

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

Ständiger Ausschuss

„Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“

LAWA-AO



Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente

Anwenderhandbuch Sedimente – vorläufige Empfehlung

Erstellt im Rahmen des Projektes "Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Fische und Sedimente" (Projekt-Nr. O 5.14), finanziert durch das Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall" 2014

LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung
Produktdatenblatt AO 2 – Teil Sedimentdurchgängigkeit

Stand: Februar 2017

Die LAWA hat auf ihrer 154. Sitzung am 14./15.09.2017 das vorliegende Arbeitspapier zur Kenntnis genommen und den Ländern zur Anwendung empfohlen.

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 LAW-EK Hydromorphologie
Stephan Naumann, Umweltbundesamt

Auftragnehmer:



Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH
Bachstr. 62-64
52066 Aachen
Tel.: 0241 / 94986-0
Bearbeitung: Dipl.-Ing. Rita Keuneke



DHI WASY GmbH
Knochenhauerstraße 20/25
28195 Bremen
Tel.: 0421 / 9888210
Bearbeitung: Dr.-Ing. Monika Donner
Dr.-Ing. Oliver Stoschek

Stand: Februar 2017

Projektnummer: P15-006

Projektbegleitende Steuerungsgruppe:

- Euler, Thomas (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

| | |
|--|-----------|
| 1 Rechtliche und normative Grundlagen der Klassifikation der Durchgängigkeit..... | 7 |
| 1.1 Biologische Qualitätskomponenten | 8 |
| 1.2 Hydromorphologische Qualitätskomponenten - Durchgängigkeit | 10 |
| 2 Methodik und Vorgehen | 13 |
| 3 Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit | 14 |
| 3.1 Räumliche Skalen der Durchgängigkeit | 15 |
| 3.1.1 Querbauwerk/Stauanlage/Bauwerksstandort | 16 |
| 3.1.2 Wasserkörper | 16 |
| 3.1.3 Einzugsgebiet/ Gewässersystem | 16 |
| 3.2 Sedimentdurchgängigkeit..... | 17 |
| 3.3 Sedimente und Sedimenttransport..... | 18 |
| 3.4 Durchgängigkeit..... | 19 |
| 3.5 Querbauwerke, Bauwerkstypen und Erscheinungen an Bauwerken..... | 21 |
| 4 Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit..... | 24 |
| 4.1 Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche Gewässer | 24 |
| 4.2 Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs | 26 |
| 4.2.1 Ausblick zur Bewertungsmethodik für HMWBs | 28 |
| 4.3 Bewertungsmethodik und Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit | 30 |
| 4.3.1 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort | 30 |
| 4.3.2 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort | 53 |
| 4.3.3 Beispiel für die Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort | 54 |
| 4.3.4 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper | 57 |
| 4.3.5 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper | 76 |
| 4.3.6 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem | 77 |
| 4.3.7 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem | 78 |
| 5 Literatur | 80 |

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 6 | Abbildungsverzeichnis | 83 |
| 7 | Tabellenverzeichnis | 84 |

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 Zustands zugeordnet. Dabei handelt es sich jeweils um biologischen 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, den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial u.a. der Oberflächengewässer zu erreichen.

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 Abbildung 1.1.

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

1) Bei planktondominierten Fließgewässern zu bestimmen.

2) Zusätzlich zu Phytoplankton ist die jeweils geeignete Teilkomponente zu bestimmen.

3) Altersstruktur fakultativ.

Abbildung 1.1: Biologische Qualitätskomponenten (F: Flüsse, S: Seen, Ü: Übergangsgewässer, K: Küstengewässer)

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

Tabelle 1.2: 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 er- | 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. |

Rechtliche und normative Grundlagen der Klassifikation der Durchgängigkeit

| | | | |
|--|---|--|--|
| | hebtlich veränderten Eigenschaften des Gewässers ergeben, weitestgehend den Werten für den Oberflächengewässertyp, der am ehesten mit dem betreffenden Gewässer vergleichbar ist. | | 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 1.3).

Tabelle 1.3: 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. |

Hydromorphologische Qualitätskomponenten - 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.“

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 | 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. |

Rechtliche und normative Grundlagen der Klassifikation der Durchgängigkeit

| | | | |
|--|--|--|--|
| | beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit 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 1.5: 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.

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 Gewässerstrukturgüte 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 keine vollständige Handlungsanleitung geliefert. Allerdings wird in der Definition und in der Bewertungsmethodik exemplarisch auf diese eingegangen. 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 mit eingeschlossen.
- 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 usw.) (s. BMVI 2016).

Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

Hydromorphologie beschreibt nach Vaughan et al. (2009) die Geomorphologie und Hydrologie eines Flusssystemes, 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 mit eingeschlossen.

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 organischer (z.B. Totholz) oder anorganischer (z.B. Sand) Natur 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, Geniste, 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 mit eingeschlossen.

Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 3.1: Allgemeine Klassifikation der Komponenten des Feststofftransportes ohne Schwimmstoffe (Naumann S. et. al. 2003 , Varlemann 2008).

| Korngröße [mm] | Feststoff- Komponente (org. und anorg.) | Frachtart | | |
|---------------------------|---|---|---------------------------|--|
| | | allgemein | speziell | gesamt |
| Ton u. Schluff < 0,063 | Feinschwebstoff | Suspensionsfracht, Schwebstofffracht (suspended load) | Spülfracht (wash load) | Gesamtfest- stofffracht (total sediment load) |
| Sand 0,063 – 2 | Suspendierter Sand | | Bettbildende Fracht | |
| Kies 2 – 63 | Geschiebe (bed load) | Geschiebefracht (bed load) | | |
| 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."

Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

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

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 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 Eingriffe 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 Habitateigenschaften 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

Sedimente und Sedimenttransport

Nachfolgend sind Definitionen zu Sedimenten und zum Sedimenttransport zusammengestellt.

Tabelle 3.2: Begriffserklärung zu Feststoffen nach DIN 4049-3 (1994) - Auswahl

| Begriff | Erklärung/Definition | Quelle |
|--------------|--|-----------------------|
| Feststoffe | Feste Stoffe, die im Wasser fortbewegt werden, ausschließlich Eis Man unterscheidet: Schwimmstoffe, Schwebstoffe, Sinkstoffe, Geschiebe | DIN 4049-3 Nr. 2.8.22 |
| Geschiebe | Feststoffe, die nur im Bereich der Gewässersohle bewegt werden | DIN 4049-3 Nr. 2.8.23 |
| Schwebstoffe | Feststoffe, die durch das Gleichgewicht der Vertikalkräfte in Schwebelage gehalten werden | DIN 4049-3 Nr. 2.8.24 |

Tabelle 3.3: Begriffe zur Feststoffbewegung und Geomorphologie nach DIN 4049-3 (1994)

| Begriff | Einheit | Erklärung/Definition | Quelle |
|--------------------|----------|---|-----------------------|
| Feststofftrieb | kg/(s m) | Masse der Feststoffe, die in der Zeiteinheit durch einen Querschnittsstreifen von 1 m Breite treibt. Analoge Begriffe: Geschiebetrieb, Schwebstofftrieb | DIN 4049-3 Nr. 2.8.25 |
| Feststofftransport | kg/s | Masse der Feststoffe, die in der Zeiteinheit durch den gesamten Gewässerquerschnitt treibt. Analoge Begriffe: Geschiebetransport, Schwebstofftransport | DIN 4049-3 Nr. 2.8.26 |
| Feststofffracht | t | Masse der Feststoffe, die in einem bestimmten Zeitabschnitt (z.B. ein Jahr) durch den gesamten Gewässerquerschnitt transportiert wird Analoge Begriffe: Geschiebefracht, Schwebstofffracht | DIN 4049-3 Nr. 2.8.27 |

Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

| Begriff | Einheit | Erklärung/Definition | Quelle |
|---------------------------|-------------------|--|------------------------|
| Feststoff-abtrag | t/km ² | Quotient aus Feststofffracht und oberirdischem Einzugsgebiet | DIN 4049-3 Nr. 2..8.29 |
| Geschiebe-abrieb | g/kg | Massenverlust der bewegten und abgelagerten Geschiebekörner auf einer bestimmten Flusslänge | DIN 4049-3 Nr. 2.8.31 |
| Sedi-menta-tion | | Ablagerungen von Wasserinhaltsstoffen (siehe auch DIN 4049-2), je nach dem Ort der Ablagerung unterscheidet man zwischen fluvialer, limnischer und mariner Sedimentation. Auflandung, Verlandung und Akkumulation sind Synonyme | DIN 4049-3 Nr. 2.8.1 |
| Erosion | | Abtragung von Gestein durch Wasser. Man unterscheidet flächenhafte Erosion (Flächenabtrag) und lineare Erosion (Rinnenerosion) (Anmerkung: weitere Definitionen zu Tiefen-, Seiten- rück-schreitende Erosion, sowie Erosionskeil, -basis vorhanden) | DIN 4049-3 Nr. 2.8.2 |
| Beharrungs-strecke | | Abschnitte eines Fließgewässers in dem weder Erosion noch Sedimentation feststellbar sind | DIN 4049-3 Nr. 2.8.10 |
| Sohlab-pflas-terung | | 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 |
| Schwebstoff-konzentration | C _s | Quotient aus Masse der Schwebstoffe und dem Volumen des Wassers | DIN 4049-3 Nr. 2.8.30 |

3.4

Durchgängigkeit

Tabelle 3.4: Begriffserklärung zur Sedimentdurchgängigkeit bzw. Durchgängigkeit

| Erklärung/Definition | Quelle |
|--|---------------|
| Definition des sehr guter Zustand 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 | IKSE 2014 |

| Erklärung/Definition | Quelle |
|---|------------------------|
| <p>der Gewässersohle. In der weiteren Folge treten modifizierte Sohlsubstratzusammensetzungen und veränderte Strukturverhältnisse sowohl ober- wie auch unterhalb eines Querbauwerkes auf.</p> | |
| <p>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.</p> | Quick et al. 2014 |
| <p>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.</p> | Rosenzweig et al. 2012 |
| <p>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.</p> | LfU 2011 |
| <p>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.</p> <p>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- und Anlagerungsprozessen weitestgehend ungestört. Die ökologische Durchgängigkeit ist lebensnotwendige Voraussetzung für die typspezifische Entwicklung und Stabilität intakter Lebensgemeinschaften in Gewässern.</p> | IFB 2010 |
| <p>Laterale Durchgängigkeit bedeutet die Quervernetzung Fließgewässer/Aue – direkt über flussnahe Überflutungsflächen, oder indirekt über Rinnen- und Altarmsysteme.</p> <p>Longitudinale (lineare) Durchgängigkeit ist die Durchgängigkeit von Fließgewässern in Richtung des Fließverlaufs (nicht mit Fischpassierbarkeit zu verwechseln).</p> | Knitsch 2014 |

Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

| Erklärung/Definition | Quelle |
|---|---------------------------|
| <p>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.</p> <p>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.</p> | ECOSTAT 2006 |
| <p>In den hydromorphologischen Steckbriefen erfolgt die Beschreibung des sehr guten Zustands des Hauptparameters Durchgängigkeit in allen Gewässertypen mit folgenden Parametern: Keine Defizit in der longitudinalen Passierbarkeit aufwärts und abwärts (keine Defizite und keine Querbauwerke), lateralen Passierbarkeit und im Geschiebehaushalt.</p> | Döbbelt-Grüne et al. 2013 |
| <p>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.</p> <p>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.</p> | BMVI 2016 |

3.5**Querbauwerke, Bauwerkstypen und Erscheinungen an Bauwerken**

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

Tabelle 3.5: 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, Verschlammung) 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 |

Tabelle 3.6: Begriffserklärung zu einzelnen Querbauwerkstypen nach DIN 4047-5

| Begriff | Erklärung/Definition |
|---------------|--|
| Absturz | Bauwerk, mit dem ein Höhenunterschied in der Sohle eines Gewässers mit lot-rechter oder steil geneigter Absturzwand (Gefälle bis 1:3) überwunden wird. |
| Absturztreppe | mehrere aufeinander folgende Abstürze |
| Grundschwelle | Über die Sohle hinausragende Schwelle, die auch der Niedrigwasseranhöhung dient. |
| Raue Rampe | ökologisch durchgängiges Bauwerk aus grobem Steinmaterial; orientiert sich am natürlichen Gefälle von Fließstrecken, um Sohleneintiefungen zu vermeiden bzw. den Niedrigwasserstand und die Gewässersohle anzuheben |
| Schwelle | Sohlenbauwerk, das zunächst ohne Veränderung des vorhandenen Sohlengefalles die Erosion verhindert. |
| Sohlenbauwerk | 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). |
| Sohlenstufe | Bauwerk, mit dem ein Höhenunterschied in der Sohle eines Gewässers überwunden wird. Oberhalb und unter Umständen auch unterhalb des Sohlenbauwerks |

Begriffe und Definitionen zur Sedimentdurchgängigkeit

| Begriff | Erklärung/Definition |
|---------------------------|---|
| | entsteht ein geringeres Sohlengefälle als im unverbauten Fluss. Unterscheidung in Absturz, Absturztreppe, Sohlenrampe und Sohlengleite. |
| Sohlengleite | raue Rampe mit einem Gefälle zwischen 1:10 und 1:30 |
| Sohlenrampe | raue Rampe mit einem Gefälle zwischen 1:3 und 1:10. |
| Sohlenschwelle | mit der Sohle bündige Schwelle, im Gegensatz zur Grundschwelle |
| Stützwelle (Stützwehr) | 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 |
| Talsperre | Stauanlage mit Staubecken und Absperrbauwerken, Hauptaufgabe: längerfristige Speicherung von Wasser, in der Regel mit bewirtschafteter Wasserabgabe; Absperrbauwerk sperrt den ganzen Talquerschnitt ab |
| Verdohlung/ Verrohrung | Rohrleitung, in der ein Fließgewässer unter flächenhaften Hindernissen, in der Regel mit freiem Wasserspiegel, durchgeleitet wird |
| Wehr | (siehe Stützwehr) |
| | |
| Stauwurzel | 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. |

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. 3.4) 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 Döbbelt-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 3.4) wurde die nachstehende Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit (Tabelle 4.1) in enger Anlehnung an die WRRL abgeleitet:

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

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 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 ¹ hinaus durch menschliche Tätigkeiten oder Eingriffe (Belastungsfaktoren) signifikant beeinträchtigt und ermöglicht unter den gegebenen Restriktionen der Nutzungen den gewässertypischen 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 2.0, Stand: Februar 2013). 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,

¹ spezifizierte Nutzungen nach Art. 4 (3) WRRL

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

- 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.

