



Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Fließgewässern in NRW

LANUV-Fachbericht 145

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Bauwerken und Standorten	5
2.1	NRW-spezifische Konkretisierung der Bauwerkstypen.....	5
2.2	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Standorten.....	10
2.3	Berücksichtigung der temporären Sedimentdurchgängigkeit.....	13
2.4	Einfluss des morphologischen Reifezustands	16
2.5	Einfluss des Verhältnisses der aktuellen Gewässerbreite zur heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite.....	17
2.6	Klassifizierung des Ergebnisses.....	20
3	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper	21
3.1	Bewertungsmethodik für die morphologischen Bedingungen	21
3.2	Bewertungsmethodik für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit	24
3.3	Bewertungsmethodik für den Geschiebetransport.....	25
3.4	Bewertungsmethodik für Feinsedimente	29
3.5	Ergebnisprüfung und Implementierung	30
3.6	Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper	30
4	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem	32
4.1	Allgemeine Vorgaben des LAWA-Verfahrens.....	32
4.2	Bewertungsmethodik für Defizite im Oberwasser	32
4.3	Bewertungsmethodik für Maßnahmen an Wasserkörpern.....	34
4.4	Bewertungsmethodik stehende Gewässer und Seen	35
4.5	Klassifikation.....	38
5	Übersicht der NRW-spezifischen Konkretisierungen	39
6	Ergebnisse	40
6.1	Bewertung der einzelnen Bauwerke.....	40
6.2	Bewertung der Wasserkörper	43
6.3	Bewertung der Wasserkörper im Gewässersystem.....	44
7	Implementierungskonzept	46
7.1	Vorbemerkung	46
7.2	Erweiterung der Datenbankstruktur.....	46
7.3	Erweiterung der Bedienoberflächen	46
7.4	Exportschnittstellen.....	46
	Abkürzungsverzeichnis	48
	Abbildungsverzeichnis	49
	Tabellenverzeichnis	50
	Literaturverzeichnis	51
	Anhang 1: Einfluss der Aggregation von Bauwerken zu Standorten auf die Bewertung	52
	Anhang 2: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem	56

1 Einleitung

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) berücksichtigt bei der Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern ausdrücklich den Transport von Sedimenten. Dieser bildet zusammen mit der ungestörten Migration aquatischer Organismen, z.B. Fische, die hydromorphologische Qualitätskomponente „Durchgängigkeit“ für die Beschreibung des Gewässerzustands gemäß EG-WRRL.

Im Jahr 2019 hat die Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) die Verfahrensempfehlung „Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente“ veröffentlicht. Dabei erfolgt die Bewertung auf drei Ebenen: am Querbauwerk bzw. am Bauwerksstandort, im Wasserkörper sowie im Zusammenhang des Gewässersystems.

Der vorliegende Fachbericht beschreibt die konkrete Anwendung dieses Verfahrens auf die berichtspflichtigen Fließgewässer Nordrhein-Westfalens. Es wiederholt Details aus dem von der LAWA veröffentlichten Anwenderhandbuch nur insofern, als dies für die Erläuterung der konkreten Anwendung auf die in NRW vorliegenden Daten erforderlich ist. Die Kenntnis des LAWA-Anwenderhandbuchs (2019) wird daher vorausgesetzt.

Die im LAWA-Anwenderhandbuch (LAWA-AHB) beschriebenen Vorgehensweisen wurden soweit möglich unverändert umgesetzt. Allerdings wurde aus fachlichen Erwägungen eine Ausweitung auf AWB vorgenommen, wo dies fachlich sinnvoll erschien, z. B. bei Gewässerverzweigungen. In einigen Fällen waren aufgrund abweichender Ausprägungen der vorliegenden Daten „NRW-spezifische Anpassungen oder Konkretisierungen“ erforderlich. Diese sind hier im Detail beschrieben.

Dieser Bericht beschreibt die fachliche Umsetzung für das Land NRW und gibt einen Überblick über die Implementierung in dem von den nordrhein-westfälischen Behörden eingesetzten Software-System Beach 3-WEB.

Letzteres erfolgt jedoch nur in der Detailtiefe, die für ein fachliches Nachvollziehen erforderlich ist. Eine genaue Beschreibung der DV-technischen Umsetzung ist der Anwenderdokumentation zu Beach 3-WEB zu entnehmen.

Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Fließgewässern in NRW gemäß des LAWA-AHB ist zurzeit nicht für alle Bewertungsstufen der drei Ebenen durchführbar, da entsprechende Fachdaten nicht zur Verfügung stehen. Der Fachbericht enthält „Vorschläge zur Weiterentwicklung“, damit zukünftig alle Bewertungsstufen gemäß LAWA-AHB angewendet werden können.

Die vorliegende Version des Fachberichts stützt sich auf die aktuellen Kenntnisse und die zurzeit verfügbaren fachlichen Grundlagen.

Für die Beurteilung der Sedimentdurchgängigkeit von Bauwerken liegen Indices zugrunde, die vor allem vom Abflussregime abhängen. Mit dem Fortschreiten des Klimawandels sind Änderungen des Abflussregimes zu erwarten, insbesondere hinsichtlich der jahreszeitlichen Abflussmengen. Damit können Anpassungen der Indices für die Sedimentdurchgängigkeit einzelner Bauwerke erforderlich werden.

2 Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Bauwerken und Standorten

2.1 NRW-spezifische Konkretisierung der Bauwerkstypen

2.1.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Das LAWA-Verfahren (2019, Seite 42) bewertet die Sedimentdurchgängigkeit (SDG) einzelner Bauwerke anhand von drei Einzelparametern jeweils auf einer fünfstufigen Skala.

Die Einzelparameter sind

- Durchgängigkeit für Geschiebe
- Durchgängigkeit für Schwebstoffe
- Störung der morphologischen Entwicklung

Dabei ergeben sich die Bewertungen anhand folgender Kriterien (Abbildung 1):

Durchgängig für Geschiebe 1	Temporär/ leicht eingeschränkte SDG für Geschiebe 2	Mäßig eingeschränkte SDG für Geschiebe 3	Eingeschränkte SDG für Geschiebe 4	Nicht durchgängig für Geschiebe 5
Durchgängig für Schwebstoffe 1	Temporär/ leicht eingeschränkte SDG für Schwebstoffe 2	Mäßig eingeschränkte SDG für Schwebstoffe 3	Eingeschränkte SDG für Schwebstoffe 4	Nicht durchgängig für Schwebstoffe 5
morphologische Entwicklung nicht gestört 1	Unterbindung der morphologischen Entwicklung im Bauwerksbereich 2	Unterbindung der morphologischen Entwicklung innerhalb des Standorts 3	Unterbindung der morphologischen Entwicklung im gesamten Standort 4	Unterbindung der morphologischen Entwicklung über den Standort hinaus 5

Abbildung 1: Bewertung der Einzelparameter je Bauwerkstyp (aus LAWA-AHB)

Die Bewertung der Einzelparameter ergibt sich dabei aus den jeweiligen Bauwerkstypen. Die im LAWA-Verfahren (2019) differenzierten Bauwerkstypen unterscheiden sich dabei von der in NRW verwendeten Bauwerkstypologie. Aus diesem Grund mussten einige Anpassungen vorgenommen werden.

Das LAWA-Verfahren (2019) differenziert die folgenden Bauwerkstypen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Bewertung der Bauwerkstypen nach LAWA

Bauwerkstyp	Geschiebe	Schwebstoffe	morphologische Entwicklung
Sohlschwelle*	1	1	2
Grundschwelle*	2	1	3
Stützwehr* und Stützschwelle*	5	2	4
Bewegliches Wehr und Sperrwerk, überströmtes Bauwerk*	4	3	4
Bewegliches Wehr und Sperrwerk, phasenweise unter- und überströmtes Bauwerk*	3	2	3
Bewegliches Wehr und Sperrwerk, unterströmtes Bauwerk*	2	2	3
Schöpfwerk und Schleusen*	5	3	4
Durchlass, Verrohrung, Verdolung	3	2	3
Sohlrampe (Gefälle ca. 1:3 bis 1:10)	1	1	3
Sohlgleite (Gefälle ca. 1:10 bis 1:30)	1	1	3
Absturz, Absturztreppe	1	1	3
Talsperre	5	5	5
Kein Bauwerk	1	1	1

* Bauwerkstypen ohne direkte Entsprechung in NRW

2.1.2 Relevante Bauwerkstypen in NRW

In der Oberflächenwasserdatenbank OWDB1 des LANUV NRW werden die folgenden Bauwerkstypen unterschieden (Tabelle 2).

Tabelle 1: Bauwerkstypen in NRW

Bauwerkstyp NRW		
Absturz	Hochwasserrückhaltebecken*	Staustufe*
Bewegliches Wehr	Pumpspeicherbecken*	Streichwehr*
Brücke*	Pumpwerk*	Talsperre
Damm*	Rampe	Verrohrung/Überbauung
Düker*	Schöpfwerk	Wasserkraftanlage*
Durchlass	Schwelle*	
Gleite	Sedimentationsbecken*	

* Bauwerkstypen ohne Entsprechungen im LAWA-Verfahren

Dabei entsprechen die Definitionen der Bauwerkstypen in Tabelle 2 den Beschreibungen im LANUV Arbeitsblatt 38. Für die Bauwerkstypen Hochwasserrückhaltebecken; Staustufe; Pumpspeicherbecken; Talsperre; Sedimentationsbecken gelten die Definitionen nach DIN.

¹ Hinweis: Dies sind nicht die gemäß LANUV-Arbeitsblatt 38 erfassten Bauwerkstypen.

2.1.3 Bewertung der in NRW relevanten Bauwerkstypen

Unter Berücksichtigung der Bewertungszahlen für die nach LAWA differenzierten Bauwerkstypen werden für die in NRW relevanten Bauwerkstypen folgende Bewertungen verwendet (Tabelle 3). Dabei wurden insbesondere auch die folgenden Festlegungen aus dem LAWA-Anwenderhandbuch (Kapitel 4.3.1.2 Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit je nach Bauwerkstyp) berücksichtigt:

Furten, Brücken und Leitungsdüker werden nicht als Querbauwerke erfasst und erfahren folglich keine Bewertung. Weisen sie im Einzelfall eine morphodynamisch, nicht zu vernachlässigende Wirkung auf, so kann je nach Maß der Einschnürung und Sohlsicherung, eine analoge Einstufung z.B. als Sohlschwelle oder Durchlass erfolgen. Zur Bewertung des Standortes einer Wasserkraftanlage (WKA) ist nur das zugehörige Quer- bzw. Staubaauwerk (z.B. Wehr) zu bewerten, die WKA selbst wird nicht bewertet.

Tabelle 2: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit der Bauwerksarten/Bauwerkstypen in NRW

Bauwerkstyp NRW	Vergleich LAWA-AHB	Geschiebe	Schwebstoffe	morphologische Entwicklung
Absturz	Absturz, Absturztreppe	1	1	3
Bewegliches Wehr*	Bewegliches Wehr und Sperrwerk überströmt / phasenweise unter- und überströmt / unterströmt	4*/3/2	3*/2/2	4*/3/3
Brücke	Kein Bauwerk	1	1	1
Damm	Talsperre	5	5	5
Düker (nicht: Leitungsdüker)	Durchlass, Verrohrung, Verdolung	3	2	3
Durchlass	Durchlass, Verrohrung, Verdolung	3	2	3
Gleite	Sohlgleite	1	1	3
Hochwasser-rückhaltebecken*	Bewegliches Wehr und Sperrwerk überströmt / phasenweise unter- und überströmt / unterströmt / kein Dauerstau	4*/3/2/1	3*/2/2/1	4*/3/3/1
Pumpspeicherbecken	Talsperre	5	5	5
Pumpwerk	Schöpfwerk und Schleusen	5	5	5
Rampe	Sohlrampe	1	1	3
Schöpfwerk	Schöpfwerk und Schleusen	5	3	4
Schwelle*	Sohlschwelle / Grundschwelle	1/2*	1	2/3*
Sedimentationsbecken	Talsperre	5	5	5
Staustufe	Stützwehr	5	2	4
Streichwehr	Stützwehr	5	2	4
Talsperre	Talsperre	5	5	5
Verrohrung/Überbauung	Durchlass, Verrohrung, Verdolung	3	2	3
Wasserkraftanlage	kein Bauwerk	1	1	1

* Ohne weitere Informationen wird jeweils der worst case verwendet

2.1.4 Implementierung und Ergebnisse

In der OW-Fachdatenbank wurde ein Schema sediment neu angelegt.

