

# Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente

Anwenderhandbuch



September 2019

LAWA  
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

# Impressum

## Herausgeber:

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)  
unter dem Vorsitz des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes  
Brandenburg  
Henning-von-Tresckow-Str. 2-13  
14467 Potsdam  
Tel.: +49 331 866-7380  
E-Mail: [lawa@mluk.brandenburg.de](mailto:lawa@mluk.brandenburg.de)  
Homepage: [www.lawa.de](http://www.lawa.de)

## Bearbeitung und Redaktion:

Auftraggeber:  
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Vertreten durch das  
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz  
Mecklenburg-Vorpommern  
als geschäftsführendes Land für das Länderfinanzierungsprogramm  
"Wasser, Boden und Abfall"



## Projektbetreuung:

Christoph Linnenweber, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz,  
Obmann des LAWA-EK Hydromorphologie  
Stephan Naumann, Umweltbundesamt

## Auftragnehmer:

DHI WASY GmbH  
Knochenhauerstraße 20/25  
28195 Bremen  
Telefon: 030 67999-8717



Bearbeitung: Dr. Monika Donner  
Anika Scholl  
Marion Dziengel

Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH  
Bachstr. 62-64  
52066 Aachen  
Telefon: 0241 94986-0



Bearbeitung: Rita Keuneke

**Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)**



**Bewertung der Durchgängigkeit  
von Fließgewässern für Sedimente  
- Verfahrensempfehlung -  
  
Anwenderhandbuch**

beschlossen auf 60.LAWA-AO Sitzung am 5./6. November 2019 in Hamburg  
beschlossen auf 167. LAWA-Vollversammlung am 21./22. März 2024 in Potsdam

Auftraggeber:

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Vertreten durch das  
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz  
Mecklenburg-Vorpommern  
als geschäftsführendes Land für das Länderfinanzierungsprogramm  
"Wasser, Boden und Abfall"



Projektbetreuung: Christoph Linnenweber  
Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz,  
Obmann des LAWA-EK Hydromorphologie  
Stephan Naumann, Umweltbundesamt

Auftragnehmer:

DHI WASY GmbH  
Knochenhauerstraße 20/25  
28195 Bremen  
Telefon: 030 67999-8717



Bearbeitung: Dr. Monika Donner  
Anika Scholl  
Marion Dziengel

Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH  
Bachstr. 62-64  
52066 Aachen  
Telefon: 0241 94986-0



Bearbeitung: Rita Keuneke

Erstellt im Rahmen des Projektes "Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Fische und Sedimente" (Projekt-Nr. O 5.14 und O 3.18.)

finanziert durch das Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall"

**Stand: September 2019**

Projektbegleitende Steuerungsgruppe:

- Euler, Thomas und Ann-Kristin Schultze  
(LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen)
- Grebmayer, Thomas  
(LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt)
- Jährling, Karl-Heinz  
(LHW – Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt)
- Linnenweber, Christoph - Obmann des LAW-EK Hydromorphologie  
(LfU – Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz)
- Mirbach, Erika  
(LfU – Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz)
- Naumann, Stephan  
(UBA – Umweltbundesamt)
- Pehlke, Karsten  
(TLUG – Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie)
- Quick, Ina  
(BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde)

## Inhalt

<b>1 Rechtliche und normative Grundlagen der Klassifikation der Durchgängigkeit.....</b>	<b>5</b>
1.1 Biologische Qualitätskomponenten .....	5
1.2 Hydromorphologische Qualitätskomponente - Durchgängigkeit .....	7
1.3 Verknüpfung der Rechtsbezüge: Biologie und Sediment.....	9
<b>2 Methodik und Vorgehen.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit.....</b>	<b>11</b>
3.1 Räumliche Skalen der Durchgängigkeit .....	12
3.1.1 Querbauwerk/Stauanlage/Bauwerksstandort.....	12
3.1.2 Wasserkörper .....	13
3.1.3 Einzugsgebiet/Gewässersystem .....	13
3.2 Durchgängigkeit.....	14
3.2.1 Sedimentdurchgängigkeit .....	15
3.3 Querbauwerke, Bauwerkstypen und Erscheinungen an Bauwerken .....	16
<b>4 Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit .....</b>	<b>17</b>
4.1 Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche Gewässer.....	17
4.2 Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs .....	19
4.2.1 Verfahren für die HMWBs zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Fließgewässern.....	21
4.2.2 Ergänzung der Steckbriefe für die HMWBs.....	22
4.2.3 Ergänzungen potentieller Maßnahmen zur Erreichung des GÖPs .....	28
4.3 Bewertungsmethodik und Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit.....	32
4.3.1 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort .....	32
4.3.2 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort .....	49
4.3.3 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper.....	50
4.3.4 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper .....	66
4.3.5 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem .....	67
4.3.6 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem .....	74
4.4 Einbindung der Bewertung Sedimentdurchgängigkeit im Reporting der EU.....	75
<b>5 Glossar .....</b>	<b>77</b>
<b>6 Literatur .....</b>	<b>86</b>
<b>7 Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>90</b>
<b>8 Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>91</b>

# 1 Rechtliche und normative Grundlagen der Klassifikation der Durchgängigkeit

Die Durchgängigkeit wird in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie den nationalen Gesetzen zur Umsetzung der WRRL explizit als Kriterium zur Bewertung des Gewässerzustands aufgeführt.

Durch die Wasserrahmenrichtlinie wurde ein Ordnungsrahmen für Maßnahmen der europäischen Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik geschaffen. Zu ihrer Umsetzung dient in Deutschland die Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016). In Anhang V der WRRL findet sich unter 1.2 die normative Begriffsbestimmung zur Einstufung des ökologischen Zustands der Oberflächengewässer. Unter den Oberflächengewässern wird zwischen Flüssen, Seen, Übergangsgewässern und Küstengewässern unterschieden.

Jeder dieser Gewässerkategorien werden die Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen bzw. chemischen (hier nicht weiter dargestellt) Zustands zugeordnet. Dabei handelt es sich jeweils um biologische Komponenten sowie hydromorphologische, chemische und physikalisch-chemische Komponenten. Die hydromorphologischen, chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten müssen sich in einem Zustand befinden, der die gewässertypgerechte biologische Besiedlung des Gewässers ermöglicht. Sie werden daher als unterstützende Qualitätskomponenten bezeichnet. Tabelle 1-1 zeigt den Zusammenhang.

**Tabelle 1-1: Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands von Flüssen**

Biologische Qualitätskomponenten			
Phytoplankton	Makrophyten und Phytobenthos	Benthische wirbellose Fauna	Fischfauna
Hydromorphologische Qualitätskomponenten			
Wasserhaushalt	Durchgängigkeit des Flusses		Morphologie
Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten			
Allgemeine Bedingungen	Spezifische synthetische Schadstoffe		Spezifische nichtsynthetische Schadstoffe

Das Ziel der EG-WRRL (2000) ist es, u.a. den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial u.a. der Oberflächengewässer zu erreichen.

## 1.1 Biologische Qualitätskomponenten

Die biologischen Qualitätskomponenten enthalten unter der Gruppe Gewässerflora die Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten/Phytobenthos und unter der Gruppe Gewässerfauna die Komponenten benthische wirbellose Fauna und Fischfauna. Die Einordnung dieser Komponenten zu dem sehr guten, guten oder mäßigen Zustand erfolgt anhand der Parameter Artenzusammensetzung, Artenhäufigkeit und Altersstruktur, siehe Tabelle 1-2.

**Tabelle 1-2: Biologische Qualitätskomponenten (F: Flüsse, S: Seen, Ü: Übergangsgewässer, K: Küstengewässer)**

Qualitätskomponentengruppe	Qualitätskomponente	Parameter	Kategorie			
			F	S	Ü	K
Gewässerflora	Phytoplankton	Artenzusammensetzung, Biomasse	X <sup>1)</sup>	X	X	X
	Großalgen oder Angiospermen	Artenzusammensetzung, Artenhäufigkeit			X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>
	Makrophyten/Phytobenthos	Artenzusammensetzung, Artenhäufigkeit	X	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>
Gewässerfauna	Benthische wirbellose Fauna	Artenzusammensetzung, Artenhäufigkeit,	X	X	X	X
	Fischfauna	Artenzusammensetzung, Artenhäufigkeit, Altersstruktur	X	X	X <sup>3)</sup>	

- 1) Bei planktondominierten Fließgewässern zu bestimmen.  
 2) Zusätzlich zu Phytoplankton ist die jeweils geeignete Teilkomponente zu bestimmen.  
 3) Altersstruktur fakultativ.

Für das ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern gelten folgende Bestimmungen (nach Anlage 4 Tabelle 6 der OGewV):

**Tabelle 1-3: Bestimmungen für das höchste, das gute und das mäßige ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern für die biologischen Qualitätskomponenten (Anlage 4, Tabelle 6 der OGewV)**

Komponente	Höchstes ökologisches Potenzial	Gutes ökologisches Potenzial	Mäßiges ökologisches Potenzial
Biologische Qualitätskomponenten	Die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten entsprechen unter Berücksichtigung der physikalischen Bedingungen, die sich aus den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Gewässers ergeben, weitestgehend den Werten für den Oberflächengewässertyp, der am ehesten mit dem betreffenden Gewässer vergleichbar ist.	Die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten weichen geringfügig von den Werten ab, die für das höchste ökologische Potenzial gelten.	Die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten weichen mäßig von den Werten ab, die für das höchste ökologische Potenzial gelten.  Diese Werte sind in signifikanter Weise stärker gestört, als dies bei einem guten ökologischen Potenzial der Fall ist.

Da die Fischfauna u.a. die Güte der Durchgängigkeit eines Gewässers indizieren soll, ist diese Qualitätskomponente für die Klassifikation der Durchgängigkeit relevant.

Die Klassen für den Zustand der Fischfauna von Flüssen sind gemäß Anlage 4, Tabelle 2 der OGewV wie folgt definiert (Tabelle 1-4).

**Tabelle 1-4: Bestimmungen für den sehr guten, guten und mäßigen ökologischen Zustand der Fischfauna von Flüssen (Anlage 4, Tabelle 2 der OGewV)**

Sehr guter Zustand	Zusammensetzung und Abundanz der Arten entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Referenzbedingungen. Alle typspezifischen störungsempfindlichen Arten sind vorhanden. Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen kaum Anzeichen anthropogener Störungen und deuten nicht auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung irgendeiner besonderen Art hin.
Guter Zustand	Auf Grund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten weichen die Arten in Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab. Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen Anzeichen für Störungen auf Grund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen oder hydromorphologischen Qualitätskomponenten und deuten in wenigen Fällen auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung einer bestimmten Art hin, so dass einige Altersstufen fehlen können.
Mäßiger Zustand	Auf Grund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen oder hydromorphologischen Qualitätskomponenten weichen die Arten in Zusammensetzung und Abundanz mäßig von den typspezifischen Gemeinschaften ab. Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen größere Anzeichen anthropogener Störungen, so dass ein mäßiger Teil der typspezifischen Arten fehlt oder sehr selten ist.

## 1.2 Hydromorphologische Qualitätskomponente - Durchgängigkeit

Die "Durchgängigkeit des Flusses" zählt neben den Komponenten „Wasserhaushalt“ und „Morphologie“ zu den hydromorphologischen Qualitätskomponenten. Die Komponente "Durchgängigkeit" findet sich nur unter den Qualitätskomponenten für den ökologischen Zustand von Flüssen. Für Seen, Übergangsgewässer und Küstengewässer ist die Durchgängigkeit keine zu betrachtende Komponente.

Der sehr gute Zustand der Durchgängigkeit ist gemäß Anhang V, WRRL, wie folgt definiert: „Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten“. Weiterhin sind hinsichtlich der Durchgängigkeit des Flusses unter dem guten und unter dem mäßigen Zustand jeweils die Bedingungen zu verstehen, „unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können“.

Die Durchgängigkeit wird in den Bestimmungen für das Höchste ökologische Potenzial der hydromorphologischen Qualitätskomponenten explizit genannt, siehe Tabelle 1-4. Die beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit ist sicherzustellen, „insbesondere hinsichtlich der Wanderungsbewegungen der Fauna und angemessener Laich- und Aufzuchtgründe.“

Für die Berichterstattung nach WRRL bzw. das Befüllen der reporting sheets sind die drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten Durchgängigkeit, Morphologie und Wasserhaushalt in folgenden Kategorien zu bewerten (siehe Tabelle 1-5), wobei für den Rahmen dieses Projektes die Einstufungen in die Klassen 1 bis 3 ausschlaggebend sind. Die Kodierungsbeschreibung unter 6 „monitored but not used“ impliziert, dass die Klassifikation der unterstützenden Qualitätskomponenten einen Bezug zur Bewertung des ökologischen Zustands oder Potenzials aufweisen sollte.

**Tabelle 1-4: Bestimmungen für das höchste, das gute und das mäßige ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern für die hydromorphologischen Qualitätskomponenten (Anlage 4, Tabelle 6 der OGewV)**

Komponente	Höchstes ökologisches Potenzial	Gutes ökologisches Potenzial	Mäßiges ökologisches Potenzial
Hydromorphologische Qualitätskomponenten	Die hydromorphologischen Bedingungen sind so beschaffen, dass sich die Einwirkungen auf das Oberflächengewässer auf die Einwirkungen beschränken, die von den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Gewässers herrühren, nachdem alle Gegenmaßnahmen getroffen worden sind, um die beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit sicherzustellen, insbesondere hinsichtlich der Wanderungsbewegungen der Fauna und angemessener Laich- und Aufzuchtgründe	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.

**Tabelle 1-5: Klassifikation der Durchgängigkeit gemäß Reporting-Leitfaden der EU-Kommission**

Codierung	Beschreibung gemäß Reporting-Leitfaden der Kommission	Übersetzung
1	High status or maximum potential	sehr guter Zustand/höchstes Potenzial
2	Good status or potential	guter Zustand/gutes Potenzial
3	less than good status or potential	schlechter als guter Zustand/schlechtes als gutes Potenzial
6	'MonitoredButNotUsed' = Monitored but no standard has been developed and/or the QE is not used for status assessment	gemessen aber für die Bewertung nicht genutzt
7	'Unknown' = Unknown status or potential. If there is no monitoring information for this QE and/or status is unknown then select 'Unknown' from the enumeration list.	Unbekannt sofern keine Messergebnisse vorliegen oder der Zustand/Potenzial unbekannt ist
8	'Not applicable' = Not applicable. If the QE is not applicable in the surface water category or type then select option 'Not applicable' from the enumeration list.	Nicht anwendbar bzw. nicht betroffen z.B. bei anderer Gewässerkategorie

Die Bewertungsergebnisse dieser drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten sind ggf. in einer Gesamtbewertung der „Hydromorphologie“ zusammenzuführen.

### 1.3 Verknüpfung der Rechtsbezüge: Biologie und Sediment

Für eine Verknüpfung zur Biologie/Ökologie werden die Rechtsbezüge für die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Hinblick auf fachliche und rechtliche Zusammenhänge zwischen Biologie und Sedimente zusammengestellt. Hinweise hierzu sind u.a. zu finden in WRRL, WHG und Oberflächengewässer-Verordnung.

Die Sedimentdurchgängigkeit wird in **Anhang V der WRRL** für den sehr guten Zustand eines natürlichen Fließgewässers unter der hydromorphologischen Qualitätskomponente Durchgängigkeit des Flusses definiert zu: „(...) *Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten.*“

Bei der Definition des guten Zustands wird hinsichtlich der Durchgängigkeit auf die Bedingungen der biologischen Qualitätskomponenten verwiesen. Hierin wird indirekt ein Gleichgewicht zwischen dem Sedimenthaushalt sowie der Wasserqualität und der Organismen für die biologische Qualitätskomponente als Grundlage gesehen.

Im **WHG** werden in Kap. 1 unter Abschnitt 7 die Gewässereigenschaften als „die auf die Wasserbeschaffenheit, die Wassermenge, die Gewässerökologie und die Hydromorphologie bezogenen Eigenschaften von Gewässern und Gewässerteilen“ definiert. Somit zählt auch die Hydromorphologie zur Gewässereigenschaft.

In der WHG wird in §34 zudem die Durchgängigkeit oberirdischer Gewässer geregelt. Hierin wird die Durchgängigkeit ganz allgemein benannt, ohne sich nur auf Fische, Sedimente und/oder die Biologie zu begrenzen. In § 39 der WHG wird darüber hinaus explizit auf Geschiebe und Schwebstoffe im Zuge der Gewässerunterhaltung eingegangen. Hierin wird genannt, dass ...“zur Gewässerunterhaltung gehören insbesondere die Erhaltung des Gewässers in einem Zustand, der hinsichtlich der Abführung oder Rückhaltung von Wasser, Geschiebe, Schwebstoffen und Eis den wasserwirtschaftlichen Bedürfnissen entspricht.“ Weiter besagt das WHG im gleichen Abschnitt „Die Gewässerunterhaltung muss sich an den Bewirtschaftungszielen nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 ausrichten und darf die Erreichung dieser Ziele nicht gefährden. Sie muss den Anforderungen entsprechen, die im Maßnahmenprogramm nach § 82 an die Gewässerunterhaltung gestellt sind. Bei der Unterhaltung ist der Erhaltung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts Rechnung zu tragen; Bild und Erholungswert der Gewässerlandschaft sind zu berücksichtigen.“

In der **Oberflächengewässerverordnung** werden Sedimente und Schwebstoffe im Zusammenhang mit flussgebietspezifischen Schadstoffen und der Störung der biologischen Qualitätskomponenten (siehe Phytoplankton, Makrophyten und Phytobenthos) genannt. Unter der hydromorphologischen Qualitätskomponente wird (wie in Kap. 3.2 ausgeführt) explizit unter dem Begriff der „Durchgängigkeit des Flusses“ der Transport von Sedimenten und die ungestörte Migration aquatischer Organismen als Merkmal des sehr guten Zustands beschrieben. In analoger Weise werden Sedimenttransporte für die hydromorphologische Qualitätskomponente als zielführend für den sehr guten Zustand beschrieben.

Weiterführende Informationen zu der Verknüpfung der Rechtsbezüge Biologie und Sediment sind u.a. in der Metastudie zur Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen im Binnenbereich (BMVI 2016, Abschnitt 2. und Abschnitt 2. b) und in Köck & Reese (2018) beschrieben.

## 2 Methodik und Vorgehen

Die Fließgewässer in Deutschland sind mit ihrer unterschiedlichen morphologischen Ausprägung bereits typisiert worden. Im vorliegenden Verfahren wird primär auf die Fließgewässertypisierung der LAWA (1999) zurückgegriffen.

Auf Grundlage der Fließgewässertypen werden die Referenzdefinitionen, die Bewertungsverfahren und das Klassifikationsschema für den Querbauwerksstandort (QBW), den Wasserkörper (WK) und das Gewässersystem (GS) für die Sedimentdurchgängigkeit konkretisiert. Das Bewertungsverfahren nutzt ausschließlich vorhandene Daten aus Grundlageninformationen zum Gewässer, Monitoringdaten zum Sedimenthaushalt, Daten zur Gewässerstruktur und zu den Querbauwerken.

Zu beachten ist, dass das vorliegende Verfahren zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit vornehmlich für natürliche Gewässer (NWBs) entwickelt und geprüft wurde. Folgende Aspekte werden in der vorliegenden Methodik nicht oder nur begrenzt berücksichtigt:

- Für künstliche Wasserkörper (AWBs) ist keine Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit vorgesehen, da diese keine natürliche morphologische Funktion besitzen, die zu bewerten ist. In die Bewertung eingeschlossen sind jedoch künstliche Nebenläufe, wenn der Mutterlauf nicht erkennbar ist und der Nebenlauf sedimentrelevant ist.
- Für erheblich veränderte Wasserkörper (HMWBs) wird im vorliegenden Verfahren eine Handlungsanleitung in Kap. 4.2.1 geliefert. Für HMWBs sind grundsätzlich die Nutzungen nach Art. 4 (3) WRRL zu beachten, diese dürfen nicht signifikant beeinträchtigt werden.
- Obgleich die Hydromorphologie als Stütze für die Bewertung der Biologie zu sehen ist, erfolgt eine von der Fischdurchgängigkeit und sämtlichen biologischen Qualitätskomponenten nach EG-WRRL unabhängige, d. h. eigenständige Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit.
- Schwimmstoffe bzw. Schwimmfracht wie z. B. Pollen, Staub, Laub, Geniste, Totholz und Eis werden im hier vorgelegten Verfahren in der Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente nicht miteingeschlossen.
- Es wird vorausgesetzt, dass die Sedimente nicht belastet sind. Eine das Gewässer oder stromabwärts anschließende Gewässer beeinträchtigende Mobilisierung von Sedimenten (Schad- und Nährstoffe) ist zu unterlassen. Negative Beeinträchtigungen sind zu verhindern (Überdeckungen typspezifischer Gewässerstrukturen, Kolmation der Gewässersohle, Sauerstoffzehrung usw.) (s. BMVI 2016).

### 3 Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

Hydromorphologie beschreibt nach Vaughan et al. (2009) die Geomorphologie und Hydrologie eines Flusssystem, ihre Wechselwirkungen, ihre Anordnung und Variabilität in Raum und Zeit. Schlüsselemente sind die Strömung und das Sedimentregime (Poff et al. 1997) sowie Fluss- und Auendimension, Topographie und Substrat, Kontinuität und Durchgängigkeit (längs, quer, vertikal und temporal), hydrologische und geomorphologische Prozesse (z.B. Sedimenttransport) und die räumlich-zeitliche Anordnung der hydromorphologischen Komponenten (Europäische Kommission 2000, Gilvear et al. 2004). Künstliche Elemente (wie z. B. Ufersicherungen, Wehre) und anthropogene Eingriffe in diese Prozesse sind ebenfalls miteingeschlossen.

Sedimente werden für die Belange dieses Vorhabens wie folgt definiert: Sedimente der Fließgewässer sind ein Teil der Feststoffe, die vom Wasser erodiert, transportiert und temporär oder dauerhaft abgelagert werden. Feststoffe sind nach den obigen Einschränkungen anorganischer Natur (z. B. Sand) und werden in Abhängigkeit von Gewicht, Korngröße und Strömungsintensität als Geschiebefracht (am Gewässerboden rollend, gleitend oder springend), als Suspensionsfracht (durch Turbulenz in Schwebelage gehalten) oder als Schwimmfracht transportiert.

In Fließgewässern werden Ton und Schluff zumeist als Suspensionsfracht und Kies und Steine als Geschiebefracht bewegt. Sand bildet je nach herrschenden Randbedingungen i.d.R. den fließenden Übergang zwischen den Transportarten.

Für die hydromorphologische Qualität eines Gewässers und damit für die Klassifikation der Durchgängigkeit im Kontext der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist in erster Linie die bettbildende Fracht (Geschiebefracht und Anteil der Suspensionsfracht, der aus der Gewässersohle stammt) ausschlaggebend (Tabelle 3-1). Auf die gewässergütebezogene Betrachtung der ständig in Schwebelage gehaltenen Frachtanteile (wash load) wird hier verzichtet.

Da jedoch auch die Schwebstoffe, die aus dem Gewässerbett selbst stammen oder im Einzugsgebiet (EZG) in die Gewässer gelangen, auf die Ausprägung der Habitate vielfältige Einflüsse ausüben, sind im Rahmen der Bearbeitung sowohl der Geschiebe- als auch der Schwebstofftransport (gesamter Sedimenttransport) zu betrachten.

Schwimmstoffe wie z.B. Pollen, Staub, Laub, Gereste, Totholz und Eis können nicht in Abhängigkeit der Korngröße nach Tabelle 3-1 eingestuft werden. Die Schwimmstoffe werden im hier vorgelegten Verfahren in der Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente nicht miteingeschlossen.

**Tabelle 3-1: Allgemeine Klassifikation der Komponenten des Feststofftransportes ohne Schwimmstoffe (Naumann S. et. al. 2003, Varlemann 2008).**

Korngröße [mm]	Feststoff-Komponente (organisch und anorganisch)	Frachtart		
		allgemein	speziell	gesamt
Ton u. Schluff < 0,063	Feinschwebstoff	Suspensionsfracht, Schwebstofffracht (suspended load)	Spülfracht (wash load)	Gesamtfeststofffracht (total sediment load)
Sand 0,063 – 2	Suspendierter Sand		Geschiebefracht (bed load)	
	Geschiebe (bed load)			
Kies 2 – 63				
Steine > 63				

### 3.1 Räumliche Skalen der Durchgängigkeit

Es gibt im Wesentlichen drei räumliche Ebenen zur Betrachtung der Durchgängigkeit.

1. Primär wird die Durchgängigkeit am Querbauwerk bzw. am Bauwerksstandort beeinflusst. Daher erfolgt die Bewertung der Durchgängigkeit bisher vor allem auf der untersten räumlichen Ebene, dem Bauwerksstandort (Kapitel 3.1.1).
2. Die nächsthöhere Ebene ist der Wasserkörper, siehe Kapitel 3.1.2. Der Wasserkörper ist die räumliche Bezugsebene der Wasserrahmenrichtlinie und stellt für einige Arten bereits den Lebensraum dar. Die Durchgängigkeit im Wasserkörper wird durch die Bauwerksstandorte, deren Passierbarkeit, Stau- und Ausleitungsstrecken beeinflusst. Häufig wird die Wasserkörperbewertung aus den Bauwerksstandortbewertungen abgeleitet.
3. Der Lebensraum vieler wandernder Arten ist das Gewässersystem (Kapitel 3.1.3), das i.d.R. aus mehreren Wasserkörpern besteht. Es stellt die oberste räumliche Ebene dar. Die Durchgängigkeit des Gewässersystems wird vor allem durch die Kumulation der Wirkungen für die Arten bestimmt.

Daher ist ein Bewertungsschema zu erarbeiten, dass für alle drei Ebenen gilt.

#### 3.1.1 Querbauwerk/Stauanlage/Bauwerksstandort

Unter Querbauwerken werden künstliche Einbauten im Gewässer verstanden, die eine Barrierewirkung besitzen und quer zur Fließrichtung angeordnet sind wie z. B. Wehre oder Absperrbauwerke (nach DIN 4047-5 (1989), DIN 4048-1 (1987), DIN 19661-2 (2000) und DWA-M 509).

Der Begriff „Querbauwerk“, der fachlich relevant ist, ist im Wasserrecht nicht definiert. Das WHG greift auf die Begriffe „Stauanlagen“ oder „Staustufen und sonstige Querverbauungen“ zurück. Diese Begriffe kommen aus dem Wasserwirtschaftsrecht und stellen auf Bauwerke oder sonstige Einrichtungen ab, die den Aufstau eines Gewässers hervorrufen und gleichzeitig diese Stauwirkung der Zweck der Anlage ist.

### 3.1.2 Wasserkörper

In der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000) wird ein Oberflächenwasserkörper wie folgt definiert:

„ein einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers, z.B. ein See, ein Speicherbecken, ein Strom, Fluss oder Kanal, ein Teil eines Stroms, Flusses oder Kanals, ein Übergangsgewässer oder ein Küstengewässerstreifen“.

Auf dieser Grundlage haben die Bundesländer Fließgewässerwasserkörper von unterschiedlicher Größe ausgewiesen. Das Spektrum erstreckt sich von wenigen Kilometern bis über 100 km Länge. In Ausnahmefällen wurden auch Flächenwasserkörper ausgewiesen, die Haupt- und Nebengewässer umfassen können. Diese Unterschiede in der Ausweisung finden bei der Bewertung der Durchgängigkeit und bei den Klassifikationsregeln Berücksichtigung durch Einführung des Begriffs „Wanderroute im Wasserkörper bzw. im Gewässersystem“. Als Wanderroute wird hier die Gewässerstrecke zwischen allen Habitaten verstanden, die im Lebenszyklus einer Art notwendig sind.

### 3.1.3 Einzugsgebiet/Gewässersystem

In vielen Definitionen werden Gewässersystem und Einzugsgebiet als Einheit betrachtet, z.B. in WIKIPEDIA 2016: "Das Einzugsgebiet ist das Gebiet bzw. die Fläche, aus der ein Gewässersystem seinen Abfluss bezieht, also das Areal innerhalb der Wasserscheiden des Gewässers."

Das Einzugsgebiet wird in DYCK & PESCHKE (1983) wissenschaftlich erklärt: "Ein Einzugsgebiet ist die Größe einer in einer Horizontalprojektion gemessenen Gebietsfläche, welcher der Durchfluss an einem bestimmten Flussquerschnitt entstammt. Es wird durch Wasserscheiden begrenzt."

Auch in der WRRL in §2 wird das Einzugsgebiet definiert: "Einzugsgebiet": ein Gebiet, aus welchem über Ströme, Flüsse und möglicherweise Seen der gesamte Oberflächenabfluss an einer einzigen Flussmündung, einem Ästuar oder Delta ins Meer gelangt.

„Teileinzugsgebiet“: ein Gebiet, aus welchem über Ströme, Flüsse und möglicherweise Seen der gesamte Oberflächenabfluss an einem bestimmten Punkt in einen Wasserlauf (normalerweise einen See oder einen Zusammenfluss von Flüssen) gelangt.

Mit Blick auf die Durchgängigkeit für Fische ist nicht das gesamte Einzugsgebiet eines Gewässersystems relevant, sondern nur die Teile, in denen die Habitate und Wanderrouten liegen, die die Fischpopulationen in ihrem Lebenszyklus nutzen. Daher wird für die Belange der Bewertung der Durchgängigkeit die räumliche Ebene des Gewässersystems wie folgt definiert:

Als Gewässersystem werden Flüsse und Flussabschnitte bezeichnet, die einander tributär sind und sich durch gemeinsame Eigenschaften oder Ziele auszeichnen z. B. Verbreitungsgebiet einer Art, Wanderroute einer Art. Gewässersysteme können Teile eines Einzugsgebietes sein.

## 3.2 Durchgängigkeit

In Tabelle 3-2 sind Definitionen zur Durchgängigkeit z.B. zur Sedimentdurchgängigkeit im Besonderen zusammengestellt.

**Tabelle 3-2: Begriffserklärung zur Sedimentdurchgängigkeit bzw. Durchgängigkeit**

Erklärung/Definition	Quelle
Definition des sehr guten Zustandes der hydromorphologischen Qualitätskomponente Durchgängigkeit eines Flusses: Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten.	WRRL Anhang V
Die Sedimentdurchgängigkeit wird wesentlich von vorhandenen Querbauwerken bestimmt. Aus deren Barrierewirkung für den Sedimenttransport resultieren stromaufwärts Rückstau mit Sedimentakkumulation und stromabwärts Erosion der Gewässersohle. In der weiteren Folge treten modifizierte Sohlsubstratzusammensetzungen und veränderte Strukturverhältnisse sowohl ober- wie auch unterhalb eines Querbauwerkes auf.	IKSE 2014
Der Referenzzustand der Sedimentdurchgängigkeit eines natürlichen oder naturnahen Oberflächengewässers entspricht einem ungehinderten Sedimenttransport, eine Durchgängigkeit für Sedimente ist aufgrund fehlender, steuerbarer, verfallener oder sedimentdurchgängiger Querbauwerke gewährleistet.	Quick et al. 2014
Bei natürlichen Gewässern im natürlichen oder naturnahen Zustand existieren keine Querbauwerke oder können zumindest teilweise für eine Passierbarkeit für Sedimente gelegt oder gezogen werden, so dass eine Durchgängigkeit gewährleistet ist. Die Sedimentdurchgängigkeit steht in enger Beziehung zu vorhandenen Querbauwerken aufgrund der möglichen Beeinflussungen z. B. der gewässerstrukturellen und substratbedingten Ausprägung eines Gewässers. Der Parameter besitzt eine besondere Bedeutung als Indikator für die Vielfalt des Habitatangebotes. Neben den Querbauwerken wird die Sedimentdurchgängigkeit von zahlreichen weiteren naturräumlichen und anthropogenen Faktoren mitbestimmt.	Rosenzweig et al. 2012
Unter Durchgängigkeit versteht man die Passierbarkeit des Fließgewässerlebensraums für Organismen und Feststoffe (Sohlsubstrat, Geschiebe). Der linearen (entlang der Flussachse) und lateralen Durchgängigkeit (zwischen dem Fluss und seitlich einmündenden Nebengewässern bzw. den angrenzenden Auenlebensräumen) von Fließgewässern kommt eine außerordentlich wichtige Bedeutung für die Vernetzung, Ausbreitung und Wiederansiedlung aquatischer Lebensgemeinschaften zu.	LfU 2011
Sehr guter ökologischer Zustand: Die ökologische Durchgängigkeit des Fließgewässers wird nicht durch menschliche Tätigkeiten oder Eingriffe (insbesondere Querbauwerke) gestört und ermöglicht eine ungehinderte Wanderung aller aquatischen Organismen flussaufwärts (anadrom) und flussabwärts (katadrom) sowie auch den gewässertypischen Transport von Sedimenten.  Durchgängigkeit: Ein Gewässer/Bauwerk ist für alle typischen, aquatischen Organismen, unabhängig ihres Alters, ihres Entwicklungsstadiums oder ihrer Größe sowie der Wanderungsrichtung sowohl linear als auch lateral uneingeschränkt durchwanderbar und der Geschiebetransport erfolgt im Gleichgewicht von Abtragungs-	IFB 2010

Erklärung/Definition	Quelle
und Anlagerungsprozessen weitestgehend ungestört. Die ökologische Durchgängigkeit ist lebensnotwendige Voraussetzung für die typspezifische Entwicklung und Stabilität intakter Lebensgemeinschaften in Gewässern.	
Laterale Durchgängigkeit bedeutet die Quervernetzung Fließgewässer/Aue – direkt über flussnahe Überflutungsflächen, oder indirekt über Rinnen- und Altarmsysteme.  Longitudinale (lineare) Durchgängigkeit ist die Durchgängigkeit von Fließgewässern in Richtung des Fließverlaufs (nicht mit Fischpassierbarkeit zu verwechseln).	Knitsch 2014
Dämme, Wehre, Schleusen, Staumauern, Umleitungskanäle, Uferbefestigungen und andere Bauwerke werden für die Zwecke der Schifffahrt, der Wasserregulierung, des Hochwasserschutzes, der Stromerzeugung, der Wasserversorgung und Bewässerung errichtet. Sie unterbrechen oder beeinträchtigen die ökologische Durchgängigkeit von Gewässern und Sediment.  Wehre und Dämme sollten für wandernde Fischarten 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.	ECOSTAT 2006
In den hydromorphologischen Steckbriefen erfolgt die Beschreibung des sehr guten Zustands des Hauptparameters Durchgängigkeit in allen Gewässertypen mit folgenden Parametern: Keine Defizite in der longitudinalen Passierbarkeit aufwärts und abwärts (keine Defizite und keine Querbauwerke), lateralen Passierbarkeit und im Geschiebehalt.	Döbbelt-Grüne et al. 2013
Sedimentdurchgängigkeit bedeutet, dass Sedimente (hier: mineralische Feststoffe aller Korngrößenfraktionen) 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 Sediment-durchgängigkeit kann neben Querbauwerken von weiteren natürlichen wie anthropogenen Faktoren, wie z. B. Gefälle oder Querschnittsveränderungen, beeinflusst werden.	BMVI 2016

### 3.2.1 Sedimentdurchgängigkeit

Unter der Sedimentdurchgängigkeit als hydromorphologische Qualitätskomponente wird im unbeeinflussten Zustand ein aus rein abiotischer Sicht nicht überprägter, gewässertypischer Transport (Geschiebe und Schwebstoffe) im Zusammenspiel mit dem Sedimenthaushalt, der Morphologie und deren Veränderung über die Zeit verstanden. Unter einem gewässertypischen Transport ist dabei nicht ein „Durchtransport“ zu verstehen, sondern ein „natürlicher diskontinuierlicher und nicht anthropogen überprägter Transportprozess“, der sowohl räumlich als auch zeitlich je nach Gewässertyp mit mehr oder minder variablen Phasen der Sedimentation bzw. Akkumulation, der Erosion bzw. Remobilisierung und des Sedimentrückhaltes stattfinden kann.