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 ¹ | x |
| Längsbauwerke (Deiche) | (x) | x | | | | | x | | x | x | x | x |
| Kanalisationen, 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 | | | | | |

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

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 4.4: Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = relevant), entnommen aus CIS (2002)²

| Spezifizierte Nutzungen | Schiff-fahrt | Hoch-wasser-schutz | Wasser-kraft-nutzung | Land- u. Forstwirtschaft/ Fischzucht | Wasserver-sorgung | Freizeit + Erholung | Urbanisie-rung ²⁰ |
|--|--------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------------|
| physikalische Veränderungen (Belastungen) | | | | | | | |
| Dämme und Wehre | X | X | X | X | X | X | |
| Gewässerunterhaltung/ Baggerung/ Entnahme von Festmaterial | X | X | X | X | | X | |
| Schiffahrtskanäle | X | | | | | | |
| Kanalisierung/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

Ausblick zur Bewertungsmethodik für HMWBs

Bereits aus den bestehenden Zusammenstellungen zu den fünf bzw. sieben spezifizierten Nutzungen in Tabelle 4.3 und

² 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.

Tabelle 4.4 geht hervor, dass die hier noch nicht detailliert erarbeitete Bewertung eines HMWBs zwar auf das vorliegende Verfahren für NWBs zurückgreifen kann, aber je Nutzung Sonderregelungen erfordert. Dies wird je spezifizierter Nutzung die in Tabelle 4.5 deklarierten Parameter betreffen.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 4.5: Veränderungen der Sedimentdurchgängigkeit infolge von spezifizierten Nutzungen für HMWBs und Rückwirkung auf die Bewertungsparameter (x = direkte Auswirkung, so dass Parameter evtl. nicht bewertbar ist, (x) = indirekte Auswirkung, so dass Parameter bewertbar, aber evtl. andere Einstufung erforderlich ist, - = keine Auswirkung, so dass Parameter mit vorliegender Einstufung bewertbar bleibt

| Parameter der Sedimentdurchgängigkeit | Schifffahrt | Hochwasserschutz | Wasserkraft-Nutzung | Land- u. Forstwirtschaft | Wasserversorgung | Freizeit u. Erholung | Urbanisierung |
|--|-------------|------------------|---------------------|--------------------------|------------------|----------------------|---------------|
| Bewertung des Querbauwerksstandorts (QBS) | | | | | | | |
| Geschiebetransport im QBS | x | x | x | x | x | - | x |
| Schwebstofftransport im QBS | x | x | x | x | x | - | x |
| Morphologische Entwicklung im QBS | x | x | x | x | x | - | x |
| Bewertung des Wasserkörpers (WK) und des Gewässersystems | | | | | | | |
| Morphologische Bedingungen | x | x | x | x | x | - | x |
| Longitudinale Sedimentdurchgängigkeit (Übertragung QBS auf WK) | x | x | x | x | x | - | - |
| Geschiebetransport | (x) | X | x | x | x | - | x |
| Feinsedimente: Schwebstoffeintrag ins Gewässer | - | X | - | x | x | - | x |
| Feinsedimente: Schwebstofftransport im Gewässer | (x) | X | x | x | x | - | x |

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 ist ein zweistufiges Vorgehen sinnvoll, dass auf lokaler Ebene an den Bauwerksstandorten 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

Die Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort wird in fünf Stufen und mit Hilfe von drei Einzelparametern bewertet (Abbildung 4.1). Von den fünf Stufen sind zwei auch bei geringer Datengrundlage für alle Querbauwerksstandorte durchführbar. Drei weitere Stufen können nach Datenlage geprüft werden und führen ggf. zu einer Verbesserung der Bewertung der Durchgängigkeit. Bewertet werden zunächst die Einzelparameter Geschiebetransport, Schwebstofftransport und morphologische Entwicklung. Die jeweiligen Einzelbewertungen werden erst am Ende aller fünf Stufen über einen Index und somit in eine Klasse eingestuft.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

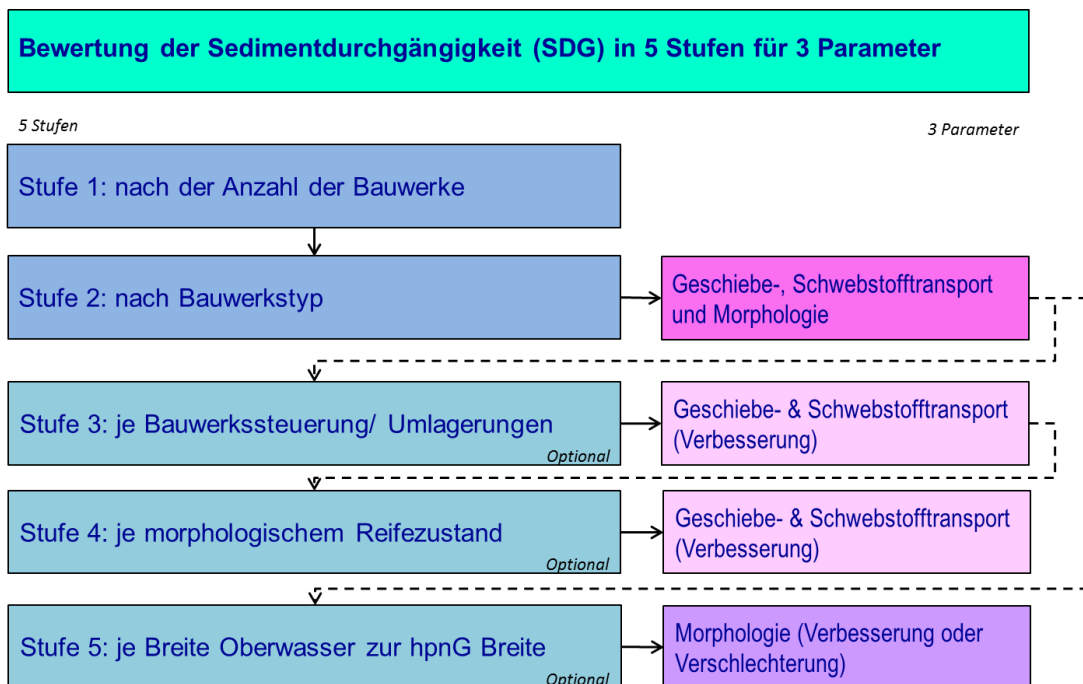


Abbildung 4.1: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

Die Sedimentdurchgängigkeit wird in fünf Stufen, nach der Anzahl der Bauwerke, nach dem Bauwerkstyp, der Bauwerkssteuerung (optional), dem morphologischen Reifezustand (optional) und der Breite des Oberwassers zur hpnG Breite (optional) bewertet (Abbildung 4.2 und Abbildung 4.3). Je Bauwerkstyp und je Stufe werden die Einzelparameter Geschiebe-, Schwebstofftransport und morphologische Entwicklung bewertet. Die Bewertung der Einzelparameter über den Bauwerkstyp erfolgt ohne direkte Kopplung an den Gewässertyp.

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 aus 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.

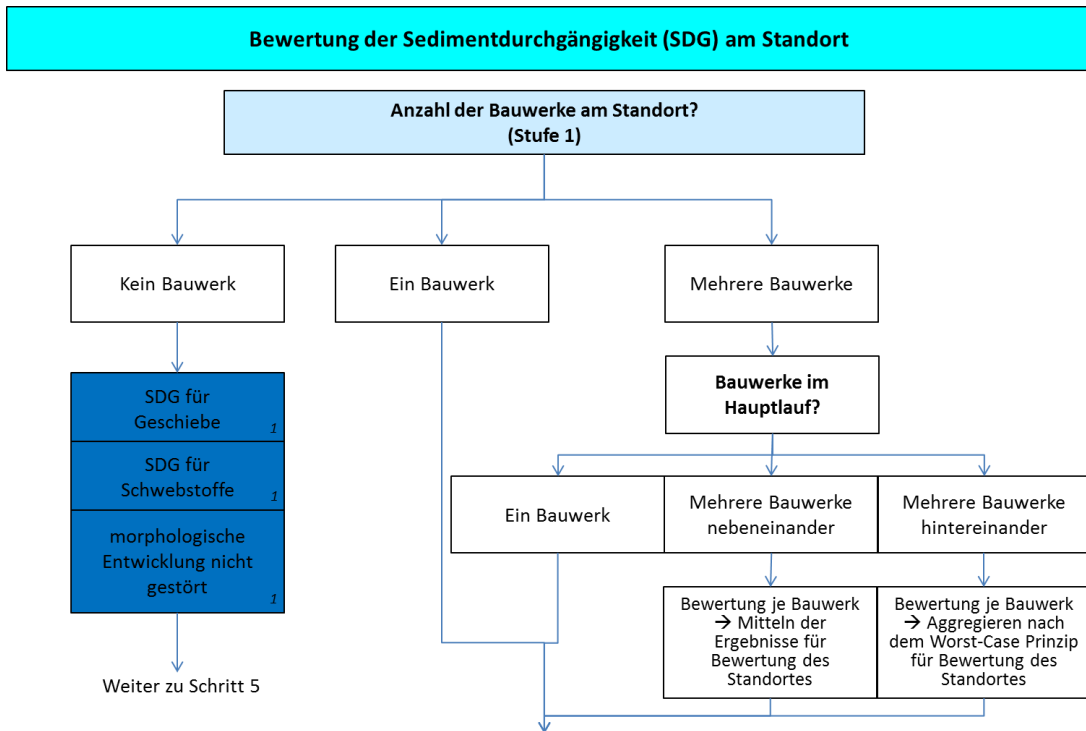
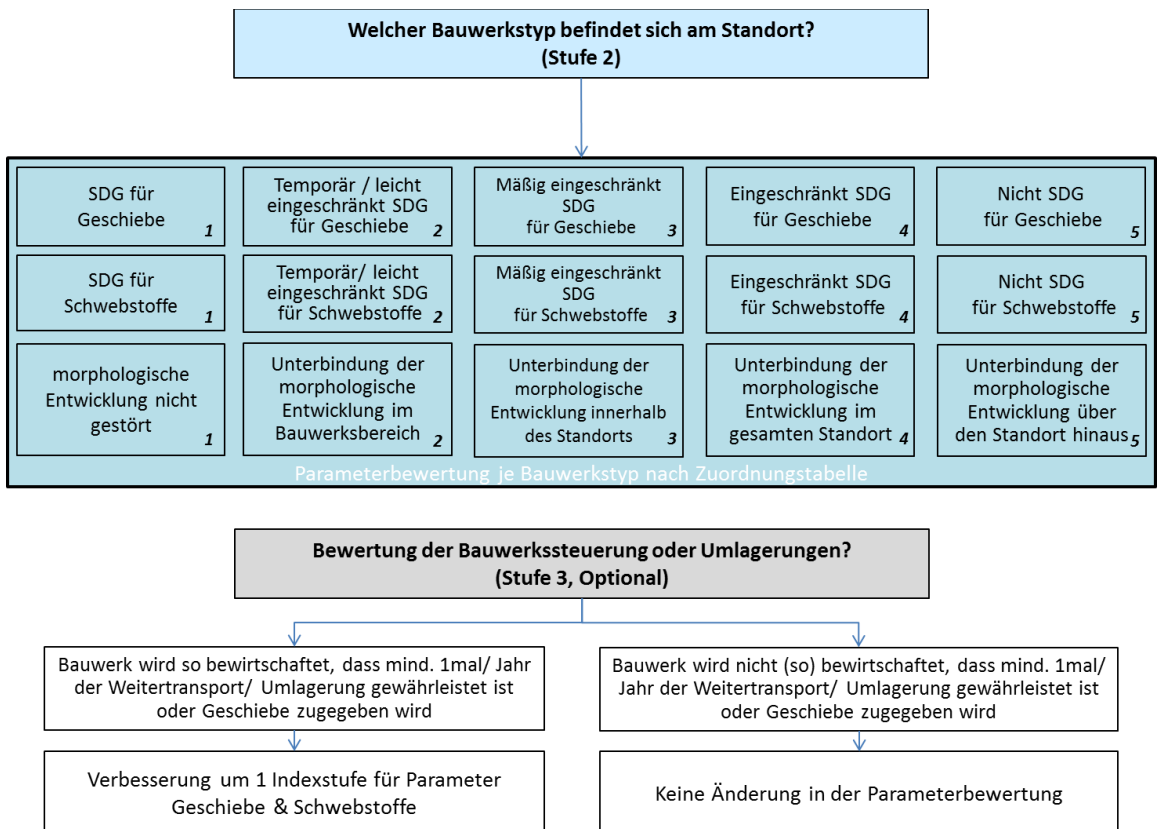


Abbildung 4.2: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort in 5 Stufen (Stufe 1), SDG = Sedimentdurchgängigkeit



Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

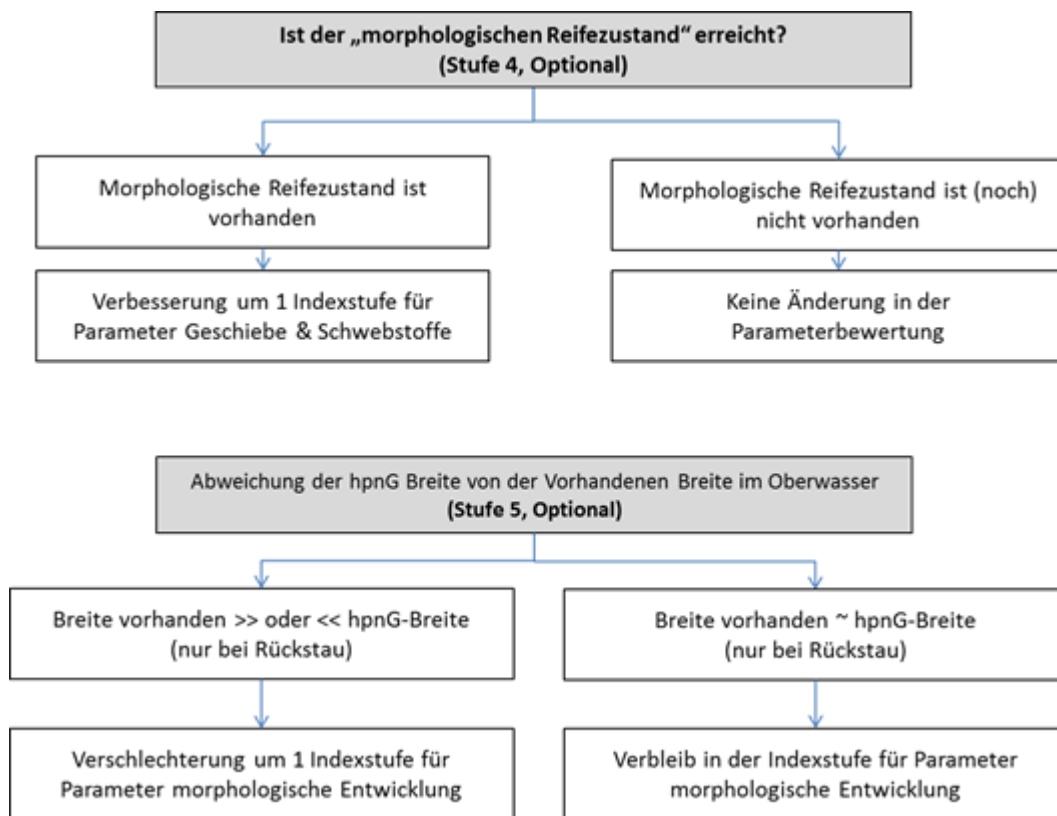


Abbildung 4.3: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Standort in 5 Stufen (Stufe 2 bis 5), SDG = Sedimentdurchgängigkeit

4.3.1.1

Nebenläufe und mehrere Bauwerke (Stufe 1)

Wenn unverbaute Nebenläufe oder Gewässerbreiten 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.