Die oben beschriebenen Bewertungsregeln wurden in einer Nachschlagetabelle sediment.bauwerkstyp_lookup abgelegt.

Es wurde ein View sediment.bauwerke angelegt, der die nicht stillgelegten Bauwerke aus den Tabellen quer.querbauwerke, quer.sonstiges_bauwerk und quer.stauanlage zusammenführt.

Es wurde ein View sediment.bauwerk_bewertung angelegt, der den View sediment.bauwerke anhand des Bauwerktyps mit der Nachschlagetabelle verknüpft.

Die Visualisierung dieser Daten zeigte 11 offenkundige Koordinatenfehler, die zu beheben wären. Bis zu dieser Behebung wurden die fehlerhaft verorteten Bauwerke anhand der Stationierungsangaben in einem View sediment.bauwerk_bewertung_ausreisser_korr korrigiert. Es wurde ein zweiter View erzeugt, der die 11 falsch verorteten Bauwerke nicht enthält (sediment.bauwerk_bewertung_ohne_ausreisser). Schließlich wurden diese beiden Views zusammengeführt (sediment.bauwerk_bewertung_alle). Das Resultat ist in Abbildung 8 dargestellt.

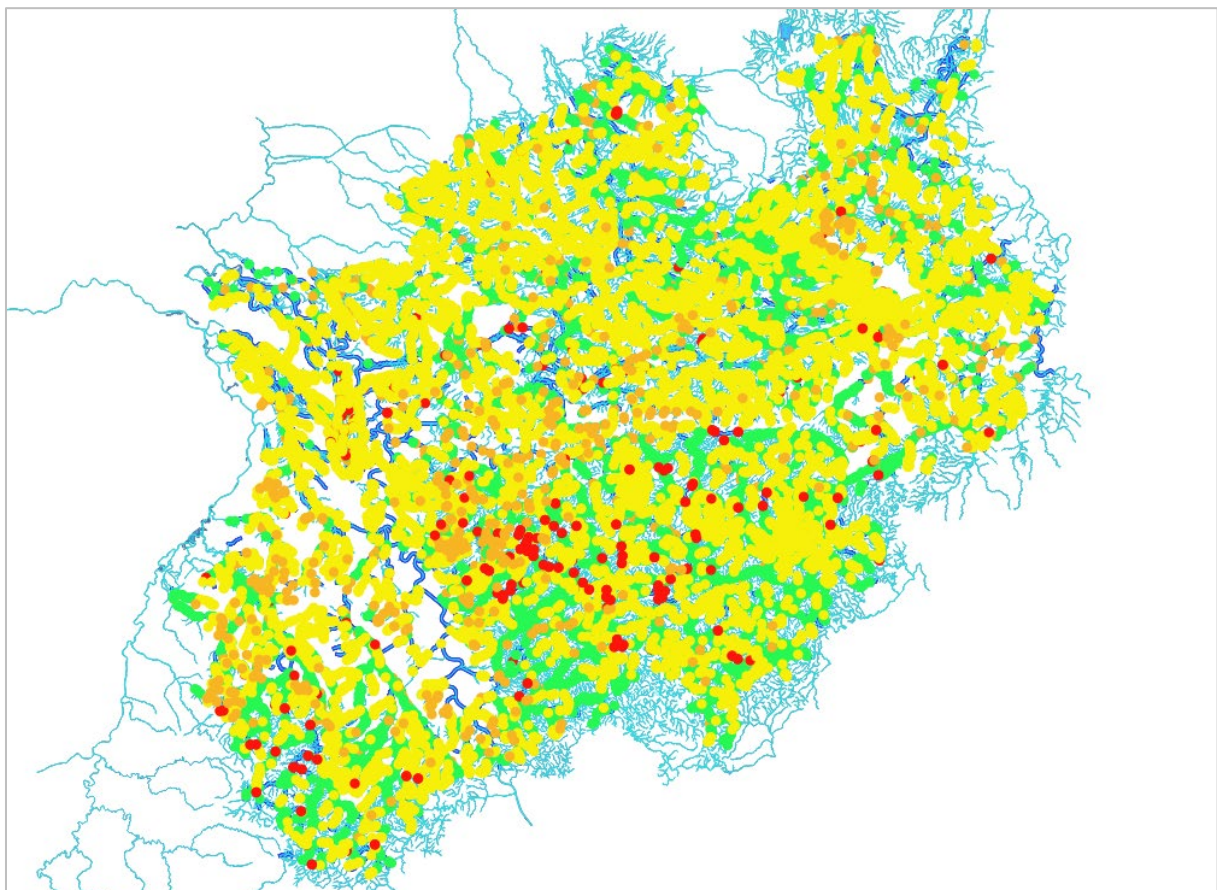


Abbildung 2: Bewertung der Bauwerke am Standort (Übersicht)

Exemplarisch sind die Ergebnisse für das Fließgewässersystem Rur in Abbildung 3 in größerem Maßstab dargestellt.

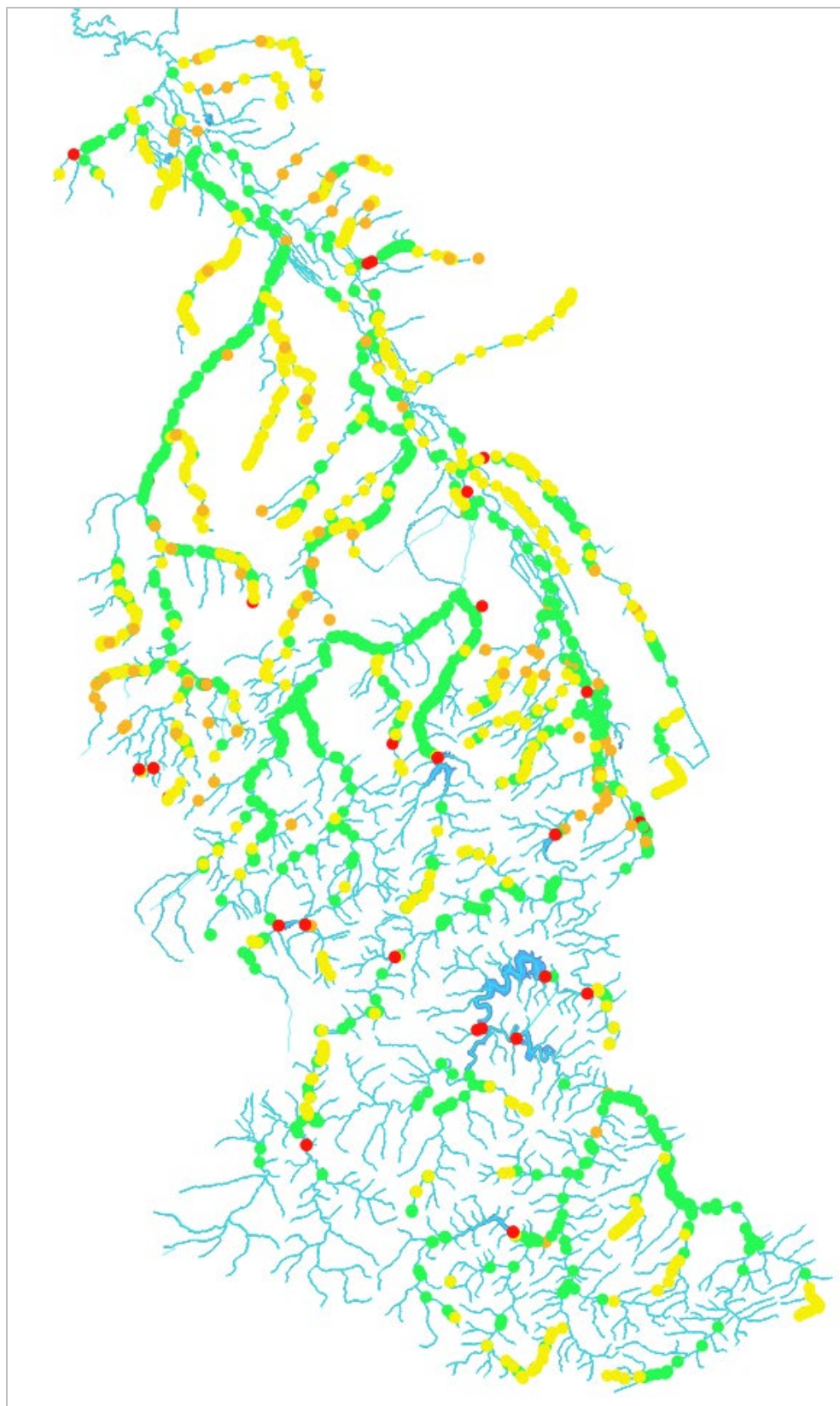


Abbildung 3: Bewertung der Bauwerke am Standort (Fließgewässersystem Rur)

2.1.5 Vorschlag zur Weiterentwicklung

Es wird vorgeschlagen, bei dem Bauwerkstyp Bewegliches Wehr im Rahmen der Datenpflege folgende Zusatzinformation zu erfassen und die Anwendung entsprechend zu erweitern:

Über-/Unterströmung mit Optionen

- Bauwerk ist überströmt
- Bauwerk ist phasenweise unter- und überströmt
- Bauwerk ist unterströmt
- Keine Angabe

Mögliche Daten oder Informationen sind bei den Bezirksregierungen in den Wasserbüchern vorhanden (z.B. Genehmigungsunterlagen).

Entsprechend kann dann die Bewertung differenzierter erfolgen (Tabelle 4):

Tabelle 3: Differenzierte Bewertung beweglicher Wehre

Bauwerkstyp	Geschiebe	Schwebstoffe	morphologische Entwicklung
Bewegliches Wehr, überströmtes Bauwerk	4	3	4
Bewegliches Wehr, phasenweise unter- und überströmtes Bauwerk	3	2	3
Bewegliches Wehr, unterströmtes Bauwerk	2	2	3
Bewegliches Wehr, keine Angabe	4	3	4

2.2 Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Standorten

2.2.1 Konkretisierung des Begriffs „Standort“

Der Begriff „Bauwerksstandort“ oder „Querbauwerksstandort“ wird im Rahmen des LAWA-AHB vielfach verwendet, jedoch nicht eindeutig definiert. Er wird vielmehr sowohl zur Beschreibung der *Position* eines Bauwerks verwendet als auch zur Beschreibung einer Örtlichkeit² im Gewässer, an der die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit für mehrere Bauwerke gemeinsam vorzunehmen ist. Dies zeigt sich insbesondere im Abschnitt 4.3.1.1 des LAWA-AHB (Seite 41):

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

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

Die beiden letzten Fälle werden zwar benannt und hinsichtlich der Bewertungsmethodik konkretisiert. Es wird aber nicht eindeutig festgelegt, wann „mehrere Bauwerke im Hauptlauf hintereinander“ als ein Standort zu behandeln sind. Auch die Möglichkeit einer Kombination von

² Dieser Begriff wird mangels eines besseren Ausdrucks verwendet

parallel und hintereinander angeordneten Bauwerken wird nicht berücksichtigt. Außerdem werden im LAWA-AHB – im Unterschied zu dem in NRW zu verfolgenden Ansatz – Verzweigungen und Bifurkationen nicht betrachtet. Diese Betrachtungsweise ist erforderlich, da die hydromorphologische Qualitätskomponente „Durchgängigkeit“ neben dem Sedimenttransport die Fischdurchgängigkeit berücksichtigt.

Es war daher erforderlich, diese definitorischen Lücken zu schließen.