Eine Überprägung dieses Transportes kann durch sowohl durch anthropogene Eingriffe als auch durch natürliche Veränderungen am Gewässer, im Einzugsgebiet oder auch durch Querbauwerke hervorgerufen werden. Dies äußert sich in einer Veränderung des natürlichen Transportprozesses

z. B. durch einen verlangsamten gehemmten Sedimenttransport (Kolmatierung, Verlandungen und Verschlickungen) oder auch durch einen beschleunigten forcierten Sedimenttransport (Tiefenerosionen). Diese Überprägung des natürlichen Transportprozesses führt zu morphologischen Änderungen und Veränderungen des Sohlsubstrates im Gewässer, was wiederum Veränderungen der Habitateneigenschaften nach sich ziehen kann.

Eine weitere ausführliche Diskussion des Begriffes Sedimentdurchgängigkeit ist in Steinebach (2016) zu finden, in der mit Fokus auf die bettbildenden Sedimente, der Begriff im Wesentlichen der „Naturnähe des Geschiebetransportes bzw. -kontinuums“ gleichgesetzt wird (vgl. auch z. B. BMVI 2016).

### 3.3 Querbauwerke, Bauwerkstypen und Erscheinungen an Bauwerken

Die Querbauwerke werden hier und im Weiteren nach DIN 4047-5 bezeichnet. Einzelne Länder müssen Ähnlichkeiten festlegen, wenn sie von den vorgeschlagenen Begrifflichkeiten abweichen.

**Tabelle 3-3: Begriffserklärung zu Querbauwerke**

Erklärung/Definition	Quelle
Unter Querbauwerken werden Bauwerke verstanden, die eine Barrierewirkung im Gewässer besitzen und quer zur Fließrichtung angeordnet sind wie z. B. Wehre oder Staustufen (nach DIN 4047-5 (1989) und DIN 19661-2 (2000)).	Quick et al. 2014
<p>Querbauwerke sind quer oder schräg zur Fließrichtung verlaufende künstliche Einbauten in das Gewässerbett. Es handelt sich primär um Sohlen-, Regelungs- und Staubaubauwerke (Sohlrampen, Sohlstufen, Wehre, Staudämme). Diese Arten der Querbauwerke beeinträchtigen das Abflussgeschehen und verändern damit auch das Strömungsbild und die Strömungsvielfalt sowie die Abfluss- und Geschiebedynamik. Über die Veränderung der Schleppspannung beeinflussen sie Angebot, Art, Diversität und Beschaffenheit (Kolmation, Verschlämmung) des Sohlsubstrats.</p> <p>Querbauwerke unterbrechen das Gewässerkontinuum und behindern oder unterbrechen damit die biologische Durchgängigkeit im Gewässersystem. Neben den genannten Querbauwerkstypen können auch Durchlässe und Verrohrungen das longitudinale Gewässerkontinuum unterbrechen und als nicht überwindbares Querbauwerk eingestuft werden.</p>	LfU 2011

## 4 Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Die Grundlage ist der Leitgedanke, dass Fließgewässer „sedimentdurchgängig“ sein müssen, um Habitate für z. B. Fische zu schaffen. Die Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit kann somit als Stütze für die Bewertung der Biologie (als Indikator) gelten.

Bei einer naturnahen bzw. typspezifisch funktionsfähigen Hydromorphologie sind somit Habitatvoraussetzungen gegeben und theoretisch ist eine Besiedlung möglich. Die Sedimentdurchgängigkeit muss die Bedingungen und die habitatbildende Funktion gewährleisten, unter denen die biologischen Qualitätskomponenten den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial erreichen können.

### 4.1 Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche Gewässer

Die bestehende Referenzdefinition zur Durchgängigkeit in natürlichen Fließgewässern nach WRRL (vgl. Kap. 3.2) ist allgemein gehalten. Vom IFB (2010) wurden zusätzlich Querbauwerke als wesentlicher Störungsgrund benannt und hinsichtlich eines ungestörten Sedimenttransports auf eine gewässertypische Ausprägung des Sedimenttransports hingewiesen.

In den hydromorphologischen Steckbriefen nach Döbelt-Grüne et al. (2013) werden für den sehr guten Gewässerzustand bezüglich der Durchgängigkeit konkrete Bewertungsparameter genannt und für alle Fließgewässertypen das Fehlen von Querbauwerken, kein Durchgängigkeitsdefizit in der longitudinalen und lateralen Passierbarkeit sowie keine Defizite im Geschiebehalt gefordert. Aus diesen Forderungen und Definitionen (vgl. auch Tabelle 3-2) wurde die nachstehende Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit (Tabelle 4-1) in enger Anlehnung an die WRRL abgeleitet:

**Tabelle 4-1: Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche und potentiell natürliche Gewässer**

Begriff	Referenzdefinition
Sedimentdurchgängigkeit	Die Sedimentdurchgängigkeit wird für den heute potentiell natürlichen Gewässerzustand (hpnG) nicht durch menschliche Tätigkeiten oder Eingriffe gestört und ermöglicht den gewässertypischen Transport von Sedimenten.

#### Gültigkeit und Untersetzung der Definition

Die obige Definition gilt für natürliche Fließgewässer (vgl. Kap. 2). Sie ist nicht für künstliche Gewässer (AWBs) und erheblich veränderte Gewässer (HMWBs) gültig. Erstere wurden bereits in Kap. 2 ausgeschlossen. Für HMWBs wird eine modifizierte Definition in Tabelle 4-2 formuliert.

Die definierte Referenz für die Sedimentdurchgängigkeit gilt nicht nur auf Ebene des Standortes, sondern auch auf Ebene des Wasserkörpers und des Gewässersystems. Auf den beiden größeren Skalen wird der Begriff der Durchgängigkeit durch den mitbetrachteten Sedimenthaushalt und die hydromorphologische Ausprägung des Gewässers aufgeweitet.

Als Grundlage der Referenzdefinition ist der heutige potentiell natürliche Gewässerzustand (hpnG) benannt. Dieser würde sich nach Herausnahme jeglicher Verbauungen und nach Auflassung sämtlicher anthropogener Nutzungen sowie im und am Fließgewässer und seiner Aue und im gesamten Einzugsgebiet unter den gegenwärtigen klimatischen Verhältnissen einstellen (u.a. LUA-NRW 2003, S. 8). Nach LAWA (1999) wird diese Definition erweitert um das heutige Klima mit entsprechenden Wasserhaushaltsgrößen und um die Entwicklung der heutigen potentiell natürlichen Vegetation nach dem Wegfall aller Nutzungen und Verbauungen.

Unter menschlichen Tätigkeiten oder Beeinflussungen der Sedimentdurchgängigkeit bzw. des Sedimenthaushalts sind nahezu alle menschlichen Tätigkeiten im und am Gewässer und im Einzugsgebiet zu verstehen. Hierunter fallen unter anderem die klassischen Querbauwerke (z.B. Wehre, Schwellen, Talsperren) und Längsbauwerke (Deiche, Uferbefestigungen usw.), aber auch:

- Be- und Entwässerungsmaßnahmen, Wasserförderungen, Wassereinleitungen in und an den Gewässern und deren Einzugsgebieten
- Querverbauungen, Längsverbauungen, Sediment- und Materialentnahmen/-zugaben im und am Gewässer
- Flächenversiegelungen, urbane, industrielle, land- und forstwirtschaftliche Nutzungen in den Einzugsgebieten
- Maßnahmen zur Gewässerunterhaltung (z.B. Entkrautung, Entnahme von Treibholz, Bearbeitung der Uferböschungen etc.) und Sicherung von Talhängen

Der gewässertypische Transport von Sedimenten ist hier bewusst als „weicher“ Begriff definiert. Hierunter fallen Prozesse wie der Geschiebetransport und die Schwebstoffdynamik, aber auch indirekt die Sohlsubstratzusammensetzung. In den Leitbildern der morphologischen Gewässertypen nach Briem (2003) und LAWA (1999) ist das zugehörige Sohlsubstrat und geschiebetreibende Sediment benannt, jedoch sind Transportmengen immer nur qualitativ (gering, mittel, groß) benannt. Für die Benennung und Ausweisung expliziter Wertebereiche zu Transportmengen und –raten gibt es bis heute Wissenslücken und folglich Forschungsbedarf.

Unabhängig von der Menge des Transportes ist unter einem gewässertypischen Transport nicht ein „Durchtransport“ zu verstehen, sondern ein natürlicher diskontinuierlicher (phasen- und abschnittsweise unterbrochener) Transportprozess, der sowohl räumlich als auch zeitlich in Phasen der Sedimentation bzw. Akkumulation, der Erosion bzw. Remobilisierung und des Sedimentrückhaltes stattfinden kann.

Wichtige Parameter für die Sedimentdurchgängigkeit wie Geschiebetransport, Schwebstoffdynamik oder Sohlsubstratzusammensetzungen werden bei der Bewertung mit aufgenommen.

## 4.2 Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs

In Anlehnung an die WRRL und die Definition aus Tabelle 4-1 wurde die nachstehende Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs abgeleitet:

**Tabelle 4-2: Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs**

Begriff	Referenzdefinition
Sedimentdurchgängigkeit	Die Sedimentdurchgängigkeit erheblich veränderter Wasserkörper wird für das höchste ökologische Potenzial (HÖP) nicht über die spezifizierten Nutzungen <sup>1</sup> hinaus durch menschliche Tätigkeiten oder Eingriffe (Belastungsfaktoren) signifikant beeinträchtigt und ermöglicht einen unter den gegebenen Restriktionen bestmöglichen Transport von Sedimenten.

Anstatt der Leitbilder je Fließgewässertyp dienen die Beschreibungen zum höchsten ökologischen Potenzial (HÖP) als Grundlage für die Bewertung (Anhang 1: Steckbriefe der HMWB-Fallgruppen, Version 3.0, Stand: März 2015). In Artikel 4(3) WRRL sind folgende Eingriffe durch den Menschen aufgeführt, aufgrund derer ein Wasserkörper unter bestimmten Bedingungen als erheblich verändert ausgewiesen werden kann:

- Schifffahrt, einschließlich Hafenanlagen, oder Freizeit und Erholung,
- Eingriffe zur Speicherung des Wassers, z.B. für die Trinkwasserversorgung, Stromerzeugung oder Bewässerung,
- Wasserregulierung, Hochwasserschutz, Landentwässerung
- sonstige gleichermaßen bedeutende nachhaltige Eingriffe durch den Menschen.

Für diese spezifizierten Nutzungen werden die Wasserkörper oftmals umfangreichen hydromorphologischen Veränderungen unterworfen, so dass eine Renaturierung bis hin zum guten ökologischen Zustand selbst langfristig nicht erreichbar ist, ohne dass dabei die spezifizierten Nutzungen signifikant beeinträchtigt würden (CIS, 2002).

Eine Übersicht zu den Auswirkungen auf die Hydromorphologie, die durch spezifizierte wasserwirtschaftliche Nutzungen eintreten können, ist in Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 aufgeführt.

<sup>1</sup> spezifizierte Nutzungen nach Art. 4 (3) WRRL

**Tabelle 4-3: Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = eher relevant; (x) = weniger relevant), entnommen aus ECOSTAT (2006)**

Physikalische Veränderungen (= Belastung)	spezifizierte Nutzungen (= umweltrelevante Aktivitäten)					Auswirkungen auf die Hydromorphologie: Verschlechterungen, Beeinträchtigungen hydromorphologischer Bedingungen (= Defizitparameter)							
	Schiff-fahrt	Wasserregulierung, Hochwasserschutz	Aktivitäten, bei denen Wasser gespeichert oder umgeleitet wird			Beeinträchtigung der Durchgängigkeit eines Flusses/ Ästuars und des Sedimentprofils	Veränderter Wasserhaushalt: verminderter oder verstärkter Abfluss, künstliches Abfluss- und Pegelregime	Veränderung von (Boden-) Erosion, Sedimenttransport und Verlandung	Verändertes Gewässerprofil (Längs- und Querprofil)	Behinderung der seitlichen Verbindungen, Trennung von Altwasserseen/Feuchtgebieten	Einschränkung/Verlust von Feuchtgebieten oder Tidebereichen	Veränderte Verbindungen zum Grundwasser, veränderter Grundwasserspiegel	
			Stromerzeugung	Wasserversorgung	Bewässerung								
Querbauwerke (Dämme, Wehre, Schleusen, Staumauern)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>1</sup>	x	
Längsbauwerke (Deiche)	(x)	x					x		x	x	x	x	
Kanalisierungen, Begradigungen	x	(x)	(x)	x	x	(x)	x	x	x	x	(x)	c	
Uferbefestigung, Uferverbau (Leitwerke, Molen, Bühnen usw.)	x	(x)	(x)	(x)		x	x	x	x	x			
Vertiefung (Gewässerunterhaltung, Ausbaggerungen, Entfernung oder Austausch von Material)	x	(x)	(x)		(x)	(x)	x	x	x			x	
Entnahme und Umleitung von Wasser (Tunnel usw.)			x	x	x	x	x						

<sup>1</sup> Der Bau von Gezeitenkraftwerken (z. B. Cardiff Bay) kann zu erheblichen Verlusten an gezeitenabhängigen Lebensräumen führen (d. h. Umwandlung in Sublitoralfächen).

**Tabelle 4-4: Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von anthropogenen Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = relevant), entnommen aus CIS (2002)<sup>2</sup>**

Spezifizierte Nutzungen	Schiff-fahrt	Hoch-wasser-schutz	Wasser-kraft-nutzung	Land- u. Forstwirtschaft/ Fischzucht	Wasserver-sorgung	Freizeit + Erholung	Urbanisie-rung <sup>20</sup>
physikalische Veränderungen (Belastungen)							
Dämme und Wehre	X	X	X	X	X	X	
Gewässerunterhaltung/ Baggerung/ Entnahme von Festmaterial	X	X	X	X		X	
Schiffahrtskanäle	X						
Kanalisation/Laufverkürzung	X	X	X	X	X		X
Uferverbau/Befestigung von Uferböschungen/Deiche	X	X	X		X		X
Landentwässerung				X			X
Landgewinnung				X			X
Abtrennung von Gewässerabschnitten durch die Errichtung von Deichen	X					X	X
Auswirkungen auf Hydromorphologie und Biologie							
Unterbrechung der Durchgängigkeit des Fließgewässers und des Sedimenttransportes	X	X	X	X	X	X	
Veränderung im Flussprofil	X	X	X	X			X
Abtrennung von Altarmen und Feuchtgebieten	X	X	X	X	X		X
Verringerung von natürlichen Überschwemmungsflächen/ Verlust von Talauen		X	X				X
Geringe/reduzierte Abflüsse			X	X	X		
Direkte <u>mechanische</u> Schädigung der Fauna/Flora	X		X			X	
Künstliches Abflussregime		X	X	X	X		
Veränderung des Grundwasserspiegels			X	X			X
Bodenerosion/Verschlämmung	X		X	X			X

#### 4.2.1 Verfahren für die HMWBs zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Fließgewässern

Grundsätzlich ist eine vollständige Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit unter Nutzung aller Parameter und aller Stufen auch für HMWBs durchzuführen. Folglich ist das Verfahren für HMWBs identisch zu dem Verfahren für die NWBs. Dieser Ansatz ist analog zu vergleichbaren Verfahren, wie z.B. auch in Quick et al. 2017. Erreicht die Biologie nicht mind. den guten Zustand, so ist die Sedimentdurchgängigkeit zu bewerten und - sofern ursächlich für die Zielverfehlung - entsprechende Maßnahmen abzuleiten. Für die Zielerreichung GÖP sind notwendige und technisch machbare Maßnahmen umzusetzen, ohne die spezifische Nutzung signifikant zu beeinträchtigen.

<sup>2</sup> Die Urbanisierung ist in Artikel 4(3) WRRL nicht aufgeführt, wurde jedoch in den Fallstudien zur erheblichen veränderten Wasserkörpern als wichtige Nutzung ermittelt. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Urbanisierung eine wichtige nachhaltige Entwicklungstätigkeit des Menschen ist.

## 4.2.2 Ergänzung der Steckbriefe für die HMWBs

Je spezifizierte Nutzung wird in den HMWB Steckbriefen ergänzend zur bisherigen Definition die Wirkungen der Nutzungen auf die Sedimentdurchgängigkeit erläutert. Die Kurzbeschreibung des Istzustandes mit den bereits erläuterten hydrologischen und hydromorphologischen Defiziten wird daher um die Beschreibung der Defizite im Bereich der Sedimentdurchgängigkeit und die Wirkung auf die Geschiebe- und Schwebstofftransportprozesse erweitert. Die Beschreibung zum Istzustand erfasst nicht alle Sonderfälle.

Im nächsten Schritt werden in analoger Vorgehensweise zu den HMWB Steckbriefen potentielle Maßnahmen zur Erreichung des guten ökologischen Potentials (GöP) aus Sicht der Sedimentdurchgängigkeit benannt und erläutert. Maßnahmen der Verbesserungen zur Sedimentdurchgängigkeit dürfen die spezifische Nutzung nicht signifikant beeinträchtigen und müssen den in Kap 2. genannten Grundsätzen genügen. Maßnahmen zur Verbesserungen der Sedimentdurchgängigkeit finden sich in positiver Bewertung am Querbauwerksstandort (Stufe 3 bis 5) bzw. im Wasserkörper wieder. So ergeben sich in der Bewertung am Querbauwerk in den Stufen 3, 4 und 5 nutzungsbedingte Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentdurchgängigkeit wie z.B. eine Umlagerung von Geschiebe, Weitergabe von Schwebstoffen, hydrologische Maßnahmen der Steuerung von Querbauwerken wie z.B. Talsperren.

Grundlage für die nachstehenden Ergänzungen ist die Version 3.0, Koenzen et al (2015).

### 4.2.2.1 Landentwässerung und Hochwasserschutz

#### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Durch die nutzungsbedingte Funktion sind die Gewässer i. d. R. stark eingetieft und ohne Auenanbindung. Die Gerinne sind strukturarm; es findet i. d. R. eine intensive Unterhaltung statt. Die überwiegende Anzahl der potenziellen Maßnahmen zur Erreichung des GÖP ist i. d. R. technisch machbar (ausgenommen sind z. B. Sohlanhebung/Reaktivierung der Primäraue). Maßnahmen im Gewässerumfeld sind häufig nur im Bereich einer Sekundäraue realisierbar. Die potenziellen Habitate im GÖP sind überwiegend naturnah, teilweise mäßig verändert. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. naturnahes Substrat, naturnahe Tiefenvarianz, möglichst wenig Verbau sowie die Anbindung der (Sekundär-)Aue. Die HMWB-Fallgruppen treten überwiegend im Tiefland auf (Bäche 32 %, Flüsse 4 %), jedoch vereinzelt auch im Mittelgebirge (Bäche 4 %, Flüsse < 1 %).

#### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch die starke Eintiefung ohne Auenanbindung treten Erosionen und beschleunigter Sedimenttransport mit geringer bis keiner lateralen Sedimentumlagerung statt. Bei Hochwasserabfluss kommt es zu erhöhtem Erosionsdruck auf die Gewässersohle und die Böschungen. Durch die Strukturarmut zeigt sich bei Hochwasserabflüssen eine ausgeprägte Neigung zur Tiefenerosion. Im Gewässer transportierte Sedimente werden nicht, wie im natürlichen Fließgewässer, auf den Vorländern akkumuliert und daher ohne Rückhalt am Ufer oder dem Vorland flussabtransportiert. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung zeigt sich (sofern dort ein NWB vorliegt) ein Sedimentüberschuss mit Sedimentationsneigungen im Gewässerbett und Uferrehnenbildung.

#### 4.2.2.2 Landentwässerung und -bewässerung

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Durch den (jahres-)zeitlichen Wechsel zwischen Aufstau und freiem Fließen sind Gewässerstruktur und Biozönose bei diesen Gewässern besonders stark beeinträchtigt. Die Gewässer sind i. d. R. stark eingetieft, die Auenanbindung fehlt. Die Gerinne sind strukturarm, und die Gewässer werden i. d. R. intensiv unterhalten. Maßnahmen im Gewässerumfeld sind häufig nur im Bereich einer Sekundäraue machbar. Die potenziellen Habitate im GÖP sind überwiegend naturnah bis mäßig verändert. Sohle und Fließverhalten sind deutlich bis stark beeinträchtigt, die Funktionalität der Auedynamik ist eingeschränkt. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind minimierte Rückstaubereiche und Durchgängigkeit, überwiegend naturnahes Substrat, möglichst wenig Verbau sowie die Anbindung der Aue. Die HMWB-Fallgruppen treten nur im Tiefland auf (Bäche 1 %, Flüsse < 0,5 %).

##### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch die Strukturarmut, die überformte Breitenvarianz und die fehlende Auenanbindung zeigt sich ein eingetieftes Profil mit Neigung zur Tiefenerosion bei Hochwasserabflüssen. Bedingt durch zeitlichen Wechsel zwischen Aufstau und freiem Fließen ist die Strömungsdiversität stark überformt, was sich in einem zeitlich unterbundenen oder stark reduzierten Sedimenttransport widerspiegelt. Insbesondere in den Rückstaubereichen lagert sich ein hoher Anteil an Feinsedimente an der Sohle ab, der dort anstehendes natürliches Sediment überdeckt und u.a. zur Kolmation führt. In den freifließenden Bereichen ist die Überprägung des Sedimenttransportes und der Morphologie weniger dominant. Das Sohlsubstrat ist weitestgehend natürlich. Je nach Stärke und Ausprägung der Stauregelung im HMWB kann sich im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung (sofern dort ein NWB vorliegt) ein Sedimentüberschuss mit einer über die Entfernung abklingenden Sedimentationsneigungen im Gewässerbett und Uferrehnenbildung oder ein über die Entfernung abklingender Sedimentdefizit mit Neigung zur Tiefenerosion ausbilden.

#### 4.2.2.3 Urbanisierung und Hochwasserschutz (mit Vorland)

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Durch die Vorlandsituation haben die Gewässer trotz städtischen Umfelds i. d. R. ein hohes Entwicklungspotenzial. Die überwiegende Anzahl der potenziellen Maßnahmen zur Erreichung des GÖP ist i. d. R. technisch machbar (ausgenommen sind z. B. Sohlanhebung/ Reaktivierung der Primäraue). Die potenziellen Habitate im GÖP sind naturnah bis mäßig verändert. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. naturnahes Substrat, naturnahe Tiefenvarianz, möglichst wenig Verbau sowie die Anbindung der (Sekundär-)Aue. Die HMWB-Fallgruppen treten vor allem an Bächen auf (Mittelgebirge 5 %, Tiefland 4 %), vereinzelt auch an Flüssen (Mittelgebirge < 1 %, Tiefland < 1 %).

##### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch die Strukturarmut, durch Begradigungen und die fehlende Auenanbindung zeigt sich ein eingetieftes Profil mit Neigung zur Tiefenerosion bei Hochwasserabflüssen. Ist eine Aue vorhanden, so kann es zur Uferrehnenbildung kommen. Im Niedrigwasserfall neigt das Gewässerbett eher zur Sedimentation durch ein z.T. künstliches, aufgeweitetes aber ebenes und homogenes Gewässerprofil mit wenigen natürlichen Gewässerstrukturen.

Die Strömungsdiversität ist durch die Begradigungen gedämpft, was zu einer geringeren Sedimentdynamik insbesondere lateral zur Fließrichtung führt. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung gleicht sich (sofern dort ein NWB vorliegt) der Sedimentüberschuss bei Hochwasser mit erhöhten Sedimentationen und das Sedimentdefizit bei Niedrigwasser durch etwas frühere Sedimentmobilisierung bzw. leichten Sedimentdefizit aus.

#### 4.2.2.4 Urbanisierung und Hochwasserschutz (ohne Vorland)

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Durch fehlendes Vorland und Hochwasserschutzfunktion haben die Gewässer i. d. R. ein stark eingegengtes und eingetieftes Profil mit festem Uferverbau; teilweise sind sie vollständig verrohrt. Besonders im Bereich von Ufer und Umfeld sind i. d. R. nur einzelne Maßnahmen technisch machbar. Die Morphologie weist daher im GÖP deutlich bis vollständig veränderte Strukturen auf, Wasserhaushalt und Durchgängigkeit sind i. d. R. jedoch nur gering bis mäßig beeinträchtigt. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind naturnahes Sohlssubstrat und Ansätze von Sohl- und teilweise Uferstrukturen sowie vereinzelt lebensraumtypische Sträucher/Gebüsche im Uferbereich. Die HMWB-Fallgruppen treten überwiegend im Mittelgebirge auf (Bäche 3 %, Flüsse < 1 %), vereinzelt auch im Tiefland (Bäche < 1 %, Flüsse < 1 %).

##### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch die Strukturarmut, durch Begradigungen und den festen Uferverbau zeigt sich ein eingetieftes Profil mit Neigung zur Tiefenerosion und Geröllführung bei Hochwasserabflüssen. Die Strömungsdiversität ist durch die Begradigungen stark gedämpft, was zu einer geringeren Sedimentdynamik insbesondere lateral zur Fließrichtung führt. Laufstrukturen, Querbänke und Sohlenstrukturen können sich trotz des anstehenden weitestgehend natürlichen Sohlssubstrats kaum ausbilden. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung gleicht sich (sofern dort ein NWB vorliegt) der Sedimentüberschuss mit erhöhten Sedimentationen im Gewässerbett und auf dem Vorland aus.

#### 4.2.2.5 Hochwasserschutz

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Typisches Erscheinungsbild dieser Gewässer ist der häufig beidseitig von Deichen oder Verwallungen begleitete Gewässerlauf. Unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes ist die überwiegende Anzahl der potenziellen Maßnahmen zur Erreichung des GÖP i. d. R. technisch machbar, einige nur im Deichvorland (z. B. Anlage einer Sekundäraue) oder in Kombination mit anderen Maßnahmen (z.B. Entwicklung von Auwald nur in Kombination mit Erweiterung des Retentionsraumes). Die potenziellen Habitate im GÖP sind i. d. R. naturnah bis mäßig verändert. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. naturnahes Substrat, naturnahe Tiefenvarianz, möglichst wenig Verbau sowie die Anbindung der Aue (i. d. R. Sekundäraue) und damit verbunden einzelne Auenstrukturen/Auengewässer. Hochwasserschutz tritt überwiegend in Kombination mit Urbanisierung oder Landentwässerung auf. Als Einzelnutzung vor allem im Mittelgebirge (Flüsse 1 %, Bäche 0,5 %), in allen anderen relevanten Gewässertypgruppen jeweils nur mit < 0,5 %.

### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch Begradigungen und Deiche parallel zum Gewässerlauf zeigt sich ein eingetieftes Profil mit leichter Neigung zur Tiefenerosion bei Hochwasserabflüssen. Die Strömungsdiversität ist durch die Begradigungen etwas gedämpft, was zu einer geringeren Sedimentdynamik insbesondere lateral zur Fließrichtung führt. Laufstrukturen, Querbänke und Sohlenstrukturen können sich unter dem anstehenden, weitestgehend natürlichen Sohlsubstrat im Istzustand ausbilden.

Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung bewirkt (sofern dort ein NWB vorliegt) der leichte Sedimentüberschuss bei Hochwasser eine etwas stärkere Sedimentation, während das Sedimentdefizit bei hochwasserfreien Abflüssen zu einer stärkeren Sedimentmobilisierung bzw. eine erhöhte Erosionsneigung an Sohle und Böschungen beiträgt.

#### 4.2.2.6 Schifffahrt auf frei fließenden Gewässern

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Durch die schifffahrtliche Nutzung haben die Gewässer ein stark eingetieftes Profil mit ausgebauter Fahrrinne, überwiegend Bühnenverbau und höchstens vereinzelt Strukturelementen im Gerinne und am Ufer. In der Aue treten teilweise mehrere Strukturelemente sowie Auengewässer auf. Zahlreiche potenzielle Maßnahmen sind zur Erreichung des GÖP i. d. R. technisch machbar, einige Maßnahmen jedoch nur außerhalb der Fahrrinne oder oberhalb des höchsten schiffbaren Wasserstandes. Die potenziellen Habitate im GÖP sind im Bereich der Sohle stark bis vollständig verändert; auch der Uferbereich und das Fließverhalten sind beeinträchtigt. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. naturnahes Substrat, vor Wellenschlag geschützte Bereiche, Bühnen- und Leitwerksfelder unterschiedlicher Verlandungsstadien sowie abschnittsweise Nebengerinne, vereinzelt bis mehrfach Auenstrukturen und Auengewässer. Die HMWB-Fallgruppen treten überwiegend an Strömen auf (Mittelgebirge > 0,5 %\*, Tiefland > 0,5 %\*), ist jedoch auch an einzelnen Flüssen relevant (< 0,1 %\*.)

### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch starke Begradigungen und Strukturarmut zeigt sich ein abschnittsweise zusätzlich künstlich eingetieftes Profil mit Neigung zur Sedimentation bei Niedrig- und Mittelwasserabflüssen. Aber auch Abschnitte mit Sedimentdefizite ohne Sedimentationen können auftreten, wie z.B. im Elbeabschnitt (s. FGG Elbe 2013 und IKSE 2014) und im Rhein (s. Sedimentbilanz des Rheins KHR-Bericht). Durch Uferverbau, eine feste Fahrrinne und Sedimententnahmen im Fahrinnenbereich ist der Sedimenttransport in der Fahrrinne stark überformt. Zum Teil werden Sedimententnahmen zur Stützung des Sedimenthaushaltes umgelagert, außer sie sind schadstoffbelastet oder haben ein hohes Zehrungspotenzial (z.B. Feinsedimente). Laufstrukturen, Querbänke und Sohlenstrukturen können sich trotz des anstehenden, weitestgehend natürlichen Sohlsubstrats im Istzustand infolge Gewässerunterhaltung nicht ausbilden. Außerhalb der Fahrrinne können Sohlstrukturen und naturnähere Sedimenttransportprozesse stattfinden. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung zeigt sich (sofern dort ein NWB vorliegt) je nach Ausprägung im HMWB, eine über die Entfernung zunehmende Abschwächung der Störung des Sedimenttransports, d.h. ein Sedimentüberschuss angrenzend an Schifffahrtsstrecken mit Sedimentationsneigung und ein Sedimentdefizit (u.a. Erosion) angrenzend an Schifffahrtsstrecken mit Sedimentdefizite.

#### 4.2.2.7 Schifffahrt auf staugeregelten Gewässern

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Durch die Schifffahrt mit Stauregulierung haben die Gewässer ein stark eingetieftes Profil mit ausgebauter Fahrrinne und eine stark bis sehr stark verringerte Fließgeschwindigkeit. Im Gerinne und am Ufer finden sich i. d. R. nur vereinzelte Strukturelemente, in der Aue treten teilweise mehrere Strukturelemente sowie Auengewässer auf. Zahlreiche potenzielle Maßnahmen sind zur Erreichung des GÖP i. d. R. technisch machbar, einige Maßnahmen jedoch nur außerhalb der Fahrrinne oder oberhalb des höchsten schiffbaren Wasserstandes. Die potenziellen Habitate im GÖP sind bzgl. der Morphologie deutlich bis vollständig verändert (v. a. die Sohle).

Das Fließverhalten ist stark beeinträchtigt. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. ein erhöhter Anteil von naturnahem Substrat, flache strukturreiche Uferbereiche, naturnah angebundene Nebengewässer und Durchgängigkeit sowie abschnittsweise Nebengerinne und vereinzelte Auenstrukturen/Auengewässer. Die HMWB-Fallgruppen treten überwiegend im Mittelgebirge auf (Ströme > 0,5 %, Flüsse > 0,5 %), ist jedoch auch in den Alpen und im Tiefland relevant (< 0,1 %).

##### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch starke Begradigungen und Strukturarmut zeigt sich ein meist zusätzlich künstlich eingetieftes Profil mit Neigung zur Sedimentation bei Niedrig- und Mittelwasserabflüssen. Durch die vorhandenen Querbauwerke und zusätzlichem Uferverbau, eine feste Fahrrinne und Sedimententnahmen im Fahrrinnenbereich ist der Sedimenttransport stark überformt. Durch die stark verringerten Fließgeschwindigkeiten infolge Stauregulierung kommt der Sedimenttransport nahezu vollständig zum Erliegen und wird von Akkumulations- und Kolmationsprozessen dominiert. Das anstehende Sohlsubstrat wird durch Feinsedimente überdeckt und ist weitestgehend unnatürlich im Istzustand. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung zeigt sich (sofern dort ein NWB vorliegt) eine über die Entfernung zunehmende Abschwächung der Sedimentdefizite mit Erosionsneigung.

#### 4.2.2.8 Bergbau

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Die Gewässer sind durch Bergsenkungsfolgen stark überprägt. Das Gefälle ist mäßig bis stark verändert, i. d. R. treten Fließrichtungswechsel mit Vorlauf- und Rücklaufstrecken auf. Der Abfluss wird über Pumpwerke gesteuert. Die Gewässer sind i. d. R. stark eingetieft, die Auenanbindung ist eingeschränkt. Die überwiegende Anzahl der potenziellen Maßnahmen zur Erreichung des GÖP ist i. d. R. technisch machbar. Die potenziellen Habitate im GÖP sind überwiegend naturnah bis mäßig verändert, in den Bereichen Gewässerumfeld und Wasserhaushalt jedoch deutlich bis vollständig verändert. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. eine ökologisch optimierte Abflusssteuerung, überwiegend naturnahes Substrat, naturnahe Tiefenvarianz, Auenanbindung (Sekundäraue) und Durchgängigkeit. Die HMWB-Fallgruppen treten ausschließlich im Tiefland auf (Bäche 2 %, Flüsse < 0,5 %).

### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch starke Begradigungen und Veränderungen des natürlichen Gefälles zeigt sich ein eingetieftes Profil mit Neigung zur Erosion bei Hochwasserabflüssen. Durch Uferverbau und Querbauwerke, wie Pumpwerke, ist der Sedimenttransport stark überformt. Durch die verringerten Fließgeschwindigkeiten in Staubereichen mit Wasserentnahmen kommt der Sedimenttransport abschnittsweise zum Erliegen und wird dort von Kolmationsprozessen dominiert. Durch Wasserentnahmen und -zugaben für den Bergbau stellt sich eine zusätzliche Belastung der Gewässer u.a. durch Salzgehalte oder hohe Konzentrationen natürlicher Abbaustoffe aus dem Bergbau ein, die zudem z.B. in Form eines sedimentgebundenen Schadstofftransportes mit dem anstehenden und transportierten Sediment interagieren. Durch diese Interaktion ist ggf. eine Redynamisierung des Sedimenttransportes ggf. in Einzelabschnitten nachteilig zu bewerten und ist daher im Einzelfall zu prüfen. Je nach Stärke und Ausprägung der Stauregelung im HMWB kann sich im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung (sofern dort ein NWB vorliegt) ein Sedimentüberschuss mit einer über die Entfernung abklingenden Sedimentationsneigungen im Gewässerbett und Uferrehnenbildung oder ein über die Entfernung abklingender Sedimentdefizit mit Neigung zur Tiefenerosion ausbilden.

#### 4.2.2.9 Wasserkraft

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Die Gewässer haben nutzungsbedingt i. d. R. ein stark eingetieftes und verbreitertes Profil mit Aufstau oberhalb von festen oder beweglichen Wehranlagen. Die überwiegende Anzahl der potenziellen Maßnahmen zur Erreichung des GÖP ist i. d. R. technisch machbar, bei beweglichen Wehren teilweise nur in Kombination mit der Anlage von sohlstützenden Bauwerken. Die potenziellen Habitate im GÖP sind i. d. R. überwiegend naturnah bis mäßig verändert, in den Bereichen Sohle und Fließverhalten jedoch deutlich bis stark verändert. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. minimierter Rückstau, Durchgängigkeit und Fischschutz, überwiegend naturnahes Substrat und flache strukturreiche Uferbereiche sowie die Anbindung der Aue. Die HMWB-Fallgruppen treten überwiegend im Mittelgebirge (Flüsse 1 %, Bäche < 1 %), in allen anderen relevanten Gewässertypgruppen jeweils nur mit < 0,5 % auf.

### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch Begradigungen und Profilverbreiterung zeigt sich ein Gewässer mit Neigung zur Sedimentation bei Niedrig- und Mittelwasserabflüssen. Durch Stauketten mit Querbauwerken wie z.B. Wehranlagen ist der Sedimenttransport stark überformt. Mit der verringerten Fließgeschwindigkeit in den Rückstaubereichen kommt der Sedimenttransport abschnittsweise zum Erliegen und wird von Akkumulations- und Kolmationsprozessen dominiert. Das anstehende Sohlsubstrat wird durch Feinsedimente überdeckt und ist weitestgehend unnatürlich im Istzustand. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung (sofern dort ein NWB vorliegt) zeigt sich ein über die Entfernung abklingender Sedimentdefizit mit Neigung zur Erosion.

#### 4.2.2.10 Talsperren

##### **Bestehende Kurzbeschreibung, übernommen aus Koenzen et al (2015):**

Die Wasserkörper sind geprägt durch eine Staumauer oder einen Damm mit oberhalb gelegenen Stausee, der in manchen Fällen durch Vorsperren untergliedert ist. Im durch Aufstau entstandenen Uferbereich gibt es i. d. R. keine oder nur vereinzelte Strukturelemente. Zur Erreichung des GÖP sind nur wenige Maßnahmen i. d. R. technisch machbar.

Die potenziellen Habitate im GÖP sind in nahezu allen Bereichen sehr stark bis vollständig verändert. Wichtige Schlüsselfaktoren zur Erreichung des GÖP sind u.a. naturnah angebundene Nebengewässer, Totholzburgen und flache strukturreiche Uferbereiche sowie eine ökologisch optimierte Abflusssteuerung. Im Tiefland kann die Durchgängigkeit im Einzelfall hergestellt werden, im Mittelgebirge ist dies i. d. R. allenfalls an Vorsperren möglich. Diese HMWB-Fallgruppe unterliegt einem Kategoriewechsel (See). Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde daher keine Herleitung der Biozönose im HÖP/GÖP vorgenommen. Die HMWB-Fallgruppen treten überwiegend im Mittelgebirge (Bäche 2 %, Flüsse < 1 %) sowie vereinzelt an Tieflandflüssen auf.

### **Ergänzung zur Kurzbeschreibung**

Durch den großräumigen Gewässeraufstau kommt es zur vollständigen Unterbindung des Sedimenttransportes im Istzustand. Durch fehlende Fließgeschwindigkeit bleibt auch der longitudinale und transversale Sedimenttransport aus und wird ausschließlich von Akkumulations- und Kolmationsprozessen geprägt. Das anstehende Sohlsubstrat wird durch Feinsedimente überdeckt und ist unnatürlich im Istzustand. Im Unterwasserbereich dieser spezifizierten Nutzung (sofern dort ein NWB vorliegt) zeigt sich ein über weite Entfernung kaum abklingender Sedimentdefizit mit Neigung zur Erosion und Strukturarmut.

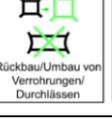
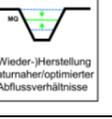
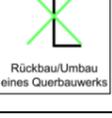
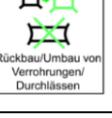
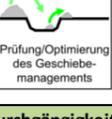
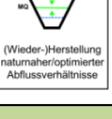
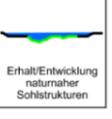
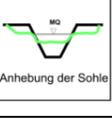
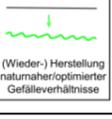
### **Ergänzungen potentieller Maßnahmen zur Erreichung des GÖPs**

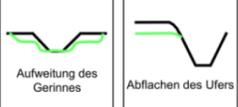
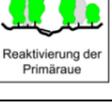
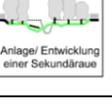
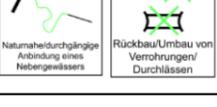
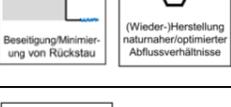
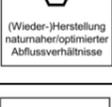
Die nachstehende Beschreibung (Tabelle 4-5) potentieller Maßnahmen zur Erreichung des guten ökologischen Potentials (GöP) für die Sedimentdurchgängigkeit greift Maßnahmen zur Sedimentdurchgängigkeit losgelöst von bereits definierten Maßnahmen für die Sohle, das Ufer, das Umfeld, den Wasserhaushalt und die Durchgängigkeit auf. Diese Maßnahmen wurden in Form von bestehenden Piktogrammen räumlich und thematisch zugeordnet.

Die bestehenden Maßnahmen gemäß Koenzen et al (2015) sind Maßnahmen, die bereits in den Steckbriefen vorgeschlagen sind und eine positive Wirkung auf die Sedimentdurchgängigkeit nehmen können, wenn Sie eine entsprechende Ausgestaltung erfahren. Die entsprechende Wirkung auf die Sedimentdurchgängigkeit wird in Tabelle 4-5 benannt.

Bei allen Maßnahmen ist eine besondere Bewertung von schadstoffbelasteten Sedimenten und deren Wirkung auf flussabwärtige Bereiche und/ oder Vorlandbereiche zu beachten.

Tabelle 4-5: Mögliche Maßnahmen zur Erreichung des GÖPs aus Sicht der Sedimentdurchgängigkeit, erweitert auf Basis von Koenzen et al (2015)

Ergänzungen potentieller Maßnahmen zur Erreichung des GÖPs	Piktogramm	räumliche Zuordnung	Landentwässerung & Hochwasserschutz	Landentwässerung & -bewässerung	Urbanisierung & Hochwasserschutz (mit Vorland)	Urbanisierung & Hochwasserschutz (ohne Vorland)	Hochwasserschutz	Schifffahrt auf frei fließenden Gewässern	Schifffahrt auf staugeregelten Gewässern	Bergbau	Wasserkraft	Talsperren
<b>Maßnahmen zur Sedimentdurchgängigkeit</b>												
Nutzung von einzelnen Auenstrukturen und Auengewässern zum Sedimentrückhalt und zur Dämpfung des Erosionsdruckes bei Hochwassern	 	Umfeld, Wasserhaushalt	x (1)	x (1)	x (1)		x (1)	x (2)		x (1)	x (1)	
Anlegen und Aktivieren von Nebengerinnen zum Sedimentrückhalt und zur Sedimenttransportdifferenzierung bei transportaktiven Abflüssen bis hin zu mittleren Hochwassern	 	Umfeld, Wasserhaushalt	x (3)	x (3)	x (3)	x (3)	x (3)	x		x (3)	x	
Rückdeichung, um einen Sedimentrückhalt auf dem Vorland zu ermöglichen und um den Erosionsdruck auf die Gewässersohle zu mindern		Umfeld					x					
Temporäre Sedimentdurchgängigkeit durch Umbau bzw. Steuerung von Querbauwerken	  	Durchgängigkeit, Wasserhaushalt	x	x (4)	x	x	x		x	x	x	
Dauerhafte Sedimentdurchgängigkeit durch den Rückbau von Querbauwerken, wenn technisch möglich und Nutzung nicht signifikant (*) beeinträchtigt wird.	 	Durchgängigkeit	x	x (5)	x	x	x			x	x	
Geschiebezugabe im Unterwasser von staugeregelten Bereichen		Sohle	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Gezielte Umlagerung von Geschiebe/ Sedimenten in Kombination mit dynamisierten Abflüssen in Form eines nachhaltigen Geschiebemanagements	 	Sohle, Wasserhaushalt	x (6)	x (6)	x (6)	x (6)	x (7)		x (6)	x (6)	x (6)	x (6)
<b>Weitere Maßnahmen und deren Wirkung auf die Sedimentdurchgängigkeit</b>												
Erhalt/ Entwicklung naturnaher Sohlstrukturen ... ermöglicht eine naturnähere Sedimentdynamik aus lokalen Akkumulations- und Erosionsbereichen		Sohle	x	x (8)	x (8)	x	x	x	x (9)	x	x (8)	
Rückbau/ Ersatz von Sohlverbau ... Zulassen neuer Sedimentdynamik an der Sohle		Sohle	x	x	x	x	x	x (III)	x (III)	x	x	
Einbringen/ Belassen von Totholz ... Ermöglichen einer eigendynamischen Entwicklung (Initialmaßnahmen)		Sohle	x	x	x	x	x	x (III)	x (III)	x	x	x (13)
Anhebung der Sohle ... ermöglichen einer eigendynamischen Entwicklung (Initialmaßnahmen)		Sohle								x	x (VII, VIII)	x (13)
(Wieder-)Herstellung naturnaher/ optimierter Gefälleverhältnisse ... ermöglichen einer eigendynamischen Entwicklung (Initialmaßnahmen)		Sohle	x	x	x	x	x			x	x (VII, VIII)	
Ökologisch verträgliche Gewässerunterhaltung (an der Sohle) ... reduzierte Sedimententnahmen wie z.B. Baggerungen, WI-Einsätze, Spülen führen zu geringen Eingriffen in den Sedimenthaushalt und geringere, temporäre Erhöhung der Schwebstoffgehalte		Sohle	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anlage/ Optimierung von Vorsperren und Sedimentfängen ... zur gezielten Sedimentumlagerung bzw. gezielten Sedimentrückhalt während bestimmter Abflussereignisse		Sohle	x (15)	x (15)	x (15)	x (15)	x (15)			x (15)	x (15)	x (14)

Ergänzungen potentieller Maßnahmen zur Erreichung des GÖPs	Piktogramm	räumliche Zuordnung	Landentwässerung & Hochwasserschutz	Landentwässerung & -bewässerung	Urbanisierung & Hochwasserschutz (mit Vorland)	Urbanisierung & Hochwasserschutz (ohne Vorland)	Hochwasserschutz	Schifffahrt auf frei fließenden Gewässern	Schifffahrt auf staugeregelten Gewässern	Bergbau	Wasserkraft	Talsperren
Aufweitung des Gerinnes und Abflachen des Ufers ... ermöglicht eine Dämpfung der Sedimentdynamik und intiert eine eigendynamische Entwicklung (Initialmaßnahme)		Ufer	x	x	x		x	x (16)	x (16)	x	x	
Erhalt/ Entwicklung naturnaher Uferstrukturen ... zur Reaktivierung eines Sedimentrückhalts bei Hochwassern am Ufer		Ufer	x	x	x	x	x	x (III)	x (III)	x	x	x
Rückbau/ Ersatz/ Optimierung von Uferverbau ... zum Zulassen von lateraler Sedimentumlagerung und zusätzlicher Sedimenteintrag		Ufer	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Rückbau von Bühnen und Einbindung/ Optimierung von durchströmbaren, naturnahe Längsbauwerken		Ufer						x	x (XIX)			
(Wieder-) Herstellung von naturnahen/ optimierten Abflussverhältnissen ... auch für sedimenttransportaktive Abflussereignisse zwischen MQ und HQ <sub>5</sub>		Wasserhaushalt	x	x	x	x	x			x	x	x (11)
Neutrassierung des Gewässerlaufes, Anlegen/ Entwicklung von Nebengerinnen/ Rinnen und/ oder Anlage/ Entwicklung von Auengewässern/ Auenstrukturen ... ermöglichen einer eigendynamischen (Neu-)Entwicklung der Sedimentdynamik (Initialmaßnahmen)		Umfeld	x (IV)	x (V, XVII)	x		x (II)	x (12)	x (17, XX)	x	x (12)	
Anlage/ Ausweisung/ Entwicklung eines Uferstreifens, Erhalt/ Entwicklung naturnaher Auengebüsche/ Auwälder und bzw. oder Extensivierung/ Aufgabe der Nutzung ... zur Reduzierung des Feinsedimenteintrags		Ufer, Umfeld	x (IV)	x (V)	x		x (XV)	x	x	x	x	x (18)
Erhalt/ Entwicklung von Nass- und Feuchtwiesen, Röhrriechen und Großseggenriedern und bzw. oder Erhalt/ Entwicklung von Sekundärauenbiotopen ... zum Sedimentrückhalt bei Hochwasserereignissen		Umfeld	x (IV)	x (V)	x	x	x (II)	x	x	x	x	x
Naturnahe Uferstrukturen und durch Reaktivierung der Primäraue ... zur Reaktivierung eines Sedimentrückhalts bei Hochwassern am Ufer		Umfeld			x		x	x			x	
Anschluss von durchströmten Sekundärauen und Nebengewässern ... zum Sedimenteintrag und Sedimentrückhalt		Umfeld	x	x (V)	x		x (II)	x	x	x	x	
Naturnahe/ Durchgängige Anbindung eines Nebengewässers ... führt zu zusätzlicher Geschiebe- und Sedimentzugabe durch Reaktivierung der Sedimentdurchgängigkeit		Umfeld, Durchgängigkeit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Beseitigung/ Minimierung von Rückstaubereichen ... zur Reduktion von Kolmationszonen		Wasserhaushalt	x		x	x	x					
Minimierung von Rückstaubereichen und Dynamisierung des Abflusses ... zur Reduktion von Kolmationszonen.		Wasserhaushalt		x					x	x	x	
Dynamisierung des Abflusses ... zur Reduktion von Kolmationsdauern und -zonen		Wasserhaushalt	x	x	x	x	x			x	x (VI, VII)	x (19)
(Wieder-) Herstellung naturnaher/ optimierter Fließverhältnisse ... zur Reduzierung und Vermeidung von Kolmationsbereichen z.B. unter Gewährleistung eines Mindestabflusses bzw. einer Mindestströmung		Wasserhaushalt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x (10)

Anmerkungen:

x = Maßnahme technisch bzw. theoretisch möglich/ machbar

(1) = Dämpfung des Erosionsdruckes bei kleineren und mittleren Hochwassern

(2) = Dämpfung des Erosionsdruckes bei großen Hochwassern

(3) = zusätzlich zur Dämpfung des Erosionsdruckes

(4) = (...) von Querbauwerken in staugeregelten Bereichen

(5) = (...) von Querbauwerken in freifließenden Bereichen, wenn technisch (...)

(6) = (...) mit dynamisierten Abflüssen in Form eines nachhaltigen Geschiebemanagements

(7) = (...) mit bzw. ohne dynamisierten Abflüssen in Form eines nachhaltigen Geschiebemanagements

(8) = (...) in freifließenden Abschnitten ermöglicht eine naturnähere Sedimentdynamik aus lokalen Akkumulations- und Erosionsbereichen

(9) = (...) initialisiert eine naturnähere Sedimentdynamik aus lokalen Akkumulations- und Erosionsbereichen

(10) = (...) zur leichten Reduzierung von Kolmationen z.B. unter Gewährleistung eines Mindestabflusses bzw. einer Mindestströmung

(11) = (...) für niedrige und hohe bzw. sedimenttransportaktive Abflussereignisse zwischen MQ und HQ5, um eine flussabwärtige Regeneration und Redynamisierung des Gewässers zu ermöglichen

(12) = ohne Neutrassierung des Gewässers

(13) = nur im Unterwasser von Talsperren zur Förderung der Sedimentdynamik hilfreich

(14) = nur Vorsperren

(15) = nur Sedimentfängen

(16) = nur Abflachen der Ufer

(17) = nur Anlage/ Entwicklung von Auengewässern/ Auenstrukturen

(18) = ohne Erhalt/Entwicklung naturnaher Auengebüsche/ Auwälder

(19) = Dynamisierung für das Unterwasser der Talsperre

(\*) = als nicht signifikant gelten Werte kleiner 3%, z.B. bezogen auf die Leistung (Watt), Wasservolumen- oder Abfluss bzw. Wassertiefe

Anmerkungen übernommen aus Koenzen et al. (2015):

(II) = nur im Deichvorland

(III) = soweit die Fahrrinne und/ oder die Schiffbarkeit nicht signifikant beeinträchtigt werden

(IV) = nur im Bereich einer Sekundäraue machbar

(V) = nur im Bereich einer Sekundäraue machbar, eingeschränkte Funktionalität der Auedynamik

(VI) = Herstellung der Durchgängigkeit nur in Ausnahmefällen

(VII) = bei beweglichen Wehren nur in Kombination mit der Anlage von sohlschützenden Bauwerken

(VIII) = bei Laufwasserkraftwerken keine Nutzungseinschränkung durch reduziertes Stauraumvolumen

(XV) = nur in Kombination mit Vergrößerung des Retentionsraumes (z.B. durch Deichrückverlegung)

(XVII) = ggf. kann eine Neutrassierung mit einer Abflussteilung sinnvoll sein

(XIX) = die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist insbesondere für rheophile Arten ohne eine Verbesserung der hydraulischen Bedingungen häufig eingeschränkt

(XX) = die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit dieser Maßnahme ist direkt von noch vorhandener, effektiver Restströmung abhängig

### 4.3 Bewertungsmethodik und Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit

Die Umfrage der Länder (Die Auswertung der Fragebögen erfolgt im Berichtsteil Fische) ergab, dass derzeit kaum flächendeckende Daten zum Sedimenthaushalt der Fließgewässer bzw. der Bauwerksstandorte vorliegen, so dass ein vereinfachtes Bewertungsverfahren sinnvoll ist. Dieses sollte auf möglichst wenige Daten zurückgreifen. Zudem wurde eine Bewertung auf drei Ebenen empfohlen. Auf lokaler Ebene an den Bauwerksstandorten wird die Sedimentdurchgängigkeit für Geschiebe und Schwebstoffe bewertet. Erst auf größerer Raumebene, nämlich im Wasserkörper und im Gewässersystem, ist neben der Sedimentdurchgängigkeit auch der Sedimenttransport bzw. die morphologische Strukturentwicklung von Bedeutung.

Allgemeine Hinweise zur nachstehenden Bewertungsmethodik und Klassifizierung:

- Die gewählten Bewertungsmethoden greifen auf einfache Ansätze zurück. Sollten regional und länderspezifisch genauere Verfahren existieren, so sind diese den hier dargelegten allgemeinen Ansätzen vorzuziehen.
- Die Bewertungsmethodik ist hydromorphologisch ausgerichtet und lässt eine Beachtung von beispielsweise schadstoffbelasteten Sedimenten außer Acht. Es ist sicherzustellen, dass nur unbelastete und gewässertypspezifische Substrate mit entsprechenden Korngrößenverteilungen mobilisiert werden.
- Sollten Daten oder Werte zur Bestimmung der Einzelparameter nicht vorliegen oder nicht übertragen werden können, so sind sie als „unbekannt“ zu bewerten.

#### 4.3.1 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

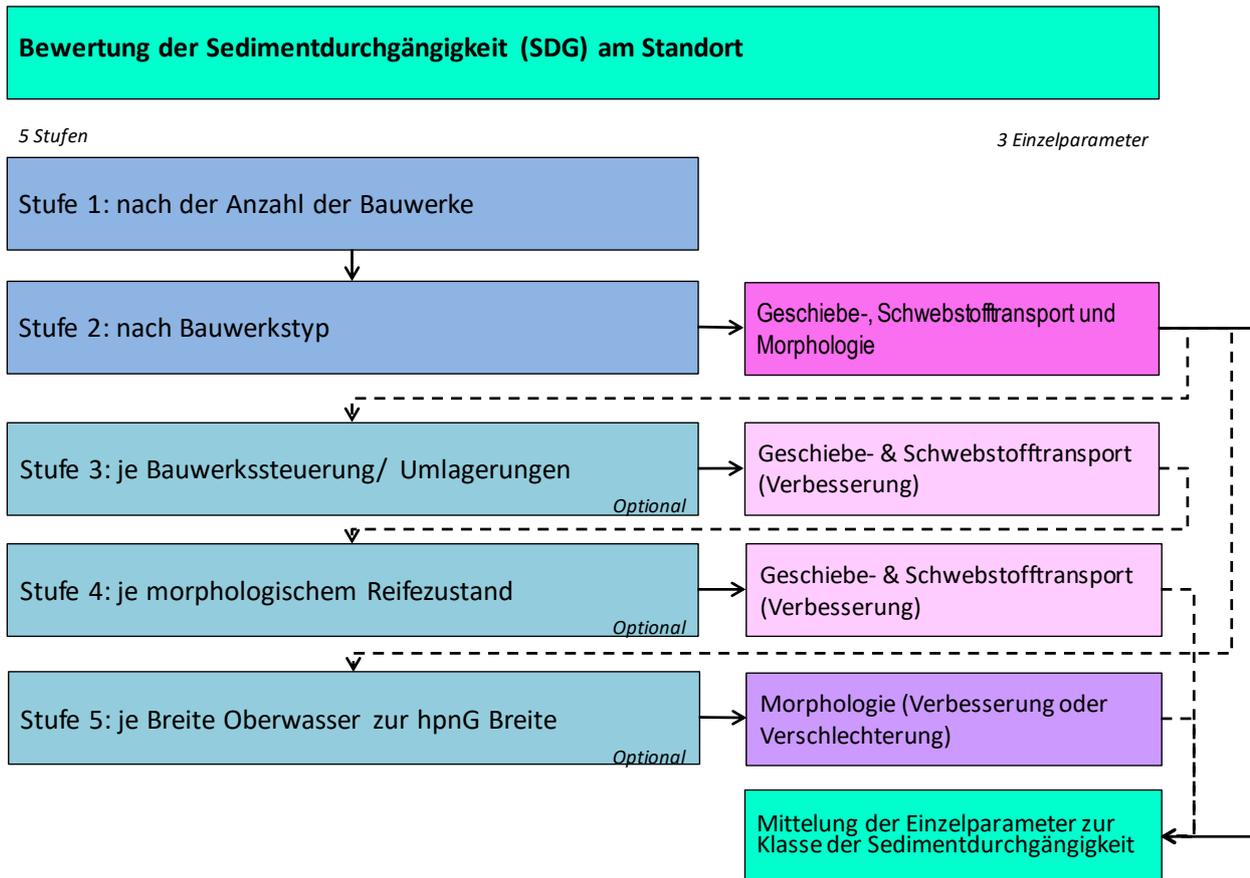
Mindestdatensatz zur Bewertung am Querbauwerksstandort:

Folgende Daten sind mindestens erforderlich, um eine Bewertung des Querbauwerksstandortes (ohne Optionen) vorzunehmen:

- Genaue Lage im Gewässer (vgl. Kap 4.3.1.1)
- Querbauwerkstyp (vgl. Kap. 4.3.1.2)

Die Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort wird in fünf Stufen und mit drei Einzelparametern, dem Geschiebetransport, dem Schwebstofftransport und der morphologischen Entwicklung bewertet (Abbildung 4-1). Die Einstufung der Sedimentdurchgängigkeit ist nahezu ausschließlich über den Querbauwerkstyp (Stufe 2) möglich, während die anderen Stufen (3 bis 5) optional und die Stufe 1 nur zusätzliche Informationen zu Anordnungen und Besonderheiten am Querbauwerk, wie z.B. Umlagerungen oder Steuerungen berücksichtigen. Die Bewertung des Bauwerkstyps erfolgt ohne direkte Kopplung an den Gewässertyp.

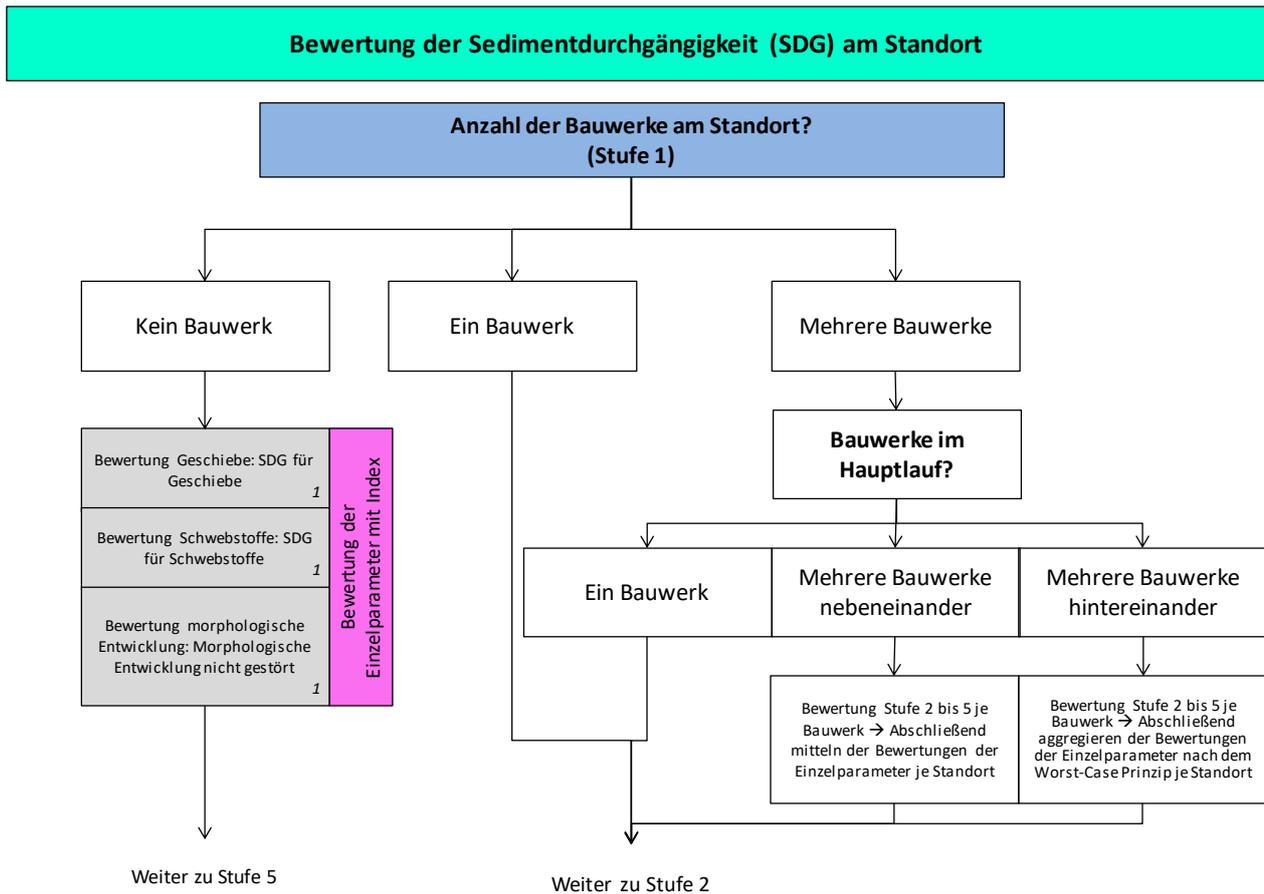
Die Sedimentdurchgängigkeit wird nach der Anzahl der Bauwerke (Stufe 1), nach dem Bauwerkstyp (Stufe 2), der Bauwerkssteuerung (Stufe 3, optional), dem morphologischen Reifezustand (Stufe 4, optional) und der Breite des Oberwassers zur hpnG Breite (Stufe 5, optional) bewertet (Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3). Von diesen fünf Stufen sind zwei (1 und 2) auch bei geringer Datengrundlage für alle Querbauwerksstandorte bewertbar. Die drei weiteren (3 bis 5) Stufen können nach Datenlage geprüft werden und führen ggf. zu einer Verbesserung der Bewertung der Durchgängigkeit. Die Einzelbewertungen zum Geschiebetransport, dem Schwebstofftransport und der morphologischen Entwicklung werden über einen Index nach Berücksichtigung aller bewertbaren Stufen in eine Klasse eingestuft.



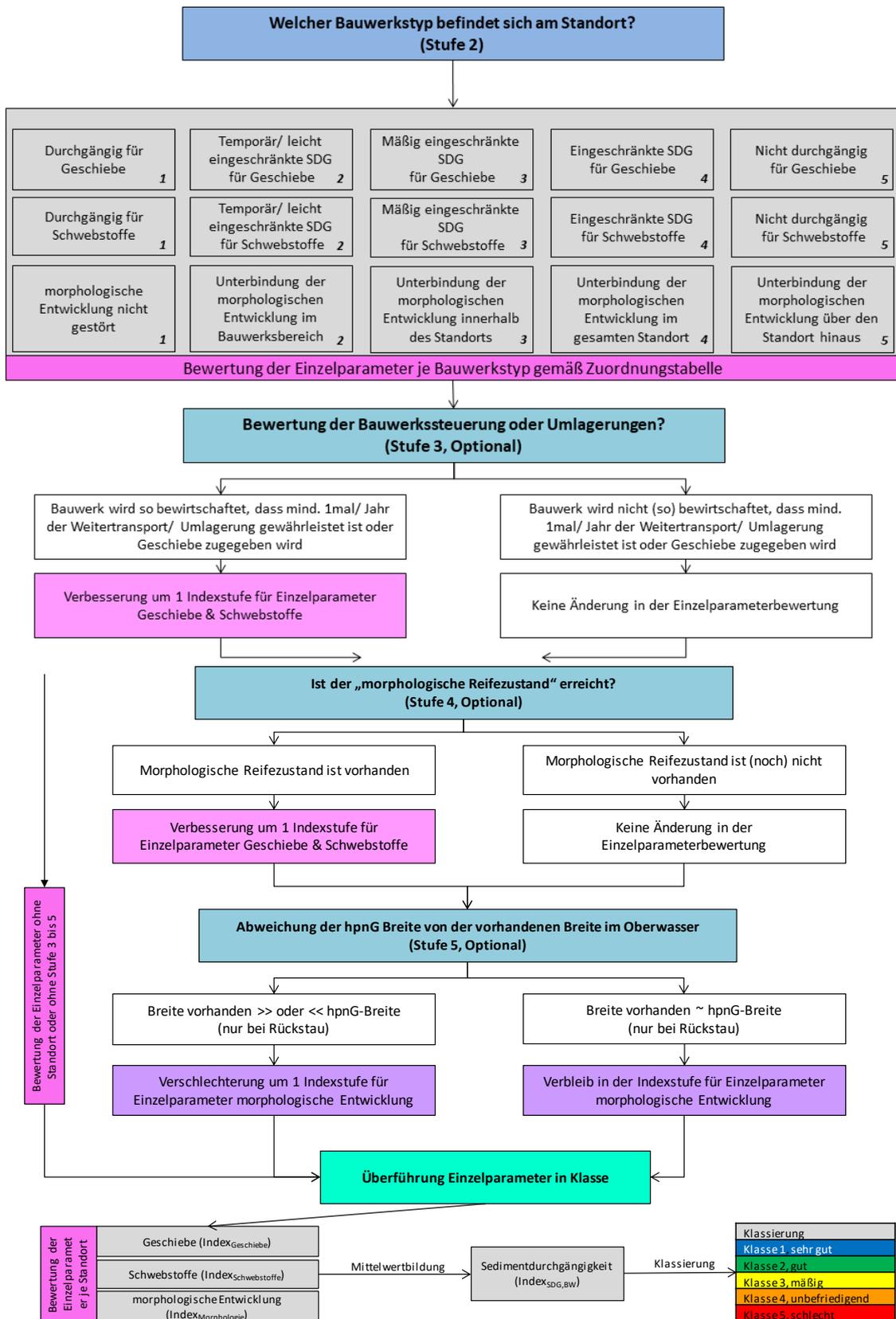
**Abbildung 4-1: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort**

Auf eine weitere Abstufung der hydraulischen Wirkung bei MQ durch die Bauwerkshöhe und der Profilveränderung wurde verzichtet, um das Bewertungsverfahren einfach zu halten. Ist eine Einstufung der Wirkung gewünscht und liegen hierzu Daten vor, ist dies über vereinfachte hydraulische Nachweise bei MQ (z.B. Eintreten eines Aufstaus, z.B. nach BWK 1, 2009) möglich und bedeutet eine Modifikation der Einstufung gemäß Tabelle 4-6.

Auf eine weitere Abstufung der Bauwerkswirkung auf das Sohlsubstrat am Standort wurde verzichtet, da die Veränderung des Sohlsubstrates in seiner Reichweite schwer abschätzbar ist und die genaue Zusammensetzung des Sohlsubstrates am Standort nicht bekannt ist. Grundsätzlich ist im Bauwerksbereich selbst das natürliche Sohlsubstrat im Vergleich zu künstlich eingebrachtem Sohlsubstrat bis hin zu massiven Sohl- und Ufersicherungen als höherwertig in der Abstufung einzuordnen.