Liegen mehrere Bauwerke im Hauptlauf, so sind bei parallelen Bauwerken jeweils eine Einzelbewertung und eine anschließende Mittelung der Bewertung notwendig (dies kann bei entsprechendem Wissen auch anteilig über die Abflussanteile bei MQ erfolgen). Liegen mehrere Bauwerke hintereinander im Hauptlauf vor, so erfolgt für diese jeweils eine Einzelbewertung und abschließend eine Einstufung nach dem „Worst-Case“ Prinzip. Hierzu ist in Abbildung 4.4 ein Beispiel gegeben.

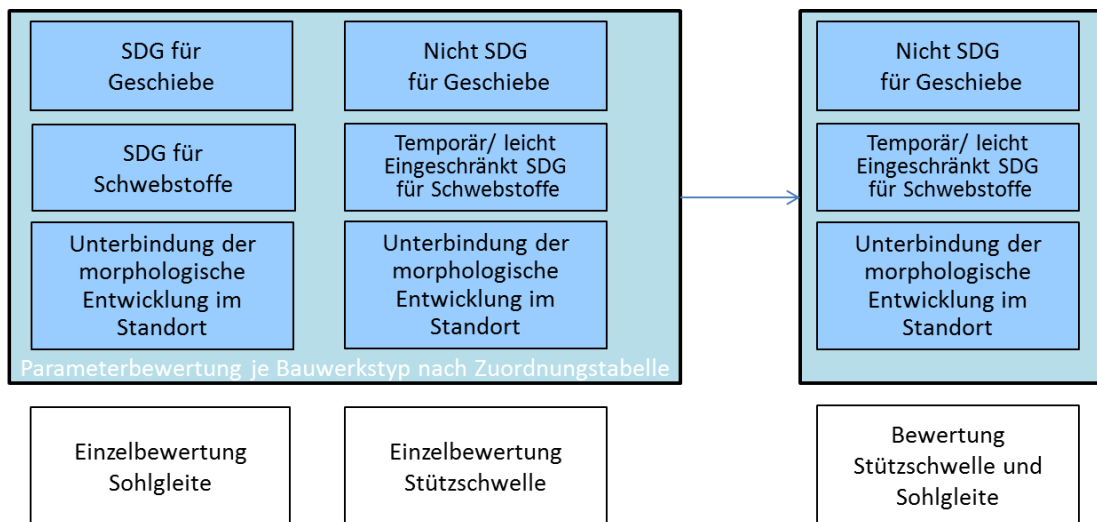


Abbildung 4.4: Aggregation der Bewertung bei mehreren Bauwerken hintereinander im Mutterbett (SGD = Sedimentdurchgängigkeit)


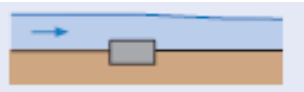
4.3.1.2

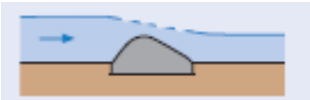
Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit je nach Bauwerkstyp (Stufe 2)

Die Bewertung je nach Bauwerkstyp (Querbauwerksstandort) für die Stufe 2 (Abbildung 4.3) und die Erläuterung der Auswirkungen auf die Hydraulik und die Sedimentdurchgängigkeit liefert die Tabelle 4.6. Für die Definition der jeweiligen Bauwerksbegriffe wird auf die DIN 19661-2 und Kap. 3.5 verwiesen.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 4.6: Hydraulische und morphologische Wirkungen von Querbauwerken (z.T. nach Dumont et al. 2005, überarbeitet und erweitert) inkl. Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit

| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | 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>Lokale Reduzierung bis Unterbindung der Sohlenerosion, lokale Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlenstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts. Sohlschwellen unterbinden lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen (nur im Bauwerksbereich).</p> | <p>Sedimentdurchgängig für Geschiebe (Index 1)</p> <p>Sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 1)</p> <p>Lokale Unterbindung morphologischer Entwicklungen im Bauwerksbereich (Index 2)</p> |
| <p>Grundschwelle</p>  | <p>Je nach Höhe der Grundschwellen 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>Lokale Reduzierung bis Unterbindung der Sohlenerosion, lokale Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlenstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts. Die Fixierung der Sohlenstrukturen einer Gewässerstrecke wächst mit abnehmendem Abstand der Schwellen. Grundschwellen unterbin-</p> | <p>Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe (Index 2)</p> <p>Sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 1)</p> <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p> |

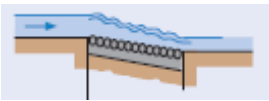
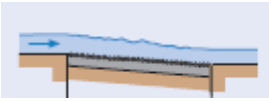
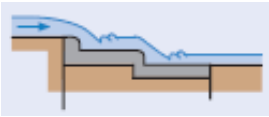
| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit |
|---|---|--|---|
| | | den z.T. lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen. Diese Überprägung reicht von der Stauwurzel bis ins Unterwasser des Bauwerks. | |
| <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 >> Bewegliches Wehr oder temporärer Unterströmung >> Schütz) kann nur sehr wenig bis kein Geschiebe und sehr wenige Schwebstoffe das Querbauwerk passieren und sind daher als sedimentundurchgängig zu bewerten.</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>Sedimentundurchgängig für Geschiebe (Index 5)</p> <p>Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 2)</p> <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser, also im gesamten Standort (Index 4)</p> |
| <p>Bewegliches Wehr und Sperrwerk</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>Nach Häufigkeit und Verbau temporär eingeschränkte bis eingeschränkte Sedimentdurchgängigkeit für Geschiebe (Index 2 bis 4)</p> |

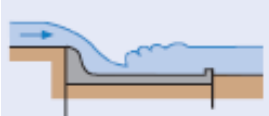
Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | 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>Auch während der Schließphase sedimentiertes Sediment kann in Zeiträumen der Bauwerksöffnung remobilisiert werden. Hierbei zeigen sich häufig Remobilisierungen der Feinsedimente.</p> <p>Schwall- und Sunkwellen haben mobilisierende Wirkungen auf das anstehende Ufersediment und können zur Ufererosion führen.</p> <p>Temporäre Überprägung der fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen und der Sedimentdurchgängigkeit, daher ist hier eine Abstufung zur Dauer und Häufigkeit der Schließungen bzw. Öffnungen sinnvoll.</p> | <p>Nach Häufigkeit und Verbau leicht bis mäßig eingeschränkte Sedimentdurchgängigkeit für Schwebstoffe (Index 2 bis 3)</p> <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser, also im gesamten Standort (Index 4)</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>Dauerhafte Überprägung der fließgewässertypischen, morphologischen Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser</p> | <p>Sedimentundurchgängig für Geschiebe (Index 5)</p> <p>Mäßig eingeschränkt sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 3)</p> <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins Unterwasser, also im gesamten Standort (Index 4)</p> |
| Schütz | <p>Es wird ein Aufstau im Oberwasser und evtl. ein Fließwechsel im nahen Unterwasser bewirkt. Das Wasserspiegelliniengefälle oberhalb des Schützes wird reduziert. Die Ausbildung der sich</p> | <p>Geschiebe und/oder Schwebstoffe können sich im Rückstaubereich (Oberwasser) evtl. ablagern. Durch die sohlnahe Öffnung des Schützes können Geschiebe und Schwebstoffe das Querbauwerk passieren. Daher können Schütze als eingeschränkt (Schützweite</p> | <p>Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe (Index 2)</p> |

| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit |
|---------------------------------------|--|---|---|
| | <p>einstellenden Wasserspiegeldifferenz hängt von der Öffnungsweite des Schützes, Energiehöhe im Oberwasser und der Breite des Schützes ab.</p> <p>Zusätzlich spielen auch Anzahl der Schütze, Steuerungen, zusätzliche Einbauten wie Pfeiler usw. eine hydraulische Rolle.</p> | <p>und Fließgewässerspezifisch) sedimentdurchgängig bewertet werden.</p> <p>Sohlsicherungen im Unterwasser verhindern Erosionen im Bereich des Wechselsprungs und überdecken dort das natürliche Sohlsubstrat. Lokale Überprägung der fließgewässertypischen, morphologischen Entwicklungen durch Rückstau im Oberwasser und Sohlsicherungen im Bauwerksbereich</p> | <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p> |
| Durchlass, Verrohrung, Verdohlung | <p>Je Höhenversatz im Oberwasser, nach Einschnürungsgrad bzw. Abflusszustand (freier Abfluss bis Druckabfluss) im Durchlass tritt ein Aufstau im Oberwasser auf. Das Wasserspiegel-liniengefälle oberhalb des Durchlasses wird reduziert.</p> <p>Die Ausbildung der sich einstellenden Wasserspiegeldifferenz hängt von der Länge, Neigung, dem Durchlassprofil und 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>Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlenstrukturen, 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>Mäßig eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe (Index 3)</p> <p>Leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Schwebstoffe (Index 2)</p> <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis ins nahe Unterwasser, also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p> |
| Sohlrampe (Gefälle ca. 1:3 bis 10) | <p>Ein Rückstau im Oberwasser von Rampen tritt nur dann auf, wenn das Sohlgefälle (z.B. durch Anhebung) im Oberwasser reduziert wurde</p> | <p>Falls Rückstau im Oberwasser: Wirkungen wie >> Grundschwelle</p> | <p>Sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe (Index 1)</p> |

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit |
|---|---|--|--|
|  <p>Sohlgleite (Gefälle ca. 1:10 bis 30)</p>  | <p>und/oder zusätzlich eine Schwelle am Kopfpunkt der Rampe eingebunden wurde.</p> <p>Ist die Gleite ohne eine derartige Baumaßnahme ins Gewässer eingebunden, kann sich im Oberwasser eine Beschleunigungsstrecke (kleinerer Wassertiefe, höhere Strömungsgeschwindigkeit) einstellen, so dass der Kopfpunkt (im Oberwasser) meist gegen rückschreitende Erosion gesichert werden muss.</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>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>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 von gewässertypischen Sohlenstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts auszugehen, so dass lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen unterbunden werden.</p> | <p>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Beschleunigungsstrecke 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 Schwelle am Kopfpunkt eingebunden wurde.</p> <p>Ist der Absturz ohne eine derartige Baumaßnahme ins Gewässer eingebunden, zeigt sich im</p> | <p>Falls Rückstau im Oberwasser: Wirkungen wie >> Grundschwelle</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>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Beschleunigungsstrecke bis ins nahe Unterwasser,</p> |

| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit |
|--|--|---|---|
|  | <p>Oberwasser eine Beschleunigungsstrecke (kleinerer Wassertiefe, höhere Strömungsgeschwindigkeit), so dass der Kopfpunkt (im Oberwasser) meist gegen rückschreitende Erosion gesichert wird.</p> <p>Die erhöhte Fließgeschwindigkeit im Bauwerk wird maßgeblich durch die Absturzhöhe H_w des Bauwerks und den Querschnitt bestimmt. Auch die Anzahl der Abstürze und deren Abstand nehmen Einfluss auf die hydraulische Wirkung.</p> <p>Die Energieumwandlung im Bauwerk erfolgt vorwiegend durch den Wechselsprung (Fließwechsel), die fast immer im Unterwasser z.B. im Bauwerk auftritt.</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 von gewässertypischen Sohlenstrukturen, Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts auszugehen, so dass lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen unterbunden werden.</p> | <p>also innerhalb des Standortes. (Index 3)</p> |
| <p>Talsperren</p> | <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>Talsperren riegeln die Teileinzugsgebiete und Fließgewässer unterhalb der Talsperre vollständig vom Sedimenthaushalt oberhalb ab. Schwebstoffe und Geschiebe werden vollständig zurückgehalten.</p> <p>Lediglich bei Abschlängen 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>Unterbindung morphologischer Entwicklungen von der Stauwurzel bis zur Gewässermündung, also über den Standort hinaus (Index 5)</p> |

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| Bauwerkstyp | Hydraulische Wirkung | Sedimentdurchgängigkeit/Morphologische Wirkung | Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit |
|-------------|---|---|--|
| | Durch die fehlende Variationen des Fließregimes im Unterwasser ist dort meist auch die Hydraulik stark überprägt. | Der Sedimenthaushalt im Unterwasser ist fast immer durch fehlende Variationen des Fließregimes und durch Sedimentdefizit gestört. Von der Stauwurzel bis zur Mündung des Gewässers ist von einer Verhinderung der Ausbildung von gewässertypischen Sohlenstrukturen und Verminderung der Querverlagerung des Gewässerbetts auszugehen, so dass lokal fließgewässertypische, morphologische Entwicklungen unterbunden werden. | |

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 und gezielte Umlagerung (z.B. Entnahme im Oberwasser und Zugabe im Unterwasser) am Bauwerk. Unabhängig von der Maßnahme muss dabei das Bauwerk 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 dürfen, s. Kap. 4.3. Grundsätzlich sollte der Geschiebetransport möglichst kontinuierlich zugelassen werden. Eine Kompensation z. B. im Rahmen von Geschiebezugaben ist positiv für den Sedimenthaushalt und ebenfalls 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 HQ₅. Die exakte Wahl des bordvollen Abflusses wird hier offen gelassen 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

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

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_{br} | 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_{br} als Funktion der Einzugsgebietsgröße $AEZG$ Mit $c_Q =$ je Gewässertyp Mit $\delta = 0,6 \text{ bis } 0,95$ | $C_Q \cdot (AEZG)^\delta$ | u.a. Knighton, 1998 |
| alle Einzugsgebiete größer 1000 km ² | $MQ (*)$ | Koenzen et al. 2016 |
| Einzugsgebiete kleiner 1000 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 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 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 Bewertungsmethodik ein.

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. Der Reifezustand muss erfasst werden.

Des Weiteren kann von einem morphologischen Reifezustand auch 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. Kolkiefen, natürliche Abstürze o.ä.) im angrenzenden Ober- und Unterlauf des Bauwerks liegen. Ein Nachweis hierzu kann aus vermessenen Längsprofilen und Sohlagenmessungen abgeleitet werden. Hierbei wird die Höhe der Bauwerkskrone über der Sohle mit den Sohlhöhen-schwankungen in Fließrichtung verglichen. Bauwerksbedingte Kolkiefen- und Höhenänderungen dürfen nicht bei der Gegenüberstellung der Höhen herangezogen werden. Wie in Abbildung 4.5 deutlich wird ergänzt und stützt die Prüfung der Höhen das Kriterium des gefüllten Stauraumes.