Ein Bauwerksstandort wird im Rahmen dieses Verfahren verstanden als eine Gruppe von einem oder mehreren Bauwerken, deren Sedimentdurchgängigkeit gemeinsam bewertet werden muss. Es werden genau dann mehrere Bauwerke zu einem Standort zusammengefasst, wenn sie

- eine bauliche Einheit bilden oder
- im Gewässernetz so angeordnet sind, dass sich die von ihnen verursachten hydraulischen Veränderungen des natürlichen Abflusses überlappen,
- oder wenn sie sich in hydraulisch parallelen Gewässerstrecken befinden
- oder bei einer Kombination der vorgenannten Bedingungen.

Unter „hydraulisch parallelen Gewässerstrecken“ werden Verzweigungen und Bifurkationen verstanden.

Ein so gebildeter Standort umfasst somit ein oder mehrere Bauwerke, die zwischen ihnen befindlichen, sowie die durch Rückstau geprägten oberhalb liegenden Fließgewässerstrecken (vgl. die Beispiele im folgenden Abschnitt).

2.2.2 NRW-spezifische Anpassungen

Die Vorschrift zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Standorten gemäß LAWA-AHB wird dahingehend ergänzt, dass für die im LAWA-AHB nicht berücksichtigten Fälle folgende Regel formuliert wird:

Zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit von Standorten, die mehrere Bauwerke umfassen, werden zunächst Teilstrecken gebildet und getrennt bewertet:

- i. Teilstrecken ohne Bauwerke erhalten für die drei Kenngrößen „Geschiebe“, „Schwebstoffe“ und „morphologische Entwicklung“ jeweils die Bewertungsstufe 1.
- ii. Teilstrecken mit einem Bauwerk werden gemäß dem jeweiligen Bauwerkstyp bewertet.
- iii. Teilstrecken mit mehreren hintereinander angeordneten Bauwerken werden anhand des worst-case-Prinzips bewertet.
- iv. Bei Teilstrecken mit mehreren parallel angeordneten Bauwerken wird der Mittelwert der Einzelbewertungen gebildet. Dies gilt auch, wenn sich Bauwerke im Hauptlauf und im Ausleitungskanal befinden.
- v. Bei Kombinationen der Fälle iii. und iv. werden zunächst alle parallel angeordneten Bauwerke bewertet und dann das worst-case-Prinzip angewendet.

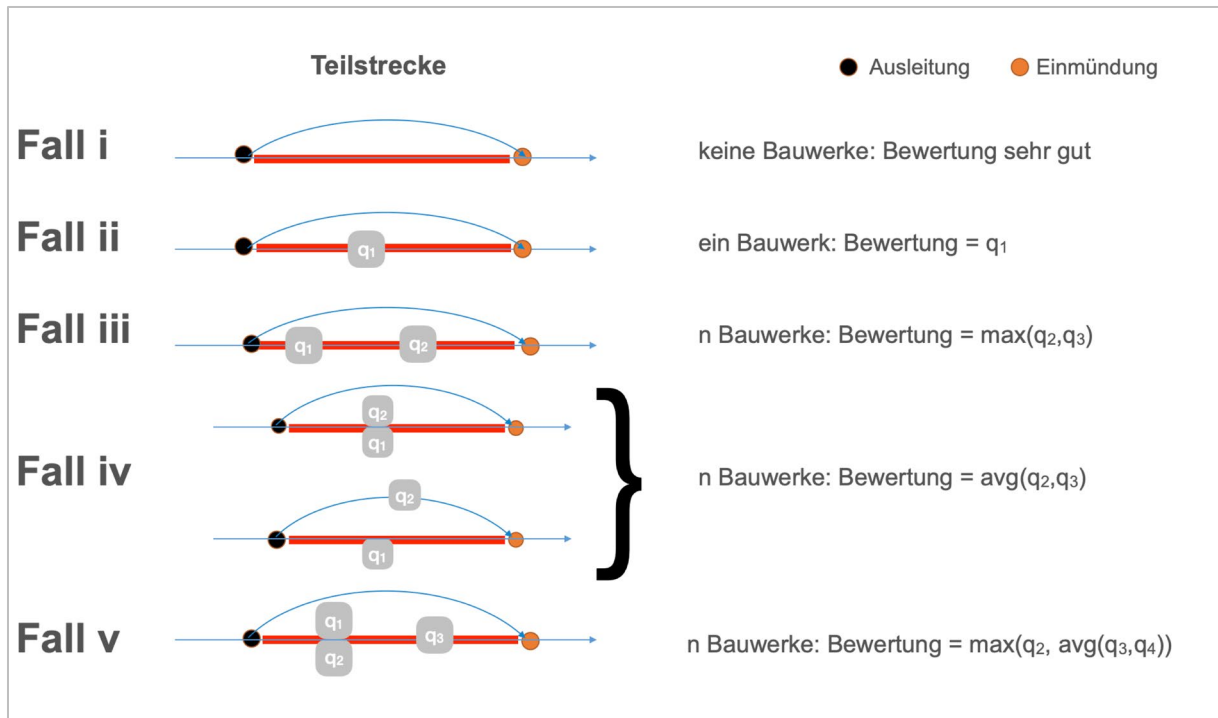


Abbildung 4: Visualisierung der fünf Beispiele für Teilstrecken

Anschließend werden die Bewertungen aller Teilstrecken in Analogie zu Fall v. zusammengeführt, indem zunächst für hydraulisch parallele Strecken der Mittelwert gebildet wird und anschließend nacheinander angeordnete Teilstrecken nach dem worst-case-Prinzip bewertet werden.

Im nachfolgenden Beispiel bilden die dargestellten Bauwerke und Teilstrecken TS_1 und TS_2 einen gemeinsamen Standort, weil sie durch den durch das Bauwerk q_6 verursachten Rückstau, der sich bis oberhalb der Einmündung der Teilstrecke TS_{12} erstreckt, verknüpft sind.

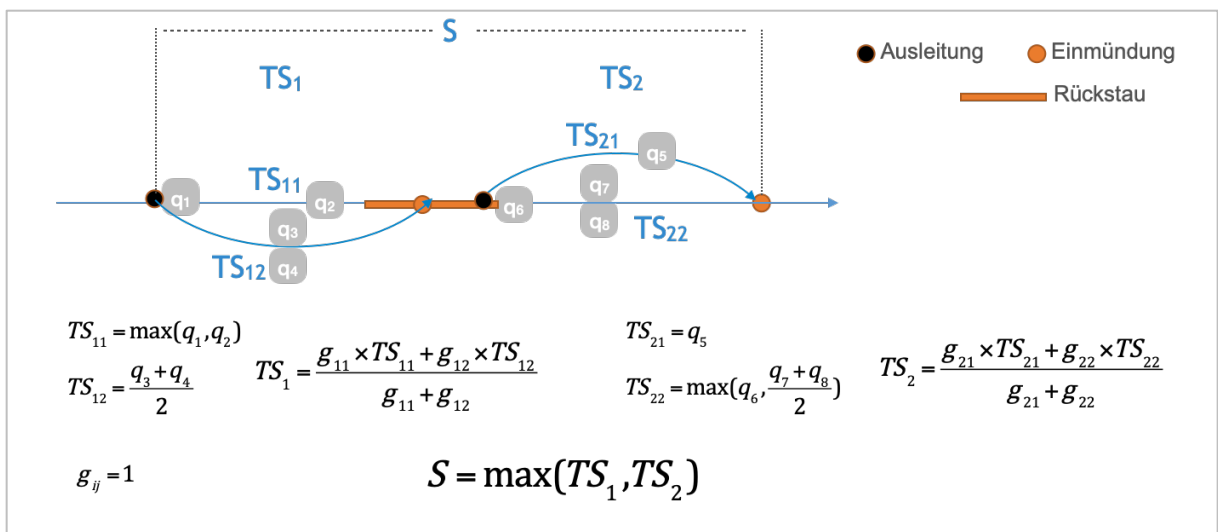


Abbildung 5: Zusammenführung der Teilstrecken eines Standortes

2.2.3 Erzeugung und Bewertung von Standorten

Zur Aggregation von Einzelbauwerken von Standorten wurde eine Abfrage in der Datenbank implementiert, die die in Abschnitt 2.2 beschriebenen Regeln implementiert.

Im Nachgang hat sich durch vergleichende Berechnungen herausgestellt, dass für die Ermittlung der Sedimentdurchgängigkeit die Definitionen des „Standorts“ nicht erforderlich sind. Dies steht im Gegensatz zur Ermittlung der Fischdurchgängigkeit, für die hydraulisch parallele Gewässerstrecken von großer Bedeutung sind.

2.2.4 Umgang mit Verzweigungen

Bei der Aggregation von Teilstrecken und Bauwerken zu Standorten ist zu berücksichtigen, dass es auch Fälle gibt, bei denen zwei (oder mehrere) hydraulisch parallele Teilstrecken als eigenständige Oberflächenwasserkörper ausgewiesen sind. In diesen Fällen wird kein gemeinsamer Standort gebildet. Das gilt auch, wenn durch eine Bifurkation zwei Wasserkörper miteinander hydraulisch verknüpft werden.

In derartigen Fällen würde die Bewertung eines Wasserkörpers (vgl. Kapitel 3) von der Ausprägung eines anderen Wasserkörpers abhängen. Derartig enge und explizite Verknüpfungen sind jedoch bisher in den Bewertungsansätzen der WRRL nicht vorgesehen. Es wird daher festgelegt, dass ein Standort nicht mehrere Wasserkörper aggregieren kann.

In NRW wird die Sedimentdurchgängigkeit für künstliche Wasserkörper (AWB), insbesondere für stationierte Verzweigungen, ermittelt.

2.3 Berücksichtigung der temporären Sedimentdurchgängigkeit

2.3.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Zitate aus dem Anwenderhandbuch (4.3.1.3 Temporäre Sedimentdurchgängigkeit, Bauwerkssteuerung und transportwirksamer Abfluss):

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

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

2.3.2 Vorgehensweise

Zur Überprüfung der Relevanz des Einflusses der Bauwerkssteuerung auf das Gesamtergebnis werden die Einzelparameter (EP) *Geschiebe* und *Schwebstoffe* in zwei Szenarien um 1 verbessert oder belassen und die Ergebnisse verglichen.

2.3.3 Implementierung und Ergebnisse

Es wurde ein View sediment.bauwerk_bewertung_szenario_temporaer angelegt, in dem die temporäre Sedimentdurchgängigkeit simuliert wird, indem die beiden EP Geschiebe und Schwebstoffe um 1 verbessert und die sich daraus ergebenden Gesamtbewertungen berechnet werden. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 6 graphisch dargestellt.