**Abbildung 4-2: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort in 5 Stufen (Stufe 1), SDG = Sedimentdurchgängigkeit (ergänzende Erläuterung in Kap. 4.3.1.1)**



**Abbildung 4-3: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Standort in 5 Stufen (Stufe 2 bis 5), SDG = Sedimentdurchgängigkeit (ergänzende Erläuterung in Kap. 4.3.1.2 bis 4.3.1.5)**

#### 4.3.1.1 Anzahl der Bauwerke am Standort (Stufe 1)

Für die Abfrage „Anzahl der Bauwerke am Standort“ ergeben sich vier mögliche Fälle:

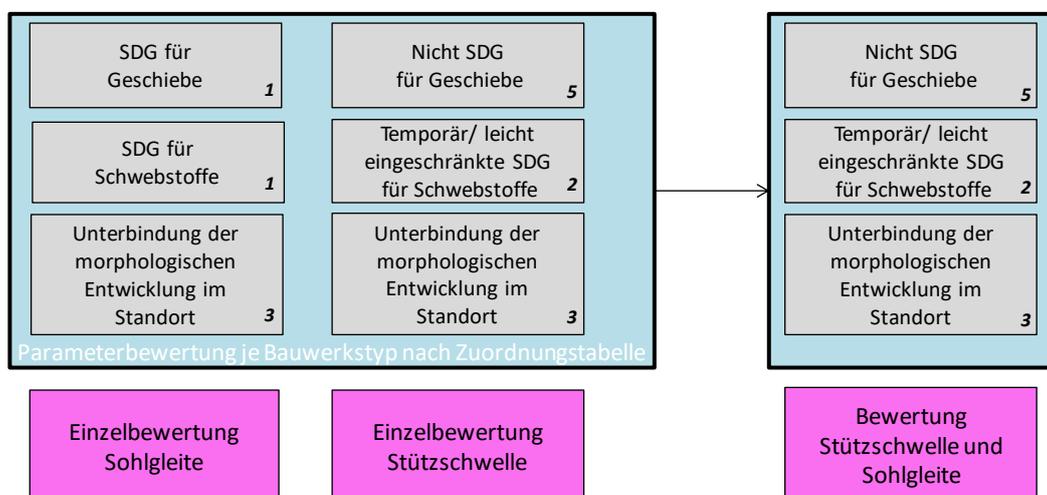
- Der sogenannte Fall „Standort ohne Bauwerk“ verfügt über kein Bauwerk mehr
- Ein Bauwerk liegt vor als Standardfall
- Mehrere Bauwerke im Hauptlauf hintereinander
- Mehrere Bauwerke im Hauptlauf nebeneinander

Der Fall „**Standort ohne Bauwerk**“ tritt z.B. nach Umsetzung eines Bauwerkrückbaus am Standort ein und dient somit zur Dokumentation einer erfolgreichen Maßnahme.

Liegt **nur ein Querbauwerk** vor, so kann die Bewertung in den Stufen 2 bis 5 gemäß nachfolgender Beschreibung erfolgen, ohne dass zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen.

Liegen mehrere Bauwerke im Hauptlauf, so sind bei **parallelen Bauwerken** jeweils Einzelbewertungen der Bauwerke von der Stufe 2 bis 5 gemäß nachfolgender Beschreibung erforderlich. Abschließend erfolgt eine Mittelung der Bauwerksbewertungen je Einzelparameter Geschiebe, Schwebstoffe und morphologische Entwicklung (dies kann bei entsprechendem Wissen auch anteilig über die Abflussanteile bei MQ erfolgen). Wenn sedimentdurchgängige, parallele Querbauwerke im Hauptlauf vorhanden sind, kann ein Teil der auftretenden Defizite in der Sedimentdurchgängigkeit kompensiert werden. Um das Verfahren einfach zu halten, beschränkt sich das vorliegende Bewertungsschema auf den Flussbereich des Hauptlaufes mit dem anteilmäßig größten Abfluss bei MQ. Dieser Ansatz des MQs beruht auf der Annahme, dass die Abflussaufteilung bei MQ und sich von der Abflussaufteilung bei bettbildenden (bzw. bordvollen) Abfluss nicht merklich unterscheidet. Ist der bettbildende (bzw. bordvolle) Abfluss am Bauwerksstandort bekannt, kann dieser alternativ zur Selektion des Hauptlaufes und der Abflussaufteilung für parallele Bauwerke herangezogen werden.

Liegen **mehrere Bauwerke hintereinander** im Hauptlauf vor, so erfolgt für die Bauwerke jeweils eine Einzelbewertung in der Stufe 2 bis 5 gemäß nachfolgender Beschreibung. Abschließend eine Einstufung der Bauwerksbewertungen je Einzelparameter Geschiebe, Schwebstoffe und morphologische Entwicklung nach dem „Worst-Case“ Prinzip. Hierzu ist in Abbildung 4-4 ein Beispiel gegeben.



**Abbildung 4-4: Aggregation der Bewertung bei mehreren Bauwerken hintereinander im Mutterbett (SGD = Sedimentdurchgängigkeit)**

Nebenläufe (z.B. Umgehungsgerinne) werden ausdrücklich nicht in der Sedimentdurchgängigkeit mitbewertet, da diese nicht für den gewässertypischen Geschiebetransport relevant bzw. für das Sedimenttransportgeschehen unbedeutend sind.

#### 4.3.1.2 Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit je nach Bauwerkstyp (Stufe 2)

Je nach Bauwerkstyp am Querbauwerksstandort erfolgt in der Stufe 2 die Einstufung der Wirkung auf Geschiebe, Schwebstoffe und die morphologische Entwicklung (Tabelle 4-6). In Tabelle 4-6 werden die Bauwerke in ihrem "Initialzustand" mit ihren Auswirkungen auf die Hydraulik und die Sedimentdurchgängigkeit beschrieben. Im Laufe der Zeit findet jedoch ein morphologischer Reifeprozess durch Sedimentumlagerung statt, der die Beurteilung der Sedimentdurchgängigkeit wesentlich verändern kann. Dieser Prozess wird in Stufe 4 berücksichtigt.

Für die Definition der jeweiligen Bauwerksbegriffe wird auf die DIN 19661-2 und Kap. 5 verwiesen. Eine Rampe oder eine Gleite kann im Oberwasser wie eine Grundschwelle (gemäß Definition der DIN 19661-2 und DVWK 118) wirken, wenn die lokale Ausbildung der Rampe/Gleite am Oberwasserrand in Form einer betterhöhenden Steinschüttung über dem alten Gewässerbett vorliegt. Ist dies der Fall, so ist im Einzelfall abzuwägen, ob gemäß Tabelle 4.6 eine kombinierte Bewertung aus "Grundschwelle" und "Rampe bzw. Gleite" zu führen ist, oder ob die reine Bewertung der Rampe bzw. Gleite genügt. Dies hängt unter anderen auch vom morphologischen Reifezustand der Grundschwelle im Oberwasser ab.

Eine Rampe oder eine Gleite wirkt fast immer wie eine Sohlschwelle (gemäß Definition der DIN 19661-2 und DVWK 118), wenn die lokale Ausbildung der Rampe/Gleite am Oberwasserrand in Form einer sohlgleichen Steinschüttung in der Achse des alten Gewässerbettes vorliegt oder der morphologische Reifezustand für eine Grundschwelle erreicht ist. In diesem Fall genügt eine reine Bewertung der Rampe bzw. Gleite ohne Berücksichtigung der Sohlschwelle.

Furten, Brücken und Leitungsdüker werden nicht als Querbauwerke erfasst und erfahren folglich keine Bewertung. Weisen sie im Einzelfall eine morphodynamisch, nicht zu vernachlässigende Wirkung auf, so kann je nach Maß der Einschnürung und Sohlsicherung, eine analoge Einstufung z.B. als Sohlschwelle oder Durchlass erfolgen.

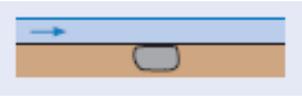
Bauwerke parallel zum Gewässer, wie Deiche, Hochwasserschutzwände und Dämme werden nicht als Querbauwerke erfasst und erfahren eine indirekte Berücksichtigung auf Ebene der Wasserkörper.

Technische Fischtreppe und Fischaufstiegsanlagen im Haupt- oder Nebenlauf gelten durch ihre untergeordnete, zu vernachlässigende hydromorphologische Wirkung als nicht relevant für die Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort und werden nicht mitbewertet. Zur Bewertung des Standortes einer Wasserkraftanlage (WKA) ist nur das zugehörige Quer- bzw. Staubaufwerk (z.B. Wehr) zu bewerten, die WKA selbst wird nicht bewertet.

Zur Bewertung von Stauen (z.B. landwirtschaftliche Staue), die im Winter offenbleiben und im Sommer verschlossen (gestaut) werden, kann eine Bewertung z.B. über bewegliche Wehre u.a. mit Verbesserung in der Stufe 3 (Steuerung) erfolgen.

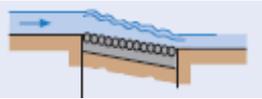
Liegen Angaben zu den Höhen der Querbauwerke vor, sollten diese genutzt werden, um bei der pauschalen Einstufung in „Schwellen“ in Grund-, Sohl- oder Stützwelle zu differenzieren. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob die Zuordnung des Bauwerkstyps über die Benennung nach DIN mit den beschriebenen Funktionsweisen, denen vor Ort entspricht. Beispielsweise gibt es Schöpfwerke (z. B. Schöpfwerk Philippsburg am Rhein) an der Mündung von Nebengewässern, die nur im Hochwasserfall des Hauptgewässers geschlossen werden. Die Funktion eines solchen Schöpfwerkes wäre in diesem Fall eher mit der Funktion eines Sperrwerks und folglich dessen Wirkung auf die Sedimentdurchgängigkeit zu vergleichen.

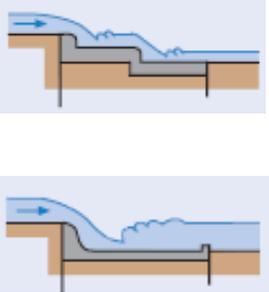
**Tabelle 4-6: Hydraulische und morphologische Wirkungen von Querbauwerken im Initialzustand (z.T. nach Dumont et al. 2005, überarbeitet und erweitert) inkl. Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit**

Bauwerkstyp	Hydraulische Wirkung	Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit	Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit
<p>Sohlschwelle</p> 	<p>An Sohlschwellen tritt nur ein lokal verminderter Fließwiderstand auf, dies hat kaum erkennbare hydraulische Auswirkungen.</p>	<p>Geschiebe und Schwebstoffe können das Querbauwerk ungehindert passieren, daher als sedimentdurchgängig zu bewerten.</p> <p>→ Sedimentdurchgängig für Geschiebe (Index 1)</p> <p>→ Sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 1)</p> <p>Lokale Reduzierung bis Unterbindung der Sohlenerosion, lokale Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts. Sohlschwellen unterbinden lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen (nur im Bauwerksbereich).</p> <p>→ Lokale Unterbindung morphologischer Entwicklungen im Bauwerksbereich (Index 2)</p>	<p>Geschiebe: Index 1</p> <p>Schwebstoffe: Index 1</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 2</p>
<p>Grundschwelle</p> 	<p>Je nach Höhe der Grundswellen kann ein Aufstau (Rückstau im Oberwasser) und ein lokal erhöhtes Wasserspiegelgefälle im Bauwerk und ins Unterwasser erzeugt werden. Ist die Höhe der Grundschwelle bzw. die Einschnürung des Querschnittes gering, wird kein Aufstau hervorgerufen.</p> <p>Je nach Höhe der Schwelle und je nach Gewässertyp (Gefälle), stellt sich im Oberwasser kein oder ein (mehr oder minder) ausgedehnter Rückstau ein.</p>	<p>Allenfalls geringer Geschieberückhalt, kaum Sedimentation von Feinmaterial oberhalb der Schwelle. Die meisten Schwebstoffe können das Querbauwerk passieren.</p> <p>Je nach Höhe der Schwelle und je nach Gewässertyp (Gefälle) ist die Grundschwelle als nahezu vollständig sedimentdurchgängig bis wenig sedimentdurchgängig zu bewerten.</p> <p>→ Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe (Index 2)</p> <p>→ Sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 1)</p> <p>Lokale Reduzierung bis Unterbindung der Sohlenerosion, lokale Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts. Die Fixierung der Sohlstrukturen einer Gewässerstrecke wächst mit abnehmendem Abstand der Schwellen. Grundswellen unterbinden z.T. lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen. Diese Überprägung reicht von der Stauwurzel bis ins Unterwasser des Bauwerks.</p>	<p>Geschiebe: Index 2</p> <p>Schwebstoffe: Index 1</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 3</p>

Bauwerkstyp	Hydraulische Wirkung	Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit	Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit
		→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)	
<p>Stützwehr und Stützschwelle</p> 	<p>Es wird ein Aufstau/Rückstau im Oberwasser und ein Fließwechsel im nahen Unterwasser bewirkt. Das Wasserspiegelliniengefälle oberhalb der Schwelle/des Wehres wird reduziert.</p> <p>Die Ausbildung der sich einstellenden Wasserspiegeldifferenz hängt von der Höhe der Schwelle/des Wehres, der Energiehöhe im Oberwasser und der Breite des Wehres ab.</p> <p>Zusätzlich spielen auch Schwell-/Wehrform, Anzahl der Wehrfelder, ggf. Wehrsteuerungen, zusätzliche Einbauten wie Klappen und Pfeiler usw. eine hydraulische Rolle.</p>	<p>Geschiebe und/oder Schwebstoffe können sich ablagern. Im Rückstaubereich wird der Transport reduziert oder kommt zum Erliegen (Akkumulation).</p> <p>Bei festen Schwellen und Wehren (ohne Steuerung &gt;&gt; Bewegliches Wehr oder temporärer Unterströmung &gt;&gt; Schütz) kann nur sehr wenig bis kein Geschiebe und sehr wenige Schwebstoffe das Querbauwerk passieren und sind daher als sedimentundurchgängig zu bewerten.</p> <p>→ Sedimentundurchgängig für Geschiebe (Index 5)</p> <p>→ Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 2)</p> <p>Im Unterwasser kann lokal ein Geschiebedefizit auftreten. Meist befinden sich Sohlsicherungen im Unterwasser, die Erosionen im Bereich des Wechselsprungs verhindern. Stützswellen/-wehre unterbinden fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen. Diese Überprägung reicht von der Stauwurzel bis ins Unterwasser des Bauwerks.</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser, also im gesamten Standort (Index 4)</p>	<p>Geschiebe: Index 5</p> <p>Schwebstoffe: Index 2</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 4</p>
<p>Bewegliches Wehr und Sperrwerk</p> <p>Der Begriff "Bewegliches Wehr" erfasst gesteuerte Wehre (z.B. auch mit Schütz), die über- oder/ und unterströmt werden können.</p>	<p>Analog zum Stützwehr, mit folgenden Ergänzungen:</p> <p>Die Ausbildung der sich einstellenden Wasserspiegeldifferenz hängt zusätzlich von der Öffnungsart (seitlich/nach oben/nach unten) und der Öffnungsweiten ab.</p>	<p>Analog zum Stützwehr, mit folgenden Ergänzungen:</p> <p>Je nach Häufigkeit, Dauer und nach Öffnungsart kann die Sedimentfracht (Geschiebe, Schwebstoffe) aus dem Oberwasser das Bauwerk nahezu frei passieren. Rück- und Sekundärströmungen an Bauwerken können zusätzlich Sedimente mobilisieren oder lokal auch im Bauwerksbereich ablagern.</p> <p>Auch während der Schließphase sedimentiertes Sediment kann in Zeiträumen der Bauwerksöffnung remobilisiert werden. Hierbei zeigen sich häufig Remobilisierungen der Feinsedimente.</p>	<p>Überströmtes Bauwerk:</p> <p>Geschiebe: Index 4</p> <p>Schwebstoffe: Index 3</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 4</p>

Bauwerkstyp	Hydraulische Wirkung	Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit	Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit
	<p>Zusätzlich spielen auch Anzahl der Segmente, zusätzliche Einbauten wie Pfeiler usw. eine hydraulische Rolle.</p> <p>Beim Öffnen und Schließen treten Schwall- und Sunkwellen im Ober- und Unterwasser auf. Im geöffneten Zustand treten Rück- und Sekundärströmungen auf.</p>	<p>→ Nach Steuerung und Verbau leicht eingeschränkte bis eingeschränkte Sedimentdurchgängigkeit für Geschiebe (Index 2 bis 4)</p> <p>→ Nach Steuerung und Verbau leicht bis mäßig eingeschränkte Sedimentdurchgängigkeit für Schwebstoffe (Index 2 bis 3)</p> <p>Schwall- und Sunkwellen haben mobilisierende Wirkungen auf das anstehende Ufersediment und können zur Ufererosion führen.</p> <p>Temporäre Überprägung der fließgewässertypischen, morphologischen Entwicklungen und der Sedimentdurchgängigkeit, daher ist hier eine Abstufung zur Dauer und Häufigkeit der Schließungen bzw. Öffnungen sinnvoll.</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser. Je nach Steuerung innerhalb oder im gesamten Standort (Index 3 bis 4)</p>	<p>Phasenweise unter- und überströmtes Bauwerk:</p> <p>Geschiebe: Index 3</p> <p>Schwebstoffe: Index 2</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 3</p> <p>Unterströmtes Bauwerk:</p> <p>Geschiebe: Index 2</p> <p>Schwebstoffe: Index 2</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 3</p>
Schöpfwerk und Schleusen	<p>Es erfolgt ein dauerhafter Aufstau/Rückstau im Oberwasser und eine kontrollierte Abgabe eines Zuflusses im Unterwasser.</p> <p>Die Ausbildung der sich einstellenden Wasserspiegeldifferenz hängt von dem weitergegebenen Abfluss ins Unterwasser und der Energiehöhe im Oberwasser ab.</p>	<p>Durch die Schleusen und das Schöpfwerk wird der Geschiebetransport voll unterbunden.</p> <p>Ein Anteil der Schwebstoffe kann ins Unterwasser weitergegeben werden. Dennoch ist auch von einer Überprägung der Sedimentdurchgängigkeit für Schwebstoffe auszugehen, daher ist hier eine Abstufung je nach Anteil des Abflusses ins Unterwasser sinnvoll.</p> <p>→ Sedimentundurchgängig für Geschiebe (Index 5)</p> <p>→ Mäßig eingeschränkt sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 3)</p> <p>Dauerhafte Überprägung der fließgewässertypischen, morphologischen Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser, also im gesamten Standort (Index 4)</p>	<p>Geschiebe: Index 5</p> <p>Schwebstoffe: Index 3</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 4</p>

Bauwerkstyp	Hydraulische Wirkung	Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit	Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit
<p>Durchlass, Verrohrung, Verdolung</p>	<p>Je Höhenversatz im Oberwasser, nach Einschnürungsgrad bzw. Abflusszustand (freier Abfluss bis Druckabfluss) im Durchlass tritt ein Aufstau im Oberwasser auf. Das Wasserspiegelliniengefälle oberhalb des Durchlasses wird reduziert.</p> <p>Die Ausbildung der sich einstellenden Wasserspiegeldifferenz hängt von der Länge, der Neigung, dem Durchlassprofil und der Energiehöhe im Oberwasser ab.</p> <p>Zusätzlich spielen auch Anzahl der Durchlässe, Klappen/ Steuerungen, Material des Durchlasses usw. eine hydraulische Rolle.</p>	<p>Geschiebe und/oder Schwebstoffe können sich im Rückstaubereich (Oberwasser) ablagern. Durch die Einschnürung des Fließquerschnittes können Geschiebe und Schwebstoffe das Querbauwerk passieren. Daher können Durchlässe als eingeschränkt (Höhendifferenz, Einschnürung des natürlichen Profils und fließgewässerspezifisch) sedimentdurchgängig bewertet werden.</p> <p>→ Mäßig eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe (Index 3)</p> <p>→ Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 2)</p> <p>Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts. Im Unterwasser können Erosionen im Bereich des Auslasses auftreten. Überprägung der fließgewässertypischen, morphologischen Entwicklungen durch Rückstau im Oberwasser, unnatürliches Sohlsubstrat im Durchlass und Sohlsicherungen im Unterwasser</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p>	<p>Geschiebe: Index 3</p> <p>Schwebstoffe: Index 2</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 3</p>
<p>Sohlrampe (Gefälle ca. 1:3 bis 1:10)</p>  <p>Sohlgleite (Gefälle ca. 1:10 bis 1:30)</p> 	<p>Ein Rückstau im Oberwasser von Rampen tritt nur dann auf, wenn das Sohlgefälle (z.B. durch Anhebung) im Oberwasser reduziert wurde und/oder zusätzlich eine Sohlschwelle am Kopf der Rampe eingebunden wurde.</p> <p>Ist die Gleite ohne eine derartige Baumaßnahme ins Gewässer eingebunden, kann sich im Oberwasser eine Beschleunigungsstrecke (geringere Wassertiefe, höhere Strömungsgeschwindigkeit) einstellen. Der Kopf-</p>	<p>Falls Rückstau im Oberwasser: Wirkungen wie &gt;&gt; Grundschwelle (vgl. ergänzende Erläuterungen in Kap. 4.3.1.2)</p> <p>Falls Sohlrampe ohne Rückstau: Das lokale Gefälle nimmt zu und das natürliche Sohlsubstrat wird durch ein gröberes Substrat überdeckt. Geschiebe und Schwebstoffe können das Querbauwerk passieren, so dass eine Sedimentdurchgängigkeit gegeben ist.</p> <p>→ Sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe (Index 1)</p> <p>Im Oberwasser können Sedimente in der Beschleunigungsstrecke mobilisiert werden, die z.B. im Unterwasser des Bauwerks sedimentieren. Im Bauwerk ist von einer Verhinderung der Ausbildung</p>	<p>Geschiebe und Schwebstoffe: Index 1</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 3</p>

Bauwerkstyp	Hydraulische Wirkung	Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit	Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit
	<p>punkt (im Oberwasser) und der Fußpunkt (Unterwasser) werden meist gegen rückschreitende Erosion gesichert.</p> <p>Die erhöhte Fließgeschwindigkeit im Bauwerk wird maßgeblich durch das Gefälle der Ausbaustrecke/des Bauwerks, das Sohlmaterial und den Querschnitt bestimmt. Die Energieumwandlung im Bauwerk hängt von dem Sohlmaterial im Bauwerk (Rauhigkeit) ab.</p> <p>Im Unterwasser bzw. im Bauwerk kann ein Fließwechsel stattfinden.</p>	<p>von gewässertypischen Sohlenstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts auszugehen, so dass lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen unterbunden werden.</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Beschleunigungstrecke bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p>	
<p>Absturz, Absturztreppe</p> 	<p>Ein Rückstau im Oberwasser von Abstürzen tritt nur dann auf, wenn das Sohlgefälle (z.B. durch Anhebung) im Oberwasser reduziert wurde und/oder zusätzlich eine Sohlschwelle am Kopfpunkt eingebunden wurde.</p> <p>Ist der Absturz ohne eine derartige Baumaßnahme ins Gewässer eingebunden, zeigt sich im Oberwasser eine Beschleunigungstrecke (geringere Wassertiefe, höhere Strömungsgeschwindigkeit). Der Kopfpunkt (im Oberwasser) und der Fußpunkt (Unterwasser) werden meist gegen rückschreitende Erosion gesichert.</p> <p>Die erhöhte Fließgeschwindigkeit im Bauwerk wird maßgeblich durch die Absturzhöhe <math>H_w</math> des Bauwerks und den Querschnitt bestimmt. Auch die Anzahl der Abstürze und deren Abstand nehmen Einfluss auf die hydraulische Wirkung.</p>	<p>Falls Rückstau im Oberwasser: Wirkungen wie &gt;&gt; Grundschwelle (vgl. ergänzende Erläuterungen in Kap. 4.3.1.2)</p> <p>Falls Absturz ohne Rückstau: Das natürliche Gefälle wird abrupt unterbrochen und das natürliche Sohlsubstrat durch unbewegliches Sohlmaterial überdeckt. Geschiebe und Schwebstoffe können das Querbauwerk passieren, so dass eine Sedimentdurchgängigkeit gegeben ist.</p> <p>→ Sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe (Index 1)</p> <p>Im Oberwasser können Sedimente in der Beschleunigungstrecke mobilisiert werden, die z.B. im Unterwasser des Bauwerks sedimentieren. Im Bauwerk ist von einer Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlenstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts auszugehen, so dass lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen unterbunden werden.</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Beschleunigungstrecke bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p>	<p>Geschiebe und Schwebstoffe: Index 1</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 3</p>

Bauwerkstyp	Hydraulische Wirkung	Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit	Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit
	Die Energieumwandlung im Bauwerk erfolgt durch den Übergang vom Schießen zum Strömen (Wechselsprung im Unterwasser).		
Talsperren	<p>Talsperren riegeln meist den gesamten Talraum ab und unterteilen daher ein potentiell natürliches Einzugsgebiet in zwei nahezu unabhängige Teilgebiete.</p> <p>Große Aufstauhöhen, Erzeugung eines Stausees mit meist weitreichendem Rückstau ins Fließgewässer, deutliche Veränderung des Abflussregimes des Gewässers unterhalb der Talsperre durch einen konstanten oder nahezu konstanten Abfluss im Unterwasser</p> <p>Durch die fehlenden Variationen des Fließregimes im Unterwasser ist dort meist auch die Hydraulik stark überprägt.</p>	<p>Talsperren riegeln die Teileinzugsgebiete und Fließgewässer unterhalb der Talsperre vollständig vom Sedimenthaushalt oberhalb ab.</p> <p>Schwebstoffe und Geschiebe werden vollständig zurückgehalten.</p> <p>Lediglich bei Abschlägen ins Unterwasser über Grundauslässe kann ein sehr geringer Teil des Feinsediments ins Unterwasser weitergegeben werden. Dieser Anteil wird als marginal eingestuft.</p> <p>Vollständiger Geschieberückhalt im Oberwasser, der allenfalls durch Entnahme aus Vorsperren mit Wiedereinbringung des Geschiebes unterhalb der Talsperre reduziert werden kann.</p> <p>→ Sedimentundurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe (Index 5)</p> <p>Der Sedimenthaushalt im Unterwasser ist fast immer durch fehlende Variationen des Fließregimes und durch Sedimentdefizit gestört.</p> <p>Von der Stauwurzel bis zur Mündung des Gewässers ist von einer Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlenstrukturen und Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbettts auszugehen, so dass lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen unterbunden werden.</p> <p>→ Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis zur Gewässermündung, also über den Standort hinaus (Index 5)</p>	<p>Geschiebe und Schwebstoffe: Index 5</p> <p>morphologische Entwicklung: Index 5</p>

#### 4.3.1.3 Temporäre Sedimentdurchgängigkeit, Bauwerkssteuerung und transportwirksamer Abfluss (Stufe 3)

Eine temporäre Sedimentdurchgängigkeit an einem Querbauwerk kann durch zwei Maßnahmen erzielt werden:

- durch eine Bauwerkssteuerung bei transportwirksamem Abfluss oder/und durch eine Sedimentbewirtschaftung
- durch gezielte Umlagerung (z.B. Entnahme im Oberwasser und Zugabe im Unterwasser) am Bauwerk.

Unabhängig von der Maßnahme muss das Bauwerk dabei so bewirtschaftet werden, dass mind. einmal im Jahr der Weitertransport für Geschiebe und Schwebstoffe gewährleistet ist. Es ist sicherzustellen, dass nur unbelastete und gewässertypspezifische Substrate mit entsprechenden Korngrößenverteilungen mobilisiert werden, s. Kap. 4.3. Grundsätzlich sollte der Sedimenttransport bei den entsprechenden Abflussverhältnissen möglichst kontinuierlich zugelassen werden. Eine Kompensation z. B. im Rahmen von Geschiebezugaben ist positiv für den Sedimenthaushalt und damit positiv zu bewerten (Verbesserung um eine Indexstufe).

Ob für diesen Weitertransport eine Teilöffnung oder Vollöffnung des Bauwerkes notwendig ist, kann nicht pauschal beurteilt werden. Grundsätzlich muss die Wirksamkeit des Transports für Geschiebe und Schwebstoffe gegeben sein. Dies erfordert evtl. eine Prüfung der Wirkung im Einzelfall.

Für die Bauwerkssteuerung bei transportwirksamem Abfluss spielt die Dauer bzw. Häufigkeit eines ungehinderten sedimentdurchgängigen Abflusses eine Rolle. Dieser transportwirksame bzw. bettbildende Abfluss orientiert sich am potentiell natürlichen bordvollen Abfluss, der annähernd als erste Schätzgröße für den bettbildenden Abfluss gesehen werden kann (Dolye et al., 2007).

Der potentiell natürliche bordvolle Abfluss variiert je nach Fließgewässertyp und empirischen Berechnungsvorschriften zwischen MQ und HQ<sub>5</sub>. Die exakte Wahl des bordvollen Abflusses wird hier offengelassen und in Tabelle 4-7 eine Übersicht zu den verfügbaren Ansätzen gegeben. Z.B. empfiehlt Scherle (1998): „(...) der jeweilige MHQ-Wert kann in guter Näherung ersatzweise für den zweijährigen Hochwasserabfluss und in grober Näherung für den einjährigen Abfluss verwendet werden. (...)“.

Der Schätzwert zum heute potentiell natürlichen bordvollen Abflusses kann über aufwendige Auswertungen und Verfahren gewässerspezifisch ermittelt werden und ersetzt dann den hier empfohlenen Schätzwert. Eine gewässertypbezogene Ermittlung wurde z.B. in Koenzen et al. 2016 vorgenommen.

Er ermittelte u.a., dass für kleine bis mittlere, sandige Fließgewässer der Bordvollabfluss ( $Q_{bf}$ ), der Abfluss ist der ca. an 300 Tagen im Jahr unterschritten wird, gelten kann. Diese Wahl des Abflusses  $Q_{300}$  bzw. Überflutung der Aue an ca. 60 Tagen ist ökologisch mit der natürlichen Überflutungshäufigkeit von Hartholz-Auenwäldern begründet. Eine Auswahl bordvoller Abflüsse ist in Tabelle 4-7 gegeben.

Tabelle 4-7: Berechnung und Schätzwerte zum bordvollen Abfluss

Gewässertyp	Formel für $Q_{bf}$	Quelle
Keine Eingrenzung	$MHQ \sim HQ_1 \text{ bis } HQ_2$	Scherle, 1998
Fließgewässer in der USA	$HQ_{1.5}$	Leopold et al., 1992
Fließgewässer in Wyoming und Colorado, USA	$HQ_{1.2} \text{ bis } HQ_{1.4}$	Andrews, 1980
$Q_{bf}$ als Funktion der Einzugsgebietsgröße $A_{EZG}$ Mit $c_Q =$ je Gewässertyp Mit $\delta = 0,6 \text{ bis } 0,95$	$C_Q \cdot (A_{EZG})^\delta$	u.a. Knighton, 1998
alle Einzugsgebiete größer $1000 \text{ km}^2$	$MQ^{(**)}$	Koenzen et al. 2016
Einzugsgebiete kleiner $1000 \text{ km}^2$ und dem LAWA-Gewässertyp 11 & 12 (organisch geprägte Bäche und Flüsse)	$Q_{183}$ (Umrechnung über $MQ \cdot 0.81$ )	Koenzen et al. 2016
Einzugsgebiete kleiner $1000 \text{ km}^2$ und dem LAWA-Gewässertyp 18 (Löss-lehmgeprägte Tieflandbäche)	$Q_{330}$ (Umrechnung über $MQ \cdot 2.06$ )	Koenzen et al. 2016
Einzugsgebiete kleiner $1000 \text{ km}^2$ und sonstige LAWA-Gewässertypen	$Q_{300}$ (Umrechnung über $MQ \cdot 1.4$ )	Koenzen et al. 2016

(\*\*) es wurden keine Pegeldata zur Verifizierung ausgewertet

#### 4.3.1.4 Morphologischer Reifezustand (Stufe 4)

Neben dem Bauwerkstyp spielt vor allem der morphologische Reifezustand, der sich aus dem Alter, der Sedimentdynamik im Gewässer und der morphologischen Anpassung des Standortes ergibt, eine Rolle und fließt daher mit in die Bewertung ein. Der morphologische Reifezustand kann über drei Methoden ermittelt werden:

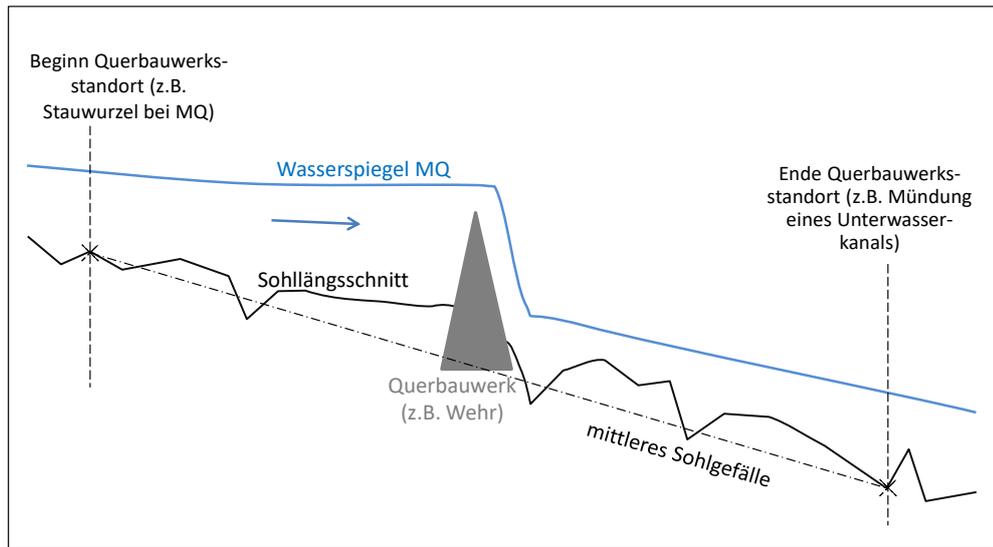
- Morphologischer Reifezustand ist durch Sedimentation des Stauraumes erreicht
- Rechnerische Bestimmung über das Verhältnis vorhandenes Sohlgefälle im Vgl. zum potentiell natürlichem Sohlgefälle je nach Fließgewässertyp
- Rechnerische Bestimmung durch den Abgleich potentiell natürlicher und künstlicher Absturzhöhen bzw. Höhendifferenzen

Der **morphologische Reifezustand** gilt als erreicht, wenn ein Stauraum im Oberwasser vollständig sedimentiert bzw. gefüllt und so wieder nahezu sedimentdurchgängig ist. Dies kann z.B. aus Sohlpeilungen oder bathymetrischen Vermessungen bzw. nach einem Ablassen des Wassers aus dem Stauraum auch über terrestrische Vermessungen geprüft werden. Als gefüllt gelten Stauräume, bei denen die Sedimentation im Oberwasser nahezu bis an die Krone des Bauwerkes reichen bzw. die verbleibende Höhendifferenz zwischen Sohlage im Oberwasser und der Bauwerkskrone im natürlichen Schwankungsbereich der Sohlhebungen oder -eintiefungen entlang des Fließweges liegen.

Alternativ kann die Bewertung auch über das im Querbauwerksstandort vorliegende mittlere **Sohlgefälle** mit dem potentiell natürlichen Sohlgefälle gegenübergestellt werden.

- (1) Das mittlere Sohlgefälle im Standort wird gemäß der Definition von der Stauwurzel oder der Beschleunigungsstrecke bei mittlerem Abfluss (MQ) oberhalb des Bauwerks bis unterhalb der Mündung eines eventuell vorhandenen Unterwasserkanals des Querbauwerks verstanden (Abbildung 4-5).

Das aktuelle vorliegende Sohlgefälle am Standort kann z.B. aus Sohlpeilungen, bathymetrischen Messungen oder durch terrestrische Vermessung ermittelt werden.



