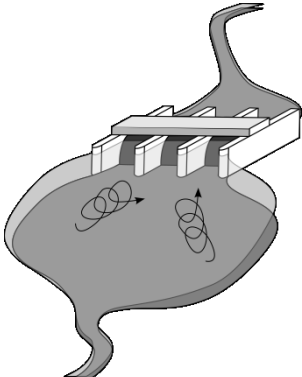
Stauraumspülungen



Spülungen sind Maßnahmen in Stauräumen, bei dem die Energie des fließenden Wassers zu einer Ausräumung der bereits abgelagerten Sedimente genutzt wird.

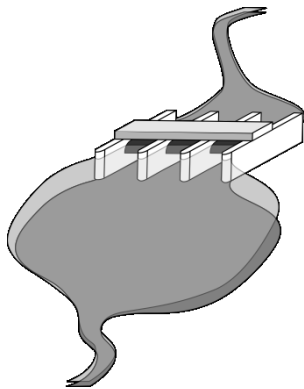
Bei einer Spülung wird durch die Absenkung im Stauraum eine höhere Schubspannung erzeugt, welche die Erosion und den Sedimenttransport anfacht. Hierbei ist auf die Belange der Schifffahrt, wie z. B. im Zusammenhang mit Brückenhöhen unterstrom und Abladetiefen in allen Bereichen, und auf die Standsicherheit der Bauwerke und Böschungen im Lastfall „abgesenkte Stauhaltung“ Rücksicht zu nehmen. Grundsätzlich kann es zu unkontrollierten Anlandungen und damit zu einer Verschärfung einer Hochwassergefahr kommen. Inwieweit mit diesen Maßnahmen gröberes Material in Bewegung geraten kann, ist von vielen Faktoren wie z. B. dem Grad der Sedimentverfestigung abhängig.

Stauraumspülungen sind bei Vorliegen eines großen Verhältnisses von Stauraumlänge zu Stauraumbreite sowie bei relativ großen Absenkungen (Vischer, 1981) effektiv. Die Wirksamkeit von Spülungen kann durch flankierende Maßnahmen (Flussregelung, Initialrinnen) erhöht werden.

Initialrinnen	
	Initialrinnen als flussbauliche Maßnahme dienen vor allem der Mobilisierung von feinkörnigem und kohäsivem Material durch Auflockerung und Konzentration der herrschenden Schubspannungen. Im Flussbett werden in Stauraumlängsrichtung verlaufende, ggf. auch aus Seitenbereichen des Stauraums zusammenlaufende Rinnen hergestellt. Initialrinnen können hydrodynamisch wirkende Maßnahmen wie Stauraumspülungen unterstützen. Sie sind jedoch regelmäßig zu unterhalten, da auch sie zu Verlandungen, beispielsweise durch gröberes Material oder im Fall von Stauspiegelschwankungen, neigen.
Flussbauliche Regelungsbauwerke im Stauraum	
	Buhnen und Parallelwerke im Stauraum können durch eine dauerhaft verbesserte Strömungsführung, stärkere Strömungskonzentration und die damit induzierten Schubspannungen ein erhöhtes Transportvermögen bewirken. Regelungsbauwerke können hydrodynamisch wirkende Maßnahmen wie Stauraumspülungen unterstützen. Die Unterhaltung dauerhaft überstauter Regelungsbauwerke ist jedoch schwierig. Eine dauerhafte Überlandung der Bauwerke ist z. B. durch Baggerungen zu vermeiden.
Verhinderung der Absetzungen von Feinsedimenten	
	Turbulente Strömungszonen im Wasserkörper einer Stauhaltung, beispielsweise durch lokale Strömungsbeeinflussung, -störung und -lenkung, können das Absetzen von Feinmaterial in strömungsberuhigten Bereichen, sowohl in den Seitenbereichen als auch im Nahfeld der Wehranlage, verhindern helfen. Ein Abtransport über das Wehr oder die flankierenden Betriebseinrichtungen ist damit leichter möglich. Grobes Material kann in seinem Bewegungsverhalten jedoch nicht wesentlich beeinflusst werden.

Bauliche Anpassungen im Wehr(nah-)bereich

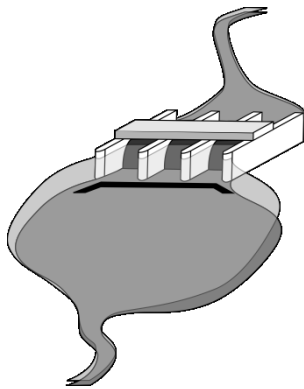
Verschlusstypen



Numerische Untersuchungen zeigen, dass beispielsweise bei einem unterströmten Verschluss mit rükgestautem Abfluss die sohlennahen Geschwindigkeiten in einem Abstand, der etwa der 5-fachen Öffnungsweite entspricht, 50 % über der Geschwindigkeit der ungestörten Anströmung liegen. Bei der 20-fachen Öffnungsweite liegen sie nur noch 2 % darüber. Das heißt für die ingenieurpraktische Bedeutung, dass im Abstand der 2- bis 3-fachen Wassertiefe im Oberwasser praktisch kein Einfluss durch den Verschluss mehr feststellbar ist (Gebhardt et al., 2014).

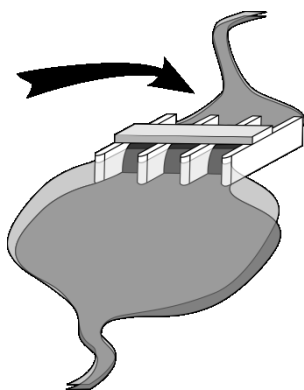
Für eine typische Stauanlage bleibt damit festzuhalten, dass der Einfluss des Verschlusstyps sehr klein ist. Es werden nur Sedimente über die Wehranlage transportiert, die auch bis in deren Nahbereich gelangen können. Mit einem unterströmten Verschlusstyp können im günstigsten Fall Ablagerungen im Nahbereich der Wehranlage remobilisiert werden und ein in gewissem Umfang rückschreitender Erosionstrichter entstehen.

Spülrinnen



Spülrinnen sind Elemente von Wehranlagen, um räumlich im Nahbereich einer Staustufe einzelne bauliche Betriebskomponenten von Sedimenten freizuhalten, beispielsweise Kraftwerkseinläufe oder Schleusen. Sie können alleine, sinnvoll jedoch im Zusammenwirken mit Anpassungen der Verschlussorgane umgesetzt werden, um ihren Wirkungsgrad zu erhöhen.

Sedimentzugabe



Ergänzend zu Umlagerungen aus dem Stauraum oder als vollständiger Ersatz für im Stauraum zurückgehaltene Sedimente kann eine Zugabe von Fremdmaterial unterhalb der Stauanlage erfolgen, um unerwünschte Folgen einer fehlenden Sedimentdurchgängigkeit im Unterwasser zu kompensieren. Dabei ist es sinnvoll, die Zugabe in einer Sieblinie zu gestalten, die dem Gewässertyp entspricht, um möglichst gewässertypspezifische Sedimenteigenschaften zu gewährleisten. Oberhalb und unterhalb eines Querbauwerks einheitliche Sedimenteigenschaften können kaum gewährleistet werden.