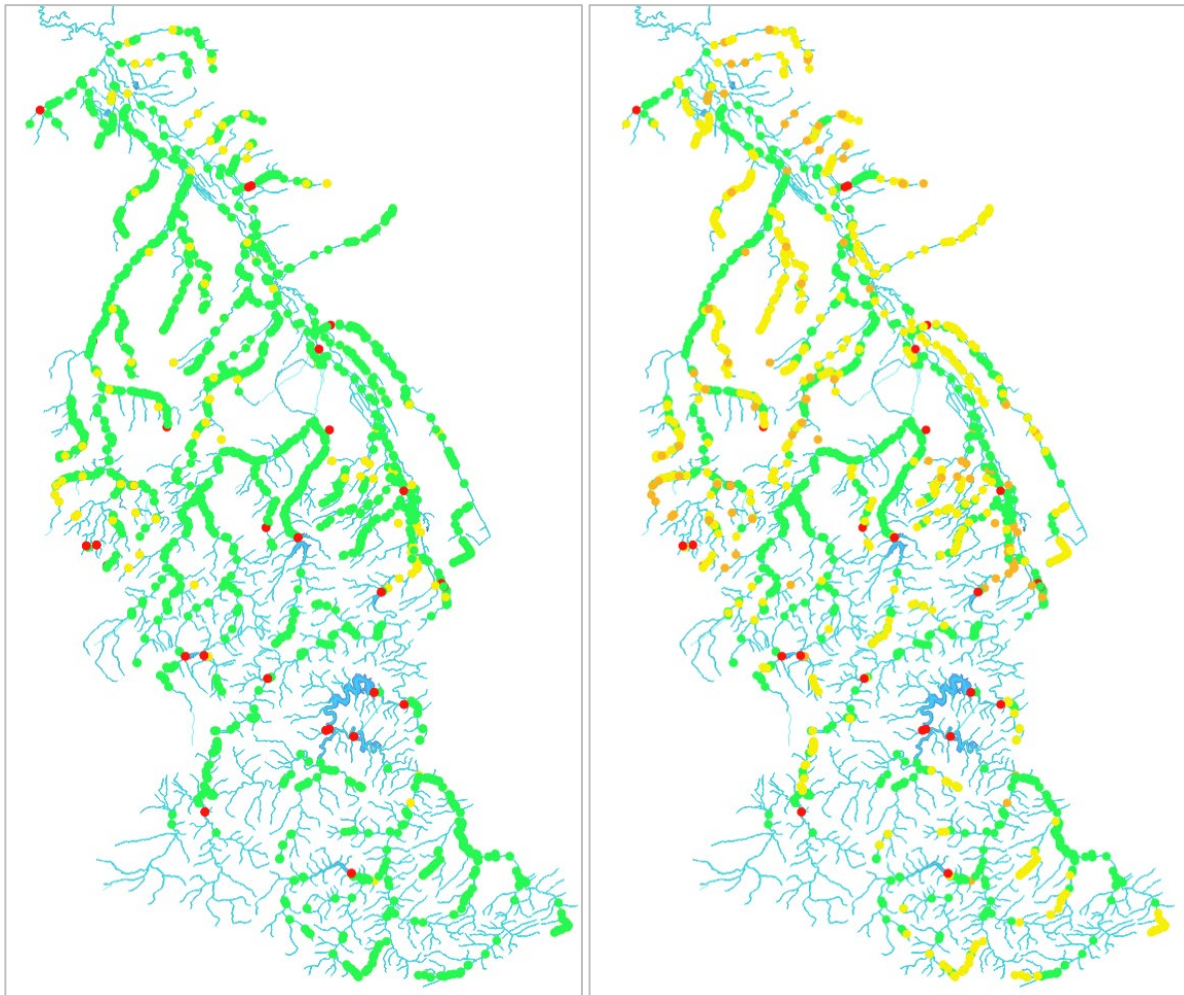


Abbildung 6: Vergleich der Szenarien mit (links) und ohne temporäre Sedimentdurchgängigkeit (rechts) aller Bauwerke im Teileinzugsgebiet Rur

Die folgende Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse im Detail. Bauwerkstypen, bei denen sich bei Berücksichtigung der temporären Sedimentdurchgängigkeit eine Änderung der Bewertung ergibt, sind **fett gedruckt** dargestellt.

Tabelle 4: Vergleich der Szenarien mit (links) und ohne temporärer Sedimentdurchgängigkeit (rechts) aller Bauwerke im Teileinzugsgebiet Rur (dazu wurden worst case Betrachtungen vorgenommen)

Bauwerkstyp	Gesamtbewertung temporäre Sedimentdurchgängigkeit	Bewertung Originaldaten	Anzahl
Absturz	2	2	506
Bewegliches Wehr	3	4	41
Damm	5	5	13
Durchlass	2	3	230
Düker	2	3	1
Gleite	2	2	173
Hochwasserrückhaltebecken	3	4	53
Pumpspeicherbecken	5	5	1
Pumpwerk	5	5	1
Rampe	2	2	312
Sedimentationsbecken	5	5	1
Sohlschwelle	2	2	117
Streichwehr	3	4	10
Talsperre	5	5	28
Verrohrung	2	3	408

Von den 1.895 Bauwerken würden sich bei 743, also rund 40 % Verbesserungen um eine Klasse ergeben. Der potenzielle Einfluss ist damit durchaus als relevant anzusehen.

Da zum jetzigen Zeitpunkt jedoch die für eine Berücksichtigung der Bewertung erforderlichen Informationen nicht flächendeckend vorliegen, wird die potenziell vorgesehene Aufwertung der Einzelparameter *Geschiebe* und *Schwebstoffe* durchgängig nicht vorgenommen.

Aufgrund der oben dargestellten Relevanz wird empfohlen, diese Information zukünftig im Pflegesystem der Bauwerke zu erfassen.

2.3.4 Vorschlag zur Weiterentwicklung

Es ist ein zusätzliches Feld „Temporäre Sedimentdurchgängigkeit“ vorzusehen mit den Optionen

- Keine temporäre Sedimentdurchgängigkeit
- Bauwerkssteuerung bei transportwirksamem Abfluss
- Sedimentbewirtschaftung
- Gezielte Umlagerung
- Unbekannt

Initial würde das Feld für alle Bauwerke auf *Unbekannt* gesetzt, wobei dieser Zustand ebenso bewertet würde wie *Keine temporäre Sedimentdurchgängigkeit* (im Zweifel: worst case). Es ist sinnvoll, ein Textfeld vorzusehen, in dem der Benutzer erläutern muss, worauf sich die Information stützt.

Diese Angaben sind unter Beachtung Datenschutz relevanter Aspekte von den zuständigen Genehmigungsbehörden einzutragen.

2.4 Einfluss des morphologischen Reifezustands

2.4.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Der morphologische Reifezustand ergibt sich aus dem Alter, der Sedimentdynamik im Gewässer und der morphologischen Anpassung des Standortes.

Er kann über drei Methoden ermittelt werden:

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

2.4.2 Vorgehensweise

Zur Überprüfung der Relevanz des Einflusses des morphologischen Reifezustands werden die EP Geschiebe und Schwebstoffe in zwei Szenarien um 1 verbessert oder belassen und die Ergebnisse verglichen.

2.4.3 Implementierung und Ergebnisse

Es würden sich exakt die gleichen Szenarien ergeben, wie bei der Berücksichtigung der temporären Sedimentdurchgängigkeit, da sich auch der Einfluss des morphologischen Reifezustands auf die beiden EP Geschiebe und Schwebstoffe auswirkt.

Somit kann also von einer prinzipiellen Relevanz dieses Faktors ausgegangen werden.

Da zum jetzigen Zeitpunkt die für eine Berücksichtigung der Bewertung erforderlichen Informationen nicht flächendeckend vorliegen, wird die potenziell vorgesehene Aufwertung der Einzelparameter *Geschiebe* und *Schwebstoffe* durchgängig nicht vorgenommen.

Aufgrund der oben dargestellten Relevanz wird empfohlen, diese Information zukünftig im Pflegesystem der Bauwerke zu erfassen.

2.4.4 Vorschlag zur Weiterentwicklung

Zur Berücksichtigung des Einflusses des morphologischen Reifezustands sollte zum einen im Pflegesystem der Bauwerke erfasst werden, ob der Stauraum des betrachteten Bauwerks vollständig gefüllt ist.

Dazu sollte ein zusätzliches Feld „Stauraum vollständig gefüllt“ vorgesehen werden mit den Optionen

- Unbekannt
- Ja
- Nein

Initial wird das Feld auf *Unbekannt* gesetzt. Dieser Zustand wird ebenso bewertet wie *Nein* (im Zweifel: worst case). Es ist sinnvoll, ein Textfeld vorzusehen, in dem der Benutzer erläutern muss, worauf sich die Information stützt.

Außerdem sollte im Pflegesystem der Bauwerke erfasst werden können (s. LAWA-AHB Seite 58) ob die Höhe des Querbauwerks (Stau- oder Absturzhöhe) nachweislich im natürlichen Schwankungsbereich der Höhendifferenzen der Sohlage über den Fließweg (z.B. Riffel-Pool-Tiefe bzw. Kolk-tiefen, natürliche Abstürze o.ä.) im angrenzenden Ober- und Unterlauf des Bauwerks liegt.

Da die praktische Ermittlung dieses Parameters im Gelände problematisch ist, kann der morphologische Reifezustand nur für Bauwerkstypen mit nutzungsbedingten Ermittlungen des verfügbaren Stauvolumens angewandt werden.

Zusätzlich wird eine Routine implementiert, die das Verhältnis zwischen aktuellem und heutigem potenziell natürlichem Gefälle an einem Standort berechnet. Dazu werden die Daten des Projektes zur Ermittlung des Flächenbedarfs zur Gewässerentwicklung sowie die Gewässerstrukturdaten genutzt.

Diese Routine umfasst folgende Schritte:

1. Abgrenzung der für die Gefälleermittlung relevanten Strecke
2. Berechnung des aktuellen Sohlgefälles I_{Akt}
3. Ermittlung des heutigen potenziell natürlichen Sohlgefälles I_{hpn}
4. Bestimmung des morphologischen Reifeindex $I_{MR} = I_{Akt} / I_{hpn}$
5. Liegt I_{MR} zwischen 0,5 und 2 gilt der morphologische Reifezustand als eingehalten, und die EP werden jeweils um 1 verbessert.

Mit diesem Ansatz könnten diejenigen Bauwerke berücksichtigt werden, für die keine Kenntnis über das Stauvolumen vorliegt.

2.5 Einfluss des Verhältnisses der aktuellen Gewässerbreite zur heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite

2.5.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Die Betrachtung der Abweichung der Gewässerbreite am Querbauwerk von der heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite 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 heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite entspricht, dies aber im heutigen Zustand keine natürliche oder tykonforme Aufweitung des Gerinnebettes darstellt, sondern bauwerksbedingt induziert ist (vgl. Rosenzweig et al. 2012).

2.5.2 Vorgehensweise

Zur Überprüfung der Relevanz des Einflusses des Verhältnisses der aktuellen Gewässerbreite (Wasserspiegelbreite) zur heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite wird der EP Morphologische Entwicklung in drei Szenarien um 1 verbessert, beibehalten oder um 1 verschlechtert und die Ergebnisse verglichen.

2.5.3 Implementierung und Ergebnisse

Es wurden zwei Views *sediment.bauwerk_bewertung_breite_besser* und *sediment.bauwerk_bewertung_breite_schlechter* angelegt, in denen für alle Bauwerke verschiedene Verhältnisse von aktueller zu heutiger potenziell natürlicher Gewässerbreite simuliert werden. Dazu wurde der EP *Morphologische Entwicklung* jeweils um 1 verbessert bzw. verschlechtert und die sich daraus ergebenden Gesamtbewertungen wurden berechnet. Die folgende Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse im Detail. Bauwerkstypen, bei denen sich bei Berücksichtigung des Verhältnisses der aktuellen Gewässerbreite (Wasserspiegelbreite) zur heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite eine Änderung der Bewertung ergibt, sind fett gedruckt dargestellt.

Tabelle 5: Vergleich der Szenarien mit (links) und ohne Berücksichtigung des Einflusses der Verhältnisse von aktueller zu heutiger potenziell natürlicher Gewässerbreite aller Bauwerke im Teilzugsgebiet Rur

Bauwerktyp	Gesamtbewertung Verbesserung EP Morphologie	Gesamtbewertung Originaldaten	Gesamtbewertung Verschlechterung EP Morphologie	Anzahl
Absturz	2	2	2	506
Bewegliches Wehr	4	4	4	41
Damm	5	5	5	13
Durchlass	3	3	3	230
Düker	3	3	3	1
Gleite	2	2	2	173
Hochwasserrückhaltebecken	4	4	4	53
Pumpspeicherbecken	5	5	5	1
Pumpwerk	5	5	5	1
Rampe	2	2	2	312
Sedimentationsbecken	5	5	5	1
Sohlschwelle	2	2	3	117
Streichwehr	4	4	4	10
Talsperre	5	5	5	28
Verrohrung	3	3	3	408

Von den 1.895 Bauwerken würden sich nur bei den 117 Sohlschwellen, also rund 6 %, Verschlechterungen um eine Klasse ergeben. Verbesserungen ergeben sich in keinem Fall. Der potenzielle Einfluss ist damit eher als wenig relevant anzusehen. Auf eine kartographische Darstellung wird verzichtet.

Zum jetzigen Zeitpunkt erscheint eine Implementierung wegen der geringen Relevanz im Verhältnis zum Implementierungsaufwand nicht zielführend.