**Abbildung 4-5: Skizze zur Ermittlung des mittleren Sohlgefälles im Querbauwerksstandort**

- (2) Um das potentiell natürliche Sohlgefälle zu bestimmen, werden das Talgefälle und der Windungsgrad erhoben. Das Talgefälle  $I_{Tal}$  beschreibt den Höhenunterschied des Talbodens in Fließrichtung. Das potentiell natürliche Talgefälle kann aus den Steckbriefen der Fließgewässertypen der LAWA (Pottgiesser und Sommerhäuser, 2008) bzw. der Tabelle 4-8 oder Koenzen et al. (2016) entnommen werden.
- (3) Der Windungsgrad beschreibt das Verhältnis aus Gewässerslänge zur Talbodenlänge. Der potentiell natürliche Windungsgrad kann aus der Tabelle 4-8 bzw. aus Koenzen et al. (2016) entnommen werden.

**Tabelle 4-8: Morphologische Gewässertypen nach LAWA 1999 ergänzt mit Beschreibungen aus Briem 2003, BWK 2009 und Otto 1991**

Typ	Beschreibung aus Briem 2003, BWK 2009 und Otto 1991
<b>Kerb- und Klammtal</b>	2 – 50 natürliche Absturzhöhen pro km in m Gefälle für Klammtäler > 10% Gefälle für Kerbtäler 1 – 10% Windungsgrad: 1,01 bis 1,06
<b>Sohlenkerbtalgewässer</b>	Gefälle für Sohlenkerbtäler 1 – 2 % Windungsgrad: 1,06 bis 1,5
<b>Mäandertal</b>	0 – 2 natürliche Absturzhöhen pro km in m Gefälle für Mäandertäler: 0,4 bis 3 % Windungsgrad: 1,01 bis 1,3
<b>Aue- und Muldentäler</b>	Gefälle für Muldentäler: 0,2 bis 1 % Windungsgrad: 1,5 bis 2,0
<b>Auentalgewässer mit kiesigem Sediment</b>	Gefälle für Auentalgewässer: 0,03 bis 0,5 % Windungsgrad: 1,5 bis 2,0
<b>Flachland- und Niedergewässer</b>	0 natürliche Absturzhöhen pro km in m Gefälle für Flachlandgewässer: < 0,1 % Windungsgrad: 1,25 bis 2,0

- (4) Das Verhältnis aus mittlerem Sohlgefälle zu dem potentiell natürlichen Sohlgefälle ergibt das Maß der Abweichung zum potentiell natürlichen Gefälle:

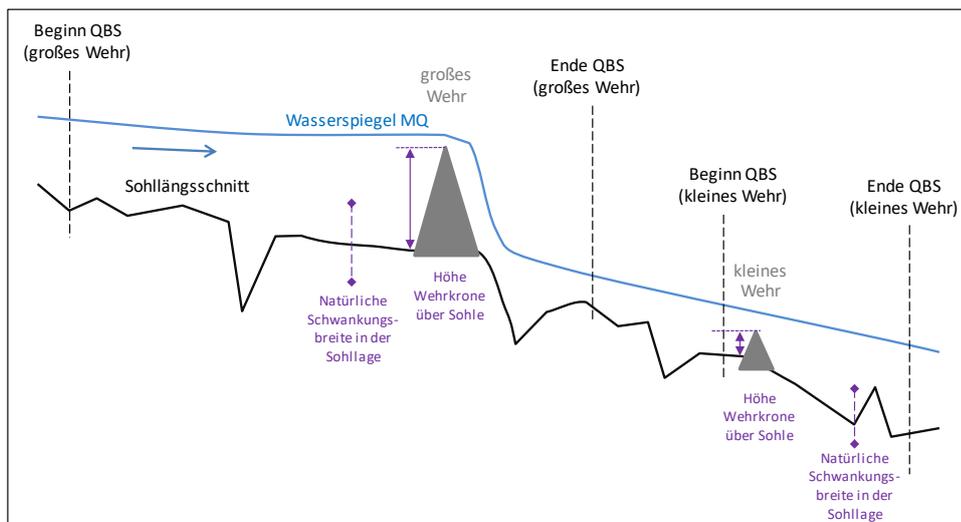
$$Index_{MR} = \frac{Sohlgefälle_{Standort}}{Talgefälle_{hpNG} \times Windung_{hpNG}}$$

mit: MR = Morphologische Reife

Für einen Index zwischen 0,5 und 2 gilt der morphologische Reifezustand als eingehalten.

Von einem morphologischen Reifezustand kann alternativ gesprochen werden, wenn die Höhe des Querbauwerks (Stau- oder Absturzhöhe) nachweislich im natürlichen **Schwankungsbereich der Höhendifferenzen** der Sohlage über den Fließweg (z.B. Riffel-Pool-Tiefe bzw. Kolk-tiefen, natürliche Abstürze o.ä.) im angrenzenden Ober- und Unterlauf des Bauwerks liegen. Ein Nachweis hierzu kann rechnerisch aus vermessenen Längsprofilen und Sohlagenmessungen abgeleitet werden.

- (1) Hierbei wird die Höhe der Bauwerkskrone  $dH_{Standort}$  über der Sohle mit den Sohlhöhen-schwankungen in Fließrichtung verglichen. Bauwerksbedingte Kolk-tiefen- und Höhenänderungen dürfen nicht bei der Gegenüberstellung der Höhen herangezogen werden. Wie in Abbildung 4-6 deutlich wird, ergänzt und stützt die Prüfung der Höhen das Kriterium des gefüllten Stauraumes.



**Abbildung 4-6: Vergleich der Höhe des Bauwerks (Krone über der Sohle) zur natürlichen Schwankungsbreite der Sohlhöhenänderung in Fließrichtung (QBS = Querbauwerksstandort)**

- (2) Die potentiell natürlichen Absturzhöhen  $dH_{hpNG}$  können entweder grob über Tabellenwerke (z.B. Tabelle 4-8) ausgelesen werden oder exakter aus der gemessenen Sohlage ohne Bauwerke infolge der Höhenschwankungen abgeleitet werden.
- (3) Das Verhältnis aus den vorhandenen und den potentiell natürlichen Sohlhöhendifferenzen ergibt das Maß der Abweichung:

$$Index_{MR} = \frac{dH_{Standort}}{dH_{hpNG}}$$

mit: MR = Morphologische Reife

Für einen Index zwischen 0,5 und 2 gilt der morphologische Reifezustand als eingehalten.

Ist nicht mit Sicherheit feststellbar, ob der morphologische Reifezustand eingetreten ist, so ist er als nicht eingetreten zu bewerten. Liegt die Bauwerkshöhe bzw. das lokale Gefälle im Vergleich zum potentiell natürlichen Höhenunterschied bzw. Sohlgefälle um ein Vielfaches höher, ist ebenfalls der morphologische Reifezustand als nicht eingetreten zu bewerten.

#### 4.3.1.5 Abweichung der Breite von der hpnG-Breite im Oberwasser (Stufe 5)

Die Betrachtung der Abweichung der Gewässerbreite am Querbauwerk von der hpnG-Breite im Oberwasser wird nur für Stauräume und Rückstaubereiche empfohlen. Eine Bewertung für Beschleunigungsstrecken, die zur Minderung des Erosionsdrucks zum Teil aus konstruktiven Gründen Aufweitungsbereiche im Oberwasser bieten müssen, um einer Tiefenerosion entgegenzuwirken, sollten hier ohne eine Einstufung verbleiben. Ebenso ist zu beachten, eine positive Bewertung bei Stauräumen und Rückstaubereichen zu vermeiden, wenn die heutige Breite annähernd der hpnG-Breite entspricht, dies aber im heutigen Zustand keine natürliche oder typkonforme Aufweitung des Gerinnebettes darstellt, sondern bauwerksbedingt induziert ist (vgl. Rosenzweig et al. 2012).

Eingangsdaten zur Berechnung:

- Maximale vorhandene Gewässerbreite  $B_{\text{Bauwerk}}$  bei MQ am Standort
- Sohlsubstrat (Ton bis Kies) für die Wahl der empirischen Formel und zur Schätzung der Sohlrauheit
- Bordvoller Abfluss  $Q_{\text{Bordvoll}}$  am Standort oder MQ-Abfluss und Gewässertyp zur Berechnung des bordvollen Abflusses mittels Tabelle 4-7
- Vorhandenes mittleres Sohlgefälle  $I_{\text{Sohle}}$  am Standort bzw. im Wasserkörper
- Annahme zur Böschungstiefe  $m$  (z.B. 1 oder 3)
- Annahme bordvoller Abfluss heute = bordvoller Abfluss hpnG

Ein Abgleich zwischen der hpnG-Breite und der maximalen Gewässerbreiten bei MQ am Standort im Ist-Zustand erfolgt auf Basis von vorliegenden Daten (Gewässerbreite im Oberwasser) bzw. Karten (z.B. Staubreite im Oberwasser).

Die Berechnung der hpnG-Breite kann unter anderem auf Basis des Verfahrens nach Koenzen et al. (2016) oder auf der Basis der LAWA Verfahrensempfehlung „Typspezifischer Flächenbedarf für die Entwicklung von Fließgewässern“ (LAWA 2016) erfolgen.

- (1) Auslesen des Verhältniswertes  $C$  = Regimetheoretische Breiten-Tiefenverhältnisse je nach Sohlsubstrat. Das regimetheoretische Breiten-Tiefenverhältnisse  $C$  ergibt sich je Sohlsubstrat, entnommen aus Koenzen et al. (2016), zu:

$$\begin{array}{ll} \text{kiesig:} & B/t = 22,849 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0,14} \\ \text{sandig:} & B/t = 12,868 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0,21} \\ \text{bindig:} & B/t = 9,0 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0,15} \\ \text{verzweigt kiesig:} & B/t = 40,42 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0,294} \end{array}$$

- (2) Berechnung der hpnG-Breite

Unter der Annahme des Gewässerquerschnitts als Trapezprofil und einem bekannten Verhältnis von Gewässerbreite zu Gewässertiefe ( $B/t$ , im Folgenden substituiert durch  $C$ ) kann nach einer Umformung der Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler die Breite wie folgt berechnet werden:

$$B_{hpng} = C \times \left( \frac{Q_{bordvoll}}{\sqrt{I_{Sohle}} \times k_{st}} \right)^{\frac{3}{8}} \times \frac{(C - 2m + 2\sqrt{1 + m^2})^{\frac{1}{4}}}{(C - m)^{\frac{5}{8}}}$$

- mit:  $B_{hpng}$  = regimetheoretische bzw. heute potentiell natürliche Breite  
 $Q_{bordvoll}$  = bordvoller Abfluss (vgl. transportwirksamer Abfluss aus 4.3.1.3 )  
 $I_{Sohle}$  = Sohlgefälle  
 $k_{st}$  = Manning Strickler-Beiwert je Sohlmaterial  
 $C = B/t$  (Verhältnis von Gewässerbreite/Gewässertiefe)  
 $m$  = Böschungstiefe

- (3) Aus dem Verhältnis der Bauwerksbreite zur potentiell natürlichen Gewässerbreite ergibt sich das Maß der Abweichung:

$$Index_B = \frac{B_{Bauwerk}}{B_{hpng}}$$

- mit:  $B_{Bauwerk}$  = Bauwerksbreite

Für einen Index zwischen 0,5 und 1,5 gilt die potentiell natürliche Gewässerbreite als eingehalten und es ergibt sich eine Verbesserung der morphologischen Entwicklung am Querbauwerksstandort um einen Indexpunkt (+1). Für einen Index unter 0,5 oder über 1,5 ist davon auszugehen, dass die potentiell natürliche Gewässerbreite nicht eingehalten ist und es ergibt sich eine Verschlechterung der morphologischen Entwicklung am Querbauwerksstandort um einen Indexpunkt (-1).

#### 4.3.2 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

Auf Basis der bewerteten Einzelparameter Geschiebe, Schwebstoffe und morphologische Entwicklung aus Kap. 4.3.1 wird die Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit am Standort hergeleitet. Dies erfolgt über die Bildung eines gemeinsamen Index:

$$Index_{SDG,BW} = \frac{Index_{Geschiebe} + Index_{Schwebstoffe} + Index_{Morphologie}}{3}$$

- mit:  $Index_{SDG,BW}$  = Index für die Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort  
 $Index_{Geschiebe}$  = Bewertungsindex für das Geschiebe am Querbauwerksstandort  
 $Index_{Schwebstoffe}$  = Bewertungsindex für die Schwebstoffe am Querbauwerksstandort  
 $Index_{Morphologie}$  = Bewertungsindex für die morphologische Entwicklung am Querbauwerksstandort

Im vorliegenden Ansatz wird die fehlende Durchgängigkeit von bettbildendem Substrat (Geschiebe) genauso kritisch bewertet, wie die fehlende Durchgängigkeit für Schwebstoffe und die morphologische Überprägung.

Die Tabelle 4-9 zeigt das Klassifikationsschema der Sedimentdurchgängigkeit am Standort. Die Abgrenzung der Klassenstufen bei 1.3 bzw. 2.3 ergibt sich aus der Wahl der drei Parameter, die für die Bestimmung des Index am Standort entscheidend sind. Werden beispielweise zwei Parameter mit dem Index eins bewertet und nur einer mit dem Index zwei bewertet, so erfolgt die Zuordnung zur Klasse „sehr gut“.

Dieses Schema der Klassengrenzen bei 1.3 bzw. 2.3 usw. wurde konsistent für alle folgenden Bewertungsstufen fortgesetzt.

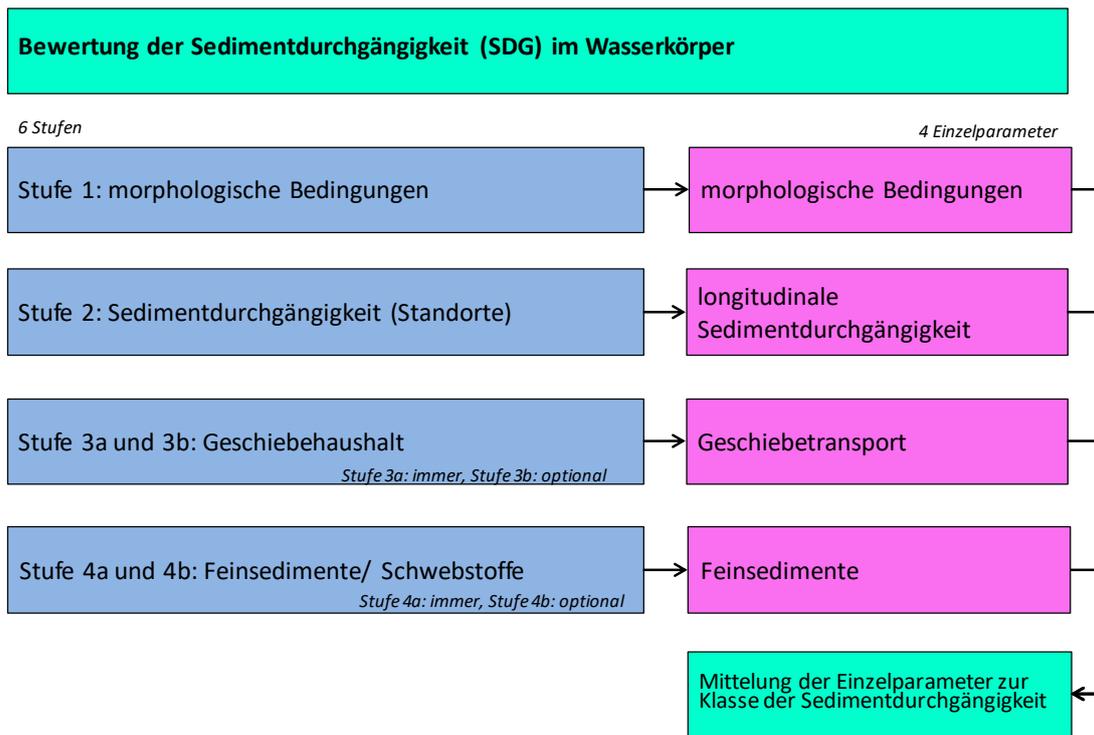
**Tabelle 4-9: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort**

<b>Sedimentdurchgängigkeit</b>	<b>Standort</b>
<b>Klasse 1 sehr gut</b>	An dem Standort wurde das Querbauwerk beseitigt, d.h. der Standort ist vollständig und dauerhaft sedimentdurchgängig für alle Sedimentarten, die morphologische Entwicklung im Standort ist nicht mehr durch ein Bauwerk gestört. (Index 1 bis < 1.3)
<b>Klasse 2 gut</b>	Der Standort ist vollständig und dauerhaft sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe. Eine Unterbindung der morphologischen Entwicklung nur im Bauwerksbereich bzw. in einem Bereich des Standortes liegt vor. (Index 1.3 bis < 2.3)
<b>Klasse 3 mäßig</b>	Der Standort ist temporär bzw. leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe und für Schwebstoffe. Eine Unterbindung der morphologischen Entwicklung im Standort liegt vor. (Index 2.3 bis < 3.3)
<b>Klasse 4 unbefriedigend</b>	Der Standort ist eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe. Eine Unterbindung der morphologischen Entwicklung im Standort liegt vor. (Index 3.3 bis < 4.3)
<b>Klasse 5 schlecht</b>	Der Standort ist sedimentundurchgängig für Geschiebe und/oder für Schwebstoffe. Eine Unterbindung der morphologischen Entwicklung ist über den Standort hinaus gegeben. (Index 4.3 bis 5)

#### 4.3.3 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

Die Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper wird in sechs Stufen und mit den vier Einzelparametern, morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebehaushalt und Feinsedimente, bewertet (Abbildung 4-7). Von den sechs Stufen sind je vier Stufen (1, 2, 3a und 4a) für alle Wasserkörper durchführbar, auch bei geringer Datengrundlage. Nur zwei weitere Stufen (3b und 4b) können optional je nach Datenlage geprüft werden. Die vier Einzelparameter werden erst am Ende aller bewertbaren Stufen über einen Index in eine Klasse eingestuft.

Der Einzelparameter morphologische Bedingungen nutzt ausgewählte Indikatoren aus der Gewässerstrukturkartierung (GSK) (Details in Tabelle 4.13.). Die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit aggregiert die Bewertung der Querbauwerksstandorte im Wasserkörper unter Rücksichtnahme auf die Dichte und die Klassifikation der Standorte. Der Geschiebehaushalt nutzt ausgewählte Indikatoren aus den Gewässerstrukturkartierungen (GSK) und bewertet die Veränderung der Geschiebetransportkapazität im Vergleich zur potentiell natürlichen Geschiebetransportkapazität. Der Einzelparameter Feinsedimente erfasst den Sedimenteintrag über das Vorland und die Veränderung des Schwebstoffhaushaltes im Vergleich zum potentiell natürlichen Schwebstoffhaushalt im Gewässer.



**Abbildung 4-7: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper**

Da auch auf Ebene der Wasserkörper nur wenige Sediment- und morphologische Daten flächendeckend vorliegen, soll die Bewertungsmethode möglichst wenige, aber relevante Parameter und nach Möglichkeit gleiche Parameter für alle Gewässertypen nutzen. Aus den relevanten Bewertungsparametern und bereits vorliegenden Bewertungen ergibt sich die nachstehende Auswahl bezüglich der Bewertungsparameter.

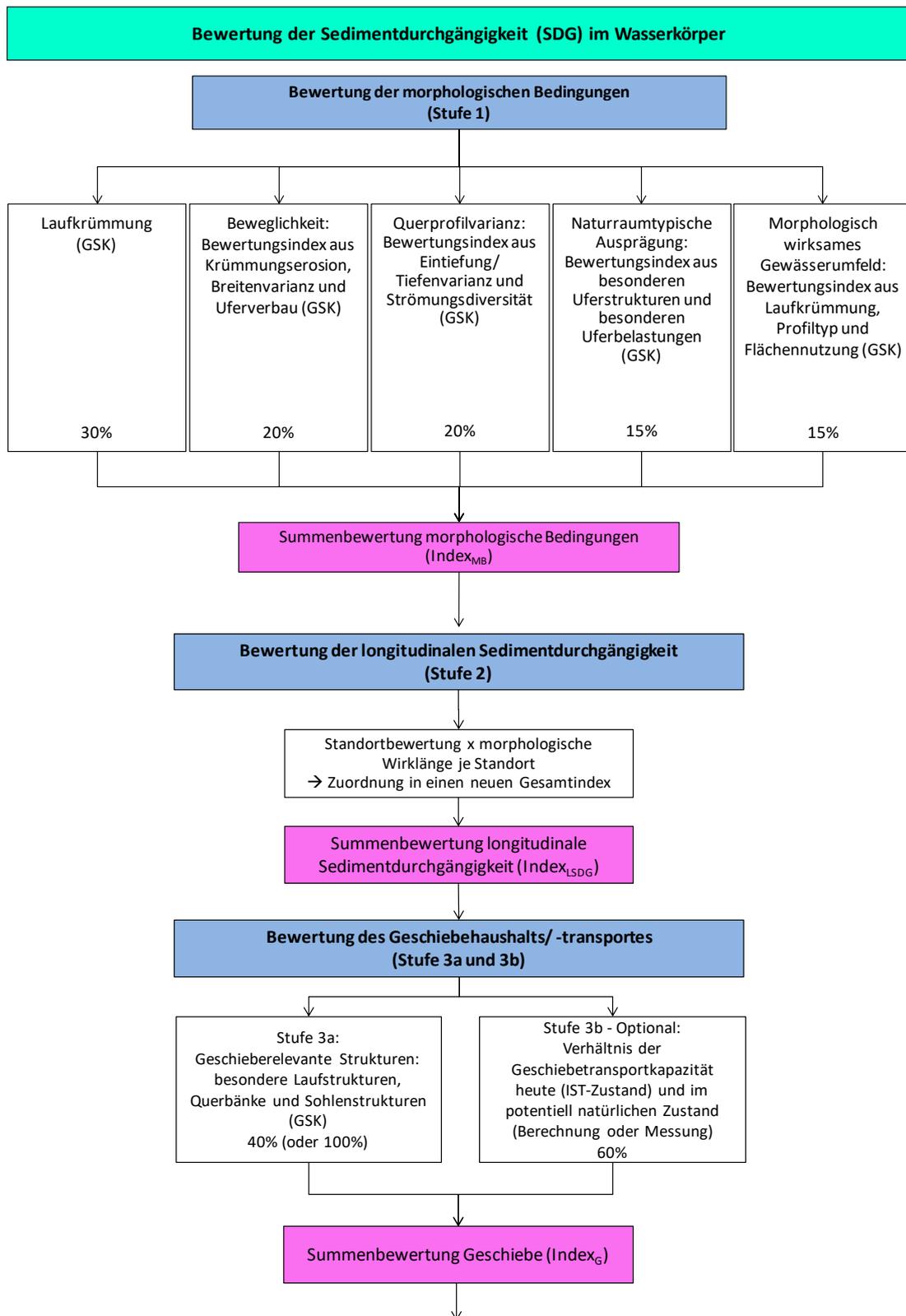
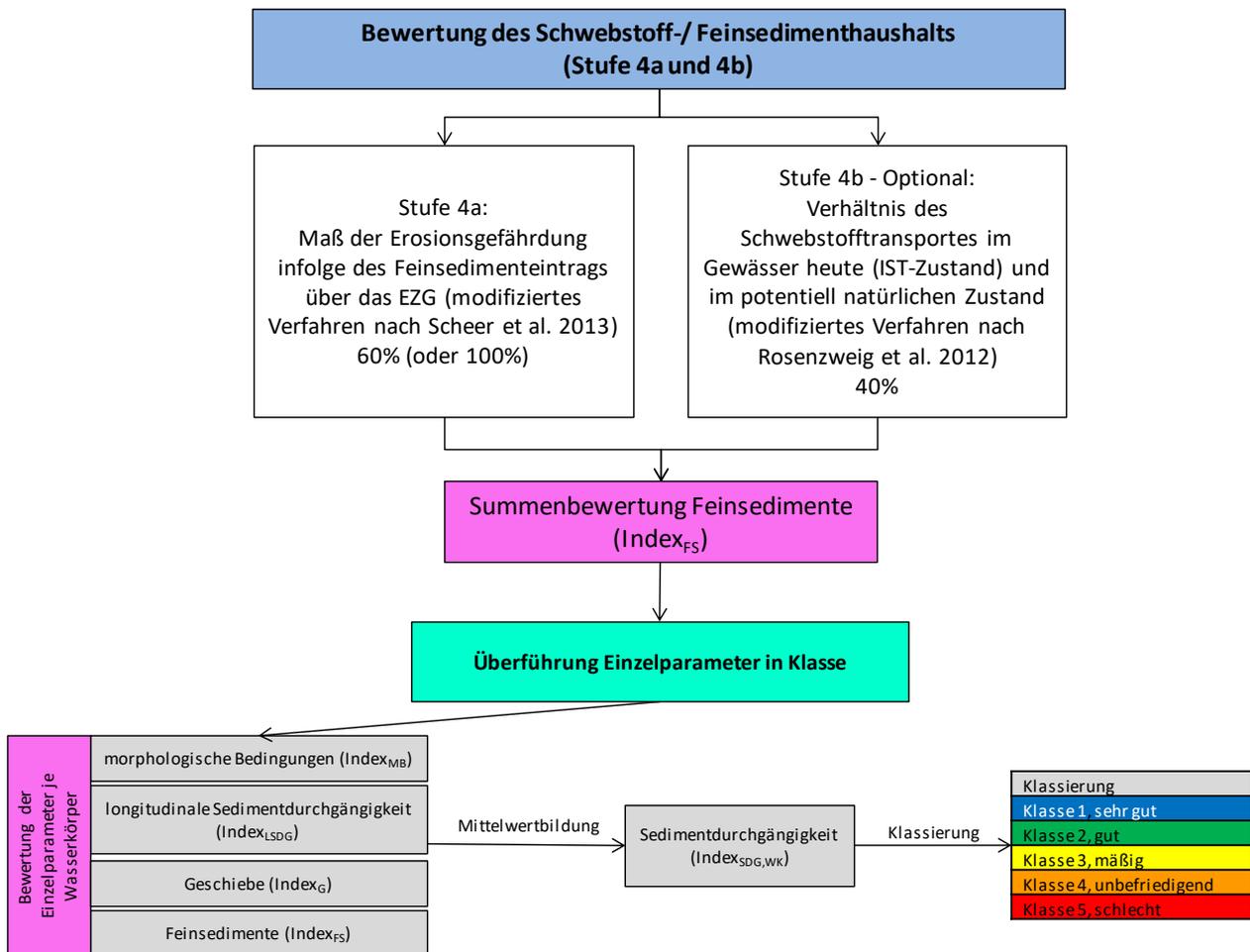


Abbildung 4-8: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in sechs Stufen (Stufe 1 bis 3b)



**Abbildung 4-9: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in sechs Stufen (Stufe 4a und 4b)**

#### 4.3.3.1 Bewertungsmethodik für die morphologischen Bedingungen (Stufe 1)

Für die Einstufung der morphologischen Bedingungen wird auf ausgewählte Einzelparameter der Gewässerstruktur, die die morphologischen Bedingungen im Gewässer und im Gewässerumfeld signifikant erfassen, zurückgegriffen.

- (1) Die Strukturkarte (GSK) nutzt sogenannte Einzelparameterbewertungen. Ausgewählte Einzelparameter der GSK (vgl. Tabelle 4-10, 2. Spalte) werden daher als Index zur Bewertung der morphologischen Bedingungen herangezogen und neu kombiniert. Da die Benennung und Erhebung der Einzelparameter bundeslandspezifisch variiert, empfiehlt sich eine vorausgehende Prüfung verfügbarer Einzelparameter und ggf. Adaption der Einzelparameter-tabelle analog zu Tabelle 4-10 je Bundesland (vgl. Bericht zum Praxistest).

**Tabelle 4-10: Parameter für die Bewertung der morphologischen Bedingungen und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung der morphologischen Bedingungen**

Parameter Sedi- mentdurchgän- gigkeit	Gewählte Einzelparameter der Gewässerstruktur (Zusammensetzung in Gruppen)	Gewichtung je Gruppe für Sum- menbewertung
Morphologische Bedingungen	<b>Laufkrümmung:</b> Bewertungsindex der Lauform. Die Bewertung erfolgt im Abgleich mit dem gewässertypischen Leitbild und hat daher hier eine hohe Relevanz.	30 %
	<b>Beweglichkeit:</b> Bewertungsindex aus <b>Krümmungserosion, Breitenvarianz und Uferverbau</b>	20 %
	<b>Querprofilvarianz:</b> Bewertungsindex aus <b>Eintiefung/Tiefenvarianz und Strömungsdiversität</b>	20 %
	<b>Naturraumtypische Ausprägung:</b> Bewertungsindex aus <b>besonderen Uferstrukturen und besonderen Uferbelastungen.</b>	15 %
	<b>Morphologisch wirksames Gewässerumfeld:</b> Bewertungsindex aus <b>Laufkrümmung, Profiltyp und Flächennutzung</b>	15 %

- (2) Die aus (1) selektierten Einzelparameter werden als  $Index_i$  benötigt. Die Bewertung der Gewässerstruktur (nach LAWA-Verfahren) erfolgt für sogenannte Wasserkörperabschnitte. Die Länge der kartierten Abschnitte variiert in Abhängigkeit von der Gewässerbreite und liegt zwischen 100 und 1000 Meter. Eine Aggregation der Wasserkörperabschnitte auf die jeweilige Länge des Wasserkörpers wird mittels Mittelwertbildung empfohlen. Bei unterschiedlichen Längen der Gewässerstruktur-Kartierungsabschnitte kann dies über die Gewichtung der jeweiligen Einzellängen erfolgen.

$$Index_{WK} = \frac{\sum_{i=1}^n Länge_i \times Index_i}{Länge_{WK}}$$

mit:  $n$  = Anzahl der GWS-Kartierungsabschnitte im Wasserkörper

WK = Wasserkörper

$Index_i$  = Einzelparameter als Index  $i$

$Länge_i$  = Länge der kartierten Abschnitte  $i$

$Länge_{WK}$  = Länge des Wasserkörpers

- (3) Die Zusammenführung der einzelnen Parameter  $Index_{WK}$  in die Summenbewertung ( $Index_{MB}$ ) ist in der Tabelle 4-10 (letzte Spalte) dargestellt und erfolgt gemäß der Gewichtung in der letzten Spalte. Entfallen Parameter da sie bundeslandspezifisch nicht erhoben wurden und kein äquivalenter Parameter genutzt werden kann, so wird nur über die verbleibenden Parameter gemittelt und anschließend gewichtet. Entfällt eine Parametergruppe, so muss die Verteilung der Gewichtung auf die verbleibenden Parametergruppen in Tabelle 4-10 angepasst werden.
- (4) Bei der GSK-Bewertung erfolgt eine Zuordnung der Zustandsmerkmale über die Einzelparameter in Indexziffern zwischen 1 und 7. Somit ist eine Transformation der 7 Stufen der GSK in 5 Stufen für das hier genutzte Verfahren erforderlich. Anlehnend an Hugo et al. (2012) wird die Übertragung der Stufen in Tabelle 4-11 vorgeschlagen:

**Tabelle 4-11: Transformationstabelle für die Bewertungsklassen der Gewässerstruktur auf die Bewertungsklassen für die Parameter der Sedimentdurchgängigkeit**

<b>Gewässerstrukturbewertungsklasse (LAWA-Verfahren)</b>	<b>Spannbreite der Gewässerstrukturbewertungsklasse</b>	<b>Bewertungsklasse für die Parameter der Sedimentdurchgängigkeit Index MB</b>
1 und 2	1 – 2,6	1
3	2,7 – 3,5	2
4	3,6 – 4,4	3
5	4,5 – 5,3	4
6 und 7	5,4 – 7	5

#### 4.3.3.2 Bewertungsmethodik für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit (Stufe 2)

Für die Bewertung des Parameters longitudinale Sedimentdurchgängigkeit wird die Klassierung der Querbauwerksstandorte (vgl. Kap. 4.3.2) auf die größere Raumebene, den Wasserkörper, übertragen.

Eine einfache Übertragung über den Mittelwert ist nicht sinnvoll, da z.B. der Bau zusätzlicher Bauwerke mit einer besseren Klasse (z.B. Klasse 3) als dem bisherigen Mittelwert (z.B. Klasse 4) zu einer „Verbesserung“ des Mittelwertes führen würden, obwohl sich aber eine Verschlechterung im Wasserkörper einstellt. Eine alleinige Bewertung nach Worst-Case Prinzip, lässt zudem die Anzahl und Dichte der anderen Bauwerke außer Acht. So muss das Verfahren geeignet sein, Veränderungen im Wasserkörper wie Verbesserungen (weniger Bauwerke und/oder Bauwerke mit besserer Bewertung) und Verschlechterungen (mehr Bauwerke und/oder Bauwerke mit schlechterer Bewertung) zu erfassen.

Dies erfolgt über eine differenzierte wirklängengewichtete Mittelwertbildung der Bewertungsergebnisse der Standorte, die im Wasserkörper liegen. Liegt kein Standort im Wasserkörper, so fällt dieser für das Kriterium „longitudinale Sedimentdurchgängigkeit“ in die Klasse 1.

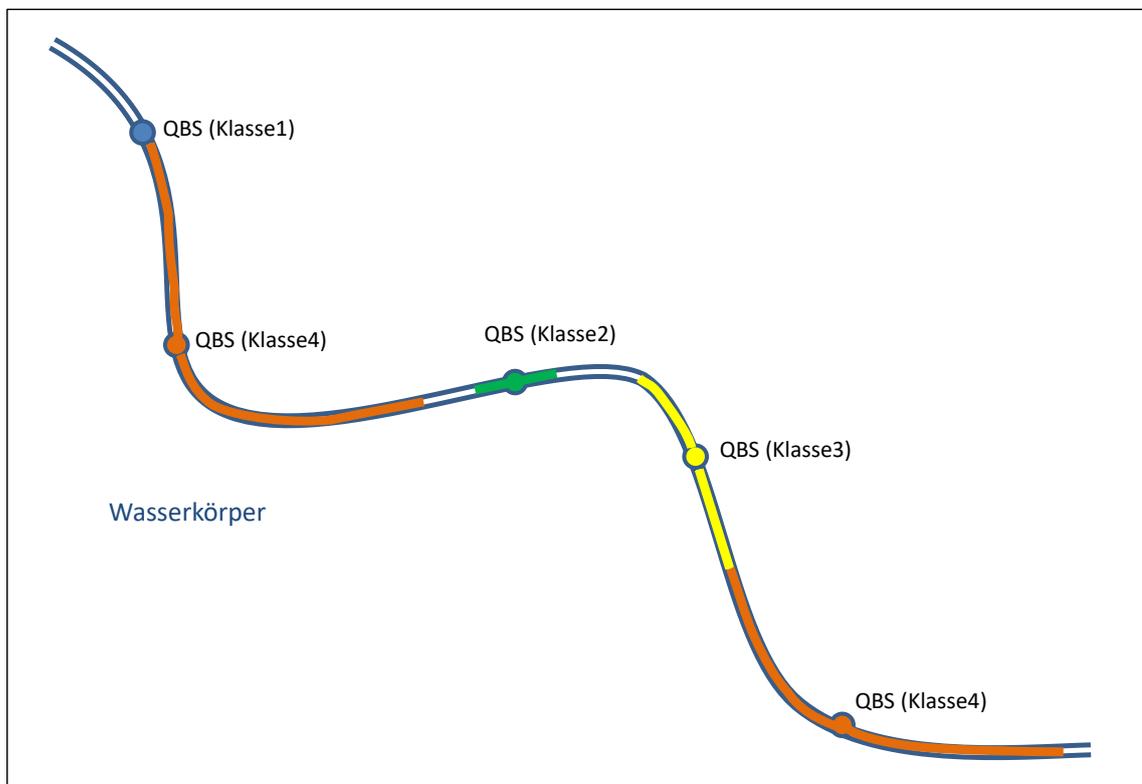
Es wird empfohlen die Auswertung mit dem Bauwerk mit der schlechtesten Klassierung zu beginnen und sich zu den Bauwerken mit jeweils bessern Klassen durchzuarbeiten, da so die Überlappungsbereiche am effektivsten geprüft werden können.