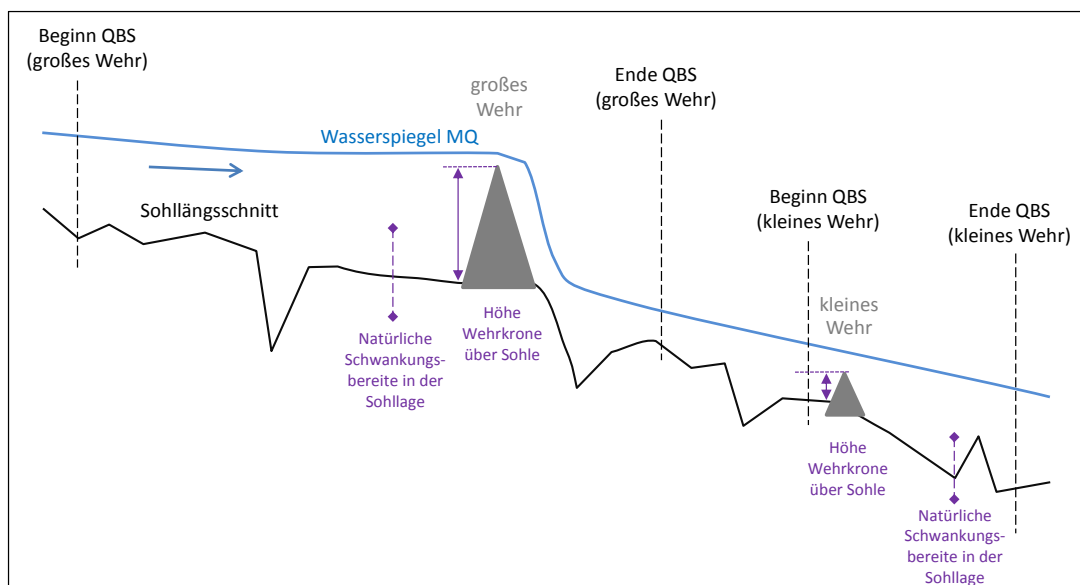


Abbildung 4.5: Vergleich der Höhe des Bauwerks (Krone über der Sohle) zur natürlichen Schwankungsbreite der Sohlhöhenänderung in Fließrichtung (QBS = Querbauwerksstandort)

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Alternativ kann die Bewertung auch über das im Querbauwerksstandort vorliegende mittlere Sohlgefälle erfolgen. 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 4.6).

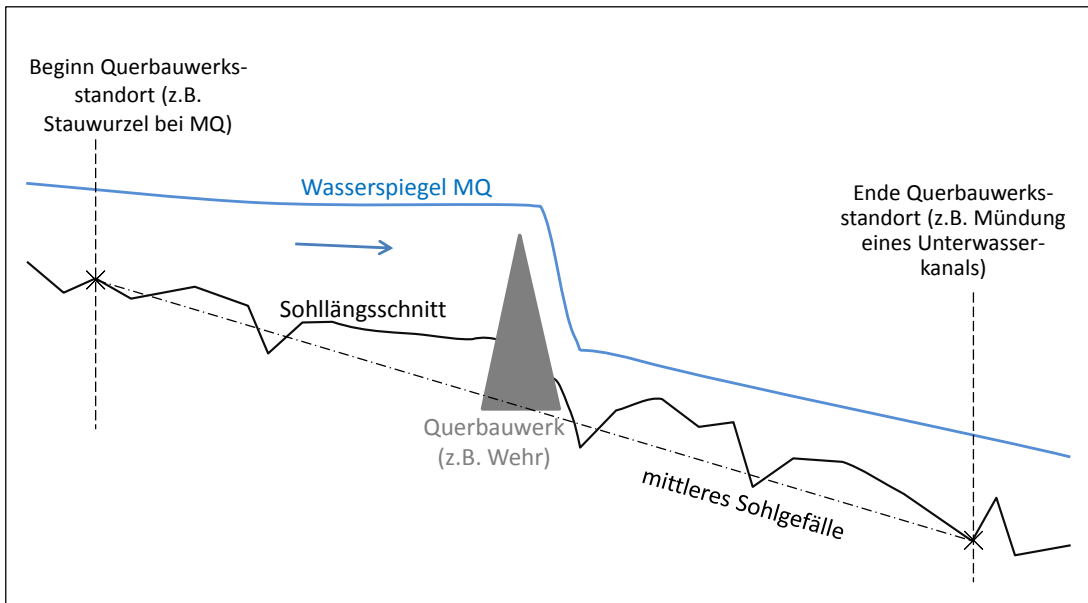


Abbildung 4.6: Skizze zur Ermittlung des mittleren Sohlgefälles im Querbauwerksstandort

Das aktuelle vorliegende Sohlgefälle am Standort kann z.B. aus Sohlpeilungen, bathymetrischen Messungen oder durch terrestrische Vermessung ermittelt werden. Das vorliegende Sohlgefälle wird dann dem potentiell natürlichen Sohlgefälle gegenübergestellt.

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) entnommen werden. Eine Übersicht zum minimalen, mittleren und maximalen Talbodengefälle je Typ hat Koenzen et al. (2016) zusammengestellt.

Der Windungsgrad beschreibt das Verhältnis aus Gewässerlänge 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 |
|-------------------------------|---|
| Kerb- und Klammthal | <p>2 – 50 natürliche Absturzhöhen pro km in m</p> <p>Gefälle für Klammtäler > 10%</p> <p>Gefälle für Kerbtäler 1 – 10%</p> <p>Windungsgrad: 1.01 bis 1.06</p> <p>Sedimente Klammtäler: keine Transportkörper, Sohlsubstrat mit Steine und Kiese Felsensohle, streckenweise ohne Sedimentbedeckung</p> <p>Sedimente Kerbtäler: Blöcke und Gerölle aus Hangschutt überwiegend. Sohle i.d.R. mit Sedimentbedeckung</p> <p>Morphodynamik Klammtäler: Tiefenerosion vorherrschend, kaum Seitenerosion, kaum Akkumulation. Enge, oft wandartige Begrenzung erlaubt kaum Entwicklungsmöglichkeit</p> <p>Morphodynamik Kerbtäler: Tiefenerosion vorherrschend, geringe Seitenerosion, kaum Akkumulation. Bachbett grenzt unmittelbar an die Hänge, nur geringer Spielraum für eigenständige Bettbildung, Talmorphologie und Größe der Hanggerölle bestimmen das Laufverhalten</p> <p>Kein fluvial aufgeschütteter Talboden, Gewässer im Schuttmantel angelegt, blockig/steinige Betten. Weit verbreitet in tektonisch jung herausgehobenem Mittel- und Hochgebirgen und im Bereich von Reliefkanten. Steilwandige Schlucht im anstehenden Fels am Übergang zwischen Haupt- u. Seitentälern u. Konfluenzstufen (glaziale Stufung)</p> |
| Sohlenkerbtal-gewässer | <p>Gefälle für Sohlenkerbtäler 1 – 2%</p> <p>Windungsgrad: 1.06 bis 1.5</p> <p>Sedimente Sohlenkerbtäler: Gerölle, Kiese, Sande und fluvialen Schüttungen. breite Sohle mit Sedimentbedeckung</p> <p>Morphodynamik Sohlenkerbtäler: mit unterschiedlich breiter Sohle aus fluvialen Schüttungen, zwei- oder mehrphasige Entstehung: Tiefenerosion wird/wurde z.T. durch Akkumulation abgelöst.</p> <p>Weit verbreitet in den Mittel- und Unterläufen der Gebirge</p> |
| Mäandertal | <p>0 – 2 natürliche Absturzhöhen pro km in m</p> <p>Gefälle für Mäandertäler: 0,4 bis 3%</p> <p>Windungsgrad: 1.01 bis 1.3</p> <p>Sedimente Mäandertäler: Keine Transportkörper, Sohlsubstrat mit Lehm, Steine, Kies, Bänke. Vorwiegend transportierte Sedimente des jeweiligen Typs</p> |

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| Typ | Beschreibung aus Briem 2003, BWK 2009 und Otto 1991 |
|--|---|
| | Morphodynamik Mäandertäler: Seitenerosion und Umlagerung trägt zur Talentwicklung bei. Mäanderbögen weitgehend ortsfest. Talböden ohne Auenstrukturen, da in der Regel nicht überflutet. Gezwungener Mäander und verzweigt |
| Aue- und Muldentäler | <p>Gefälle für Muldentäler: 0,2 bis 1%</p> <p>Windungsgrad: 1.5 bis 2.0</p> <p>Sedimente Muldentäler: Sedimente verlaufen vollständig in Hangschuttmaterial und eigenen Aufschüttungen</p> <p>Morphodynamik Muldentäler: Tiefen- u. Seitenerosion an der Talablagerung erlaubt in flachen Talmulden eine laterale Gewässerentwicklung. Meist ein ausgeglichener Geschiebehaushalt</p> <p>Morphodynamik Auentäler: eher Akkumulation</p> <p>Konkaver Querschnitt mit unterschiedlich steilen, „durchhängenden“ Talflanken. Kein fluvial aufgeschütteter Talboden, Gewässer im Schuttmantel angelegt. Weit verbreitet auf den Hochflächen der Mittelgebirge und in den Flach- und Hügelländern</p> <p>Muldentäler und Täler ohne spezifisch begleitender Talform mit fluvialen Aufschüttungen, meist mehrphasiger Entstehung, weit verbreitet auf Hochflächen, in Hügelländern und Flachländern</p> |
| Auentalgewässer mit kiesigem Sediment | <p>Gefälle für Auentalgewässer: 0,03 bis 0,5%</p> <p>Windungsgrad: 1.5 bis 2.0</p> <p>Sedimente: Decksicht aus Kies bis Geröll über feinkörnigen Sedimenten</p> <p>Morphodynamik: Akkumulation alluvialer Sedimente führen zu einer ebenen Talsohle. Nur bei Berührung des Talrandes Aufnahme von Hangmaterial. Seitenentwicklung von Auenlehmdecke und Bewuchs unabhängig. Bei größerem Gefälle nur geringe Verlagerungstendenzen</p> |
| Flachland- und Niedrigungsgewässer | <p>0 natürliche Absturzhöhen pro km in m</p> <p>Gefälle für Flachlandgewässer: < 0,1 %</p> <p>Windungsgrad: 1.25 bis 2.0</p> <p>Sedimente: Transportkörper mit Riffel, Dünen, Antidünen, Sohlsubstrat mit Lehm, Sand, Schlamm</p> <p>Morphodynamik: Akkumulation alluvialer Sedimente führen zu einer ebenen Talsohle. Nur bei Berührung des Talrandes Aufnahme von Hangmaterial. Seitenentwicklung von Auenlehmdecke und Bewuchs unabhängig. Rasche Verlagerung mit Bildung typischer Auenstrukturen</p> <p>Weit verbreitet in den fluvialen Aufschüttungsebenen der Tief-, Flach- und Hügelländer</p> |

Das Verhältnis aus beiden Sohlgefällen ergibt das Maß der Abweichung zum potentiell natürlichen Gefälle:

$$\text{Index}_{\text{MR}} = \frac{\text{Sohlgefälle}_{\text{Standort}}}{\text{Talgefälle}_{\text{hpnG}} \times \text{Windung}_{\text{hpnG}}}$$

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 tykonforme Aufweitung des Gerinnebettes darstellt, sondern bauwerksbedingt induziert ist (vgl. Rosenzweig et al. 2012).

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.

In Koenzen et al. (2016) wird zunächst schrittweise der bordvolle Abfluss, das Talgefälle, die Windung und die Böschungsneigung, Rauheitsbeiwerte und Breiten-Tiefen-Verhältnisse ermittelt bevor dann iterativ die Bestimmung der Gewässerbreite aus regimetheoretischen Ansätzen und anhand von Fließformeln möglich wird. Nach Umformung erfolgt dies über folgende Gleichung

$$\text{QWIK} = \frac{Q_{\text{bordvoll}}}{\sqrt{I_{\text{Sohle}} \times K_{\text{st}}}} = A \cdot r_{\text{hyd}}^{2/3}$$

mit: QWIK = Parameter aus Querschnittsfläche und hydraulischem Radius

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Q_{Bordvoll} = bordvoller Abfluss (vgl. transportwirksamer Abfluss)

I_{Sohle} = Sohlgefälle

k_{st} = Manning Strickler-Beiwert je Sohlmaterial (z.B. Preißler & Bollrich 1980, Lange & Lecher 1989, DVWK 1990, Chow 1959)

A = Querschnittsfläche des Gewässers = $B \times T$

r_{hyd} = hydraulischer Radius = A/I_u = Querschnittsfläche/benetzter Umfang

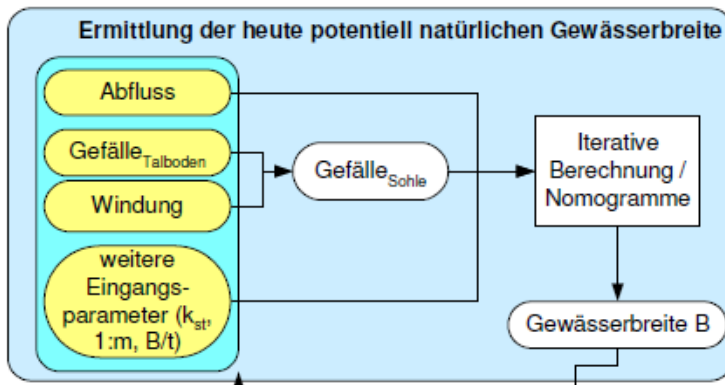


Abbildung 4.7: Prozess für die iterative Bestimmung der hpnG-Breite, entnommen aus Koenzen et al. (2016)

Regimetheoretische Breiten-Tiefenverhältnisse je Sohlsubstrat, entnommen aus Koenzen et al. (2016):

$$\begin{aligned}
 \text{kiesig: } B/t &= 22,849 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0.14} \\
 \text{sandig: } B/t &= 12,868 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0.21} \\
 \text{bindig: } B/t &= 9,0 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0.15} \\
 \text{verzweigt kiesig: } B/t &= 40,42 \times Q_{\text{bordvoll}}^{0.294}
 \end{aligned}$$

Mit dem Breiten-Tiefenverhältnis und dem Parameter aus Querschnittsfläche und hydraulischem Radius (QWIK) kann die heute potentiell natürliche Breite (B_{hpnG}) aus Nomogrammen in (LAWA 2016) abgelesen werden.