2.5.4 Vorschlag zur Weiterentwicklung

Um den Einfluss des Verhältnisses der aktuellen Gewässerbreite zur heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite ermitteln zu können, wäre folgendes Regelsystem zu implementieren:

1. Ermittlung der Querbauwerke, an denen ein Stauraum/Rückstaubereich besteht.
2. Für diese Standorte:

Ermittlung der heutigen potenziell natürlichen Gewässerbreite aus den Daten der Berechnung des Typspezifischen Flächenbedarfs für die Entwicklung von Fließgewässern nach LAWA (LANUV 2020)

3. Ermittlung der Bauwerksbreite B_{Bauwerk}

Berechnung des Breitenindex Index_B :

$$\text{Index}_B = \frac{B_{\text{Bauwerk}}}{B_{\text{hpNG}}} \quad \text{Formel 1}$$

4. Prüfung, ob die Ausprägung der heutigen Breite bauwerksbedingt ist

(ist gegeben, wenn die Breite des Bauwerks größer ist als die aktuelle Gewässerbreite außerhalb des Stauraums/Rückstaubereich):

$$P_{\text{Breite}} = B_{\text{Bauwerk}} > B_{\text{AktG}}$$

P_{Breite} nimmt die Werte *wahr* oder *falsch* an.

Ist B_{AktG} unbekannt, wird P_{Breite} auf *wahr* gesetzt (im Zweifel: worst case).

5. $0,5 \leq \text{Index}_B \leq 1,5 \wedge \neg P_{\text{Breite}}$

Morphologische Entwicklung +1

$\text{Index}_B < 0,5 \vee \text{Index}_B > 1,5$:

Morphologische Entwicklung –1

2.6 Klassifizierung des Ergebnisses

Vor der Klassifizierung muss dafür Sorge getragen werden, dass die verschiedenen Auf- oder Abwertungen nicht dazu führen, dass der Wertebereich ([1; 5]) verlassen wird. Jeder Einzelparameterindex ist also folgendermaßen zu zensieren:

$$Index = \max(\min(Index, 5), 1)^3 \quad \text{Formel 2}$$

Gemäß LAWA-Anwenderhandbuch erfolgt die Klassifizierung über die Bildung eines gemeinsamen Index:

$$Index_{SDG,BW} = \frac{Index_{Geschiebe} + Index_{Sediment} + Index_{Morphologie}}{3} \quad \text{Formel 3}$$

Anschließend wird die Klassifizierung gemäß LAWA-Anwenderhandbuch (LAWA 2019, S. 62, Tabelle 4.9) vorgenommen.

³ Ist Index > 5, ergibt der innere Ausdruck eine 5 und anschließend der äußere Ausdruck ebenfalls. Ist Index < 1, ergibt der innere Ausdruck den Wert von Index; anschließend ergibt der äußere Ausdruck 1.

3 Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

Da die Aggregation von einzelnen Bauwerken zu Standorten eine deutliche Erhöhung der Komplexität zur Folge hat, wurde überprüft, inwieweit dieser Schritt Einfluss auf das Bewertungsergebnis für die Wasserkörper hat.

Dazu wurden jeweils zwei Bewertungsalgorithmen implementiert und ihre Ergebnisse verglichen:

- In der Variante 1 wurden die einzelnen Bauwerke gemäß den in Kapitel 2.2 beschriebenen Regeln aggregiert und die Bewertungen gemäß den Kapiteln 3.1 bis 3.4 für die so gebildeten Standorte vorgenommen.
- In der Variante 2 wurde auf die Aggregation verzichtet, und es wurden die Bewertungen gemäß den Kapiteln 3.1 bis 3.4 für die einzelnen Bauwerke vorgenommen.

Die Varianten sind in den Kapiteln 3.1 bis 3.4 im jeweiligen Unterkapitel „Implementierung“ beschrieben.

3.1 Bewertungsmethodik für die morphologischen Bedingungen

3.1.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Es werden verschiedene Indizes aus der Gewässerstrukturkartierung gewichtet verrechnet. „Entfallen Parameter da sie bundeslandspezifisch nicht erhoben wurden und kein äquivalenter Parameter genutzt werden kann, so wird nur über die verbleibenden Parameter gemittelt und anschließend gewichtet“ (Seite 66).

3.1.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Im LAWA-AHB werden keine Aussagen darüber getroffen werden,

- wie mit lateral differenzierenden Parametern umgegangen wird (Ufer, Umfeld),
- wie zu verfahren ist, wenn Parameter im Gelände nicht erhoben werden (verrohrte Abschnitte, nicht erkennbare Sohle),
- wie mit vollständig oder überwiegend verrohrten, überbauten oder gestauten Abschnitten zu verfahren ist.

Daher wurden folgende Definitionen für die zu verrechnenden Indizes vorgenommen.

Generell erfolgt die Berechnung der Indizes wie folgt:

Index Nr.	Index	Gewichtung
1	Laufkrümmung	30 %
2	$\frac{\text{Krümmungserosion} + \text{Breitenvarianz} + \frac{\text{Uferverbau}_L + \text{Uferverbau}_R}{2}}{3}$	20%
3	$\frac{\text{Tiefenvarianz} + \text{Strömungsdiversität}}{2}$	20%
4	$\frac{\text{Bes. Uferstrukturen}_L + \text{Bes. Uferstrukturen}_R}{2}$	15%
5	$\frac{\text{Laufkrümmung} + \text{Profiltyp} + \frac{\text{Flächennutzung}_L + \text{Flächennutzung}_R}{2}}{3}$	15%

$$Index_{Abschnitt} = \frac{\sum_{i=1}^5 Gewichtung_i \times Index_i}{\sum_{i=1}^5 Gewichtung_i} \quad \text{Formel 4}$$

In die o.a. Formel fließen nur von Null verschiedene Indizes ein.

Im Falle vollständig oder überwiegend verrohrter, überbauter oder gestauter Abschnitte werden die Indizes nicht kartierter Einzelparameter auf 7 gesetzt.

Im Falle vollständig oder überwiegend gestauter Abschnitte vereinfacht sich die Formel entsprechend auf

$$Index_{Abschnitt} = 0,85 \times 7 + 0,2 \times \left[\frac{14}{3} + \frac{\text{Uferverbau}_L + \text{Uferverbau}_R}{6} \right] + 0,15 \times \left[\frac{14}{3} + \frac{\text{Flächennutzung}_L + \text{Flächennutzung}_R}{6} \right] \quad \text{Formel 5}$$

Im Falle vollständig oder überwiegend verrohrter oder überbauter Abschnitte vereinfacht sich die Formel entsprechend auf

$$Index_{Abschnitt} = 0,85 \times 7 + 0,15 \times \left[\frac{14}{3} + \frac{\text{Flächennutzung}_L + \text{Flächennutzung}_R}{6} \right] \quad \text{Formel 6}$$

Die Berechnung für den Wasserkörper erfolgt längengewichtet:

$$Index_{WK} = \frac{\sum_{i=1}^n Länge_{Abs_i} \times Index_{Abs_i}}{Länge_{WK}} \quad \text{Formel 7}$$

Abschließend erfolgt eine Transformation auf die fünf Bewertungsklassen:

Indexspanne	Bewertungsklasse
$1,0 \leq \text{Index} \leq 2,6$	1
$2,6 < \text{Index} \leq 3,5$	2
$3,5 < \text{Index} \leq 4,4$	3
$4,4 < \text{Index} \leq 5,3$	4
$5,3 < \text{Index}$	5

3.1.3 Implementierung

Variante 1 — Bewertung von Standorten

Es wurden Views angelegt, die

- die aktuellen Gewässerstrukturdaten (Parameter siehe 3.1.2) zusammenstellen,
- die Einzelparameterindizes gemäß den o.g. Formeln kartierabschnittsweise aggregieren,
- die Ergebnisse den Oberflächenwasserkörpern anhand der Stationierung der OFWK zuzuordnen und
- die siebenstufige Klassifizierung auf ein fünfstufiges Schema transformieren.

Für den letzten Schritt wird eine Funktion in PostgreSQL implementiert, die die obige Transformation so umsetzt, dass alle Werte außerhalb des zulässigen Wertebereichs das Ergebnis 0 liefern.

Variante 2 — Bewertung einzelner Bauwerke

Da dieser Bewertungsschritt ausschließlich auf Gewässerstrukturdaten und nicht auf Bauwerksinformationen zugreift, unterscheiden sich die beiden Varianten nicht.

3.2 Bewertungsmethodik für die longitudinale Sedimentdurchgängigkeit

3.2.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Die Bewertung „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.“ (Seite 68)

Tabelle 7: Morphologische Wirklängen je nach Bewertung des Querbauwerksstandortes (Tabelle 4-12 des LAWA-AHB)

Klasse	Morphologische Wirklänge
1	0
2	≤ 1 km
3	≤ 2 km
4	≤ 5 km
5	≤ 25 km

3.2.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Da das LAWA-Anwenderhandbuch keine Standorte mit Verzweigungen berücksichtigt, musste die Bewertungsmethodik modifiziert werden.

Es wird daher zunächst für jeden Standort anhand seiner Bewertung die Wirklänge gemäß Tabelle 7 ermittelt.

Die Bedingung (2) auf Seite 68 des LAWA-AHB wird modifiziert. Sie lautet ursprünglich:

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.

Da aber nicht nur die Option „mehrere Bauwerke hintereinander“ besteht, sondern auch Teilstrecken mit darin platzierten Bauwerken hydraulisch parallel angeordnet sein können, wird diese Bedingung vereinfacht zu:

Als Mittelpunkt der morphologischen Wirklänge wird jeweils die Mitte des Standortes definiert. Wenn ein Standort nur ein Bauwerk umfasst, ist dies identisch mit der Position des Bauwerks.

Gemäß LAWA-AHB werden die so ermittelten Wirklängen an den Wasserkörpergrenzen abgeschnitten, und es werden Überlappungsbereiche nach dem worst-case-Prinzip aufgelöst.

Anschließend wird die Berechnung gemäß Absatz (4) auf Seite 69 des LAWA-AHB durchgeführt. Der Wertebereich basiert auf den bauwerkstypspezifischen Festlegungen in Tabelle 4-6 des LAWA-AHB und ist somit bereits auf das Intervall 1 – 5 transformiert.

3.2.3 Implementierung und Ergebnisse

Variante 1 — Bewertung von Standorten

Es werden Views angelegt, die

- die bewertungsabhängigen Wirklängen und die Standortmittelpunkte ermitteln,
- die Standorte und Wirklängen mit den Wasserkörpern verknüpfen und die Wirkstrecken entsprechend beschneiden,
- überlappende Wirkstrecken nach dem worst-case-Prinzip auflösen und
- die Berechnung nach Absatz (4) auf Seite 69 des LAWA-AHB ausführen.

Variante 2 — Bewertung einzelner Bauwerke

Es werden Views angelegt, die

- die bewertungsabhängigen Wirklängen und die Positionen der einzelnen Bauwerke ermitteln,
- die Bauwerke und Wirklängen mit den Wasserkörpern verknüpfen und die Wirkstrecken entsprechend beschneiden,
- überlappende Wirkstrecken nach dem worst-case-Prinzip auflösen und
- die Berechnung nach Absatz (4) auf Seite 69 des LAWA-AHB ausführen.

Die Berechnungsformel nach Absatz (4) auf Seite 69 des LAWA-AHB lautet

$$\text{Index}_{\text{LSDG}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \text{Index}_{\text{QBW}_i} \times \text{Wirklänge}_{\text{QBW}_i}\right) + \left(\text{Länge}_{\text{WK}} - \sum_{i=1}^n \text{Wirklänge}_{\text{QBW}_i}\right)}{\text{Länge}_{\text{WK}}} \quad \text{Formel 8}$$

3.3 Bewertungsmethodik für den Geschiebetransport

3.3.1 Bewertungsmethodik für den Geschiebehaushalt auf Basis GSK

3.3.1.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Wie im LAWA-AHB (S. 70 f.) beschrieben, werden die Einzelparameter EP 1.4 Besondere Laufstrukturen, EP 2.4 Querbänke und EP 3.4 Sohlenstrukturen, gewichtet mit der Abschnittslänge, gemittelt⁴.