- (1) Zunächst wird je Bewertungsklasse des QBWs eine morphologische Wirklänge festgelegt und diese je Klasse entsprechend bei der Gliederung des Wasserkörpers in Wirkbereiche berücksichtigt (Abbildung 4-10). Diese kann vereinfacht über die Tabelle 4-12 erfolgen. Alternativ ist eine genauere Bestimmung der morphologischen Wirklänge auch über Bauwerkshöhe, Rückstau-/Beschleunigungsstrecke, morphologischen Reifezustand und morphologischen Änderungen im Gewässer möglich.

**Tabelle 4-12: Morphologische Wirklängen je nach Bewertung des Querbauwerksstand-ortes**

Klasse bzw. Index	Morphologische Wirklänge
Klasse 1	keine
Klasse 2	Bis zu 1 km
Klasse 3	Bis zu 2 km
Klasse 4	Bis zu 5 km
Klasse 5	Bis zu 25 km

- (2) Als Mittelpunkt der morphologischen Wirklänge wird jeweils die Lage des Querbauwerkes im Standort definiert. Sollten mehrere Bauwerke hintereinander im Querbauwerksstandort vorliegen, so wird das maßgebende (vgl. worst-case Prinzip nach Kap. 4.3.1.1) als Mittelpunkt der morphologischen Wirklänge gewählt. Überschneidet sich diese Wirklänge mit dem Wasserkörper, so ist diese entsprechend in der Bewertung zu berücksichtigen.
- (3) Überschneiden sich Wirkbereiche, so wird jeweils die Klasse mit der schlechtesten Bewertung berücksichtigt. Diese Überschneidung von Bereichen ist auch bei der Berechnung der Wasserkörperlänge ohne Wirkbereich zu beachten. Fließgewässerabschnitte, die nicht von morphologischen Wirklängen der Querbauwerke überdeckt werden (vgl. weiße Bereiche in Abbildung 4-10), zählen zur Klasse 1.

**Abbildung 4-10: Gliederung des Wasserkörpers in morphologische Wirklängen je Bewertung des Querbauwerksstandorts (QBW)**

- (4) Der Gesamtindex für den Wasserkörper ergibt sich über die wirklängengewichtete Mittelwertbildung zu:

$$\text{Index}_{\text{LSDG}} = \frac{(\sum_{i=1}^n \text{Index}_{\text{QBW},i} \times \text{Wirklänge}_{\text{QBW},i}) + (\text{Länge}_{\text{WK}} - \sum_{i=1}^n \text{Wirklänge}_{\text{QBW},i})}{\text{Länge}_{\text{WK}}}$$

mit:  $\text{Index}_{\text{LSDG}}$  = Index für longitudinale Sedimentdurchgängigkeit des Wasserkörpers

$\text{Index}_{\text{QBW},i}$  = Bewertungsindex für Querbauwerksstandort des Wasserkörpers

$\text{Wirklänge}_{\text{QBW},i}$  = Morphologische Wirklänge je nach Bewertungsindex für den Querbauwerksstandort

$n$  = Anzahl der Bauwerke im Wasserkörper

$\text{Länge}_{\text{WK}}$  = Länge des Wasserkörpers

#### 4.3.3.3 Bewertungsmethodik für den Geschiebetransport (Stufe 3)

Für die Einstufung des Geschiebetransports wird auf ausgewählte Einzelparameter der Gewässerstrukturkartierung, die die Bewegung des bettbildenden Substrats im Gewässer erfassen, in der Stufe 3a zurückgegriffen. Dieser Ansatz wird vor allem für kleinere bis mittlere Gewässer genügen, um eine erste Einschätzung zu erhalten.

Für große bis mittelgroße Gewässer (vor allem auch HMWBs) sind die gewählten Parameter der Gewässerstrukturkartierung weniger aussagekräftig, so dass der Wunsch nach greifbareren Werten für den Geschiebetransport aus Berechnungen bzw. alternativ (soweit vorhanden) aus langen Messzeitreihen aufgenommen wird. Die Berechnung kann über das sogenannte Transportvermögen für den hpnG und den heutigen Zustand des Gewässers oder Messungen zum Geschiebetransport gemäß Stufe 3b geschehen.

Die beiden Stufen 3a und 3b werden wie in Abbildung 4-8 definiert anteilig kombiniert und zu einem Index zusammengeführt. Der Summenindex für den Wasserkörper ergibt sich, wenn beide Indices bestimmbar sind, anteilig zu:

$$\text{Index}_{\text{G}} = \text{Index}_{\text{G},3a} \times 0.4 + \text{Index}_{\text{G},3b} \times 0.6$$

mit:  $\text{Index}_{\text{G}}$  = Index für Geschiebetransport des Wasserkörpers

$\text{Index}_{\text{G},3a}$  = Index für Geschiebehaushalt des Wasserkörpers infolge GSK

$\text{Index}_{\text{G},3b}$  = Index für Geschiebetransportes im Wasserkörper infolge Messreihen oder Berechnungen

War nur ein Index ermittelbar, so erfolgt keine anteilige Gewichtung.

#### 4.3.3.4 Bewertungsmethodik für den Geschiebehaushalt auf Basis GSK (Stufe 3a)

Die Bewertung des Geschiebehaushalts basiert analog zur Stufe 1 auf einer Neukombination von Einzelparametern der GSK:

- (1) Für die Einstufung des Geschiebetransports wird auf ausgewählte Einzelparameter der GSK (vgl. Tabelle 4-13) zurückgegriffen. Da die Benennung und Erhebung der Einzelparameter bundeslandspezifisch variiert, empfiehlt sich eine vorausgehende Prüfung verfügbarer Einzelparameter und ggf. Adaption der Einzelparametertabelle analog zu Tabelle 4-13 je Bundesland (vgl. Bericht zum Praxistest).

**Tabelle 4-13: Parameter für die Bewertung des Geschiebehaushaltes und Zusammenführung der Parameterbewertung**

Parameter Sedimentdurchgängigkeit	Gewählte Parameter aus der Gewässerstrukturkartierung (Zusammensetzung)
Geschiebehaushalt	Geschieberelevante Strukturen: <b>besondere Laufstrukturen, Querbänke und Sohlenstrukturen</b>

- (2) Die aus (1) selektierten Einzelparameter werden als  $Index_i$  benötigt. Eine Aggregation der Wasserkörperabschnitte auf die jeweilige Länge des Wasserkörpers wird mittels Mittelwertbildung empfohlen. Bei unterschiedlichen Längen der Gewässerstrukturkartierabschnitte kann dies über die Gewichtung der jeweiligen Einzellängen erfolgen.

$$Index_{WK} = \frac{\sum_{i=1}^n Länge_i \times Index_i}{Länge_{WK}}$$

mit: n = Anzahl der GWS-Kartierabschnitte im Wasserkörper

WK = Wasserkörper

$Index_i$  = Einzelparameter als Index i

$Länge_i$  = Länge der kartierten Abschnitte i

$Länge_{WK}$  = Länge des Wasserkörpers

- (3) Die Zusammenführung der einzelnen Parameter  $Index_{WK}$  erfolgt über eine Mittelung in die Summenbewertung ( $Index_{G,3a}$ ). Entfallen Parameter da sie bundeslandspezifisch nicht erhoben wurden und kein äquivalenter Parameter genutzt werden kann, so wird nur über die verbleibenden Parameter gemittelt und anschließenden gewichtet.
- (4) Bei der GSK-Bewertung erfolgt eine Zuordnung in Indexziffern zwischen 1 und 7. Somit ist eine Transformation der 7 Stufen der GSK in 5 Stufen für das hier genutzte Verfahren erforderlich. Anlehnend an Hugo et al. (2012) wird die Übertragung der Stufen in Tabelle 4-11 vorgeschlagen.

#### 4.3.3.5 Bewertungsmethodik für den Geschiebetransport auf Basis von Messungen oder Berechnungen (Stufe 3b)

In der Stufe 3b wird der vorherrschende Geschiebetransport mit dem potentiellen natürlichen Transport im Fließgewässer verglichen. Hierzu sind zwei Ansätze möglich:

- Die Ableitung des Geschiebetransportes aus langen Messzeitreihen zum Geschiebetransport. Das Vorgehen hierfür ist dann analog zum Vorgehen für die Analyse und Interpretation der Schwebstoffzeitreihen im Wasserkörper in Kap 4.3.3.8, wobei die Einstufung des Index über die Tabelle 4-15 erfolgt.
- Die Berechnung der Geschiebetransportkapazität aus Transportformeln die entsprechend des Gewässertyps geeignet sind.

Grundsätzlich sind beide Bewertungsverfahren mit Annahmen versehen und daher die Ergebnisse beider Methoden mit Umsicht zu prüfen und in Ihrer Aussagekraft vor allem im Zusammenspiel mit den Ergebnissen aus den anderen Bewertungsstufen zu hinterfragen.

Messreihen zum Geschiebetransport liegen meist nicht so langjährig vor, dass hieraus Messreihen für den potentiell natürlichen Zustand abgeleitet werden können. Folglich ist die Wahl des Geschiebetransportes zum Referenzzeitraum mit großer Unsicherheit behaftet.

Bei den **Berechnungen der Geschiebetransportkapazität** ist zu beachten, dass diverse Annahmen getroffen werden müssen, wie extrem vereinfachte Gewässergeometrie, uniformes Sohlmaterial und abgeschätzter Bordvollabfluss. Die herangezogenen Transportgleichungen können auf dieser Grundlage nur überschlägige Größenordnungen ermitteln und der Einsatz verschiedener Transportgleichungen kann zu Streubreiten führen. Folglich werden Berechnungen der Geschiebetransportkapazität nur dann empfohlen, wenn im Zug von Maßnahmenplanungen detailliertere Grundlagendaten zum Sohlsubstrat, der Gewässergeometrie und Morphologie und der Hydrologie (Abflüsse) bekannt sind. Da im Zuge von Maßnahmenplanungen auch Leitbilder geprüft werden, bieten sich dann Berechnungen der Geschiebetransportkapazität auf Basis genauerer Datengrundlagen an. Grundsätzlich ist die hier vorgestellte Berechnungsmethodik die Einfachste. Liegen komplexere und genauere Ansätze (z.B. Sedimenttransportmodelle o.ä.) für den Gewässerabschnitt vor, so sollten diese zur Bestimmung der Geschiebetransportkapazität herangezogen werden.

Nachstehend wird die Bestimmung der Geschiebetransportkapazität mit Hilfe der Sedimenttransportgleichung nach Engelund & Hansen (1967) für sandige Gewässer aufgezeigt. Grundlegend kann der Index auch mit einer abweichenden bzw. je nach Sohlsubstrat besser geeigneten Transportformel (siehe u.a. DVWK 87 (1988) und DVWK 25 (1993)) bestimmt und gegenübergestellt werden. Folgende Eingangsparameter sind mindestens für die Berechnung erforderlich:

- Morphologischer Gewässertyp
- Sohlsubstrat bzw.  $d_{50}$  für den heute potentiell natürlichen Zustand: Übernahme des im Leitbild des Fließgewässertyps beschriebenen Sohlsubstrates und Auslesen der zugehörigen Korngröße z.B. des Mittelwertes der Klasse (Tabelle 4-14).
- Sohlsubstrat bzw.  $d_{50}$  heute: Übernahme der kartierten Sohlsubstrate (3.1) aus der Gewässerstruktur und Auslesen der zugehörigen Korngröße z.B. des Mittelwertes der Klasse (Tabelle 4-14).
- mittleres Sohlgefälle im Wasserkörper heute
- $Q_{\text{bordvoll}}$  der potentiell natürliche bordvolle Abfluss: siehe Kap. 4.3.1.3
- bordvolle Gewässerbreite, mittlere Breite  $B$  und bordvolle Gewässertiefe  $H$  im heutigen Zustand

Annahmen können zur Profilform (z.B. Trapezprofil mit der Neigung  $m$  oder Rechteckprofil) getroffen werden. Eine weitere Annahme kann unter anderem sein, dass der bordvolle Abfluss heute und im hpnG-Zustand unverändert ist.

Die Teilschritte (1), (4) bis (6) sind für die Ermittlung der Geschiebetransportkapazität jeweils für den Zustand heute und dem potentiell natürlichen Zustand vorzunehmen:

- (1) Die Wahl des Sohlsubstrates aus dem Leitbild oder der Gewässerstrukturbewertung insbesondere bei Mehrfachnennungen verschiedener Sohlsubstrate kann sich schwierig gestalten. Im vorliegenden Verfahren wird die Wahl des bettbildenden Substrates (z.B. Sand oder Kies) empfohlen und somit untergeordnete Fraktionen vernachlässigt. Eine zusätzliche Hilfestellung für die Wahl des bettbildenden Substrates je Fließgewässertyp liefert z.B. auch Koenzen et al. (2016) in einer tabellarischen Übersicht.

Tabelle 4-14: Korngrößenklassifikation (DIN 4022)

Bezeichnung		Äquivalent- durchmesser in mm	
Großgruppe	Kleingruppe		
Steine	gerundete Blöcke	eckig-kantige Blöcke	> 200
	Gerölle, Geschiebe	Grobsteine	63 - 200
Kies	Grobkies	Mittelsteine	20 - 63
	Mittelkies	Feinsteine	6,3 - 20
	Feinkies	Grus	2 - 6,3
Sand	Grobsand		0,63 - 2
	Mittelsand		0,2 - 0,63
	Feinsand		0,063 - 0,2
Schluff (Silt)	Grobschluff		0,02 - 0,063
	Mittelschluff		0,0063 - 0,02
	Feinschluff		0,002 - 0,0063
Ton (Feinstkorn)	Grobton		0,00063 - 0,002
	Mittelton		0,0002 - 0,00063
	Feinton		< 0,0002

- (2) Berechnung der potentiell natürlichen mittleren Gewässerbreite  $B_{hpng}$  unter beim potentiell natürlichen bordvollen Abfluss  $Q_{bordvoll}$  gemäß Methodik aus Kap. 4.3.1.5
- (3) Berechnung der potentiell natürlichen mittleren Gewässertiefe  $H$  gemäß ausgelesenem Breiten/Tiefenverhältnis  $C$  aus Kap. 4.3.1.5 mit Hilfe der in (2) berechneten Breite  $B_{hpng}$ :

$$H_{hpng} = \frac{B_{hpng}}{C}$$

mit:  $H_{hpng}$  = heute potentiell natürliche Wassertiefe  
 $C = B/t$  (Verhältnis von Gewässerbreite/Gewässertiefe)

- (4) Die nachstehende vereinfachte Berechnung zur Bestimmung der Sedimenttransportkapazität geht von stationär gleichförmigen Abflussbedingungen aus. Zudem wird vereinfachend ein Rechteckprofil angenommen (benetzte Fläche =  $H \times B$ ).

Bestimmung der Sohlschubspannungen mit dem Chezy-Wert  $C$  nach Nikuradse:

$$\tau = \rho \times g \times \frac{v^2}{C^2} \text{ mit } v = \frac{Q_{bordvoll}}{H \times B} \text{ und } C \approx 18 \times \log\left(\frac{4H}{3d_{50}}\right)$$

- mit:  $g$  = Erdbeschleunigung  $9,81 \text{ m/s}^2$   
 $\rho$  = Wasserdichte  $1000 \text{ kg/m}^3$   
 $v$  = Strömungsgeschwindigkeit  $\text{m/s}$   
 $C$  = Chezy-Wert in  $[\text{m}^{1/2}/\text{s}]$  zum Rauheitsbeiwert mit  $d_{90} = 3 \cdot d_{50}$

(5) Bestimmung des Shieldswertes  $\Theta$ :

$$\theta = \frac{\tau}{\rho \times g \times (s-1) \times d_{50}} \quad \text{mit } s = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} = 1,65$$

- mit:  $g$  = Erdbeschleunigung  $9,81 \text{ m/s}^2$   
 $\rho$  = Wasserdichte  $1000 \text{ kg/m}^3$   
 $\rho_s$  = Sedimentdichte  $2650 \text{ kg/m}^3$   
 $s$  = spezifische Sedimentdichte  
 $\tau$  = Sohlschubspannung  $\text{N/m}^2$   
 $d_{50}$  = Korndurchmesser in  $\text{m}$

## (6) Bestimmung der Geschiebetransportkapazität nach Engelund &amp; Hansen (1967):

$$S_{tot} = 0,05 \times \frac{C^2}{g} \times \theta^{2,5} \sqrt{(S-1) \times g \times d_{50}^3}$$

- mit:  $S_{tot}$  = Geschiebetransportkapazität in  $\text{m}^3/\text{m/s}$ ; mit  $S_{tot} \cdot \rho_s$ : Umrechnung in  $\text{kg/m/s}$  möglich

Der Anwendungsbereich der Transportformel nach Engelund & Hansen (1967) beschränkt sich vorwiegend auf sandige Gewässer, so dass für Gewässer mit kiesiger oder schluffiger Sohle abweichende Transportgleichungen gewählt werden sollte. Das Sedimenttransportmodell nach Engelund & Hansen (1967) berechnet die Energie der Gesamtfracht und erfasst nach Malcherek (2009) den Geschiebetransport zusammen mit dem Schwebstofftransport. Dabei wird angenommen, dass das Sediment über Bodenkörper wie Dünen und Riffel hinwegtransportiert wird. Der Chezy-Wert  $C$  wird als Hilfsparameter zur Beschreibung der Höhe und Länge dieser Bodenkörper herangezogen. Der Ansatz nach Engelund & Hansen wird oft als stochastisches Modell bezeichnet, da die Erosions- und Depositionswahrscheinlichkeit mit einfließt. Nach DVWK 89 und DVWK 25 gelten folgende Anwendungsgrenzen für die Gleichung: Korndurchmesser mit  $d_{50} \geq 0,15 \text{ mm}$  und Standardabweichung  $(d_{75}/d_{25})^{0,5} \leq 1,6$ .

## (7) Die Bestimmung des Verhältniswertes zum Geschiebetransport im IST-Zustand zum potentiell natürlichen Zustand erfolgt über die Geschiebetransportkapazität:

$$Index_{Stot} = \frac{S_{tot,IST}}{S_{tot,RZ}}$$

- mit:  $S_{tot}$  = Geschiebetransportkapazität in  $\text{m}^3/\text{m/s}$ ; mit  $S_{tot} \cdot \rho_s$ : Umrechnung in  $\text{kg/m/s}$  möglich

$S_{tot,IST}$  = Geschiebetransportkapazität im IST-Zustand

$S_{tot,RZ}$  = Geschiebetransportkapazität im potentiell natürlichen Zustand

$\text{Index}_{\text{Stot}}$  = Verhältniswert zur Änderung

Die Einstufung des  $\text{Index}_{\text{Stot}}$  erfolgt über die Tabelle 4-15.

**Tabelle 4-15: Bewertungsmatrix für den Geschiebetransport entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand (Zu- und Abnahme), anlehnend an Rosenzweig et al. 2012**

Abweichung des Geschiebetransports vom Referenzzustand ( $\text{Index}_{\text{Stot}}$ )	Klasse
zwischen $< 1,5$ (Zunahme) und $> 0,9$ (Abnahme) (Abweichung sehr gering)	1
von $1,5$ bis $< 2$ oder von $0,9$ bis $< 0,8$ (Abweichung gering)	2
von $2$ bis $< 2,5$ oder von $0,8$ bis $< 0,75$ (Abweichung mittel)	3
von $2,5$ bis $< 3$ oder von $0,75$ bis $< 0,5$ (Abweichung hoch)	4
von $\geq 3$ oder von $\leq 0,5$ (Abweichung sehr hoch)	5

#### 4.3.3.6 Bewertungsmethodik für Feinsedimente (Stufe 4)

Je Fließgewässertyp (Kolmatierung, Verschlickung, usw.) gibt es eine mehr oder minder hohe Relevanz von Feinsedimenten und Schwebstoffen im Gewässer. Je nach Gewässertyp bzw. auch je Nutzung im Einzugsgebiet ist daher im Vorfeld abzuwägen, ob eine Bewertung des Wasserkörpers für diesen Parameter sinnvoll ist. Für Feinsedimente werden zwei Prozesse bewertet:

- der Eintrag von Feinsediment über das EZG (Stufe 4a) über das Maß der Erosionsgefährdung (Verfahren nach Scheer et al. 2013, modifiziert)
- der Schwebstofftransport im Gewässer (Stufe 4b) als Verhältnis des Schwebstofftransportes im Gewässer heute (IST-Zustand) und im potentiell natürlichen Zustand (Verfahren nach Rosenzweig et al. 2012, modifiziert)

Die beiden Stufen 4a und 4b werden wie in

Abbildung 4-9 definiert anteilig kombiniert und zu einem Index zusammengeführt. Der Summenindex für den Wasserkörper ergibt sich, wenn beide Indices bestimmbar sind, anteilig zu:

$$\text{Index}_{\text{FS}} = \text{Index}_{\text{FS},4a} \times 0.6 + \text{Index}_{\text{FS},4b} \times 0.4$$

mit:  $\text{Index}_{\text{FS}}$  = Index für Feinsedimente im Wasserkörper

$\text{Index}_{\text{FS},4a}$  = Index für Feinsedimenteintrag in den Wasserkörper

$\text{Index}_{\text{FS},4b}$  = Index für Schwebstoffgehalt im Wasserkörper infolge Messreihen

Ist nur ein Index ermittelbar, so erfolgt keine anteilige Gewichtung.

#### 4.3.3.7 Bewertungsmethodik für den Feinsedimenteintrag (Stufe 4a)

Das nachstehend beschriebene Verfahren zur Ermittlung des Feinsedimenteintrags ist ein vereinfachter Ansatz, der vor allem in Bereichen mit landwirtschaftlicher Nutzung relevant ist. Dieser Ansatz beachtet nicht, dass meist nur ein Anteil des potentiellen Sedimenteintrags tatsächlich in das Gewässer eingetragen wird und ist daher nur als Stütze für die Indexermittlung und nicht in den absoluten Werten zu interpretieren. Vorländer mit Grünland und Wald sind von diesem Verfahren ausgenommen. Sollten regionale oder landspezifisch genauere Verfahren und Daten zum Feinsedimenteintrag ins Gewässer vorliegen, so sollten immer vorliegende und genauere Erkenntnisse/Modelle (z.B. MONERIS in Bayern), dem aufgezeigten vereinfachten Verfahren bevorzugt werden.

Ein Eintrag bzw. Rückhalt von Sedimenten im Einzugsgebiet kann z.B. über die ABAG bzw. das Verfahren nach Scheer et al. (2013) ermittelt werden. Scheer et al. (2013) entwickelte eine Methodik für Südostniedersachsen mit der anhand einfacher Parameter eine Feinsedimenteintragsgefährdung ermittelt wurde. Diese Methodik wird für die Bestimmung des Feinsedimenteintrags an Fließgewässern um die Vernachlässigung der Parameter Feinsedimentgehalt im Oberboden und Gewässeranbindung je Feldblock angepasst. Hintergrund für die Streichung der Kombination mit dem Feinsedimentgehalt im Oberboden war die Tatsache, dass bei der Ermittlung der potentiellen Wassererosionsgefährdung oder der ABAG bereits über den Faktor-K der Feinkornanteil im Boden miterfasst ist. Des Weiteren wurde eine Dämpfung über die Gewässeranbindung je Feldblock nicht einbezogen, da diese Fließpfad nur für gut untersuchte Einzugsgebiete vorliegen und zumindest nur eine geringe Verbesserung in der Einstufung im Praxistest bewirkte. Eine Grobe Abgrenzung über Entfernungen zum Gewässer ergab verfälschte Ergebnisse, da durch Nebengewässer und Vorfluter oft eine direkte Anbindung an den untersuchten Wasserkörper vorlag. Liegen für Gewässersysteme genauerer Kenntnis der Fließpfade im EZG vor, so kann optional eine Gewichtung über die Fließweglänge (z.B. für die Fließpfade bis 100 m mit 100% und ab 5 km mit 25%) vorgenommen werden kann.

Folglich vereinfacht sich das empfohlene Verfahren in die direkte Nutzung von:

- die potentielle Wassererosionsgefährdung als Angaben zur potentiellen Erosionsgefährdung auf Feldblockebene  $E_{nat}$  (nach DirektZahlVerpfV und DIN 19708)
- oder ABAG-Daten zum jährlichen Abtrag durch Wasser (z.B. in t/ha)

Die Angaben zur potentiellen Wassererosionsgefährdung liegen als  $E_{nat}$ -Stufen nach der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung (DirektZahlVerpfV) vor. Die Bestimmung der potentiellen Erosionsgefährdung durch Wasser erfolgt in Anlehnung an die DIN 19708 Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Datengrundlage für die Berechnung der potentiellen Wassererosionsgefährdung sind ein DGM und die Konzeptbodenkarte 1:25 000 mit den Faktoren Bodenerodierbarkeit K, Hangneigung S und Oberflächenabfluss und Regenerositätsfaktor R. Die Berechnung des allgemeinen Bodenabtrags erfolgt mittels der Faktorenkombination  $K \times S \times R$ . Der Bodenerodierbarkeitsfaktor (K-Faktor) wurde aus den jeweiligen Anteilen Bodenart, Humusgehalt, Aggregatgröße, Wasserdurchlässigkeit und Grobbodenanteil gemäß den Werten der Tabellen 3 bis 8 der DIN 19708 bestimmt. Der Hangneigungsfaktor (S-Faktor) wurde aus dem digitalen Geländemodell abgeleitet, welcher aus den Basisdaten des Landesamtes für innere Verwaltung generiert wurde. Der Regenerositätsfaktor (R-Faktor) wurde aus der Karte der mittleren Jahresniederschläge (Zeitreihe 1961 - 1990) des Deutschen Wetterdienstes und der landesspezifischen Gleichung zur Berechnung des R-Faktors nach DIN 19708 ermittelt.

- (1) Auf Basis der potentiellen Wassererosionsgefährdung oder der ABAG-Daten im EZG jedes Wasserkörpers, kann der jährliche Abtrag durch Wasser nach der DIN 19708 und nach DirektZahlVerpfV gemäß der Tabelle 4-16 abgestuft werden.

**Tabelle 4-16: Klassen bzw. Index<sub>Enat</sub> der Wassererosionsgefährdung nach DIN 19708 und DirektZahlVerpfV**

Jährlicher Abtrag durch Wasser (KxSxR) in t/ha	Erosionsgefährdung	Erosionsstufe nach DIN (Index <sub>Enat</sub> )	Erosionsgefährdungsklasse nach DirektZahlVerpfV	Jährlicher Abtrag durch Wasser (KxSxR) in t/ha	Transformation auf Klasse der Sedimentdurchgängigkeit
< 0,5	keine	E <sub>nat</sub> 0			1
0,5 bis < 2,5	sehr gering	E <sub>nat</sub> 1		< 2,5	1
2,5 bis < 5,0	gering	E <sub>nat</sub> 2		2,5 bis < 5,0	2
5,0 bis < 7,5	mittel	E <sub>nat</sub> 3		5,0 bis < 7,5	3
7,5 bis < 15	hoch	E <sub>nat</sub> 4		7,5 bis < 15	4
15 bis < 27,5	sehr hoch	E <sub>nat</sub> 5	CC <sub>Wasser1</sub> Erosionsgefährdung	≥ 15	5
≥ 27,5	sehr hoch	E <sub>nat</sub> 5	CC <sub>Wasser2</sub> hohe Erosionsgefährdung		5

- (2) Die Überlagerung findet über eine Gewichtung der Indices und je Wasserkörper für die zugehörige Fläche (EZG) statt. Dabei wird nur der zum Wasserkörper zählende Einzugsbereich herangezogen.

$$Index_{FS,4a} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{FB,i} * Index_{Enat,i}}{EZG_{WK}}$$

mit: n = Anzahl der Feldblöcke im EZG des Wasserkörpers

A<sub>FB</sub> = Fläche des Feldblockes

Index<sub>Enat</sub> = Index bzw. Klasse der Wassererosionsgefährdung je Feldblock

WK = Wasserkörper

EZG<sub>WK</sub> = Fläche des Einzugsgebietes je Wasserkörper (WRRL-Datensatz)

#### 4.3.3.8 Bewertungsmethodik für den Schwebstoffhaushalt im Gewässer (Stufe 4b)

Eine Bewertung der Veränderung des potentiell natürlichen Schwebstoffhaushaltes kann nur für Gewässer mit ausreichenden Messwerten zur Schwebstoffkonzentration erfolgen (vgl. INFORM, Rosenzweig et al. 2012). Derzeit wird empfohlen diesen Parameter nur für mittelgroße und große Fließgewässer (bzw. HMWBs) und in relevanten Gewässertypen (z.B. für Muldentalgewässer; Flachlandgewässer; Niedrigungsgewässer) vorzunehmen. Aufgrund bislang fehlender Daten zum Schwebstoffgehalt wird vielerorts vor allem in kleinen Gewässern eine Einstufung nicht möglich sein.

Für die Bewertung wird der Ansatz nach Rosenzweig et al. (2012) herangezogen: Der Schwebstoffhaushalt wird dabei durch die Schwebstoffkonzentrationen im Gewässer repräsentiert. Die Messung kann durch direkte Verfahren (Schwebstoffsammler, Schöpfproben) oder durch indirekte Verfahren (akustische und optische Verfahren wie z.B. ADCP oder OBS) nach einer vorausgehenden Kalibrierung der Messwerte erfolgen.

Für die Erfassung des potentiell natürlichen Schwebstoffhaushalts können für natürliche Gewässer historische Daten mit einem möglichst weit zurückliegenden Zeitraum herangezogen werden. Besteht für ein Fließgewässer keine belastbare Datengrundlage, kann ggf. aus der Übertragbarkeit von verfügbaren Messungen an vergleichbaren Gewässertypen Deutschlands auf das Referenzniveau geschlossen werden. Neben historischen Daten können auch verfügbare aktuelle (Ist-Zustand) Messungen an Gewässern des gleichen Gewässertyps, die sich in einem natürlichen Zustand befinden, Richtgrößen des ursprünglichen natürlichen Schwebstoffhaushaltes abgeleitet werden.

Zur Ermittlung des Schwebstoffhaushaltes im Ist-Zustand können Daten z. B. aus der SchwebDB der BfG (Schwebstoffdatenbank) bzw. ggf. aus der SedDB der BfG (Sedimentdatenbank), von Messkampagnen und/oder Dauermessstellen der Länder (z.B. aus dem DGJ) entnommen werden.

Die Veränderungen des Schwebstoffhaushaltes (Zu- oder Abnahme) wird quantitativ über einen bestimmten Grenzwert der vorherrschenden naturräumlichen Variabilität bewertet. Bei Messreihen wird daher empfohlen die jahreszeitliche Variabilität für den IST- und den Referenzzustand auszuwerten und dies bei der Einstufung in die Klassen zu berücksichtigen.

So können Schwebstoffkonzentrationen und Transportraten im Referenzzustand sowohl höher als auch niedriger als heute sein. Im Binnenbereich im IST-Zustand kann auch eine Abnahme der Schwebstoffgehalte und Schwebstofftransportraten auftreten, da z. B. Querbauwerke, Flächenversiegelungen, Uferverbau etc. den Sedimenteintrag in das Gewässer vermindern oder verhindern (vgl. Quick et al. 2013). Folglich muss tendenziell sowohl die Reduktion als auch die Zunahme der Schwebstoffgehalte bewerten werden.

Da im vorliegenden Verfahren bereits die Wirkung von Querbauwerken, Flächenversiegelungen, Uferverbau in den Stufen 1, 2 und 3a bewertet wurde, soll hier eine reine Bewertung der Veränderung der Schwebstoffe im Fließgewässer erfolgen. Folglich wird lediglich eine langfristige Zunahme der Schwebstoffkonzentration negativ bewertet, da eine Abnahme der Schwebstoffkonzentration als positiv für die Gewässerökologie zu bewerten ist.

Im Praxistest zeigte sich, dass auch langjährige Messreihen meist nicht weiter als bis in die 50er und 60er Jahre zurückreichen. Folglich ist die Festlegung der Referenz-Schwebstoffkonzentration ( $SSC_{RZ}$ ) bei langen aber auch kürzeren Messreihen mit Unsicherheit behaftet. So kann der Zustand vor ca. 20 oder 50 Jahren nur bedingt als potentiell natürlicher Zustand eingestuft werden. Des Weiteren wurde auch deutlich, dass sich Änderungen im Verfahren der Probennahme (früher abfiltrierbare Stoffe, heute optische Messungen) ebenfalls eine scheinbare Änderung der Schwebstoffkonzentration bewirken kann. Folglich ist der Index immer im Zusammenspiel der Datenlage, Datengüte und mit den Ergebnissen der Stufe 1 bis 4a in seiner Aussagekraft zu hinterfragen.