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

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

mit: B_{hpnG} = regimetheoretische bzw. heute potentiell natürliche Breite

Q_{Bordvoll} = bordvoller Abfluss (vgl. transportwirksamer Abfluss aus 4.3.1.3)

l_{Sohle} = Sohlgefälle

k_{st} = Manning Strickler-Beiwert je Sohlmaterial

C = B/t (Verhältnis von Gewässerbreite/Gewässertiefe)

M = Böschungstiefe

Die Abschätzung zur mittleren bordvollen Wassertiefe H nach Henderson (1966) lautet:

$$H_{\text{hpnG}} = \begin{cases} 1.21 \cdot K_2 \cdot Q_{\text{bordvoll}}^{0.36} & \text{für } r_{\text{hyd}} \leq 2.134 \text{ m} \\ 2.0 + 0.93 \cdot K_2 \cdot Q_{\text{bordvoll}}^{0.36} & \text{für } r_{\text{hyd}} \geq 2.134 \text{ m} \end{cases}$$

mit: H_{hpnG} = regimetheoretische bzw. heute potentiell natürliche Tiefe

Q_{Bordvoll} = bordvoller Abfluss (vgl. transportwirksamer Abfluss aus 4.3.1.3)

K_2 = Parameter (siehe Tabelle 4.9)

r_{hyd} = hydraulischer Radius = A/l_u = Querschnittsfläche/benetzter Umfang

Der Koeffizient K_2 ergibt sich je nach Sohl –und Böschungsmaterial aus Tabelle 4.9.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 4.9: Koeffizienten je nach Sohl –und Böschungsmaterial nach Henderson (1966)

| Sedimenttyp | K ₂ [-] |
|--|--------------------|
| Sandiges Bett und sandige Böschung | 0,52 |
| Sandiges Bett und kohäsive Böschung | 0,44 |
| Kohäsives Bett und Böschung | 0,37 |
| Grobes nicht kohäsives Material | 0,23 |
| Sandiges Bett und kohäsive Böschung (inkl. hoher Sedimentfracht) | 0,34 |

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 keine Veränderung der Einstufung. 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 um eine Stufe.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| | | | |
|------------------------------|--|--|----|
| Standort | | Nahwehr WKA Niederhausen (QBW-ID: 751) | |
| Schritt 1: | Anzahl der Bauwerke am Standort | 1 | |
| Schritt 2: | Bauwerkstyp | bewegliches Wehr | |
| | SDG für Geschiebe | 4 (eingeschränkt) | -2 |
| | SDG für Schwebstoffe | 3 (mäßig eingeschränkt) | -2 |
| | morphologische Entwicklung | 4 (im gesamten Standort) | |
| Schritt 3 (optional): | Bauwerkssteuerung oder Umlagerung | einmal pro Jahr | |
| Schritt 4 (optional): | Morphologischer Reifezustand | erreicht | |
| | $\text{Index}_{MR} = \frac{\text{Sohlfälle}_{\text{Bundort}}}{\text{Talgefälle}_{\text{hpnG}} \times \text{Windung}_{\text{hpnG}}}$ <p>Für einen Index zwischen 0,5 und 2 gilt der morphologische Reifezustand als eingehalten.</p> | | |
| Schritt 5 (optional): | Abweichung von der hpnG-Breite | keine Abweichung | |
| | $\text{Index}_B = \frac{B_{\text{Bauwerk}}}{B_{\text{hpnG}}}$ <p>Für einen Index zwischen 0,5 und 1,5 gilt die potentiell natürliche Gewässerbite als eingehalten und es ergibt sich keine Veränderung der Einstufung. Für einen Index unter 0,5 oder über 1,5 ist davon auszugehen, dass die potentiell natürliche Gewässerbite nicht eingehalten ist und es ergibt sich eine Verschlechterung um eine Stufe.</p> | $B_{\text{hpnG}} = 102,5 \text{ m}, B_{\text{Bauwerk}} = 70,5 \text{ m}$ $\text{Index}_B = 70,5 \text{ m} / 102,5 \text{ m} = 0,69$ | |
| Index SDG,BW | (IndexGeschiebe + IndexSchwebstoffe + IndexMorphologie) / 3 | (2+1+4) / 3 = 2,33 (mäßig) | |
| Klasse 3 mäßig | 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) | | |

Abbildung 4.8: Beispiel für die Klassifizierung eines Bauwerksstandorts

4.3.2

Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

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

$$\text{Index}_{\text{SDG,BW}} = \frac{\text{Index}_{\text{Geschiebe}} + \text{Index}_{\text{Schwebstoffe}} + \text{Index}_{\text{Morphologie}}}{3}$$

mit: $\text{Index}_{\text{SDG,BW}}$ = Index für die Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

$\text{Index}_{\text{Geschiebe}}$ = Bewertungsindex für das Geschiebe am Querbauwerksstandort

$\text{Index}_{\text{Schwebstoffe}}$ = Bewertungsindex für die Schwebstoffe am Querbauwerksstandort

$\text{Index}_{\text{Morphologie}}$ = 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 4.10 zeigt das Klassifikationsschema der Sedimentdurchgängigkeit am Standort.

Tabelle 4.10: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

| Sediment-durchgängigkeit | Standort |
|-----------------------------------|---|
| Klasse 1 sehr gut | 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) |
| Klasse 2 gut | 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) |
| Klasse 3 mäßig | 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) |
| Klasse 4 unbefriedigend | Der Standort ist eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe und Schwebstoffe. Eine Unterbindung der morphologischen Entwicklung im Standort liegt vor. (Index 3.3 bis < 4.3) |

| Sediment-durchgängigkeit | Standort |
|------------------------------|---|
| Klasse 5 schlecht | 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

Beispiel für die Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort

Im Folgenden wird das Vorgehen zur Klassifizierung der Durchgängigkeit für Sedimente beispielhaft an einem Standort durchgeführt. Am betrachteten Standort befinden sich eine Wehranlage sowie eine Wasserkraftanlage (Ausleitungskraftwerk), siehe Abbildung 4.9.

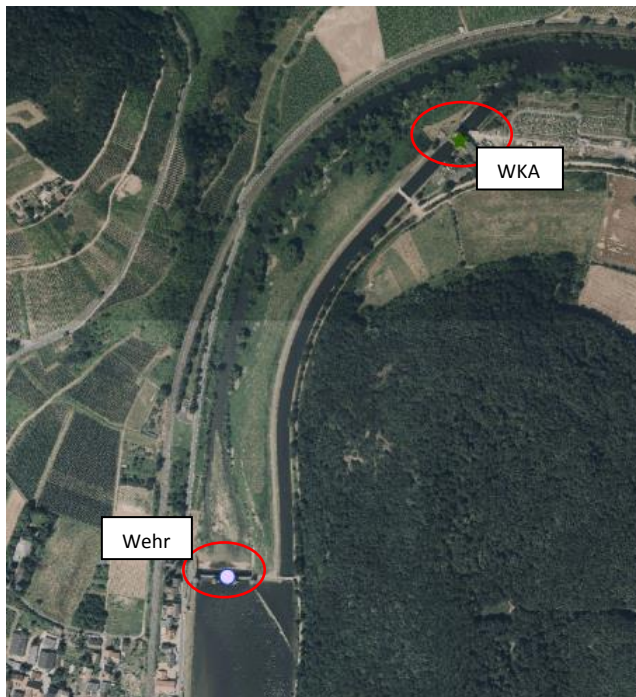


Abbildung 4.9: Lage der Wehranlage und Wasserkraftanlage am Beispiel-Standort

In **Schritt 1** für die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit am Standort werden die Anzahl der Bauwerksstandorte ermittelt. Sind mehrere Bauwerke im Hauptlauf vorhanden, erfolgt eine Einzelbewertung der Bauwerke und eine anschließende Mittelung (bei paralleler Bauweise) bzw. wird das „Worst-Case-Prinzip“ angewandt.

In diesem Fall verfügt der Standort über ein zu bewertendes Bauwerk (Wehr) im Hauptlauf des Gewässers. Bei dem vorhandenen Wehr handelt es sich um ein bewegliches Wehr.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Auf der Basis des Bauwerktyps erfolgt eine Kurzbewertung der Sedimentdurchgängigkeit in **Schritt 2**. Dabei wird die Durchgängigkeit für Geschiebe sowie für Schwebstoffe und die Unterbindung der morphologischen Entwicklung eingestuft. Für bewegliche Wehre gelten folgende Einschätzungen:

- Nach Häufigkeit und Verbau temporär eingeschränkte bis eingeschränkte Sedimentdurchgängigkeit für Geschiebe (Index 2 – 4)
- Nach Häufigkeit und Verbau leicht bis mäßig eingeschränkte Sedimentdurchgängigkeit für Schwebstoffe (Index 2 – 3)
- Unterbindung morphologischer Entwicklung von der Stauwurzel bis ins Unterwasser, also im gesamten Standort (Index 4)

Der Beispiel-Standort wird hinsichtlich seiner Sedimentdurchgängigkeit für Geschiebe als unbefriedigend durchgängig (Index 4) und hinsichtlich seiner Durchgängigkeit für Schwebstoffe als mäßig durchgängig (Index 3) eingeschätzt. Die Unterbindung der morphologischen Entwicklung ist im gesamten Standort gegeben (Index 4).

In Abhängigkeit der Datenlage wird in **Schritt 3** optional die Bauwerkssteuerung oder Umlagerung untersucht. Das vorhandene bewegliche Wehr wird so bewirtschaftet, dass mindestens einmal im Jahr der Weitertransport bzw. die Umlagerung des Sediments gewährleistet ist. Daraus ergibt sich eine Verbesserung der oben genannten Parameter Geschiebedurchgängigkeit und Schwebstoffdurchgängigkeit um je eine Indexstufe.

Analog zu Schritt 3 ist auch die Einschätzung des morphologischen Reifezustands in **Schritt 4** optional. Am Beispiel-Standort ist der Stauraum im Oberwasser vollständig sedimentiert bzw.

gefüllt, sodass er als nahezu sedimentdurchgängig einzustufen ist:



Abbildung 4.10: Stauraum im Oberwasser mit markierter Sedimentablagerung

Ob der morphologische Reifezustand erreicht ist, lässt sich alternativ auch über folgenden Zusammenhang prüfen:

$$\text{Index}_{MR} = \frac{\text{Sohlgefälle}_{\text{Standort}}}{\text{Talgefälle}_{\text{npnG}} \times \text{Windung}_{\text{npnG}}}$$

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

Für den Bereich des Wehrs lagen die erforderlichen Daten nicht vor. Zur Erläuterung des Vorgehens wird hier der Index für den morphologischen Reifegrad an der Wasserkraftanlage ermittelt:

Im Bereich der Wasserkraftanlage werden das Talgefälle zu 0,00061, das Sohlgefälle zu 0,00046 und die resultierende Windung zu 1,30357 beziffert. Als Index für den morphologischen Reifezustand ergibt sich damit ein Index von 0,5785 (> 0,5) und der morphologische Reifezustand gilt gemäß oben stehender Gleichung als erreicht.

Auch hier stellt sich in der Folge eine Verbesserung der Indizes der Geschiebedurchgängigkeit und Schwebstoffdurchgängigkeit um eine Indexstufe ein. Zu diesem Zeitpunkt der Bewertung wird der Standort als temporär/leicht eingeschränkt sedimentdurchgängig für Geschiebe und sedimentdurchgängig für Schwebstoffe eingeschätzt. Die morphologische Entwicklung bleibt am gesamten Standort unterbunden.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

In **Schritt 5** wird die Abweichung der maximalen Gewässerbreite bei MQ (Bauwerksbreite) am Querbauwerk von der hpnG-Breite (hpnG = heutiger potentiell natürlicher Gewässerzustand) im Oberwasser betrachtet. Die Bauwerksbreite beträgt am Beispiel-Standort 70,5 m (QUIS Rheinland-Pfalz). Die hpnG-Breite am Beispiel-Standort beträgt in diesem Bereich rund 102,5 m. Die Abweichung berechnet sich wie folgt:

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

Es ergibt sich ein $Index_B = 70,5 \text{ m} / 102,5 \text{ m} = 0,69$. Dieser Wert liegt im Bereich zwischen 0,5 und 1,5. Somit gilt die potenziell natürliche Gewässerbreite als eingehalten und es ergibt sich keine Verschlechterung der bisherigen Einstufung.

Abschließend erfolgt die Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit am Bauwerksstandort mithilfe folgender Mittelwertbildung:

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

Für den Beispielstandort ergibt sich damit ein $Index_{SDG,BW}$ von $(2+1+4)/3 = 2,33$. Der Standort ist damit hinsichtlich seiner Sedimentdurchgängigkeit als mäßig durchgängig einzuschätzen:

| | |
|------------------------------|--|
| Klasse 3 mäßig | 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) |
|------------------------------|--|

4.3.4**Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper**

Die Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper wird in vier Schritten und mit Hilfe von vier Einzelparametern bewertet (Abbildung 4.11). Von den vier Schritten sind je vier Einzelschritte (1, 2, 3a und 4a) für alle Wasserkörper durchführbar, auch bei geringer Datengrundlage. Nur zwei weitere Einzelschritte (3b und 4b) können optional je nach Datenlage geprüft werden. Bewertet werden zunächst die Einzelparameter morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebehaushalt und Feinsedimente (Tabelle 4.11). Die jeweiligen Einzelbewertungen werden erst am Ende aller vier Schritte über einen Index und somit in eine Klasse eingestuft.