3.3.1.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Das LAWA-AHB trifft keine Aussage zum Umgang mit Abschnitten, die nicht bewertet sind, z.B. weil einer der Sonderfälle erfüllt ist. Daher wurde folgende Regel angewendet:

Abschnitte, bei denen aufgrund eines der Sonderfälle keine Bewertungsergebnisse der Einzelparameter vorliegen, werden als worst case mit 5 bewertet.

⁴ Indexwerte von Null fließen nicht in die Mittelwertbildung ein, es wird dann auch der Nenner entsprechend vermindert.

3.3.2 Bewertungsmethodik für den Geschiebetransport auf Basis von Messungen oder Berechnungen

3.3.2.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Der Geschiebetransport ist nach LAWA entweder aus langen Messzeitreihen oder anhand der aus Transportformeln zu berechnenden Geschiebetransportkapazität zu bewerten.

3.3.2.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Eine Ableitung des Geschiebetransportes aus langen Messzeitreihen zum Geschiebetransport gemäß LAWA-AHB ist nicht möglich.

Zur Berechnung der Geschiebetransportkapazität aus Transportformeln beschreibt das LAWA-AHB die Bestimmung der Geschiebetransportkapazität mit Hilfe der Sedimenttransportgleichung nach Engelund & Hansen (1967) für sandige Gewässer.

$$S_{tot} = 0,05 \times \frac{c^2}{g} \times \theta^{2,5} \sqrt{(s - 1) \times g \times d_{50}^3} \quad \text{Formel 9}$$

Mit S_{tot} : Geschiebetransportkapazität, θ : Shields-Wert, s : spezifische Sedimentdichte⁵, g : Erdbeschleunigung, d_{50} : Korndurchmesser in m.

In der Originalliteratur wird ausdrücklich formuliert, dass die dortigen Ausführungen sich ausschließlich auf die beiden Sedimentfraktionen Sand (0,06 bis 2 mm) und Kies (2 bis 20 mm) beziehen. Es ist daher unklar, ob diese Methode sinnvoll für Gewässer mit größerem Substrat verwendet werden kann. Im LAWA-AHB wird diesbezüglich auf „*abweichende bzw. je nach Sohlsubstrat besser geeignete Transportformeln (siehe u.a. DVWK 87 (1988) und DVWK 25 (1993))*“ verwiesen. Eine Recherche und fachliche Analyse dieser Alternativen gehen über den Rahmen dieses Vorhabens hinaus.

Vor einer Implementierung der oben beschriebenen Vorgehensweise wurden einige grundsätzliche Überlegungen zur erforderlichen Genauigkeit durchgeführt.

Der Datenbedarf für die Anwendung der Transportgleichung nach Engelund & Hansen ist in Tabelle 8 dargestellt.

⁵ In der Formel im LAWA-AHB (S. 75) fälschlicherweise als S dargestellt.

Tabelle 8: Benötigte Daten zur Berechnung der Geschiebetransportkapazität

Benötigte Daten	Mögliche Datenquelle in NRW
Morphologischer Gewässertyp	Projekt typspezifischer Flächenbedarf
h _{pn} Sohlsubstrat	LAWA-Fließgewässertyp
Korngröße	Mittelwert der Klasse (gemäß Tabelle 4-14, LAWA-AHB).
Aktuelles Sohlsubstrat	Gewässerstrukturdaten
Korngröße	Mittelwert der Klasse (gemäß Tabelle 4-14, LAWA-AHB)
mittleres Sohlgefälle	typspezifischer Flächenbedarf
h _{pn} Q _{bordvoll}	typspezifischer Flächenbedarf
aktuelle Gewässerbreite	Gewässerstrukturdaten (nur als Klassen)
mittlere Breite	Gewässerstrukturdaten (nur als Klassen)
aktuelle bordvolle Gewässertiefe	Gewässerstrukturdaten (nur als Klassen)

Es ist zu berücksichtigen, dass die Berechnung für einen Wasserkörper – also eine Fließstrecke von u.U. mehreren Kilometern Ausdehnung – durchzuführen ist. Die meisten der in Tabelle 8 genannten Kenngrößen weisen aber innerhalb eines Wasserkörpers eine gewisse Streuung auf. Es müssten also geeignete Regeln zu ihrer Aggregation definiert werden.

Außerdem müssen, wie Tabelle 8 in Verbindung mit Abbildung 7 zeigt, für aktuelle Gewässerbreiten und -tiefen Näherungswerte verwendet werden. Dabei kann die tatsächliche Breite (bzw. Tiefe) vom Näherungswert um einen zweistelligen Prozentwert abweichen. Dies führt allerdings zu einem gravierenden Problem.

Sohlbreite u. Abschnittslänge		obere Breite	Einschnittstiefe	Mittelwassertiefe
Sohlbreite	Länge	< 1 m	< 0,2 m	< 0,1 m
< 1 m	100 m	1 - 2 m	0,2 - 0,5 m	0,1 - 0,3 m
1 - 2 m	100 m	> 2 - 5 m	> 0,5 - 1 m	> 0,3 - 0,5 m
> 2 - 5 m	100 m	> 5 - 10 m	> 1 - 2 m	> 0,5 - 1 m
> 5 - 10 m	100 m	> 10 - 20 m	> 2 - 3 m	> 1 - 2 m
> 10 - 20 m	100 / 500 m	> 20 - 40 m	> 3 - 5 m	> 2 m
> 20 - 40 m	500 / 1.000 m	> 40 - 80 m	> 5 m	nicht erkennbar
> 40 - 80 m	1.000 m	> 80 - 160 m		
> 80 - 160 m	1.000 m	> 160 m		
> 160 m	1.000 m			
				Wasserstand
				Mittelwasser

Abbildung 7: Gewässerstrukturdaten als Datenquelle für aktuelle Gewässerbreite und -tiefe (Ausschnitt des Kartierbogens) (aus LANUV-Arbeitsblatt 18)

Das Produkt von Breite und Tiefe fließt quadratisch in die Berechnung der Sohlschubspannung mit dem Chezy-Wert C nach Nikuradse ein (siehe LAWA-AHB, Seite 74). Die so berechnete Sohlschubspannung geht linear in den Shields-Wert ein, der wiederum mit dem Exponenten 2,5 in der Berechnung der Geschiebetransportkapazität als Faktor verwendet wird.

Dies hat zur Konsequenz, dass Fehler in den Angaben zu Gewässerbreite und -tiefe das Ergebnis mit einem Exponenten von 4,5 beeinflussen. Was das bedeutet soll im Folgenden verdeutlicht werden.

Betragen die reale Gewässerbreite und -tiefe 5 m bzw. 0,5 m, und es wird stattdessen aber mit 10 % geringeren oder 10 % größeren Werten gerechnet (also 4,5/0,45 m oder 5,5/0,55 m),

würde die Sohlschubspannung um den Faktor 0,66 geringer oder um den Faktor 1,46 größer ausfallen. Das gleiche gilt entsprechend für den Shields-Wert.

Für die Geschiebetransportkapazität hätte dies zur Folge, dass z.B. statt eines Shields-Wertes von eins Werte von $0,66^{2,5}$ oder $1,46^{2,5}$ in die Berechnung als Faktor eingehen würden. Dies würde gegenüber dem „wahren“ Wert Resultate liefern, die um 65% zu gering ($0,66^{2,5} = 0,35$) oder um 160 Prozent ($1,46^{2,5} = 2,58$) zu groß wären.

Die verwendete „*Bewertungsmatrix*“ (Tabelle 4-15 in LAWA-AHB, S. 76) ist im Folgenden dargestellt.

Tabelle 9: Bewertungsmatrix des Geschiebetransports nach LAWA-AHB

Abweichung des Geschiebetransports vom Referenzzustand	Beschreibung	Klasse
$0,9 < x < 1,5$	Abweichung sehr gering	1
$1,5 \leq x < 2$ oder $0,8 < x \leq 0,9$	Abweichung gering	2
$2 \leq x < 2,5$ oder $0,75 < x \leq 0,8$	Abweichung mittel	3
$2,5 \leq x < 3$ oder $0,5 < x \leq 0,75$	Abweichung hoch	4
$x \geq 3$ oder $x \leq 0,5$	Abweichung sehr hoch	5

Was dies für die Bewertungsklasse bedeutet, soll an folgenden Beispielen verdeutlicht werden.

Beispiel 1

Angenommen, das tatsächliche Verhältnis des aktuellen Geschiebetransports zum Referenzzustand läge bei 1. Dies führt nach Tabelle 9 zu einer Bewertungsklasse 1.

Der oben beschriebene Fehler würde aber zu einem Berechnungsergebnis von ca. 0,35 (bei um 10 % unterschätzte Breite und Tiefe) oder ca. 2,6 (bei um 10% überschätzter Breite und Tiefe führen). Statt einer Bewertungsklasse 1 würden also Bewertungsklassen von 5 oder 4 resultieren.

Beispiel 2

Bei einem tatsächlichen Verhältnis des aktuellen Geschiebetransports zum Referenzzustand von 2 würde der oben beschriebene Fehler zu einem Berechnungsergebnis von ca. 0,7 (bei um 10 % unterschätzter Breite und Tiefe) oder ca. 5,2 (bei um 10% überschätzter Breite und Tiefe führen). Statt einer Bewertungsklasse 3 würden also Bewertungsklassen von 4 oder 5 resultieren.

Beispiel 3

Wenn jeweils nur eine der beiden Größen um 10 % falsch bestimmt ist, ergeben sich jeweils Sohlschubspannungen, die um den Faktor 0,81 geringer oder um den Faktor 1,21 größer ausfallen. Für die Geschiebetransportkapazität hätte dies entsprechend zur Folge, dass z.B. statt eines Shields-Wertes von 1 Werte von $0,81^{2,5}$ oder $1,21^{2,5}$ in die Berechnung als Faktor eingehen würden. Dies würde gegenüber dem „wahren“ Wert Resultate liefern, die um 35% zu gering ($0,81^{2,5} = 0,65$) oder um 46 Prozent ($1,21^{2,5} = 1,46$) zu groß wären.

Für „reale“ Verhältnisse des aktuellen Geschiebetransports zum Referenzzustand von 1 oder 2 hätte dies folgende Konsequenzen.

Der oben beschriebene Fehler würde zu einem Berechnungsergebnis von ca. 0,65 (bei um 10 % unterschätzter Breite oder Tiefe) oder ca. 1,46 (bei um 10% überschätzter Breite oder Tiefe führen). Statt einer Bewertungsklasse 1 würden also bei Unterschätzung eine Bewertungsklasse von 4 resultieren, während die Überschätzung keine Klassenveränderung bewirken würde.

Bei einem tatsächlichen Verhältnis des aktuellen Geschiebetransports zum Referenzzustand von 2 würde der oben beschriebene Fehler zu einem Berechnungsergebnis von ca. 1,3 (bei um 10 % unterschätzter Breite oder Tiefe) oder ca. 2,9 (bei um 10% überschätzter Breite oder Tiefe führen). Statt einer Bewertungsklasse 3 würden also Bewertungsklassen von 1 oder 4 resultieren.

Aus diesem Grund wird dieser Bewertungsschritt nicht angewendet, so lange die Datenqualität nicht ausreichend gut ist. Aufgrund der Komplexität der Berechnung und der hohen Datenanforderungen erscheint eine Anwendung nur für lokale Analysen sinnvoll, z.B. bei der Betrachtung einzelner Wasserkörper, bei denen es vor einer weitreichenden Maßnahmenentscheidung geboten erscheint, die Ergebnisse der landesweiten Bewertung zu validieren.

3.4 Bewertungsmethodik für Feinsedimente

3.4.1 Bewertungsmethodik für den Feinsedimenteintrag

Dieser Schritt wurde unter Heranziehung der Feldblöcke und der daraus entnommenen Ergebnisse der ABAG (Allgemeine Boden-Abtrags-Gleichung) implementiert. Die Einzugsgebiete der Wasserkörper wurden räumlich mit den Feldblöcken verschnitten und die klassifizierte Wassererosionsgefährdung gemäß Tabelle 4-16 des LAWA-AHB (S. 78) flächengewichtet berechnet.

Da die für eine landesweit einheitliche Anwendung der Bewertungsmethodik für den Feinsedimenteintrag gemäß LAWA-AHB erforderlichen Informationen nicht vorliegen, ist eine Anwendung zunächst nicht möglich.