Aus langjährigen Zeitreihen von 10 Jahren und länger kann mit folgender Methodik der Verhältniswert bestimmt werden:

- (1) Prüfung der Messreihen auf Konformität in der Einheit der Schwebstoffkonzentrationen, auf Datenlücken und Fehlmessungen und Bereinigung.
- (2) Bestimmung eines zeitlichen Mittelwerts zur Schwebstoffkonzentration im RZ-Zustand z.B. über die Mittelung der Messwerte vom Beginn der Aufzeichnungen bis zu den Messungen vor ca. 5 oder 10 Jahren.
- (3) Bestimmung eines zeitlichen Mittelwerts zur Schwebstoffkonzentration im IST-Zustand z.B. über die Mittelung der Messwerte der letzten 5 oder 10 Jahre.
- (4) Berechnung des Verhältniswertes zur Änderung und Einstufung des Wertes nach Tabelle 4-17:

$$Index_{SSC} = \frac{SSC_{IST}}{SSC_{RZ}}$$

mit: SSC = Schwebstoffkonzentration (bzw. suspended sediment concentration)

SSC<sub>IST</sub> = zeitlicher Mittelwert zur Schwebstoffkonzentration im IST-Zustand

SSC<sub>RZ</sub> = zeitlicher Mittelwert zur Schwebstoffkonzentration im RZ-Zustand

Index<sub>SSC</sub> = Verhältniswert zur Änderung

**Tabelle 4-17: Bewertungsmatrix für den Schwebstoffhaushalt entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand, nach Rosenzweig et al. 2012, modifiziert**

Abweichung der gemittelten Schwebstoffkonzentration vom Referenzzustand (Index <sub>SSC</sub> )	Klasse
< 1,5 (Abweichung sehr gering)	1
von 1,5 bis < 2 (Abweichung gering)	2
von 2 bis < 2,5 (Abweichung mittel)	3
von 2,5 bis < 3 (Abweichung hoch)	4
> 3 (Abweichung sehr hoch)	5

Da die obige Bewertung nicht für einzelne Wasserkörper auf Grund fehlender Messwerte verfügbar sein wird, kann eine Übertragung der Bewertung auf Nachbarbereiche (soweit sinnvoll, z. B. keine Querbauwerke o. ä.) erfolgen. Falls keine Übertragung der Bewertung sinnvoll ist, wird empfohlen den Parameter ohne Bewertung zu belassen.

#### 4.3.3.9

##### Eingriffe in den Sedimenthaushalt

Des Weiteren könnten ergänzende Einstufungen auf Basis von Störungen im System erfolgen. Auf Grundlage von Unterhaltungen am Gewässer (z. B. Sedimententnahmen und -zugaben) können „Störungen“ und Defizite im Gewässer zurückgeschlossen werden:

- Sedimentdefizite: Tiefenerosion, Abpflasterungen (Ausspülung des Feinkornanteils), Starke Böschungserosionen/Uferabbrüche, Erosionsneigung allgemein
- Sedimentüberschuss (Geschiebe und/oder Schwebstoffe), Akkumulation von Geschiebe, Versandungen, Verschlickung
  - Überschuss an Schwebstoffen: Kolmatierung, Verschlickungen, Überdeckung der bettbildenden Sedimente
  - Überschuss an Geschiebe: Sohlerhöhungen, Geschiebeablagerungen, Versandungen, z. T. Abplasterungen

Eine konkrete Einstufung der Unterhaltungen am Gewässer erfolgt nicht im Rahmen der vorgeschlagenen Bewertungsmethodik, da der Rückschluss auf die Ursachen nicht immer eindeutig ist.

#### 4.3.4 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

Auf Basis der vier Einzelparameter morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebe und Feinsedimente/Schwebstoffe aus Kap. 4.3.3 ergibt sich die Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper. Dies erfolgt über die Bildung eines gemeinsamen Index:

$$Index_{SDG,WK} = \frac{Index_{MB} + Index_{LSDG} + Index_G + Index_{FS}}{4}$$

mit:  $Index_{SDG,WK}$  = Index für die Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

$Index_{MB}$  = Bewertungsindex für die morphologischen Bedingungen im Wasserkörper

$Index_{LSDG}$  = Bewertungsindex für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit

$Index_G$  = Bewertungsindex für das Geschiebe im Wasserkörper

$Index_{FS}$  = Bewertungsindex für die Feinsedimente im Wasserkörper

Steht ein oder mehrere Bewertungsindices nicht zur Verfügung, verändert sich das Bewertungsschema so, das nur über die bewerteten Einzelparameter gemittelt wird. Das Schema der Klassengrenzen wird in Kapitel 4.3.2 erläutert.

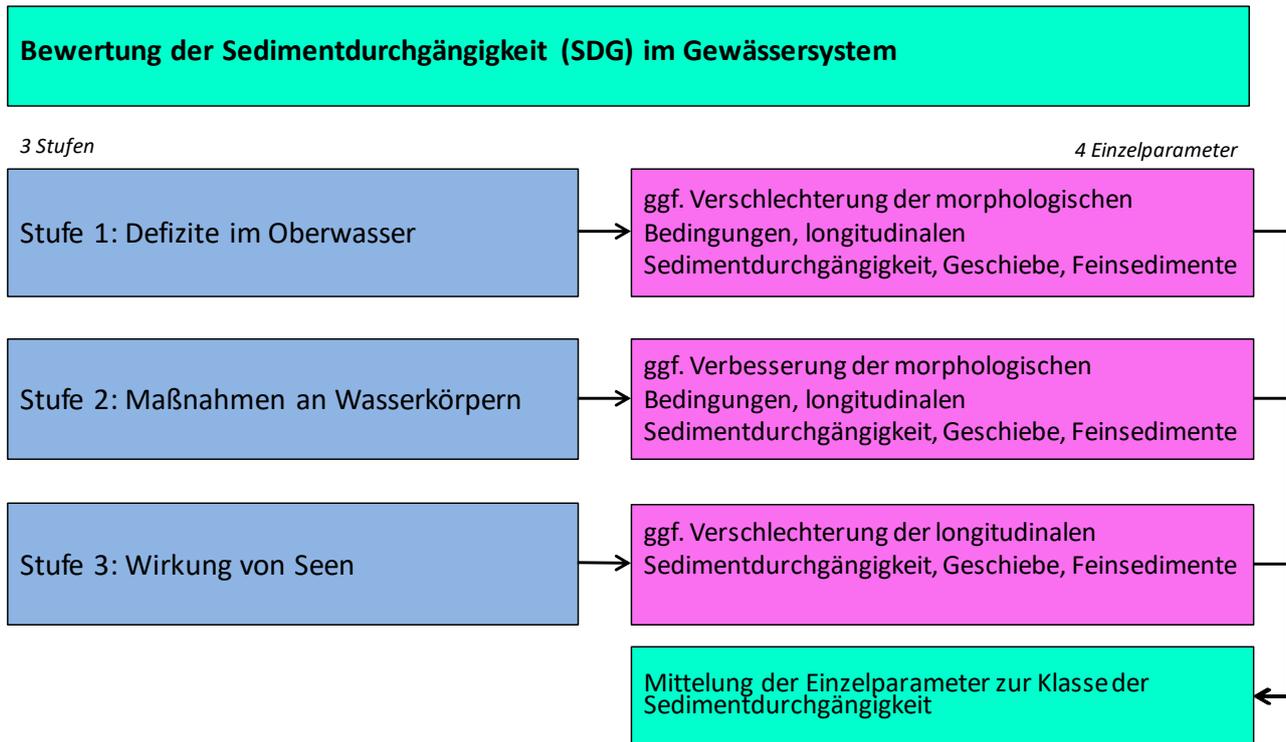
**Tabelle 4-18: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper**

Sedimentdurchgängigkeit	Wasserkörper
<b>Klasse 1</b> sehr gut	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebehaushalt und der Feinsedimenthaushalt sind gewässertypisch ungestört (Klasse 1). (Index 1 bis < 1.3)
<b>Klasse 2</b> gut	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebehaushalt und der Feinsedimenthaushalt sind gewässertypisch gering verändert. (Index 1.3 bis < 2.3)
<b>Klasse 3</b> mäßig	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebehaushalt und der Feinsedimenthaushalt sind gewässertypisch mäßig verändert. (Index 2.3 bis < 3.3)
<b>Klasse 4</b> unbefriedigend	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebehaushalt und der Feinsedimenthaushalt sind stark verändert. (Index 3.3 bis < 4.3)
<b>Klasse 5</b> schlecht	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebehaushalt und der Feinsedimenthaushalt sind sehr stark verändert. (Index 4.3 bis 5)

#### 4.3.5 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem stützt sich auf die vier bereits bewerteten Einzelparameter der Wasserkörper (morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebe, Feinsedimente). Es erfolgt daher keine neue Ermittlung von Einzelparametern. Vielmehr werden nur großräumige Wirkungen, Maßnahmen und künstliche Seen zwischen bzw. in den Wasserkörpern auf- oder abwertend berücksichtigt.

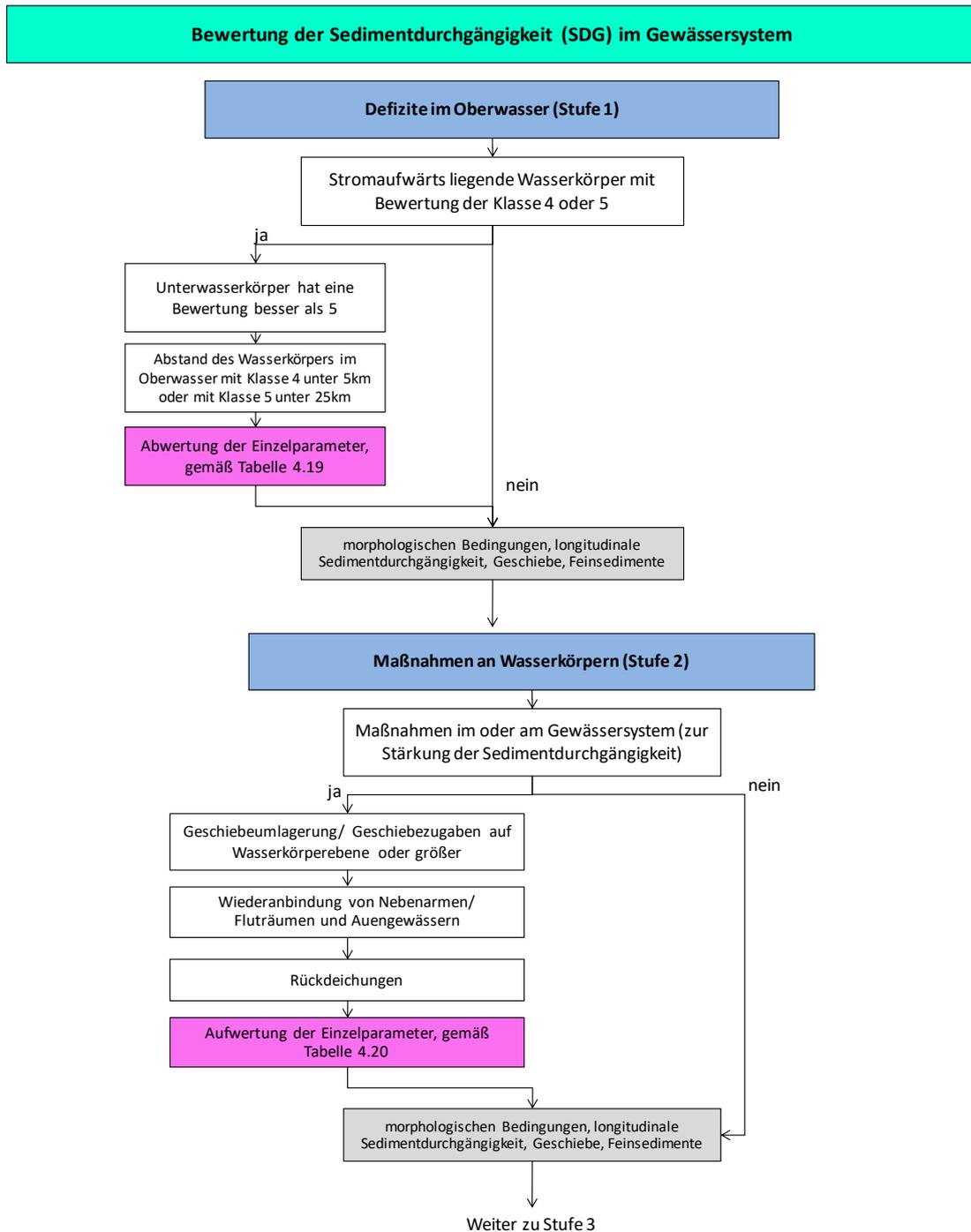
Folglich findet keine Aggregation der bestehenden Bewertung auf einer noch größeren Ebene, sondern eine Darstellung der Wirkzusammenhänge im Gewässersystem auf Wasserkörperebene statt.



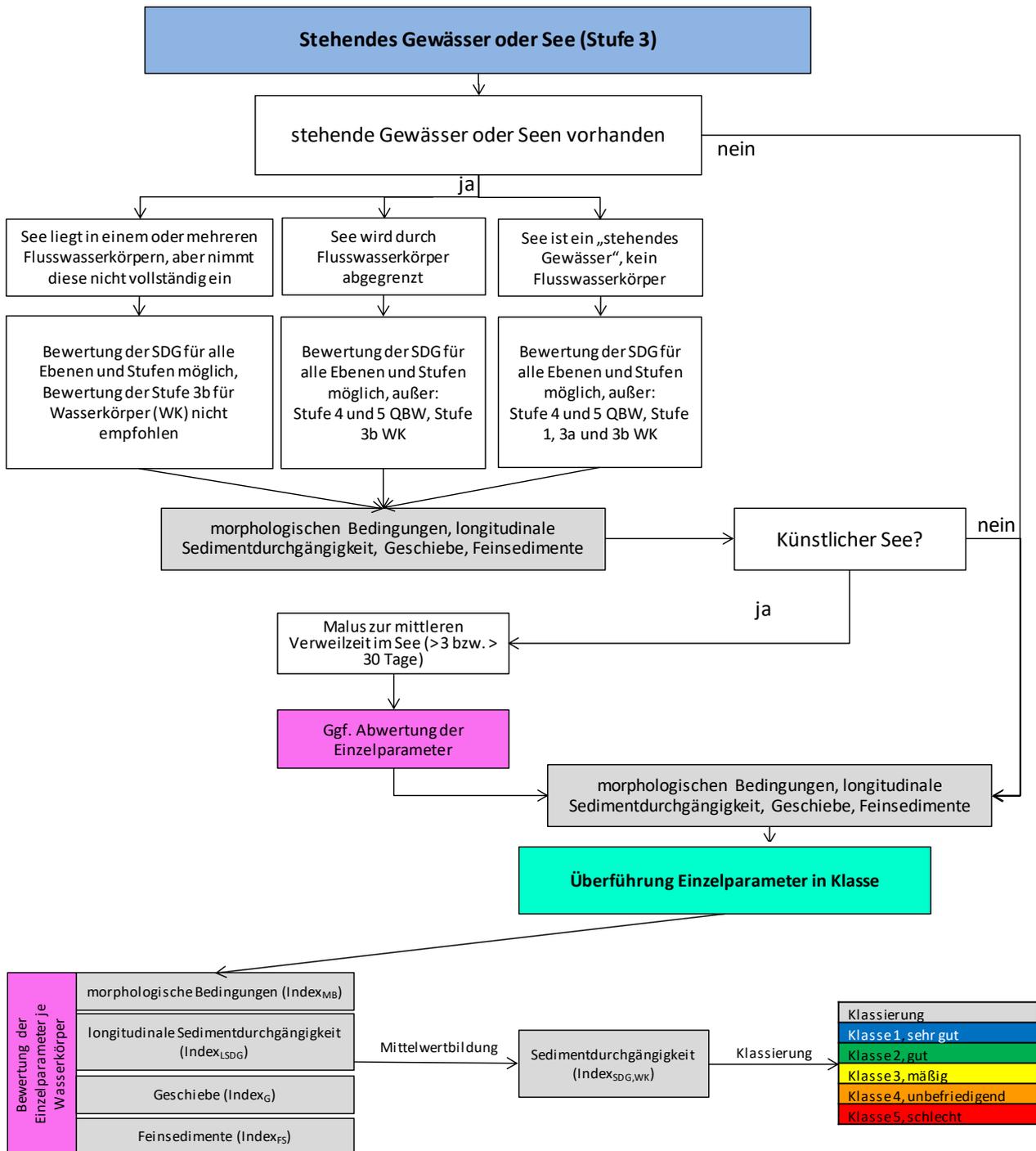
**Abbildung 4-11: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem**

Folgende Aspekte werden in den 3 Stufen berücksichtigt

- Malus für Defizite im Oberwasser
- Maßnahmen an Wasserkörpern und wasserkörperübergreifend
- Wirkung von Seen



**Abbildung 4-12: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem in drei Stufen (Stufe 1 bis 2)**



**Abbildung 4-13: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem in drei Stufen (Stufe 3)**

4.3.5.1 Bewertungsmethodik für Defizite im Oberwasser (Stufe 1)

Die nachstehende Methodik trägt dem Aspekt Rechnung, dass sich Defizitbereiche im Oberwasser nachteilig auf den Geschiebe- und Schwebstofftransport und folglich die Morphologie im Unterwasser auswirken. Analog zu den entwickelten Wirkbereichen für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit (Kap. 4.3.3.2) wird nachstehend ein sogenanntes Malussystem für die Überführung der Bewertungen der Wasserkörper auf das Gewässersystem vorgenommen. Das Malussystem greift auf das Hauptgewässerbett und die als relevant ausgewiesenen Nebengewässer und wurde in etwas abweichender Form von Quick et al. (2014) angewandt. Als Wirkungsrichtung wird hier jeweils der Bereich flussabwärts betrachtet.

Die Anwendung des Malusystems kann auf den Gesamtindex des Wasserkörpers ( $\text{Index}_{\text{SDG,WK}}$ ) oder auch nach Einzelparametern (z.B.  $\text{Index}_G$ ) erfolgen, um die Ergebnisse aus den Einzelparametern im Wasserkörper differenzierter zu betrachten. Im zweiten Fall sind anstatt des Gesamtindex im Oberwasser die Indizes der Einzelparameter im Oberwasser gegenüberzustellen. Bei der Auswertung der Einzelparameter ist jedoch keine anschließende Mittelung der Einzelparameter vorgesehen.

- (1) Übernahme der Indexbewertung je Wasserkörper gemäß Berechnung aus Kap. 4.3.4 und Prüfung der räumlichen Abhängigkeiten zu Oberwasserbereichen und Nebengewässern
- (2) Stromaufwärts liegende Wasserkörper mit einer Bewertung der Klasse 4 oder 5 wirken sich nachteilig auf den betrachteten Wasserkörper aus, wenn:
  - der betrachtete Wasserkörper eine Bewertung gemäß Tabelle 4-19 besitzt.
  - der Abstand des Wasserkörpers im Oberwasser mit der Klasse 4 unter 5 km liegt oder der Abstand des Wasserkörpers im Oberwasser mit der Klasse 5 unter 25 km liegt. (Falls beides erfüllt ist, soll keine doppelte Abwertung, sondern das Worst-Case Prinzip mit der höchsten Abwertung erfolgen).
- (3) Als Wirkungsbereich wird jeweils der Bereich ab dem flussabwärtigen Rand des Wasserkörpers im Oberwasser definiert. Überschneidet sich dieser Wirkungsbereich mit einem oder mehreren Wasserkörpern, so liegen diese entsprechend in der zugehörigen Zone. Wasserkörper, die nur anteilig (mit weniger als 50 Prozent) berührt werden, müssen nicht abgewertet werden.
- (4) Die Abstufung der Bewertung der Wasserkörper aus Kap. 4.3.4 erfolgt nach der Vorschrift aus Tabelle 4-19:

**Tabelle 4-19: Malusbewertung der Wasserkörper in einem Gewässersystem**

Entfernung eines Wasserkörpers im Oberwasser mit der Klasse ...	Klasse 1 (Index 1 bis < 1,3)	Klasse 2 (Index 1,3 bis < 2,3)	Klasse 3 (Index 2,3 bis < 3,3)	Klasse 4 (Index 3,3 bis < 4,3)	Klasse 5 (Index 4,3 bis < 5)
Auswirkungen ins Unterwasser unabhängig von der Lage im Hauptgewässerbett oder Nebengewässer	Keine (positive oder negative) Auswirkung			Auswirkung bis 5 km	Auswirkung bis 25 km
<b>Kriterium für den betrachteten Wasserkörper der Klasse ...</b>					
Klasse 1 (Index 1 bis < 1.3)	--	--	--	Malus 1	Malus 2
Klasse 2 (Index 1.3 bis < 2.3)	--	--	--	Malus 0.5	Malus 1.5
Klasse 3 (Index 2.3 bis < 3.3)	--	--	--	--	Malus 1
Klasse 4 (Index 3.3 bis < 4.3)	--	--	--	--	Malus 0.5
Klasse 5 (Index 4.3 bis < 5)	--	--	--	--	--

#### 4.3.5.2 Bewertungsmethodik für Maßnahmen an Wasserkörpern (Stufe 2)

Bezogen auf den Querbauwerksstandort wurden bereits Umlagerungsmaßnahmen positiv bewertet, die sich direkt mit einem Bauwerk verknüpfen lassen. Auf Ebene des Gewässersystems sollen vorrangig großräumige Sedimentumlagerungs- und verbessernde Maßnahmen bewertet werden, die sich nicht direkt einem Querbauwerk zuordnen lassen. Als positiv bewertet werden:

- Umlagerungen, die Geschiebe wie Sande und Kiese im Oberlauf von staugeprägten Gewässerstrecken entnehmen, diese gezielt und regelmäßig im Unterlauf von Staustrecken zugeben. Hierbei gelten die Vorgaben aus dem Kap. 4.3.1.3 analog mit einer Umlagerung mindestens einmal im Jahr und bei transportwirksamen Abflüssen.
- Wiederanbindung von Nebenarmen und Auengewässern gemäß Tabelle 4-5
- Rückdeichungen gemäß Tabelle 4-5

Unter positiv zu bewertenden Maßnahmen fallen nicht, Baggerungen bzw. Baggern und Verklappen zur Erhaltung der Schiffbarkeit bzw. der Gewässernutzung.

- (1) Die Wirkung der oben genannten Maßnahmen wird auf bestimmte Einzelparameter aufwertend für die an Maßnahmen angrenzenden Wasserkörper berücksichtigt. Die Abstufung der Bewertung der Wasserkörper aus Kap. 4.3.4 erfolgt nach der Vorschrift aus Tabelle 4-19:

**Tabelle 4-20: Aufwertung der Wasserkörper in einem Gewässersystem**

Maßnahme am Wasserkörper	Aufwertung der Einzelparameter
Geschiebeumlagerung/Geschiebezugaben auf Wasserkörperoberfläche oder größer	Aufwertung longitudinale Sedimentdurchgängigkeit $Index_{LSDG}$ und des Geschiebetransports $Index_G$ für die Wasserkörper an der Entnahme und an der Zugabe um den Wert 1
Wiederanbindung von Nebenarmen/ Fluträumen und Auengewässern	Aufwertung für die morphologischen Bedingungen $Index_{MB}$ , die Feinsedimente $Index_{FS}$ und den Geschiebetransport $Index_G$ für die Wasserkörper entlang der Maßnahme um den Wert 1, wenn sich die Maßnahme/n über die Gesamtlänge der Wasserkörper erstrecken. Andernfalls ist nur eine anteilige Verbesserung (z.B. 0.5 bei 50 % der Länge) zu berücksichtigen.
Rückdeichungen gemäß Kap. 0	Aufwertung für die morphologischen Bedingungen $Index_{MB}$ , die Feinsedimente $Index_{FS}$ und den Geschiebetransport $Index_G$ für die Wasserkörper entlang der Maßnahme um den Wert 1, wenn sich die Maßnahme/n über die Gesamtlänge der Wasserkörper erstrecken. Andernfalls ist nur eine anteilige Verbesserung (z.B. 0.5 bei 50 % der Länge) zu berücksichtigen.

#### 4.3.5.3 Bewertungsmethodik stehende Gewässer und Seen (Stufe 3)

Für die Bewertung eines Gewässersystems ist zu beurteilen, wie Seen im Gewässerlauf auf die Sedimentdurchgängigkeit des Flusswasserkörpers wirken und welche Einschränkungen ergeben sich in der bisher beschriebenen Bewertungsmethodik.

Stehende Wasserkörper werden ab einer Größe über 50 Hektar Seeoberfläche gemäß LAWA als „stehende Gewässer“ klassifiziert. Liegt die Größe darunter, kann der See in einem Flusswasserkörper liegen. Folglich kann es bei der Bewertung von Flusswasserkörpern zu einer Interaktion mit stehenden Wasserkörpern (Seen) kommen. Hierbei sind drei Kombinationen möglich:

- a) See liegt in einem oder zwei Flusswasserkörpern, aber nimmt diese nicht vollständig ein
- b) See wird durch einen Flusswasserkörper abgegrenzt
- c) See ist ein „stehendes Gewässer“ (daher nicht als Flusswasserkörper definiert)

- (1) Folgende Einschränkungen ergeben sich für diese Fälle in der bisher beschriebenen Bewertungsmethodik. Grundlegend kann die Bewertungs- und Klassifizierungsmethodik für den Fall a) beibehalten werden. Für den Fall b) und c) ergeben sich Einschränkungen, die in Tabelle 4-21 aufgeführt sind.

**Tabelle 4-21: Empfehlung zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit für die Kombinationsfälle Flusswasserkörper (WK) mit Seen**

Parameter Sedimentdurchgängigkeit	Fall a: See liegt in WK bzw. in mehreren WKs	Fall b: See ist ein WK	Fall c: See ist ein stehendes Gewässer
Bewertung Querbauwerke (Stufe 1 bis 5)	möglich	Möglich ohne Stufe 4 und 5	Möglich ohne Stufe 4 und 5
Bewertung Wasserkörper (Stufe 1 und 3a)	möglich	möglich	Nicht möglich (keine GSK)
Bewertung Wasserkörper (Stufe 2)	möglich	möglich	möglich
Bewertung Wasserkörper (Stufe 3b)	wird nicht empfohlen	nicht sinnvoll	nicht sinnvoll
Bewertung Wasserkörper (Stufe 4a und 4b)	möglich	möglich	möglich
Bewertung Gewässersystem (Stufe 1)	möglich	möglich	möglich
Bewertung Gewässersystem (Stufe 2)	möglich	möglich	möglich

- (2) Für die Interaktion zu den angrenzenden oder umgebenden Flusswasserkörpern erfolgt für natürliche Seen eine neutrale Bewertung der angrenzenden Flusswasserkörper. Lediglich künstliche Seen werden als Sedimentfalle auf Grundlage der Aufenthaltszeit T im See (Volumen/ Abfluss) über folgende Einstufung bewertet:

$$T_{\text{See}} = \frac{V_{\text{See}}}{Q_{\text{See}}}$$

mit:  $T_{\text{See}}$  = mittlere Verweilzeit [s]

$V_{\text{See}}$  = Volumen des Sees [m<sup>3</sup>]

$Q_{\text{See}}$  = mittlerer Abfluss aus dem See [m<sup>3</sup>/s]

Über die mittlere Verweilzeit  $T_{\text{See}}$  kann eine Abgrenzung über folgende Grenzwerte erfolgen:

$T_{\text{See}} \leq 3$  Tage                      Kein Malus für Unterwasserkörper  
 $T_{\text{See}} > 3$  und  $\leq 30$  Tage      Malus – 0,5 für den Unterwasserkörper  
 $T_{\text{See}} > 30$  Tage                      Malus – 1 für den Unterwasserkörper

Die Grenzwerte orientieren sich an den Abgrenzungen für mittlere Verweildauern für Fließgewässer (kleiner drei Tage) und für die Verweildauer von Flusseen im Tiefland (Typ 12), die zwischen 3 und 30 Tagen liegen.

### 4.3.6 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

Die Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Einzugsgebiet führt die Bewertung der Einzelparame-  
ter im Wasserkörper analog zur Methodik aus Kap. 4.3.4 zusammen:

$$Index_{SDG,WK} = \frac{Index_{MB} + Index_{LSDG} + Index_G + Index_{FS}}{4} \quad \text{mit:}$$

$Index_{SDG,WK}$  = Index für die Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

$Index_{MB}$  = Bewertungsindex für die morphologischen Bedingungen im Wasserkörper

$Index_{LSDG}$  = Bewertungsindex für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit

$Index_G$  = Bewertungsindex für das Geschiebe im Wasserkörper

$Index_{FS}$  = Bewertungsindex für die Feinsedimente im Wasserkörper

Stehen ein oder mehrere Bewertungsindices nicht zur Verfügung, verändert sich das Bewertungs-  
schema dahingehend, das nur über die bewerteten Einzelparame-ter gemittelt wird. Das Schema der  
Klassengrenzen wird in Kapitel 4.3.2 erläutert.

**Tabelle 4-22: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem**

Sediment- durchgängig- keit	Gewässersystem
<b>Klasse 1</b> sehr gut	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängig- keit, der Geschiebe- und der Feinsedimenthaushalt sind gewässertypisch un- gestört. (Index 1 bis < 1.3)
<b>Klasse 2</b> gut	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängig- keit, der Geschiebe- und der Feinsedimenthaushalt sind gewässertypisch ge- ring verändert. (Index 1.3 bis < 2.3)
<b>Klasse 3</b> mäßig	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängig- keit, der Geschiebe- und der Feinsedimenthaushalt sind gewässertypisch mä- ßig verändert. (Index 2.3 bis < 3.3)
<b>Klasse 4</b> unbefriedi- gend	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängig- keit, der Geschiebe- und der Feinsedimenthaushalt sind stark verändert. (Index 3.3 bis < 4.3)
<b>Klasse 5</b> schlecht	Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebe- und der Feinsedimenthaushalt sind sehr stark verändert. (Index 4.3 bis 5)

## 4.4 Einbindung der Bewertung Sedimentdurchgängigkeit im Reporting der EU

Für die Zuordnung zum Reporting der EU-WFD über die sogenannte WFD-Codelist wird empfohlen die finale Bewertung der Wasserkörper auf Gewässersystemebene zu nutzen. Hierin sind bereits großskalige Wirkungen infolge von wasserkörperübergreifenden Maßnahmen oder negative Strahlwirkungen aus dem Oberwasser mitbewertet.

Die Sedimentdurchgängigkeit stellt eine Teilbewertung dar, die in der WFD-Codelist dem Parameter QE2-2 River continuity (Hydromorphological quality elements) zu geordnet wird (siehe Tabelle 4-23). An dieser Stelle sei betont, dass die Fischdurchgängigkeit, die ebenfalls Teil des Parameters QE2-2 River continuity ist, im vorgelegten Verfahren nicht behandelt wurde.

**Tabelle 4-23: Bewertungselement QE2-2 River continuity aus der WFD-Codelist (bereitgestellt durch das LfU Rheinland-Pfalz, 2016)**

<p><b>QE22RiverContinuityCondi- ons</b></p> <p>3.9.2</p> <p>QE22VAL</p>	<p>Required.</p> <p>Indicate the results of the assessment of this QE for all relevant surface water categories.</p> <p><b><i>Durchgängigkeit ist in folgenden Klassen zu berichten:</i></b></p> <p>'1' = High status or maximum potential.</p> <p>'2' = Good status or potential.</p> <p>'3' = less than good status or potential (for QE2 and QE3).</p> <p>6 = 'MonitoredButNotUsed' = Monitored but no standard has been developed and/or the QE is not used for status assessment (this option is only valid for quality elements starting with QE2 or QE3).</p> <p>7 = 'Unknown' = Unknown status or potential.</p> <p>8 = 'Not applicable' = Not applicable. If there is no monitoring information for this QE and/or status is unknown then select 'Unknown' from the enumeration list. If the QE is not applicable in the surface water category or type then select option 'Not applicable' from the enumeration list. Quality checks: Within-schema check: if surfaceWaterCategory is 'TeW' then 'Not applicable' must be selected. If qeCode is any quality element starting with QE1, the option 'MonitoredButNotUsed' is not valid. If qeCode is any quality element starting with QE2 or QE3, the options '4' and '5' are not valid.</p>
---	--

Die WFD-Codelist gibt somit den hydromorphologischen Qualitätskomponenten nur eine 3-stufige Bewertung vor. Eine Umwandlung in die 3-stufige Skala der WFD-Codelist ist auf Grundlage der Tabelle 4-24 jederzeit möglich. Folglich wird die Klasse 1 für die Sedimentdurchgängigkeit der Bewertung im Reporting mit „high“ zugeordnet. Die Klasse 2 wird der Bewertung im Reporting mit „good“ zugeordnet. Alle anderen Klassen 3 bis 5 für die Sedimentdurchgängigkeit werden der Bewertung „less than good“ im Reporting gemäß Tabelle 2 zugeordnet.