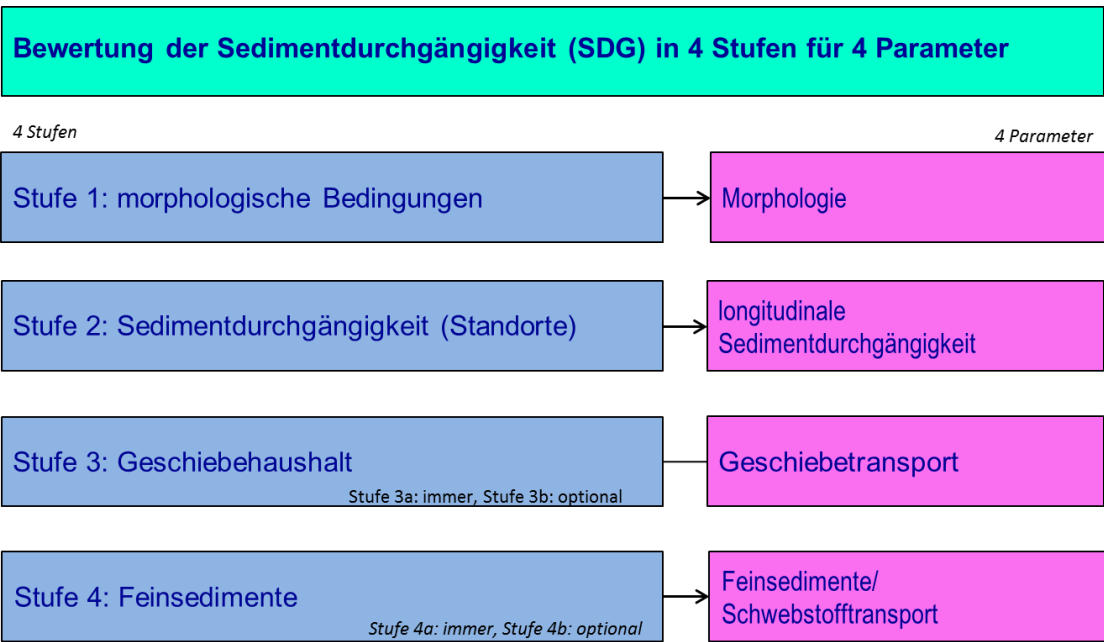


Abbildung 4.11: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 4.11: Gewählte Bewertungsparameter und Kurzbeschreibung der Methodik im Wasserkörper

| Bewertungs-parameter | Methodik der Bewertung bzw. Datengrundlage |
|---------------------------------------|---|
| Morphologische Bedingungen | Nutzung von Indikatoren aus der Strukturgüte mit Transformation, neuer Berechnung und Gewichtung: Details in Tabelle 4.13. |
| Longitudinale Sedimentdurchgängigkeit | Aggregation der Bewertung der Querbauwerksstandorte im Wasserkörper |
| Geschiebehalt | Nutzung von Indikatoren aus der Strukturgüte und Veränderung des Geschiebetransportes im Vergleich zum potentiell natürlichen Geschiebetransport. |
| Feinsedimente | Berechnung und Bewertung des Sedimenteintrages über das Vorland (nach Scheer et al. 2013 mit Hilfe der ABAG) und Veränderung des Schwebstoffhaushaltes im Vergleich zum potentiell natürlichen Schwebstoffhaushalt (Rosenzweig et al. 2012) |

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.

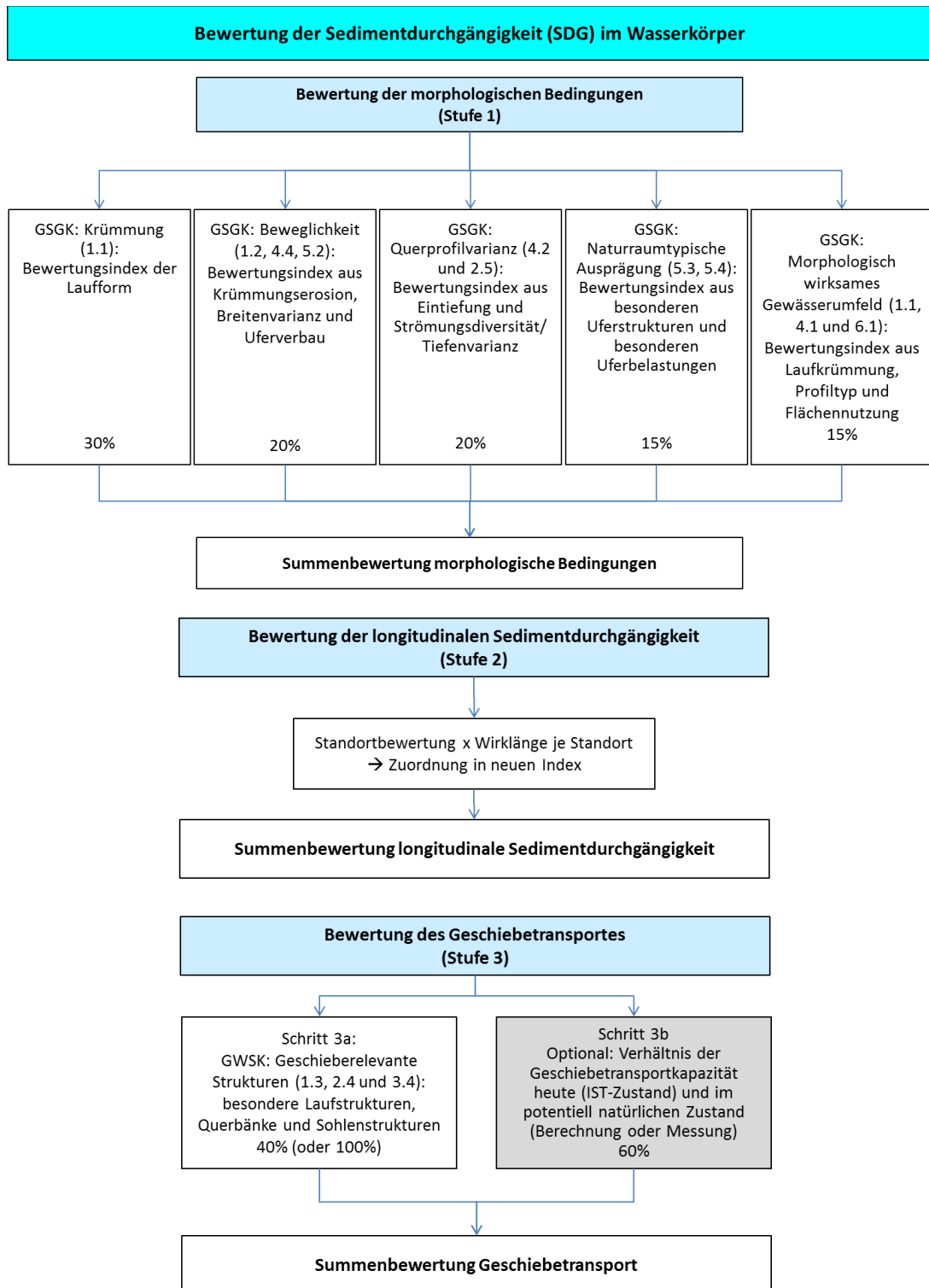


Abbildung 4.12: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in 4 Stufen (Schritt 1 bis 3)

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

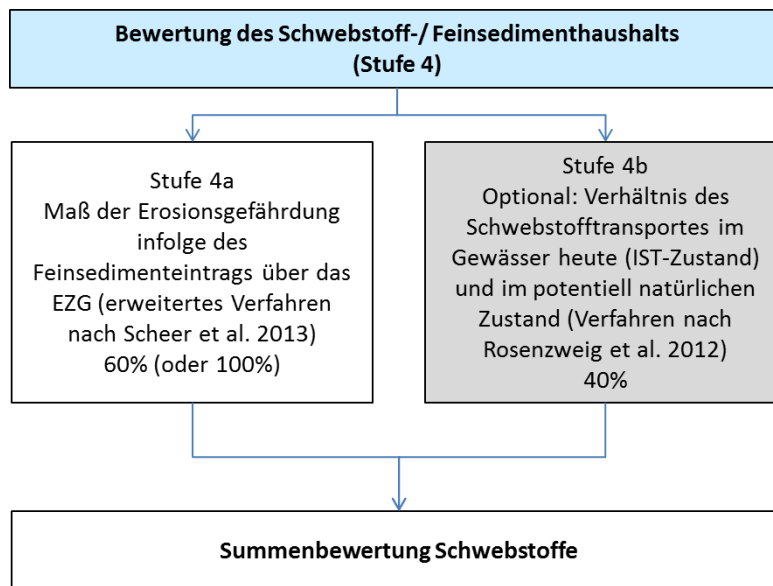


Abbildung 4.13: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in 4 Stufen (Schritt 4)

4.3.4.1

Bewertungsmethodik für die morphologischen Bedingungen (Stufe 1)

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

Die Bewertung der Gewässerstrukturgüte (nach LAWA-Verfahren) erfolgt für sogenannte Wasserkörperabschnitte. Die Länge der kartierten Abschnitte variiert in Abhängigkeit von der Gewässerbreite und liegt zwischen 100 und 1000 m. Eine Aggregation für den Wasserkörper wird mittels Mittelwertbildung empfohlen. Bei unterschiedlichen Längen der Gewässerstrukturgüte-Kartierungsabschnitte kann dies über die Gewichtung der jeweiligen Einzelängen erfolgen.

$$\text{Index}_{\text{WK}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Länge}_i \cdot \text{Index}_i}{\text{Länge}_{\text{WK}}}$$

mit: n = Anzahl der GWS-Kartierungsabschnitte im Wasserkörper

WK = Wasserkörper

Länge_i = Länge der kartierten Abschnitte i

Länge_{WK} = Länge des Wasserkörpers

Bei der Bewertung erfolgt eine Zuordnung der Zustandsmerkmale über die Einzelparameter in Indexziffern zwischen 1 und 7. Somit ist eine Transformation der 7 Stufen in 5 Stufen erforderlich. Anlehnend an Hugo et al. (2012) wird die Übertragung der Stufen in Tabelle 4.12 vorgeschlagen:

Tabelle 4.12: Transformationstabelle für die Bewertungsklassen der Gewässerstrukturgüte auf die Bewertungsklassen für die Parameter der Sedimentdurchgängigkeit

| Gewässerstrukturgütebewertungsklasse (LAWA-Verfahren) | Spannbreite der Gewässerstrukturgütebewertungsklasse | Bewertungsklasse für die Parameter der Sedimentdurchgängigkeit Index MB |
|---|--|---|
| 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 |

Die Strukturgütekarte kann je nach Anwendungsbereich ausgewählte Einzelparameterbewertungen, die sechs Hauptparameterbewertungen (6 Einzelbänder je Gewässer), Bewertungen für Sohle, Ufer und Land (dreibändige Darstellung für ein Gewässer) oder die Gesamtbewertung des Gewässers (einbändige Darstellung) darstellen. Die Zusammenführung der einzelnen Parameter in die Summenbewertung (Index_{MB}) ist in der Tabelle 4.13 dargestellt.

Tabelle 4.13: Parameter für die Bewertung der morphologischen Bedingungen und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung der morphologischen Bedingungen

| Parameter Sedimentdurchgängigkeit | Gewählte Parameter der Gewässerstrukturgüte (Zusammensetzung) | Einbindung in die Summenbewertung |
|-----------------------------------|---|---|
| Morphologische Bedingungen | Krümmung (1.1): Bewertungsindex der Laufform. Die Bewertung erfolgt im Abgleich mit dem gewässertypischen Leitbild und hat daher hier eine hohe Relevanz. | 30% Nutzung der Indikatoren und Transformation nach Tabelle 4.12 |
| | Beweglichkeit (1.2, 4.4, 5.2): Bewertungsindex aus Krümmungserosion, Breitenvarianz und Uferverbau | 20% Berechnung und Transformation nach Tabelle 4.12 der Bewertung |
| | Querprofilvarianz (4.2 und 2.5): Bewertungsindex aus Eintiefung und Strömungsdiversität/Tiefenvarianz | 20% Berechnung und Transformation nach Tabelle 4.12 der Bewertung |
| | Naturraumtypische Ausprägung (5.3, 5.4): Bewertungsindex aus besonderen | 15% Berechnung und Transformation nach Tabelle 4.12 der Bewertung. |

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| Parameter Sedimentdurchgängigkeit | Gewählte Parameter der Gewässerstrukturgüte (Zusammensetzung) | Einbindung in die Summenbewertung |
|-----------------------------------|---|---|
| | Uferstrukturen und besonderen Uferbelastungen. | Mittelung der Bewertung für das linke und rechte Ufer auf einen Wert. |
| | Morphologisch wirksames Gewässerumfeld (1.1, 4.1 und 6.1): Bewertungsindex aus Laufkrümmung, Profiltyp und Flächennutzung | 15% Berechnung und Transformation nach Tabelle 4.12 der Bewertung. Mittelung der Bewertung für das linke und rechte Gewässerumfeld auf einen Wert. |

4.3.4.2

Bewertungsmethodik für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit (Stufe 2)

Für die Bewertung des Parameters longitudinale Sedimentdurchgängigkeit wird auf die bestehende Einstufung der Querbauwerksstandorte (vgl. Kap. 4.3.2) zurückgegriffen. Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit der Standorte wird dabei 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.

Zunächst wird je Bewertungsklasse des QBWs eine morphologische Wirklänge festgelegt und diese je Klasse entsprechend bei der Gliederung des Wasserkörpers in Wirkbereiche berücksichtigt (Abbildung 4.14). Diese kann vereinfacht über die 4 erfolgen. Alternativ ist eine genauere Bestimmung der morphologischen Wirklänge auch über Bauwerkshöhe, Rückstau-/Beschleunigungsstrecke, morphologischen Reifezustand und morphologischen Änderungen im Gewässer möglich.

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.

Fließgewässerabschnitte, die nicht von morphologischen Wirklängen der Querbauwerke überdeckt werden (vgl. weiße Bereiche in Abbildung 4.14), zählen zur Klasse 1.

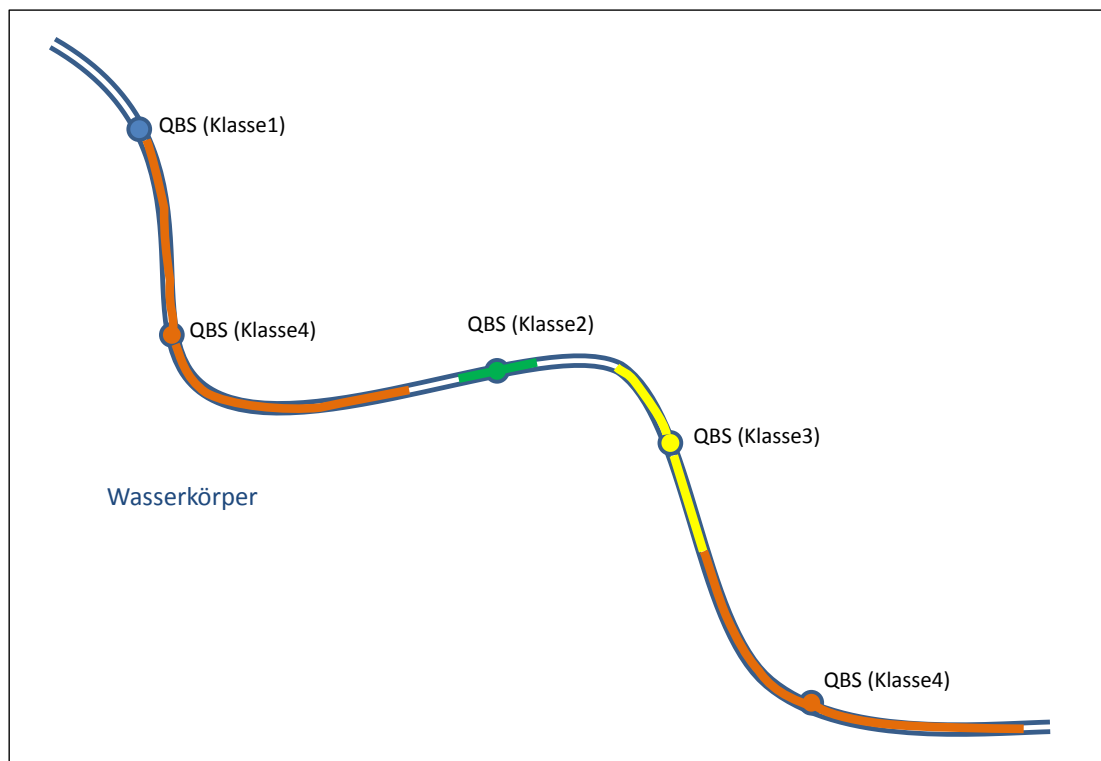


Abbildung 4.14: Gliederung des Wasserkörpers in morphologische Wirklängen je Bewertung des Querbauwerksstandorts (QBS)

Tabelle 4.14: Morphologische Wirklängen je nach Bewertung des Querbauwerksstandortes

| 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 |

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

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 die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

$\text{Index}_{\text{QBW},i}$ = Bewertungsindex für den Querbauwerksstandort im Wasserkörper

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

n = Anzahl der Bauwerke im Wasserkörper

Länge_{WK} = Länge des Wasserkörpers

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.