3.4.2 Bewertungsmethodik für den Schwebstoffhaushalt im Gewässer

Das LAWA-AHB führt auf Seite 79 aus:

„Eine Bewertung der Veränderung des potentiell natürlichen Schwebstoffhaushaltes kann nur für Gewässer mit ausreichenden Messwerten zur Schwebstoffkonzentration erfolgen (vgl. INFORM, Rosenzweig et al. 2012).“

Da derartige Daten nicht flächendeckend vorliegen wird für eine einheitliche landesweite Implementierung zum jetzigen Zeitpunkt auf eine Bewertung dieses Parameters verzichtet.

3.4.3 Eingriffe in den Sedimenthaushalt

Für diesen Schritt sind im LAWA-AHB (Seite 81) nur allgemeine Ausführungen gemacht worden. Aus diesem Grund wird für eine landesweit einheitliche Implementierung zum jetzigen Zeitpunkt auf eine Bewertung verzichtet.

3.5 Ergebnisprüfung und Implementierung

Beim Vergleich der Bewertung von Wasserkörpern anhand von Standorten und anhand von einzelnen Bauwerken wurde festgestellt, dass die Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen so gering sind, dass der Aufwand für die Aggregation von Bauwerken zu Standorten nicht gerechtfertigt ist. Eine detaillierte Betrachtung befindet sich im Anhang 1.

3.6 Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Wasserkörper

3.6.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Das LAWA-AHB führt auf Seite 82 aus:

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

$$\text{Index}_{\text{SDG,WK}} = \frac{\text{Index}_{\text{MB}} + \text{Index}_{\text{LSDG}} + \text{Index}_{\text{G}} + \text{Index}_{\text{FS}}}{4} \quad \text{Formel 10}$$

Steht ein oder mehrere Bewertungsindizes nicht zur Verfügung, verändert sich das Bewertungsschema so, das nur über die bewerteten Einzelparameter gemittelt wird.“

Tabelle 10: Schema der Klassengrenzen

Klasse	Wertebereich
1	$1 \leq \text{Index} < 1,3$
2	$1,3 \leq \text{Index} < 2,3$
3	$2,3 \leq \text{Index} < 3,3$
4	$3,3 \leq \text{Index} < 4,3$
5	$4,3 \leq \text{Index}$

3.6.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Wie in Abschnitt 3.4 beschrieben wird der Einzelparameter „Feinsedimente/Schwebstoffe“ nicht berücksichtigt.

Es ergibt sich daher eine abweichende Formel:

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

Formel 11

Dies steht im Einklang mit der Vorgehensweise nach LAWA.

4 Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

4.1 Allgemeine Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Im LAWA-AHB ist auf Seite 83 ausgeführt:

„Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem stützt sich auf die vier bereits bewerteten Einzelparameter der Wasserkörper (morphologische Bedingungen, longitudinale Sedimentdurchgängigkeit, Geschiebe, Feinsedimente).

Es erfolgt daher keine neue Ermittlung von Einzelparametern.

Vielmehr werden nur großräumige Wirkungen, Maßnahmen und künstliche Seen zwischen bzw. in den Wasserkörpern auf- oder abwertend berücksichtigt.

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

4.2 Bewertungsmethodik für Defizite im Oberwasser

4.2.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Im LAWA-AHB ist auf Seite 83/84 ausgeführt:

„Analog (...) wird nachstehend ein sogenanntes Malussystem für die Überführung der Bewertungen der Wasserkörper auf das Gewässersystem vorgenommen. Das Malussystem greift auf das Hauptgewässerbett und die als relevant ausgewiesenen Nebengewässer und wurde in etwas abweichender Form von Quick et al. (2014) angewandt. Als Wirkungsrichtung wird hier jeweils der Bereich flussabwärts betrachtet.

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

- (1) Übernahme der Indexbewertung je Wasserkörper (...) und Prüfung der räumlichen Abhängigkeiten zu Oberwasserbereichen und Nebengewässern
- (2) Stromaufwärts liegende Wasserkörper mit einer Bewertung der Klasse 4 oder 5 wirken sich nachteilig auf den betrachteten Wasserkörper aus, wenn:
 - der betrachtete Wasserkörper eine Bewertung gemäß Tabelle 4-19 besitzt.
 - der Abstand des Wasserkörpers im Oberwasser mit der Klasse 4 unter 5 km liegt oder
 - der Abstand des Wasserkörpers im Oberwasser mit der Klasse 5 unter 25 km liegt.

Falls beides erfüllt ist, soll keine doppelte Abwertung, sondern das Worst-Case Prinzip mit der höchsten Abwertung erfolgen.

- (3) Als Wirkungsbereich wird jeweils der Bereich ab dem flussabwärtigen Rand des Wasserkörpers im Oberwasser definiert. Überschneidet sich dieser Wirkungsbereich mit einem oder mehreren Wasserkörpern, so liegen diese entsprechend in der zugehörigen Zone. Wasserkörper, die nur anteilig (mit weniger als 50%) berührt werden, müssen nicht abgewertet werden.
- (4) Die Abstufung der Bewertung der Wasserkörper aus Kap.4.3.4 erfolgt nach der Vorschrift aus Tabelle 11

Tabelle 11: Malusbewertung der Wasserkörper in einem Gewässersystem (aus LAWA-AHB)

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)	–	–	–	–	–

4.2.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Die Formulierung des LAWA-AHB

„Das Malussystem greift auf das Hauptgewässerbett und die als relevant ausgewiesenen Nebengewässer“

wird so interpretiert und umgesetzt, dass alle oberhalb des jeweiligen Wasserkörpers liegenden Wasserkörper bei der Anwendung berücksichtigt werden.

Bei der Bewertung der Wasserkörper im Gewässersystem wird bezüglich der Wirkung der Ober- und Nebenläufe auch die Gewässergröße berücksichtigt. Als relevante Kenngröße wird hierfür der Abfluss verwendet. Nach Durchführung verschiedener Untersuchungen (siehe Anhang 2) wurde festgelegt, dass das Verhältnis $MQ_{Zufluss} : MQ_{OFWK3E} = 1 : 3$ (0,333) als Grenzwert für die Berücksichtigung der Maluswirkungen von Oberläufen verwendet werden soll.

D.h., ein Zufluss, der die Bedingungen bzgl. Entfernung und Bewertung gemäß LAWA-Anwenderhandbuch erfüllt, übt nur dann eine Maluswirkung aus, wenn sein mittlerer Abfluss mindestens ein Drittel des betrachteten Oberflächenwasserkörpers (OFWK) beträgt.

4.2.3 Implementierung und Ergebnisse

Zur Implementierung der oben beschriebenen Algorithmen wird ein View erzeugt, der für jeden Wasserkörper WK_x

- alle oberhalb gelegenen, ihm zufließenden, Wasserkörper ermittelt,
- die Entfernung dieser Wasserkörper von WK_x berechnet,
- anhand dieser Entfernungen und den Bewertungen der Wasserkörper prüft, welche der in Tabelle 11 aufgeführten Bedingungen für eine Malusbewertung erfüllt sind,
- das Verhältnis der mittleren Abflüsse ermittelt und bei Einhaltung des o.a. Grenzwertes die Malusbewertung ggf. auf die Bewertung des Wasserkörpers WK_x anwendet.

4.3 Bewertungsmethodik für Maßnahmen an Wasserkörpern

4.3.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Im LAWA-AHB ist auf Seite 87 ausgeführt:

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

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

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

4.3.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

Solange keine flächendeckenden Informationen über derartige Maßnahmen vorliegen, kann dieser Parameter nicht bewertet werden.

4.4 Bewertungsmethodik stehende Gewässer und Seen

4.4.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Bzgl. „Einschränkungen der Bewertungsmethodik“ wird im LAWA-AHB auf Seite 89 ausgeführt:

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

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

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

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

Bzgl. der Wechselwirkung von Seen mit Flusswasserkörpern wird im LAWA-AHB auf Seite 89/90 ausgeführt:

„Für die Interaktion zu den angrenzenden oder umgebenden Flusswasserkörpern erfolgt für natürliche Seen eine neutrale Bewertung der angrenzenden Flusswasserkörper. Lediglich künstliche Seen werden als Sedimentfalle auf Grundlage der Aufenthaltszeit im See (...) bewertet.“

4.4.2 NRW-spezifische Konkretisierungen

4.4.2.1 Einschränkungen der Bewertungsmethodik

Es werden im Folgenden einige Beispiele dargestellt und analysiert, wie die genannten drei Fälle (a, b, c) identifiziert werden können.

Die Identifikation kann durch räumliche Abfragen erfolgen, mit denen ermittelt wird,

- ob und welche Flusswasserkörper Seen durchfließen, aber über diese hinausgehen (Fall a),
- ob und bei welchen Flusswasserkörpern ihre Grenzen mit denen von Seen übereinstimmen (Fall b),
- welche Seen als eigenständige Wasserkörper identifiziert, aber Teil des Fließgewässersystems sind (Fall c),
- sonstige Seen.