**Tabelle 4-24: WFD Template Definition Annex: WFD-Codelist, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Stand: 31.01.2013 (entnommen aus Mehl et al., 2017)**

### QualityStatusCode

<b>Chemical Status (QE3-2, QE3-3, GE2-x, GE3, Protected Area)</b>	<b>Ecological Status or Potential (QE1-x)</b>	<b>Hydromorphological and Physico- Chemical Status (QE2-x, QE3-1, QE3-4)</b>	<b>Value</b>
Good (< ½ EQS) (only German Elbe QE3-x)	High (only for status, not for potential)	High (only for status, not for potential)	1
Good	Good	Good	2
Failing to achieve good	Moderate	Less than good	3
Failing to achieve good (> 2 EQS) (only German Elbe QE3-x)	Poor		4
	Bad		5
Unclassified	Unclassified	Unknown/no information	U

## 5 Glossar

Begriff	Definition	Quelle
<b>ABAG</b>	<p>Die allgemeine Bodenabtragungsgleichung (kurz ABAG) ist eine Grundlage für die Abschätzung der Bodenerosion durch Wasser und geht zurück auf die von Wischmeier und Smith (1978) veröffentlichte „Universal Soil Loss Equation“ (USLE). Die USLE beruht auf Auswertungen einer großen Anzahl von Feldversuchen in den USA.</p> <p>Der mittlere Bodenabtrag in [t/ha·a] korreliert den Niederschlags-Oberflächenabflußfaktor, den Bodenerodierbarkeitsfaktor, den Hanglängenfaktor, den Hangneigungsfaktor, den Bodenbedeckungsfaktor und den Erosionsschutzfaktor. Die ABAG berechnet den langjährigen mittleren Bodenabtrag für den erosionswirksamen Hangabschnitt.</p>	Glossardatenbank der Universität Halle
<b>abiotisch</b>	<p>unbelebt</p> <p>Zu den abiotischen Umweltfaktoren, die die Lebensgemeinschaften in Gewässern beeinflussen, zählen z.B. großräumig wirkende Faktoren, wie Geologie oder Klima und kleinräumig wirkende Faktoren, wie z. B. Sohlsubstrat oder chemisch-physikalische Beschaffenheit des Wassers</p>	UBA, LAWA 2018
<b>Absturz</b>	Bauwerk, mit dem ein Höhenunterschied in der Sohle eines Gewässers mit lotrechter oder steil geneigter Absturzwand (Gefälle bis 1:3) überwunden wird.	DIN 4047-5
<b>Absturztreppe</b>	mehrere aufeinander folgende Abstürze	DIN 4047-5
<b>Akkumulation</b>	Anhäufung, Ansammlung	UBA, LAWA 2018
<b>Altarm</b>	ständig oder zeitweilig durchströmter ehemaliger Gewässerverlauf. Altarme stehen als ehemalige Flussstrecken dauernd einseitig mit dem Fließgewässer in Verbindung	UBA, LAWA 2018
<b>anthropogen</b>	durch den Menschen verursacht	UBA, LAWA 2018
<b>Ästuar</b>	Ästuarie weisen einen freien Rand zum offenen Meer auf und werden dementsprechend von Pitchard (1967) auch als „halbeingeschlossene Küstengewässer“ bezeichnet. Sie unterliegen im Wesentlichen drei äußeren Einwirkungen: dem Wind, der Tide und dem binnenseitigen Zufluss.	Pitchard (1967), Fischer (1979)
<b>AWB</b>	<p>Artificial Water Body = künstlicher Wasserkörper</p> <p>Ein Wasserkörper wird als "Künstlicher Wasserkörper" eingestuft, wenn er sich an einer Stelle befindet, an</p>	UBA, LAWA 2018

	<p>der zuvor kein Gewässer war. Typische Vertreter sind Kanäle oder Häfen. Während bei natürlichen Wasserkörpern der gute Zustand zu erreichen ist, ist an künstlichen Wasserkörpern, wie übrigens auch an erheblich veränderten Wasserkörpern, das gute ökologische Potenzial zu erreichen.</p>	
<b>Bauwerksstandort</b>	<p>Der Bauwerksstandort reicht von der Stauwurzel oder der Beschleunigungsstrecke bei mittlerem Abfluss (MQ) bis unterhalb der Mündung eines eventuell vorhandenen Unterwasserkanals. Im Bereich eines Standortes können sich weitere funktional verknüpfte Bauwerke befinden, z. B. Wasserkraftanlagen, Fischaufstiegsanlagen oder weitere Querbauwerke.</p>	Kapitel 4.3.1.4, Abbildung 4-5
<b>Beharrungsstrecke</b>	<p>Abschnitte eines Fließgewässers, in dem weder Erosion noch Sedimentation feststellbar sind</p>	DIN 4049-3 Nr. 2.8.10
<b>bettbildender Abfluss</b>	<p>Der bettbildende Abfluss gilt in der allgemeinen Ingenieurpraxis als der gerinnebildende Abfluss. D. h. der hydraulischen Belastung unter dem sich eine definierte Profildbreite und -tiefe einstellt, ohne übermäßige Erosion und Sedimentation. Obwohl die Existenz (Dolye et al., 2007) des bettbildenden Abflusses nicht streng bewiesen ist, wird der Gedanke, dass sich in einem Fließgewässer ein Gleichgewichtsprofil einstellt, um ein Abflussereignis bestimmter Größe aufzunehmen, in der Ingenieurpraxis als allgemein anerkannt.</p>	Dolye et al. (2007)
<b>bordvoller Abfluss</b>	<p>die Abflussmenge im Gewässerbett, die soeben noch ohne Ausuferungen abfließen kann. Der natürliche bordvolle Abfluss erstreckt sich bis zu beiden Böschungsoberkanten und entspricht näherungsweise dem bettbildenden Abfluss, für den die Wiederkehrzeiten der bordvollen Abflusswerte entscheidend sind. Bei ausgebauten Fließgewässern tritt der bordvolle Abfluss wesentlich seltener auf; um von bettbildend zu sprechen, ist die Wiederkehrzeit zu gering.</p>	Spektrum der Wissenschaft 2001
<b>CIS</b>	<p>Common Implementation Strategy Gemeinsame Strategie der EU Kommission und der Mitgliedstaaten zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie</p>	UBA, LAWÄ 2018
<b>Diversität</b>	<p>Vielfalt von Arten und Ökosystemen</p>	UBA, LAWÄ 2018
<b>Erosion</b>	<p>Abtragung von Gestein durch Wasser. Man unterscheidet flächenhafte Erosion (Flächenabtrag) und lineare Erosion (Rinnenerosion)  (Anmerkung: weitere Definitionen zu Tiefen-, Seitenrückschreitende Erosion, sowie Erosionskeil, -basis vorhanden)</p>	DIN 4049-3 Nr. 2.8.2

<b>EZG   Einzugsgebiet</b>	Ein Gebiet, aus welchem über Ströme, Flüsse und möglicherweise Seen der gesamte Oberflächenabfluss an einer einzigen Flussmündung, einem Ästuar oder Delta ins Meer gelangt.	EG-WRRL (2000)
<b>Feststoffe</b>	Syn. Sediment: Feste Stoffe, die im Wasser fortbewegt werden, ausschließlich Eis Man unterscheidet: Schwimmstoffe, Schwebstoffe, Sinkstoffe, Geschiebe	DIN 4049-3 Nr. 2.8.22
<b>Feststoffabtrag</b>	Quotient aus Feststofffracht und oberirdischem Einzugsgebiet [t/km <sup>2</sup> ]	DIN 4049-3 Nr. 2.8.29
<b>Feststofffracht</b>	Masse der Feststoffe, die in einem bestimmten Zeitabschnitt (z.B. ein Jahr) durch den gesamten Gewässerquerschnitt transportiert wird Analoge Begriffe: Geschiebefracht, Schwebstofffracht [t]	DIN 4049-3 Nr. 2.8.27
<b>Feststofftransport</b>	Masse der Feststoffe, die in der Zeiteinheit durch den gesamten Gewässerquerschnitt treibt. Analoge Begriffe: hier: Sedimenttransport (bestehend aus den Komponenten Geschiebetransport und Schwebstofftransport [kg/s])	DIN 4049-3 Nr. 2.8.26
<b>Feststofftrieb</b>	Masse der Feststoffe, die in der Zeiteinheit durch einen Querschnittstreifen von 1 m Breite treibt. Analoge Begriffe: Geschiebetrieb, Schwebstofftrieb [kg/(s m)]	DIN 4049-3 Nr. 2.8.25
<b>Geschiebe</b>	Feststoffe, die nur im Bereich der Gewässersohle bewegt werden	DIN 4049-3 Nr. 2.8.23
<b>Geschiebeabrieb</b>	Massenverlust der bewegten und abgelagerten Geschiebekörner auf einer bestimmten Flusslänge [g/kg]	DIN 4049-3 Nr. 2.8.31
<b>Gewässergüte</b>	Unter Gewässergüte wird klassisch die Gewässerqualität bezeichnet. Die Gewässergüte bildet stoffliche Belastungen der Gewässer mit Nähr- und Laststoffen (biologische Gewässergüte, Saprobie) und mit spezifischen Schadstoffen ab. Der klassischen Gewässergüte-Beurteilung werden in Umsetzung der WRRL und des darin verankerten ganzheitlichen, integralen Ansatzes der Gewässerbeurteilung Aussagen zum ökologischen Zustand weiterer Qualitätskomponenten bzw. zur Indikation weiterer Gewässerbelastungen der Gewässer hinzugefügt. Die Artengemeinschaften des Makrozoobenthos werden nun auch hinsichtlich ihrer Indikation für gewässerstrukturelle Veränderungen und der Versauerung beurteilt. Außerdem werden die Gewässerflora, das Phytoplankton und die Fischfauna hinsichtlich der Artengemeinschaft im Vergleich zum	UBA, LAWA 2018

	Referenzzustand beurteilt. Die „klassische“ Gewässergütekarte wird als Modul „Saprobie“ der Zustandsbeurteilung der Gewässer fortgeführt.	
<b>GSK bzw. Gewässerstruktur(kartierung)</b>	Die Gewässerstruktur wird von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) auf Basis einer Gewässerstrukturkartierung dargestellt. Die Gewässerstrukturgüte ist ein Maß für die ökologische Qualität der Gewässerstrukturen und der durch diese Strukturen angezeigten dynamischen Prozesse. Bei der Gewässerstrukturgütekartierung handelt es sich um ein definiertes Verfahren zur Bestandsaufnahme und Beurteilung des Ist-Zustandes der Gewässerstrukturgüte. Als Bewertungsmaßstab wird das Leitbild herangezogen.	Umweltdaten-bank 2018, MULNV NRW (1999)
<b>Gewässersystem</b>	Als Gewässersystem werden Flüsse und Flussabschnitte bezeichnet, die einander tributär sind und sich durch gemeinsame Eigenschaften oder Ziele auszeichnen z.B. Verbreitungsgebiet einer Art, Wanderroute einer Art. Gewässersysteme können Teile eines Einzugsgebietes sein.	Kapitel 3.1.3
<b>Gewässertyp</b>	Gliederung und Zusammenfassung von Gewässern nach definierten gemeinsamen (z. B. morphologischen, physikalischen, chemischen, hydrologischen oder auf Organismen bezogenen) Merkmalen u. a. als Grundlage für die Bewertung des ökologischen Zustands der Oberflächengewässer.	UBA, LAWA 2018
<b>GöP</b>	Gutes ökologisches Potential	WRRL
<b>Grundschwelle</b>	Über die Sohle hinausragende Schwelle, die auch der Niedrigwasseranhöhung dient.	DIN 4047-5
<b>HMWB</b>	heavily modified waterbody = erheblich veränderter Wasserkörper. Durch den Menschen in seinem Wesen hydromorphologisch erheblich verändertes Oberflächengewässer, das nur bei signifikant negativen Auswirkungen auf bestehende Nutzungen in den ansonsten im natürlichen Wasserkörper erreichbaren Zustand gebracht werden kann. Stoffliche Belastungen von Gewässern begründen nicht die Einstufung eines Gewässers als HMWB. HMWB-Gewässer müssen das gute ökologische Potenzial erreichen, d.h. es müssen bezüglich der biologischen Qualitätskomponenten alle Verbesserungen durchgeführt	UBA, LAWA 2018
<b>HöP</b>	Höchstes ökologisches Potential	WRRL
<b>hpnG</b>	Als heutiger potentiell natürlicher Gewässerzustand wird der Zustand bezeichnet, der sich nach Aufgabe	UBA, LAWA 2018

	vorhandener Nutzungen im und am Gewässer und seiner Aue sowie nach Entnahme sämtlicher Verbauungen einstellen würde.	
<b>Kolmation</b>	Unter Kolmation wird der Prozess des Eintrags und der Ablagerung von Feinmaterialien im Lückensystem poröser Fließgewässersohlen infolge der Infiltration (Einstrom) von Flusswasser verstanden (physikalische Kolmation nach Schälchli (1993)). Dieser Vorgang führt zu einer Verringerung des Porenvolumens, einer Verfestigung des Sohlsubstrates und einer Reduktion der Sohldurchlässigkeit.	Schälchli, 1993
<b>LAWA</b>	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser	UBA, LAWA 2018
<b>Leitbild</b>	heutiger potenziell natürlicher Gewässerzustand (= hpnG) inklusive irreversibler anthropogener Veränderungen, wie z. B. Auenlehmbildung im Mittelalter oder Senkungserscheinungen infolge von Bergbau	UBA, LAWA 2018
<b>Monitoring</b>	Regelmäßig wiederholte und zielgerichtete Erhebung im Sinne einer Dauerbeobachtung mit Aussagen zu Zustand und Veränderungen von Natur und Landschaft. Monitoring ist ein Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung (Protokollierung, Beobachtung oder Überwachung) eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme. Dabei ist die wiederholte regelmäßige Durchführung ein zentrales Element der jeweiligen Untersuchungsprogramme, um anhand von Ergebnisvergleichen Schlussfolgerungen ziehen zu können. Das Monitoring im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie dient dazu, den Zustand von Gewässern zu ermitteln und die Wirkung von Maßnahmen zu überprüfen.	UBA, LAWA 2018
<b>Morphodynamik</b>	Sich ändernde Morphologie. Zeitliche und räumliche Veränderung der Gestalt von Gewässern.	UBA, LAWA 2018
<b>Morphologischer Reifezustand</b>	Der morphologische Reifezustand eines Bauwerkes entspricht in etwa der Anpassung des Systems am Standort in einem neuen morphologischen Gleichgewichtszustand. Der Reifezustand ergibt sich aus dem Alter, der Sedimentdynamik im Gewässer und der morphologischen Anpassung des Standortes und gilt als erreicht, wenn ein Stauraum im Oberwasser vollständig sedimentiert bzw. gefüllt und so wieder nahezu sedimentdurchgängig ist.	DVWK AB WW-1.5 (2003)
<b>NWB</b>	Natural Water Body = natürlicher Wasserkörper	
<b>OGewV</b>	Oberflächengewässerverordnung	UBA, LAWA 2018

<b>Phytobenthos</b>	Benthische, d. h. am Gewässerboden (benthal) lebende Algen, Teilkomponente zur Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos.	UBA, LAWA 2018
<b>Querbauwerk</b>	Künstliche Einbauten im Gewässer, die eine Barrierewirkung besitzen und quer zur Fließrichtung angeordnet sind wie z. B. Wehre.	DIN 4047-5 (1989), DIN 4048-1 (1987), DIN 19661-2 (2000) und DWA-M 509
<b>Raue Rampe</b>	Ökologisch durchgängiges Bauwerk aus grobem Steinmaterial; orientiert sich am natürlichen Gefälle von Fließstrecken, um Sohleneintiefungen zu vermeiden bzw. den Niedrigwasserstand und die Gewässer-sohle anzuheben.	DIN 4047-5
<b>Referenzzustand</b>	Unter Referenzzustand oder Referenzbedingung ist der von menschlicher Störung unbeeinträchtigte Gewässerzustand (Leitbild, heutiger potentiell natürlicher Gewässerzustand) zu verstehen. Die Klassengrenzen des ökologischen Zustandes werden als relative Abweichung von dieser Referenz angegeben. Referenzbedingungen beschreiben Kriterien zur Bestimmung des Referenzzustands.	UBA, LAWA 2018
<b>Schwebstoffe</b>	Feststoffe, die durch das Gleichgewicht der Vertikalkräfte in Schwebe gehalten werden	DIN 4049-3 Nr. 2.8.24
<b>Schwebstoffkonzentration</b>	Quotient aus Masse der Schwebstoffe und dem Volumen des Wassers [Cs]	DIN 4049-3 Nr. 2.8.30
<b>Schwelle</b>	Sohlenbauwerk, das zunächst ohne Veränderung des vorhandenen Sohlengefälles die Erosion verhindert.	DIN 4047-5
<b>Schwimmstoffe</b>	Sind ungelöste Stoffe, die auf der Oberfläche des Wassers schwimmen (z. B. Ruß, Laub, Pollen)	Umweltdatenbank 2018
<b>Sediment, fluvi-ale Sedimente</b>	Allgemein: in oberirdischen Gewässern abgelagerte mineralische und organische Stoffe  Hier fluviales Sediment: allgemein von Flüssen erodiertes, transportiertes, sedimentiertes und akkumulierte Feststoffe u. a. in Form von Geschiebe, Schwebstoffe (und Schwimmstoffe: hier nicht betrachtet).	UBA, LAWA 2018, Prevost (1838)
<b>Sedimentation</b>	Ablagerungen von Wasserinhaltsstoffen (siehe auch DIN 4049-2), je nach dem Ort der Ablagerung unterscheidet man zwischen fluvioler, limnischer und mariner Sedimentation. Auflandung, Verlandung und Akkumulation sind Synonyme	DIN 4049-3 Nr. 2.8.1
<b>Sediment-durchgängigkeit</b>	bedeutet, dass Sedimente mit der Strömung im Gewässer längs- und quergerichtet in einem bestimmten Zeitraum transportiert werden können. Der Begriff beschreibt zunächst nicht, ob diese Durchgängigkeit	BMVI 2016

	ständig, also bei jedem Abflusszustand, oder nur intermittierend, beispielsweise bei Hochwasser, vorhanden ist oder welcher Zeitraum adressiert ist. Sedimentdurchgängigkeit in fließenden Gewässern soll die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer erhalten oder verbessern.	
<b>Sohlabplasterung</b>	Relative Anreicherung der Grobkornanteile in der oberen Schicht der Gewässersohle. Hervorgerufen z.B. durch natürlichen Abtransport von feineren Bestandteilen oder durch Zugabe von Grobkorn	DIN 4049-3 Nr. 2.8.9
<b>Sohlenbauwerk</b>	Querbauwerk zur Vermeidung der Sohlenerosion, das quer zur Fließrichtung über die ganze Breite des Fließgewässers angeordnet ist. Unterscheidung in Sohlenstufen (Absturz, Absturztreppe, Sohlenrampe, Sohlengleite) und Schwellen (Grundschwelle, Sohlenschwelle, Stützwehr).	DIN 4047-5
<b>Sohlenstufe</b>	Bauwerk, mit dem ein Höhenunterschied in der Sohle eines Gewässers überwunden wird. Oberhalb und unter Umständen auch unterhalb des Sohlenbauwerks entsteht ein geringeres Sohlengefälle als im unverbauten Fluss. Unterscheidung in Absturz, Absturztreppe, Sohlenrampe und Sohlengleite.	DIN 4047-5
<b>Sohlengleite</b>	raue Rampe mit einem Gefälle zwischen 1:10 und 1:30	DIN 4047-5
<b>Sohlenrampe</b>	raue Rampe mit einem Gefälle zwischen 1:3 und 1:10.	DIN 4047-5
<b>Sohlenschwelle</b>	mit der Sohle bündige Schwelle, im Gegensatz zur Grundschwelle	DIN 4047-5
<b>Stauwurzel</b>	Als Stauwurzel bezeichnet man den Punkt in einem Fließgewässer, an dem der gestaute Fluss vom fließenden in den gestauten Zustand übergeht. Die Wirkung der Stauung fängt dort gerade an, sichtbar zu werden. Der Fluss hat hier also noch die natürliche Tiefe. Erkennbar ist die Stauwurzel durch Änderung der Struktur der Wasseroberfläche.	DIN 4047-5
<b>Stützwelle (Stützwehr)</b>	Sohlenbauwerk, das hoch über die Sohle hinausragt, und im Oberwasser einen Aufstau bewirkt. Im Bauwerk tritt wie bei häufig ein Fließwechsel auf. Querbauwerk zur Regulierung des Wasserstands oder des Abflusses	DIN 4047-5
<b>Talsperre</b>	Stauanlage mit Staubecken und Absperrbauwerken, Hauptaufgabe: längerfristige Speicherung von Wasser, in der Regel mit bewirtschafteter Wasserabgabe; Absperrbauwerk sperrt den ganzen Talquerschnitt ab	DIN 4047-5

<b>Tributär</b>	Eigenschaft eines Fließgewässers, das in ein größeres einmündet, also jeder Nebenfluss	Spektrum der Wissenschaft 2001
<b>Übergangsgewässer</b>	Übergangsgewässer sind Oberflächenwasserkörper in der Nähe von Flussmündungen, die aufgrund ihrer Nähe zu Küstengewässern einen gewissen Salzgehalt aufweisen, aber phasenweise auch von Süßwasserströmungen beeinflusst werden.	UBA, LAWA 2018
<b>Vegetation</b>	Pflanzen, die in einem Gebiet wachsen	UBA, LAWA 2018
<b>Verdolung/ Verrohrung</b>	Rohrleitung, in der ein Fließgewässer unter flächenhaften Hindernissen, in der Regel mit freiem Wasserspiegel, durchgeleitet wird	DIN 4047-5
<b>Wasserkörper</b>	Kleinste nach WRRL zu bewirtschaftende Einheit; Nachweisraum für die Umweltziele der WRRL. Es werden Oberflächenwasserkörper (natürliche Wasserkörper, AWB und HMWB) und Grundwasserkörper unterschieden.	UBA, LAWA 2018
<b>Wehr</b>	Sohlenbauwerk, das hoch über die Sohle hinausragt, und im Oberwasser einen Aufstau bewirkt. Im Bauwerk tritt wie bei häufig ein Fließwechsel auf. Querbauwerk zur Regulierung des Wasserstands oder des Abflusses	DIN 4047-5
<b>WHG</b>	Wasserhaushaltsgesetz	UBA, LAWA 2018
<b>WRRL Wasser- rahmen-richtli- nie</b>	Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.  Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers.	WRRL



## 6 Literatur

- BMVI (2016): Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen im Binnenbereich. Metastudie. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Mai 2016
- Briem, E. (2003): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland.
- BWK (2009): Merkblatt BWK-M1. Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern. Teil 1: Stationäre Berechnung der Wasserspiegellinie unter besonderer Berücksichtigung von Bewuchs- und Bauwerkseinflüssen.
- CIS (2002): Leitfaden zur Identifizierung und Ausweisung von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern, CIS-Arbeitsgruppe 2.2, Stand 22.11.2002.
- DIN (1994): 4049-3. Hydrologie. Teil 3. Begriffe zur quantitativen Hydrologie.
- DIN (2009): 19661-2: Richtlinien für Wasserbauwerke - Sohlenbauwerke - Teil 2: Abstürze, Absturztreppe, Sohlenrampen, Sohlengleiten, Stützwälle, Grundsollen, Sohlenschwellen
- DIN (2003): 19708: Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG.
- Doyle, M. W., Shields, D., Boyd, K. F., Skidmore, P. B. & Dominick, D. (2007): Channel-Forming discharge selection in river restoration design, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 133, No. 7
- Döbelt-Grüne, S., Hartmann, C., Zellmer, U. Reuvers, C., Zins, C., & Koenzen, U. (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der Fließgewässertypen. In: Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Anhang 1 von Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle. UBA Texte 43/2014.  
Link: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_43\\_2014\\_hydromorphologische\\_steckbriefe\\_der\\_deutschen\\_fliessgewaessertypen\\_0.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_43_2014_hydromorphologische_steckbriefe_der_deutschen_fliessgewaessertypen_0.pdf) (Stand: 30.07.2015)
- DVWK AB WW-1.5 (2003): Wehre und Stau an kleinen und mittelgroßen Fließgewässern - Grundlagen zu Strömung, Sedimenttransport und ökologischen Funktionen, ATV-DVWK-Arbeitsgruppe WW-1.5 "Wasserbau und Flusslandschaft", Januar 2003.
- DVWK 87 (1988): Feststofftransport in Fließgewässern – Berechnungsverfahren für die Ingenieurpraxis, Schriften Heft Nr. 87, Parley Verlag, Hamburg.
- DVWK 25 (1993): Mertens – Hydraulische und sedimentologische Berechnung naturnah gestalteter Fließgewässer. Mitteilung Nr. 25, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn
- DYCK, S.; PESCHKE, G. (1983): "Grundlagen der Hydrologie". Verlag Ernst & Sohn. Berlin; München. 1983.
- ECOSTAT (2006): Alternative Methodology for defining Good Ecological Potential (GEP) for Heavily Modified Water Bodies (HMWB) and Artificial Water Bodies (AWB). Annex I. 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", 4th Version, 23. Oktober 2006. EG-Verordnung (2007): Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals

- EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327 vom 22.12.2000, 1 – 72.
- Engelund, F. & Hansen, E. (1967): A monograph on sediment transport in alluvial streams. Teknisk Vorlag, Copenhagen, Denmark.
- Fischer H. B., List E. J., Koh R. C. Y., Imberger J., Brooks N. H. (1979): Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press, inc. London
- Glossardatenbank der Universität Halle: Begriff ULSE; Link: [http://mars.geographie.uni-halle.de/mlucampus/geoglossar/terme\\_datenblatt.php?terme=USLE](http://mars.geographie.uni-halle.de/mlucampus/geoglossar/terme_datenblatt.php?terme=USLE) , Abruf am 14.02.2019
- HLUG (2012): „Ermittlung der morphologischen Entwicklungsfähigkeit der Fließgewässer Hessens“, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Juni 2012
- Hugo R., Kinsinger R. & Assmann R. (2012): Ermittlung der morphologischen Entwicklungsfähigkeit der Fließgewässer Hessens, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Juni 2012.
- IFB (2010): Landeskonzept zur ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer Brandenburgs. Ausweisung von Vorranggewässern.
- IKSE (2014): Sedimentmanagementkonzept der IKSE. Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele.
- Knitsch, P. (2014): Die WRRL im und am Fluss: Stand und Fahrplan zur Durchgängigkeit in NRW, Vortrag auf der NUA Veranstaltung.
- Köck, W. & Reese M. (2018): Flussgebietsbewirtschaftung im Bundesstaat, Anforderungen und Perspektiven zur kooperativen Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie am Beispiel der Elbsedimente, Leipziger Schriften zum Umwelt- und Planungsrecht, Heft 36
- Koenzen, U., Karthaus-Sausen, W., Reuvers, Ch., Riecker, T., Rittner, R., Steinrücke, J., Melcher, J. & Fröhlings, B. (2016): LAWA Verfahrensempfehlung (ENTWURF) „Typspezifischer Flächenbedarf für die Entwicklung von Fließgewässern“, LFP Projekt O 4.13, Teilentwurf: Stand 21.01.2016 (Koenzen und ProAqua).
- Koenzen et al (2015): Anlage 1: „Steckbriefe der HMWB-Fallgruppen“ zum Endbericht im Vorhaben „Bewertung von HMWB/AWB-Fließgewässern und Ableitung des HÖP/GÖP“ im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Projekt-Nr. O 1.13 im Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall", März 2015
- LAWA (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren. München.
- LAWA (2017): Verfahrensempfehlung für kleine bis mittelgroße Fließgewässer (z.Zt. Stand 13.01.2017, Entwurf, noch unveröffentlicht
- LAWA (2016): LAWA Verfahrensempfehlung „Typspezifischer Flächenbedarf für die Entwicklung von Fließgewässern“, LFP Projekt O 4.13, Anwenderhandbuch Entwurf Dezember 2016.
- LfU (2011): Priorisierungskonzept Fischbiologische Durchgängigkeit in Bayern.
- LfU Bayern (2014): Arbeitshilfen, Gewässer-Nachbarschaften Bayern. Einführung und allgemeine Hinweise. Link: <https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaessernachbarschaften/themen/doc/einfuehrung.pdf>, 2014

- Malcherek, A. (2009): Sedimenttransport und Morphodynamik, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen.
- Mehl, D., Hoffmann, T., Schönrock, S., Miegel, K., (2017): Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern – Verfahrensempfehlung, Handlungsanleitung, Herausgegeben von der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Link: [http://www.wrrl-mv.de/doku/hintergrund/lawa\\_empfehlung\\_wh\\_2017.pdf](http://www.wrrl-mv.de/doku/hintergrund/lawa_empfehlung_wh_2017.pdf), Aufruf am 25.09.2019
- Müller, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Arbeitshefte Boden, Heft 2/2004, Hannover.
- MULNV NRW (1999): Handbuch zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern. Herausgegeben vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, 5. völlig neu bearbeitete Auflage, 1999
- Otto, A. (1991): Grundlagen einer morphologischen Typologie der Bäche, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (180): 1-94
- N. LeRoy Poff, J. David Allan, Mark B. Bain, James R. Karr, Karen L. Prestegard, Brian D. Richter, Richard E. Sparks and Julie C. Stromberg (1997): BioScience, Vol. 47, No. 11, pp. 769-784
- Pottgiesser, T. & Sommerhäuser, M. (2008): Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen. Steckbriefe und Anhang. Link: [http://www.fgg-el-be.de/hintergrundinformationen.html?file=tl\\_files/Downloads/EG\\_WRRRL/hgi/hgd\\_bp1/fliessgew\\_typisierung\\_jan\\_2008.pdf](http://www.fgg-el-be.de/hintergrundinformationen.html?file=tl_files/Downloads/EG_WRRRL/hgi/hgd_bp1/fliessgew_typisierung_jan_2008.pdf) (Stand: 30.07.2015).
- Prevost C. (1838): Bullet, de la society geology du France T. Dt. p. 329, D,Orbigng, sur les environment du Paris 1838
- Pritchard D. W. (1967): Observations of circulation in coastal plain estuaries. See Lauff 1967, pp. 37-44.
- 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 (2014): In: Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept Elbe. Schriftenreihe Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. 30: S.75-140. Unter: [http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG\\_Mitteilungen\\_30.2014.pdf](http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG_Mitteilungen_30.2014.pdf)
- 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. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. Unter: <http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG-1657.pdf>
- Schälchli, U. (1993): Die Kolmation von Fließgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Dissertation, ETH Zürich.
- Scheer C., Pankow N. und Pinz K. (2013): Feinsedimenteintragsgefährdung in Südostniedersachsen, Projektbericht von GeoFluss im Auftrag des NLWKN Lüneburg, Februar 2013.
- Scherle, J. (1998): Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen: Grundlagen, Leitbilder, Planung. Dissertation, Universität Karlsruhe.
- Spektrum der Wissenschaft (2001): Lexikon der Geographie.  
Link: <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie>, 2001

- Steinbach, A. (2016): "Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit in Fließgewässern – ein wichtiger Aspekt zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie", Masterarbeit an der Leibniz Universität Hannover, 2016
- UBA, LAWA (2018): Umweltbundesamt, Bund/Länder-AG-Wasser. Informationsportal zur Bewertung der Oberflächengewässer gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie. Glossar und Abkürzungen. Unter: [http://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article\\_id=283&clang=0](http://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=283&clang=0), 2018
- Umweltdatenbank (2018): Das Umwelt-Lexikon. Unter: <https://www.umweltdatenbank.de/cms/lexikon/30-lexikon-d/4688-das-umwelt-lexikon.html>, 2018
- Varlemann, R. (2008): Zur Einschätzung der qualitativen und quantitativen Bewertbarkeit des Feststofftransports der Fließgewässer Deutschlands“, Unveröffentlichte Literaturstudie der terra4 - Gesellschaft für Geosystemanalyse mbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 363 01 191, 84 Seiten – Berlin
- Vaughan, I.P., Diamond, M., Gurnell, A.M., Hall, K.A., Jenkins, A., Milner, N.J., Naylor, L.A., Sear, D.A., Woodward, G. & Ormerod, S.J. (2009): Integrating ecology with hydromorphology: a priority for river science and management. In: Aquatic conservation marine and freshwater ecosystems 19: 113–125.
- Wischmeier, W. H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L327 vom 22.12.2000, 1-72.

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1:	Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort .....	33
Abbildung 4-2:	Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort in 5 Stufen (Stufe 1), SDG = Sedimentdurchgängigkeit (ergänzende Erläuterung in Kap. 4.3.1.1) ...	34
Abbildung 4-3:	Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Standort in 5 Stufen (Stufe 2 bis 5), SDG = Sedimentdurchgängigkeit (ergänzende Erläuterung in Kap. 4.3.1.2 bis 4.3.1.5) .	35
Abbildung 4-4:	Aggregation der Bewertung bei mehreren Bauwerken hintereinander im Mutterbett (SGD = Sedimentdurchgängigkeit) .....	36
Abbildung 4-5:	Skizze zur Ermittlung des mittleren Sohlgefälles im Querbauwerksstandort .....	46
Abbildung 4-6:	Vergleich der Höhe des Bauwerks (Krone über der Sohle) zur natürlichen Schwankungsbreite der Sohlhöhenänderung in Fließrichtung (QBS = Querbauwerksstandort) .....	47
Abbildung 4-7:	Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper.....	51
Abbildung 4-8:	Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in sechs Stufen (Stufe 1 bis 3b) .....	52
Abbildung 4-9:	Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in sechs Stufen (Stufe 4a und 4b).....	53
Abbildung 4-10:	Gliederung des Wasserkörpers in morphologische Wirklängen je Bewertung des Querbauwerksstandorts (QBW) .....	56
Abbildung 4-11:	Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem .....	68
Abbildung 4-12:	Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem in drei Stufen (Stufe 1 bis 2) .....	69
Abbildung 4-13:	Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem in drei Stufen (Stufe 3).....	70

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands von Flüssen .....	5
Tabelle 1-2:	Biologische Qualitätskomponenten (F: Flüsse, S: Seen, Ü: Übergangsgewässer, K: Küstengewässer) .....	6
Tabelle 1-3:	Bestimmungen für das höchste, das gute und das mäßige ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern für die biologischen Qualitätskomponenten (Anlage 4, Tabelle 6 der OGeWV) .....	6
Tabelle 1-5:	Bestimmungen für das höchste, das gute und das mäßige ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern für die hydromorphologischen Qualitätskomponenten (Anlage 4, Tabelle 6 der OGeWV) .....	7
Tabelle 1-6:	Klassifikation der Durchgängigkeit gemäß Reporting-Leitfaden der EU-Kommission .....	8
Tabelle 3-1:	Allgemeine Klassifikation der Komponenten des Feststofftransportes ohne Schwimmstoffe (Naumann S. et. al. 2003, Varlemann 2008).....	12
Tabelle 3-2:	Begriffserklärung zur Sedimentdurchgängigkeit bzw. Durchgängigkeit .....	14
Tabelle 3-3:	Begriffserklärung zu Querbauwerke .....	16
Tabelle 4-1:	Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche und potentiell natürliche Gewässer .....	17
Tabelle 4-2:	Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs.....	19
Tabelle 4-3:	Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = eher relevant; (x) = weniger relevant), entnommen aus ECOSTAT (2006).....	20
Tabelle 4-4:	Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von anthropogenen Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = relevant), entnommen aus CIS (2002) .....	21
Tabelle 4-5:	Mögliche Maßnahmen zur Erreichung des GÖPs aus Sicht der Sedimentdurchgängigkeit, erweitert auf Basis von Koenzen et al (2015).....	29
Tabelle 4-6:	Hydraulische und morphologische Wirkungen von Querbauwerken im Initialzustand (z.T. nach Dumont et al. 2005, überarbeitet und erweitert) inkl. Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit .....	38
Tabelle 4-7:	Berechnung und Schätzwerte zum bordvollen Abfluss .....	45
Tabelle 4-8:	Morphologische Gewässertypen nach LAWA 1999 ergänzt mit Beschreibungen aus Briem 2003, BWK 2009 und Otto 1991 .....	46
Tabelle 4-9:	Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort .....	50
Tabelle 4-10:	Parameter für die Bewertung der morphologischen Bedingungen und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung der morphologischen Bedingungen	54
Tabelle 4-11:	Transformationstabelle für die Bewertungsklassen der Gewässerstruktur auf die Bewertungsklassen für die Parameter der Sedimentdurchgängigkeit.....	55
Tabelle 4-12:	Morphologische Wirklängen je nach Bewertung des Querbauwerksstand-ortes .....	56
Tabelle 4-13:	Parameter für die Bewertung des Geschiebehaltshaltes und Zusammenführung der Parameterbewertung .....	58
Tabelle 4-14:	Korngrößenklassifikation (DIN 4022).....	60

---

Tabelle 4-15:	Bewertungsmatrix für den Geschiebetransport entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand (Zu- und Abnahme), anlehnend an Rosenzweig et al. 2012 .....	62
Tabelle 4-16:	Klassen bzw. Index <sub>Enat</sub> der Wassererosionsgefährdung nach DIN 19708 und DirektZahlVerpV .....	64
Tabelle 4-17:	Bewertungsmatrix für den Schwebstoffhaushalt entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand, nach Rosenzweig et al. 2012, modifiziert .....	66
Tabelle 4-18:	Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper .....	67
Tabelle 4-19:	Malusbewertung der Wasserkörper in einem Gewässersystem .....	71
Tabelle 4-20:	Aufwertung der Wasserkörper in einem Gewässersystem .....	72
Tabelle 4-21:	Empfehlung zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit für die Kombinationsfälle Flusswasserkörper (WK) mit Seen .....	73
Tabelle 4-22:	Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem .....	74
Tabelle 4-23:	Bewertungselement QE2-2 River continuity aus der WFD-Codelist (bereitgestellt durch das LfU Rheinland-Pfalz, 2016) .....	75
Tabelle 4-24:	WFD Template Definition Annex: WFD-Codelist, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Stand: 31.01.2013 (entnommen aus Mehl et al., 2017) .....	76