4.3.4.3 Bewertungsmethodik für den Geschiebetransport (Stufe 3)

Für die Einstufung des Geschiebetransports wird auf wenige ausgewählte Indikatoren der Gewässerstrukturgüte, die die Bewegung des bettbildenden Substrats im Gewässer signifikant erfassen, 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 Gewässerstrukturgüte weniger aussagekräftig, so dass der Wunsch nach greifbareren Werten für den Geschiebetransport aus Berechnungen bzw. alternativ (soweit vorhanden) langen Messzeitreihen aufgenommen wird. Die Berechnung kann über das sogenannte Transportvermögen für den hpnG und den heutigen Zustand des Gewässers oder Messungen zum Geschiebetransport geschehen.

Tabelle 4.15: Parameter für die Bewertung des Geschiebehaushaltes und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung des Geschiebehaushaltes

| Parameter Sedimentdurchgängigkeit | Gewählte Parameter z.B. aus der Gewässerstrukturgüte (Zusammensetzung) | Einbindung in die Summenbewertung |
|-----------------------------------|--|---|
| Geschiebehaushalt | Geschieberelevante Strukturen (1.3, 2.4 und 3.4): besondere Laufstrukturen, Querbänke und Sohlenstrukturen | 40% Berechnung und Transformation nach Tabelle 4.12 der Bewertung |
| | Sohlensubstrat (3.1) | Nur Nutzen der Information für weitere Berechnungen (keine Bewertung) |

| Parameter Sedi- mentdurchgän- gigkeit | Gewählte Parameter z.B. aus der Gewäs- serstrukturgüte (Zusammensetzung) | Einbindung in die Summenbe- wertung |
|---|--|---|
| | Verhältnis der Geschiebetransportkapazitäten heute (IST-Zustand) und im potentiell natürlichen Zustand über Berechnungen oder alternativ über Messzeitreihen | 60% (Berechnungsweg siehe unten) |

Ergänzend zu den Parametern aus der Gewässerstrukturgüte wird der vorherrschende Geschiebetransport mit dem potentiellen natürlichen Transport im Fließgewässer verglichen. Hierzu sind zwei Ansätze möglich: a

- 1) 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 4.3.4.4 (Abschnitt b).
- 2) Die Ableitung des Geschiebetransportes aus Transportformeln die entsprechend des Gewässertyps geeignet sind. Nachstehend wird der Ablauf mit Hilfe der Sedimenttransportgleichung nach Engelund & Hansen (1967) für sandige Gewässer aufgezeigt. Grundsätzlich kann der Index auch mit einer abweichenden bzw. besser geeigneten Transportformel (siehe u.a. DVWK 89 und DVWK 25) bestimmt und gegenübergestellt werden.

Folgende Eingangsparameter sind für die Berechnung nach Engelund & Hansen (1967) erforderlich:

- d_{50} für den heute potentiell natürlichen Zustand: Übernahme des im Leitbild beschriebenen Sohlensubstrates je Fließgewässertyp und Auslesen der zugehörigen Korngröße z.B. des Mittelwertes der Klasse (Tabelle 4.16).
- Q_{bordvoll} der potentiell natürliche bordvolle Abfluss: siehe Kap. 4.3.1.3
- potentiell natürliche Gewässerbreite B und -tiefe H beim potentiell natürlichen bordvollen Q_{bordvoll}
- d_{50} für den IST-Zustand: Übernahme der kartierten Sohlensubstrate (3.1) aus der Gewässerstrukturgüte und Auslesen der zugehörigen Korngröße z.B. des Mittelwertes der Klasse (Tabelle 4.16).
- Q_{bordvoll} im IST-Zustand: z.B. Abschätzung über Sohlgefälle und Fließformel
- mittlere Gewässerbreite B und mittlere Gewässertiefe H bei Q_{bordvoll} im IST-Zustand

Dabei können Schwierigkeit bei der Wahl des Sohlsubstrates aus dem Leitbild oder der Gewässerstrukturgüte insbesondere bei Mehrfachnennungen verschiedener Sohlsubstrate auftreten. Im vorliegenden Verfahren wird die Wahl des bettbildenden Substrates (z.B. Sand oder Kies) empfohlen und somit untergeordnete Fraktionen vernachlässigt. Eine zusätzliche

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Hilfestellung für die Wahl des bettbildenden Substrates je Fließgewässertyp liefert z.B. auch Koenzen et al. (2016) in einer tabellarischen Übersicht.

Tabelle 4.16: Korngrößenklassifikation (DIN 4022)

| Bezeichnung | | Äquivalentdurchmesser 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) | Grob Schluff | | 0,02 - 0,063 |
| | Mittelschluff | | 0,063 - 0,02 |
| | Feinschluff | | 0,002 - 0,0063 |
| Ton (Feinstkorn) | Grobton | | 0,00063 - 0,002 |
| | Mittelton | | 0,0002 - 0,00063 |
| | Feinton | | < 0,0002 |

Die nachstehende vereinfachte Berechnung zur Bestimmung der Sedimenttransportkapazität geht von stationär gleichförmigen Abflussbedingungen aus und sollte nur auf Ebene der Wasserkörper erfolgen. Zudem wird vereinfachend ein Rechteckprofil angenommen (benetzte Fläche = H x B).

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

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

mit: g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

ρ = Wasserdichte 1000 kg/m³

v = Strömungsgeschwindigkeit m/s

C = Chezy-Wert in [m^{1/2}/s] zum Rauheitsbeiwert mit $d_{90} = 3d_{50}$

Bestimmung des Shieldswertes Θ :

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

mit: g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

ρ = Wasserdichte 1000 kg/m³

ρ_s = Sedimentdichte 2650 kg/m³

s = spezifische Sedimentdichte

τ = Sohlschubspannung N/m²

d_{50} = Korndurchmesser in m

Bestimmung des Geschiebetransportes nach Engelund & Hansen (1967):

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

mit: S_{tot} = Geschiebetransport in m³/m/s; mit $S_{\text{tot}} \cdot \rho_s$: Umrechnung in 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 ein abweichender Ansatz 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 $d_{50} \geq 0,15$ mm und Standardabweichung $(d_{75}/d_{25})^{0,5} \leq 1,6$.

Die Bestimmung des Verhältniswertes zum Geschiebetransport im IST-Zustand zum potentiell natürlichen Zustand erfolgt auf Grundlage des Geschiebetransportes nach Engelund & Hansen (1967):

$$\text{Index}_{S_{\text{tot}}} = \frac{S_{\text{tot,IST}}}{S_{\text{tot,RZ}}}$$

mit: S_{tot} = Geschiebetransport in m³/m/s; mit $S_{\text{tot}} \cdot \rho_s$. Umrechnung in kg/m/s möglich

$S_{\text{tot,IST}}$ = Geschiebetransport im IST-Zustand

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

$S_{\text{tot,RZ}}$ = Geschiebetransport im RZ-Zustand

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

Tabelle 4.17: 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 > 3 oder von $> 0,5$ (Abweichung sehr hoch) | 5 |

4.3.4.4

Bewertungsmethodik für die 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 Vorwege abzuwägen, ob eine Bewertung des Wasserkörpers für diesen Parameter sinnvoll ist. Bei fehlenden Daten bleibt die Stufe unbewertet.

Für die Feinsedimente sind zwei Prozesse relevant: der Eintrag von Feinsediment über das EZG und der Schwebstofftransport im Gewässer.

Tabelle 4.18: Parameter für die Bewertung des Schwebstofftransportes und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung des Schwebstofftransportes

| Parameter Sedi- mentdurchgän- gigkeit | Gewählte Parameter (Verfahren) | Einbindung in die Summenbe- wertung |
|---|---|---|
| Schweb- stofftransport | Maß der Erosionsgefährdung infolge des Feinsedimenteintrags über das EZG (erweitertes Verfahren nach Scheer et al. 2013) | 60% Berechnung und Bewertung siehe unten |
| | Verhältnis des Schwebstofftransportes im Gewässer heute (IST-Zustand) und im potentiell natürlichen Zustand (Verfahren nach Rosenzweig et al. 2012) | 40% Berechnung und Bewertung siehe unten |

a. Ermittlung des Feinsedimenteintrags

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 übernommen. Folgende Eingangsdaten sind erforderlich:

- die potentielle Wassererosionsgefährdung als Angaben zur potentiellen Erosionsgefährdung auf Feldblockebene E_{nat} (nach DirektZahlVerpFV und DIN 19708)
- die Gewässeranbindung je Felblock in 5 Stufen über ATKIS DLM 25/3
- der Feinsedimentgehalt im Oberboden (ohne den Sandanteil) über die BÜK 50n

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

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

ABAG. 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. Datengrundlage ist die Konzeptbodenkarte 1:25 000 (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Stand 2008). 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. Die berechnete Wassererosionsgefährdung wird wie folgt nach der DIN 19708 und nach DirektZahlVerpfV abgestuft:

Tabelle 4.19: Klassen bzw. Index_{Enat} der Wassererosionsgefährdung nach DIN 19708 und DirektZahlVerpfV

| Jährlicher Abtrag durch Wasser (KxSxR) in t/ha | Erosionsgefährdung | Erosionsstufe nach DIN (Index _{Enat}) | Erosionsgefährdungsklasse nach DirektZahlVerpfV |
|--|--------------------|---|---|
| < 0.5 | keine | E _{nat} 0 | |
| 0.5 bis < 2.5 | sehr gering | E _{nat} 1 | |
| 2.5 bis < 5.0 | gering | E _{nat} 2 | |
| 5.0 bis < 7.5 | mittel | E _{nat} 3 | |
| 7.5 bis < 15 | hoch | E _{nat} 4 | |
| 15 bis < 27.5 | sehr hoch | E _{nat} 5 | CC _{Wasser1} Erosionsgefährdung |
| ≥ 27.5 | sehr hoch | E _{nat} 5 | CC _{Wasser2} hohe Erosionsgefährdung |

Die Gewässeranbindung wird nach Scheer et al. (2013) in einem Geoinformationssystem unter Berücksichtigung des hochaufgelösten Gewässernetzes nach ATKIS DLM 25/3 inkl. der Gräben ermittelt. Folglich kann für jeden Feldblock die ermittelte Distanz einer Gewässeranbindung zugeordnet werden. Hierbei wurde in 5 Stufen differenziert: sehr hohe, hohe, mittlere, geringe bzw. sehr geringe Anbindung.

Tabelle 4.20: Klassen bzw. Index der Gewässeranbindung auf Feldblockebene

| Abstand zum nächsten Gewässer | Gewässeranbindung | Klasse (Index _{GWA}) |
|--|-------------------|--------------------------------|
| < 100 bzw. Feldblock direkt am Gewässer | sehr hoch | 1 |
| 100 bis < 500 bzw. Feldblock im Abstand von einem Feldblock zum Gewässer | hoch | 2 |
| 500 bis < 2500 bzw. Feldblock im Abstand von zwei Feldblöcken zum Gewässer | mittel | 3 |
| 2500 bis < 5000 bzw. Feldblock im Abstand von drei Feldblöcken zum Gewässer | gering | 4 |
| ≥ 5000 bzw. Feldblock im Abstand von mehr als drei Feldblöcken zum Gewässer | sehr gering | 5 |

Der Feinsedimentgehalt im Oberboden ohne den Sandanteil wurde nach Scheer et al. (2013) für die einzelnen Bodenarten der BÜK 50n nach Angaben von Müller (2004) abgeleitet und für jeden Ackerschlag flächenanteilig ermittelt (Tabelle 4.21).

Tabelle 4.21: Feinsedimentanteil (ohne Sand) nach Bodenart, entnommen aus Scheer et al. (2013)

| Bodenart | Feinsedimentgehalt [%] | Bodenart | Feinsedimentgehalt [%] |
|----------|------------------------|----------|------------------------|
| ffS | 7 | Su4 | 49 |
| fS | 7 | Ls3 | 56 |
| fSms | 7 | Slu | 57 |
| mSfs | 7 | Lts | 57 |
| fSgs | 7 | Ts2 | 62 |
| gSfs | 7 | Ls2 | 66 |
| gSms | 7 | Us | 69 |
| mSgs | 7 | Uls | 70 |
| gS | 7 | Lt2 | 70 |
| mS | 7 | Tl | 77 |
| St2 | 16 | Lt3 | 80 |
| Su2 | 20 | Lu | 81 |
| Sl2 | 24 | Ut2 | 87 |
| St3 | 28 | Ut3 | 89 |
| Sl3 | 35 | Tt | 90 |
| Su3 | 36 | Tu2 | 91 |
| Ts4 | 37 | Uu | 92 |
| Sl4 | 39 | Tu3 | 92 |
| Ls4 | 43 | Ut4 | 93 |
| Ts3 | 47 | Tu4 | 97 |

Tabelle 4.22: Klassen bzw. Index_{FSA} der Gewässeranbindung auf Feldblockebene

| Feinsedimentgehalt | Klasse (Index _{FSA}) | Bodenarten |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| < 25 % | 1 | Ffs; fS, fSms, mSfs, fSgs, gSfs, gSms, gS, mS, St2, Su2, Sl2 |
| 25 bis < 50 % | 2 | Sl3, St3, Su3, Ts4, Ls4, Ts3, Su4 |
| 50 bis < 75 % | 3 | Ls3, Slu, Lts, TS2, Ls2, Us, Uls, Lt2 |
| 75 bis < 85 % | 4 | Tl, Lt3, Lu |
| ≥ 85 % | 5 | Ut2, Ut3, Tt, Tu2, Uu, Tu3, Ut4, Tu4 |

Die Überlagerung findet über eine Mittelwertbildung der Indizes und je Wasserkörper für die zugehörige Fläche (EZG) statt. Dabei wird nur der unmittelbar angrenzende Einzugsbereich herangezogen. Dies ist folglich der Differenzbereich zwischen dem EZG im Oberwasser des Wasserkörpers und dem Unterwasser des Wasserkörpers.

$$\text{Index}_{\text{Erosionsgefährdung}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{\text{FB},i} \cdot (\text{Index}_{\text{Enat},i} + \text{Index}_{\text{GWA},i} + \text{Index}_{\text{FSA},i})}{3 \cdot \text{EZG}_{\text{WK}}}$$

mit: n = Anzahl der Feldblöcke im EZG des Wasserkörpers

A_{FB} = Fläche des Feldblockes

$\text{Index}_{\text{Enat}}$ = Index bzw. Klasse der Wassererosionsgefährdung je Feldblock

$\text{Index}_{\text{GWA}}$ = Index bzw. Klasse der Gewässeranbindung je Feldblock

$\text{Index}_{\text{FSA}}$ = Index bzw. Klasse des Feinsedimentgehalts je Feldblock

WK = Wasserkörper

EZG_{WK} = Fläche des Einzugsgebietes je Wasserkörper (WRRD-Datensatz)

b. Schwebstoffhaushalt im Gewässer

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.

$$\text{Index}_{\text{SSC}} = \frac{\text{SSC}_{\text{IST}}}{\text{SSC}_{\text{RZ}}}$$

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

SSC_{IST} = zeitlicher Mittelwert zur Schwebstoffkonzentration im IST-Zustand

SSC_{RZ} = zeitlicher Mittelwert zur Schwebstoffkonzentration im RZ-Zustand

Index_{SSC} = Verhältniswert zur Änderung

Tabelle 4.23: Bewertungsmatrix für den Schwebstoffhaushalt entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand (Zu- und Abnahme) nach Rosenzweig et al. 2012

| Abweichung der gemittelten Schwebstoffkonzentration vom Referenzzustand (Index _{SSC}) | Klasse |
|---|--------|
| zwischen < 1,5 (Zunahme) und > 0,9 (= 0,1 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 > 3 oder von > 0,5 (Abweichung sehr hoch) | 5 |

Da die obige Bewertung nicht für einzelne Wasserkörper durch fehlende 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.

4.3.4.5

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.

4.3.5

Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

Auf Basis der vier bewerteten Einzelparameter morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebe und Feinsedimente/Schwebstoffe aus Kap. 4.3.1 wird nachfolgend die Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper hergeleitet. Dies erfolgt über die Bildung eines gemeinsamen Index:

$$\text{Index}_{\text{SDG,WK}} = \frac{\text{Index}_{\text{MB}} + \text{Index}_{\text{LSDG}} + \text{Index}_{\text{G}} + \text{Index}_{\text{FS}}}{4}$$

mit: $\text{Index}_{\text{SDG,WK}}$ = Index für die Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

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

$\text{Index}_{\text{LSDG}}$ = Bewertungsindex für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit

Index_{G} = Bewertungsindex für das Geschiebe im Wasserkörper

Index_{FS} = Bewertungsindex für die Feinsedimente im Wasserkörper

Steht der Bewertungsindex für Feinsedimente nicht zur Verfügung verändert sich das Bewertungsschema wie folgt:

$$\text{Index}_{\text{SDG,WK}} = \frac{\text{Index}_{\text{MB}} + \text{Index}_{\text{LSDG}} + \text{Index}_{\text{G}}}{3}$$

Tabelle 4.24: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

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

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

| Sediment- durchgängig- keit | Wasserkörper |
|-----------------------------------|---|
| Klasse 5 schlecht | Die morphologischen Bedingungen, die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, der Geschiebehaushalt und der Feinsedimenthaushalt sind sehr stark verändert. (Index 4.3 bis 5) |

4.3.6 Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem stützt sich auf die bereits bewerteten Parameter der Wasserkörper. Allerdings sollen hier übergeordnete Prozesse und Verknüpfungen zwischen den Wasserkörpern im Vordergrund stehen, so dass weniger eine Aggregation der Bewertung auf eine noch größere Ebene erfolgen soll, sondern viel mehr eine Darstellung der Wirkzusammenhänge gewährleistet werden soll.

Die nachstehende Methodik trägt dem Aspekt Rechnung, dass Defizitbereiche im Oberwasser sich nachteilig auf den Geschiebe- und Schwebstofftransport und folglich die Morphologie im Unterwasser auswirken. Analog zu den entwickelten Wirkbereichen für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit (Kap. 4.3.4.2) wird nachstehend ein sogenanntes Malussystem für die Überführung der Bewertungen der Wasserkörper auf das Gewässersystem vorgenommen. Das Malussystem greift für 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. Folglich können stromaufwärts liegende Wasserkörper mit einer Bewertung der Klasse 4 oder 5 sich nachteilig auf den betrachteten Wasserkörper auswirken, wenn:

- der betrachtete Wasserkörper eine Bewertung besser als 5 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)
- Die Anwendung des Malussystems kann auf den Gesamtindex des Wasserkörpers (IndexSDG,WK) oder auch nach Einzelparametern (z.B. IndexG) erfolgen, um die Ergebnisse aus den Einzelparametern im Wasserkörper differenzierter zu betrachten. Im zweiten Fall sind entsprechend anstatt der Klassen/Gesamtindizes im Oberwasser die Indizes der Einzelparameter im Oberwasser gegenüberzustellen. Bei der Auswertung der Einzelparameter ist jedoch keine anschließende Mittelung der Einzelparameter vorgesehen.

- Als Wirkungsbereich wird, abweichend von Ansatz in Kap. 4.3.4.2, jeweils der Bereich ab dem unterstromigen/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%) berührt werden, müssen nicht abgewertet werden.

Tabelle 4.25: Gewählte Bewertungsparameter und Kurzbeschreibung der Methodik

| 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 |
| Kriterium für den betrachteten Wasserkörper der Klasse ... | | | | | |
| 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) | -- | -- | -- | -- | -- |

4.3.7

Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

Die Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Einzugsgebiet führt die Bewertung der Wasserkörper zusammen. Diese basiert auf den vier Einzelparametern morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebe und Feinsedimente/Schwebstoffe aus Kap. 4.3.2, daher wird die nachfolgende Klassifizierung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem analog formuliert. Der Index ergibt sich direkt aus der Bewertungsmethodik in Kap. 4.3.6 und muss nicht neu berechnet werden.

Referenzdefinition und Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit

Tabelle 4.26: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

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

5

Literatur

- BMVI (2016): Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen im Binnenbereich. Meta-studie. 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 (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
- Döbbelt-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. Unter: 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 89 und DVWK 25
- 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 protectionworks; 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

Literatur

- 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.
- 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.
- Koenzen, U., Karthaus-Sausen, W., Reuvers, Ch., Riecker, T., Rittner, R., Steinrücke, J., Melcher, J. & Fröhling, 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).
- LAWA (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren. München.
- 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.
- Malcherek, A. (2009): Sedimenttransport und Morphodynamik, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen.
- Müller, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenkbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Arbeitshefte Boden, Heft 2/2004, Hannover.
- Otto, A. (1991): Grundlagen einer morphologischen Typologie der Bäche, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (180): 1-94

- Pottgiesser, T. & Sommerhäuser, M. (2008): Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen. Steckbriefe und Anhang. Unter: http://www.fgg-elbe.de/hintergrundinformationen.html?file=tl_files/Downloads/EG_WRRL/hgi/hgd_bp1/fliessgew_typisierung_jan_2008.pdf (Stand: 30.07.2015).
- 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
- 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>
- 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.
- Steinbach, A. (2016): "Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit in Fließgewässern – ein wichtiger Aspekt zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie", Masterarbeit an der Leibniz Universität Hannover, 2016
- 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
- WIKIPEDIA (2016): <https://de.wikipedia.org/wiki/Einzugsgebiet>. Aufruf vom 21.06.2016.
- 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.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1.1: Biologische Qualitätskomponenten (F: Flüsse, S: Seen, Ü: Übergangsgewässer, K: Küstengewässer) | 8 |
| Abbildung 4.1: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort | 31 |
| Abbildung 4.2: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort in 5 Stufen (Stufe 1), SDG = Sedimentdurchgängigkeit | 32 |
| Abbildung 4.3: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit am Standort in 5 Stufen (Stufe 2 bis 5), SDG = Sedimentdurchgängigkeit | 33 |
| Abbildung 4.4: Aggregation der Bewertung bei mehreren Bauwerken hintereinander im Mutterbett (SGD = Sedimentdurchgängigkeit) | 34 |
| Abbildung 4.5: Vergleich der Höhe des Bauwerks (Krone über der Sohle) zur natürlichen Schwankungsbreite der Sohlhöhenänderung in Fließrichtung (QBS = Querbauwerksstandort) | 44 |
| Abbildung 4.6: Skizze zur Ermittlung des mittleren Sohlgefälles im Querbauwerksstandort | 45 |
| Abbildung 4.7: Prozess für die iterative Bestimmung der hpnG-Breite, entnommen aus Koenzen et al. (2016)..... | 49 |
| Abbildung 4.8: Beispiel für die Klassifizierung eines Bauwerksstandorts | 52 |
| Abbildung 4.9: Lage der Wehranlage und Wasserkraftanlage am Beispiel-Standort | 54 |
| Abbildung 4.10: Stauraum im Oberwasser mit markierter Sedimentablagerung..... | 56 |
| Abbildung 4.11: Bewertungsmethodik der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper | 58 |
| Abbildung 4.12: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in 4 Stufen (Schritt 1 bis 3)..... | 60 |
| Abbildung 4.13: Bewertungsschema zur Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper in 4 Stufen (Schritt 4) | 61 |
| Abbildung 4.14: Gliederung des Wasserkörpers in morphologische Wirklängen je Bewertung des Querbauwerksstandorts (QBW)..... | 64 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1.1: Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands von Flüssen | 7 |
| Tabelle 1.2: 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) | 8 |
| Tabelle 1.3: Bestimmungen für den sehr guten, guten und mäßigen ökologischen Zustand der Fischfauna von Flüssen (Anlage 4, Tabelle 2 der OGewV)..... | 9 |
| 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) | 10 |
| Tabelle 1.5: Klassifikation der Durchgängigkeit gemäß reporting Leitfaden der EU-Kommission..... | 11 |
| Tabelle 3.1: Allgemeine Klassifikation der Komponenten des Feststofftransportes ohne Schwimmstoffe (Naumann S. et. al. 2003 , Varlemann 2008)..... | 15 |
| Tabelle 3.2: Begriffserklärung zu Feststoffen nach DIN 4049-3 (1994) - Auswahl..... | 18 |
| Tabelle 3.3: Begriffe zur Feststoffbewegung und Geomorphologie nach DIN 4049-3 (1994) | 18 |
| Tabelle 3.4: Begriffserklärung zur Sedimentdurchgängigkeit bzw. Durchgängigkeit.... | 19 |
| Tabelle 3.5: Begriffserklärung zu Querbauwerke | 22 |
| Tabelle 3.6: Begriffserklärung zu einzelnen Querbauwerkstypen nach DIN 4047-5..... | 22 |
| Tabelle 4.1: Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche und potentiell natürliche Gewässer | 25 |
| Tabelle 4.2: Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für HMWBs | 26 |
| Tabelle 4.3: Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = eher relevant; (x) = weniger relevant), entnommen aus ECOSTAT (2006) | 27 |
| Tabelle 4.4: Übersicht über hydromorphologischen Veränderungen infolge von Eingriffen und ihre Auswirkungen (x = relevant), entnommen aus CIS (2002) | 28 |
| Tabelle 4.5: Veränderungen der Sedimentdurchgängigkeit infolge von spezifizierten Nutzungen für HMWBs und Rückwirkung auf die Bewertungsparameter (x = direkte Auswirkung, so dass Parameter evtl. nicht bewertbar ist, (x) = indirekte Auswirkung, | |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| so dass Parameter bewertbar, aber evtl. andere Einstufung erforderlich ist, - = keine Auswirkung, so dass Parameter mit vorliegender Einstufung bewertbar bleibt | 29 |
| Tabelle 4.6: Hydraulische und morphologische Wirkungen von Querbauwerken (z.T. nach Dumont et al. 2005, überarbeitet und erweitert) inkl. Kurzbewertung Sedimentdurchgängigkeit | 35 |
| Tabelle 4.7: Berechnung und Schätzwerte zum bordvollen Abfluss | 43 |
| Tabelle 4.8: Morphologische Gewässertypen nach LAWA 1999 ergänzt mit Beschreibungen aus Briem 2003, BWK 2009 und Otto 1991..... | 46 |
| Tabelle 4.9: Koeffizienten je nach Sohl –und Böschungsmaterial nach Henderson (1966) | 51 |
| Tabelle 4.10: Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit am Querbauwerksstandort . | 53 |
| Tabelle 4.11: Gewählte Bewertungsparameter und Kurzbeschreibung der Methodik im Wasserkörper | 59 |
| Tabelle 4.12: Transformationstabelle für die Bewertungsklassen der Gewässerstrukturgüte auf die Bewertungsklassen für die Parameter der Sedimentdurchgängigkeit | 62 |
| Tabelle 4.13: Parameter für die Bewertung der morphologischen Bedingungen und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung der morphologischen Bedingungen | 62 |
| Tabelle 4.14: Morphologische Wirklängen je nach Bewertung des Querbauwerksstandortes..... | 64 |
| Tabelle 4.15: Parameter für die Bewertung des Geschiebehaushaltes und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung des Geschiebehaushaltes..... | 65 |
| Tabelle 4.16: Korngrößenklassifikation (DIN 4022) | 67 |
| Tabelle 4.17: Bewertungsmatrix für den Geschiebetransport entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand (Zu- und Abnahme), anlehnend an Rosenzweig et al. 2012 | 69 |
| Tabelle 4.18: Parameter für die Bewertung des Schwebstofftransportes und Zusammenführung der Parameterbewertung in die Summenbewertung des Schwebstofftransportes | 70 |
| Tabelle 4.19: Klassen bzw. Index _{Enat} der Wassererosionsgefährdung nach DIN 19708 und DirektZahlVerpFV..... | 71 |
| Tabelle 4.20: Klassen bzw. Index der Gewässeranbindung auf Feldblockebene..... | 72 |
| Tabelle 4.21: Feinsedimentanteil (ohne Sand) nach Bodenart, entnommen aus Scheer et al. (2013)..... | 72 |

| | | |
|---------------|---|----|
| Tabelle 4.22: | Klassen bzw. $\text{Index}_{\text{FSA}}$ der Gewässeranbindung auf Feldblockebene | 73 |
| Tabelle 4.23: | Bewertungsmatrix für den Schwebstoffhaushalt entsprechend der Abweichung vom Referenzzustand (Zu- und Abnahme) nach Rosenzweig et al. 2012..... | 75 |
| Tabelle 4.24: | Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper | 76 |
| Tabelle 4.25: | Gewählte Bewertungsparameter und Kurzbeschreibung der Methodik .. | 78 |
| Tabelle 4.26: | Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem | 79 |