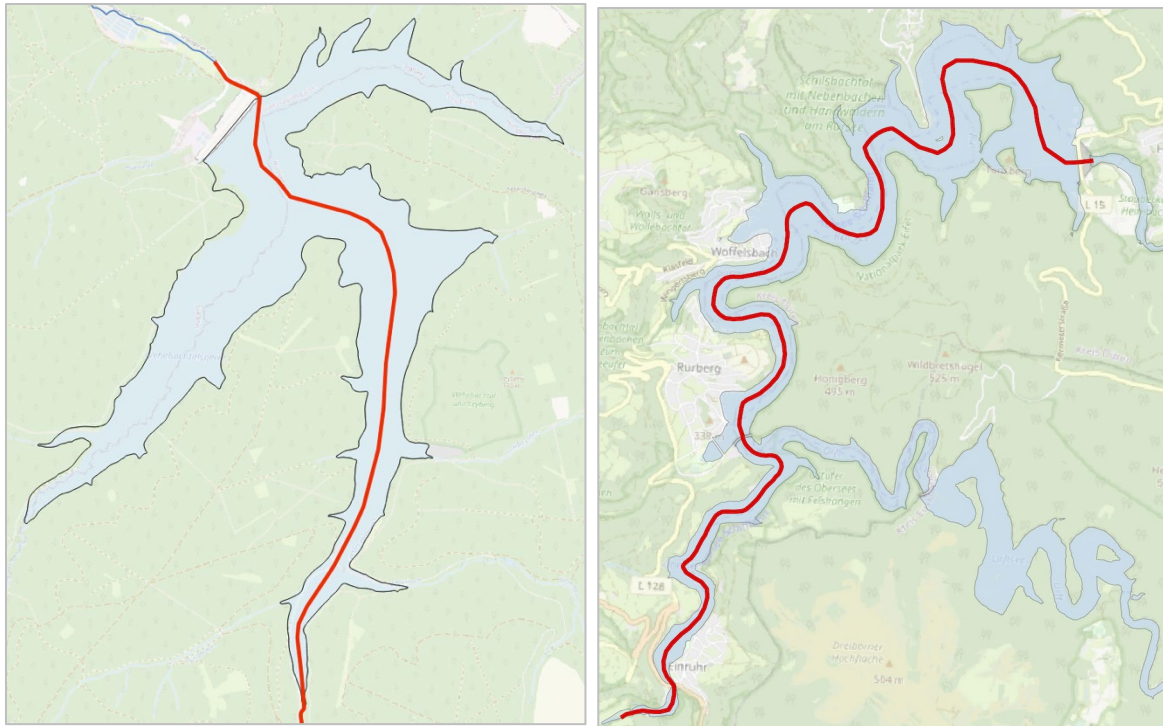


Abbildung 8: Links: Wehebachtalsperre – Beispiel für Fall a

Rechts: Rursee und Urfttalsperre – Beispiele für Fall b

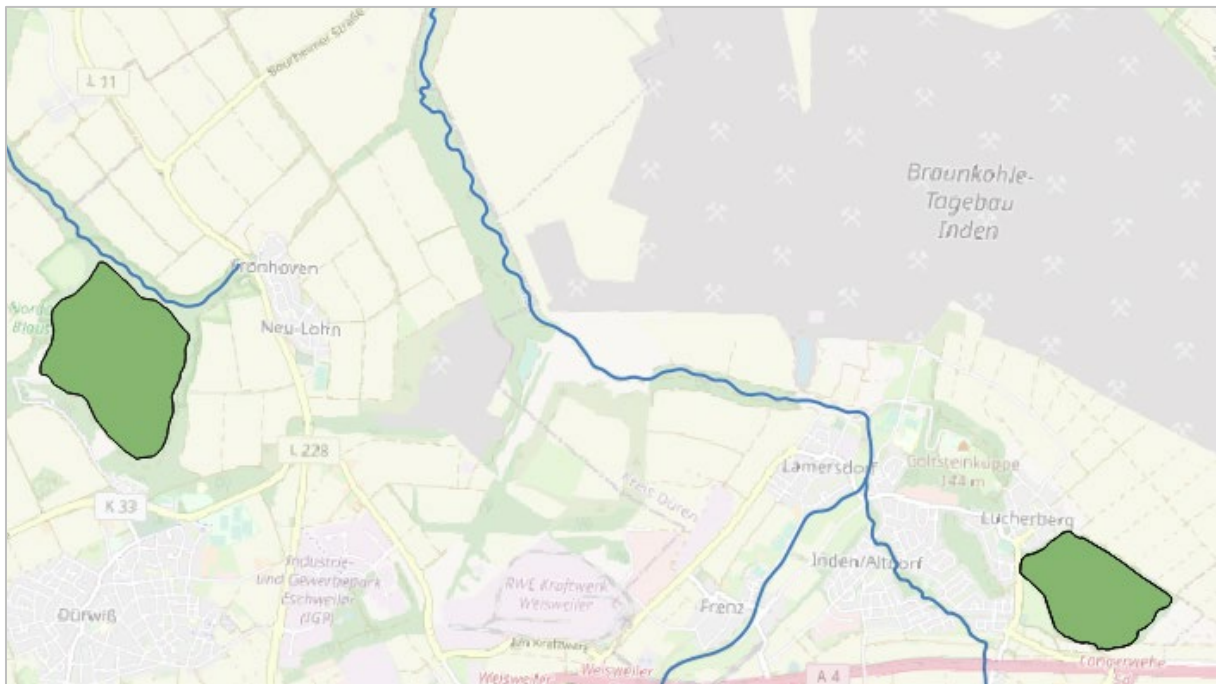


Abbildung 9: Blausteinsee und Lucherberger See – nicht verbunden mit dem Fließgewässersystem

Diese Analysen sind allerdings nur von geringer Relevanz, als die sich ergebenden Einschränkungen nur auf solche Parameter wirken (vgl. Tabelle 4-21, LAWA-AHB), die ohnehin nicht ausgewertet werden können (oder sollen):

- Fall a: Keine Bewertung des Geschiebetransports im WK durch Berechnungen
- Fall b: Keine Bewertung des morphologischen Reifezustands von Querbauwerken
Keine Bewertung des Verhältnisses der aktuellen zur hpn Gewässerbreite
Keine Bewertung des Geschiebetransports im WK durch Berechnungen
- Fall c: Keine Bewertung des morphologischen Reifezustands von Querbauwerken
Keine Bewertung des Verhältnisses der aktuellen zur hpn Gewässerbreite
Keine Bewertung der morphologischen Bedingungen im WK
Keine Bewertung des Geschiebehaushalts im WK auf Basis GSK
Keine Bewertung des Geschiebetransports im WK durch Berechnungen

4.4.2.2 Wechselwirkung von Seen mit Flusswasserkörpern

Zur Bewertung dieses Parameters werden flächendeckende Informationen benötigt über

- Abgrenzung künstliche und natürliche Seen
- Volumen des Sees und mittlerer Abfluss oder mittlere Verweilzeit

In Abhängigkeit von der Verweilzeit erhält dann der unterliegende Wasserkörper einen Malus:

$T_V > 30$ Tage: Malus 1

$3 < T_V \leq 30$ Tage: Malus 0,5

$T_V \leq 3$ Tage: kein Malus

4.4.3 Implementierung

Zur Berücksichtigung der Wechselwirkung von Seen mit Flusswasserkörpern wurde eine Tabelle mit den entsprechenden Daten zu 43 Stehgewässern in die Datenbank übernommen.

Es wurde ein View erzeugt, der für die See-Wasserkörper den entsprechenden Malus ermittelt.

4.5 Klassifikation

4.5.1 Vorgaben des LAWA-Verfahrens

Eine Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Einzugsgebiet wird im LAWA-AHB nicht beschrieben.

Stattdessen wird wiederholt, wie die Bewertung der Einzelparameter im Wasserkörper zusammengeführt wird (Seite 90):

„Die Klassifikation der Sedimentdurchgängigkeit im Einzugsgebiet führt die Bewertung der Einzelparameter im Wasserkörper analog zur Methodik aus Kap. 4.3.4 zusammen:

$$\text{Index}_{\text{SDG,WK}} = \frac{\text{Index}_{\text{MB}} + \text{Index}_{\text{LSDG}} + \text{Index}_{\text{G}} + \text{Index}_{\text{FS}}}{4} \quad \text{Formel 9}$$

(...)

Stehen ein oder mehrere Bewertungsindices nicht zur Verfügung, verändert sich das Bewertungsschema dahingehend, das nur über die bewerteten Einzelparameter gemittelt wird.“

Dies deckt sich mit der bereits in Abschnitt 4.1 zitierten Aussage:

„Folglich findet keine Aggregation der bestehenden Bewertung auf einer noch größeren Ebene, sondern eine Darstellung der Wirkzusammenhänge im Gewässersystem auf Wasserkörperebene statt“ (LAWA-AHB, Seite 83)

5 Übersicht der NRW-spezifischen Konkretisierungen

In der folgenden Tabelle 12 ist zusammengefasst dargestellt, welche Parameter und Auswertungen zum jetzigen Zeitpunkt aus welchem Grund nicht oder mit Abweichungen zum LAWA-AHB implementiert sind.

Tabelle 12: Konkretisierung der LAWA-Verfahrensbeschreibung für die Anwendung in NRW

Ebene	Parameter	Erläuterung
Bauwerk Standort	Nebengewässer	Werden berücksichtigt
	Standort	Berücksichtigung von Nebengewässern bei der Standortbildung
	Bauwerkstypen	NRW-spezifische Typen ergänzt
	Temporäre Sedimentdurchgängigkeit	Berücksichtigung als worst case wegen fehlender Daten
	Morphologischer Reifezustand	Berücksichtigung als worst case wegen fehlender Daten
	Verhältnis aktueller zu hpn Gewässerbreite	Nicht berücksichtigt, da wenig relevant
Wasserkörper	Morphologische Bedingungen	Geringfügige Anpassungen
	Longitudinale Sedimentdurchgängigkeit und Geschiebehalt	Wirklängen für einzelne Bauwerke ermittelt, nicht für Standorte
		Worst case bei fehlenden GS-Daten
	Geschiebetransport	Keine Berücksichtigung wegen zu großer Empfindlichkeit im Vergleich zur Datenlage
	Feinsedimenteintrag	Keine Berücksichtigung wegen fehlender Daten
	Schwebstoffhaushalt	Keine Berücksichtigung wegen fehlender Daten
Eingriffe in den Sedimenthaushalt	Keine Berücksichtigung wegen unklarer Definition	
Gewässersystem	Defizite im Oberwasser	Umgesetzt, aber mit Gewichtung anhand der Abflussverhältnisse
	Maßnahmen an Wasserkörpern	Keine Berücksichtigung wegen fehlender Daten
	Wechselwirkung von Seen mit Flusswasserkörpern	Umgesetzt soweit relevant

6 Ergebnisse

6.1 Bewertung der einzelnen Bauwerke

6.1.1 Implementierung

Die in Kapitel 2 beschriebenen Bewertungsregeln wurden in einer Nachschlagetabelle `sediment.bauwerkstyp_lookup` abgelegt.

Es wurde ein View `sediment.bauwerke` angelegt, der die nicht stillgelegten Bauwerke aus den Tabellen `quer.querbauwerke`, `quer.sonstiges_bauwerk` und `quer.stauanlage` zusammenführt.

Es wurde ein View `sediment.bauwerk_bewertung` angelegt, der den View `sediment.bauwerke` anhand des Bauwerktyps mit der Nachschlagetabelle verknüpft.

Die Visualisierung dieser Daten zeigte 11 offenkundige Koordinatenfehler, die zu beheben wären. Bis zu dieser Behebung wurden die fehlerhaft verorteten Bauwerke anhand der Stationierungsangaben in einem View `sediment.bauwerk_bewertung_ausreisser_korr` korrigiert. Es wurde ein zweiter View erzeugt, der die 11 falsch verorteten Bauwerke nicht enthält (`sediment.bauwerk_bewertung_ohne_ausreisser`). Schließlich wurden diese beiden Views zusammengeführt (`sediment.bauwerk_bewertung_alle`).

6.1.2 Ergebnisse

Das Resultat ist in Abbildung 10 dargestellt.

Die Ergebnisse für das in Arbeitspaket 1 zu betrachtende Fließgewässersystem Rur sind in Abbildung 11 dargestellt.

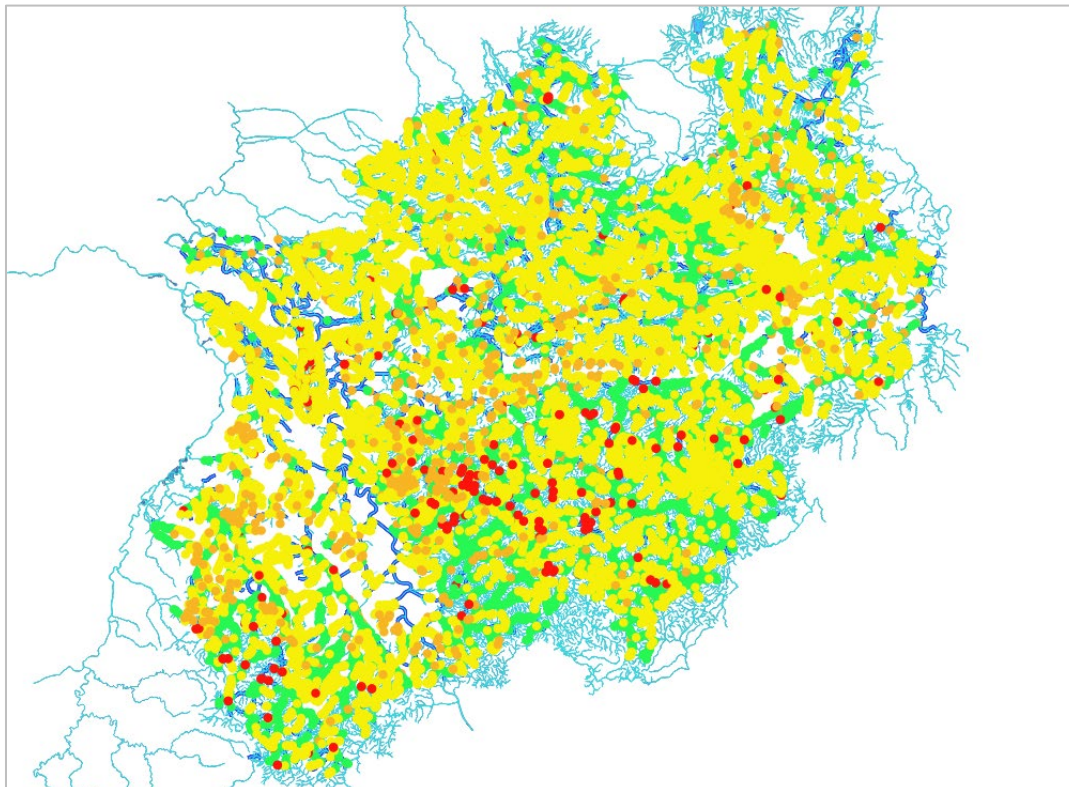


Abbildung 10: Bewertung der einzelnen Bauwerke am Standort (Übersicht)

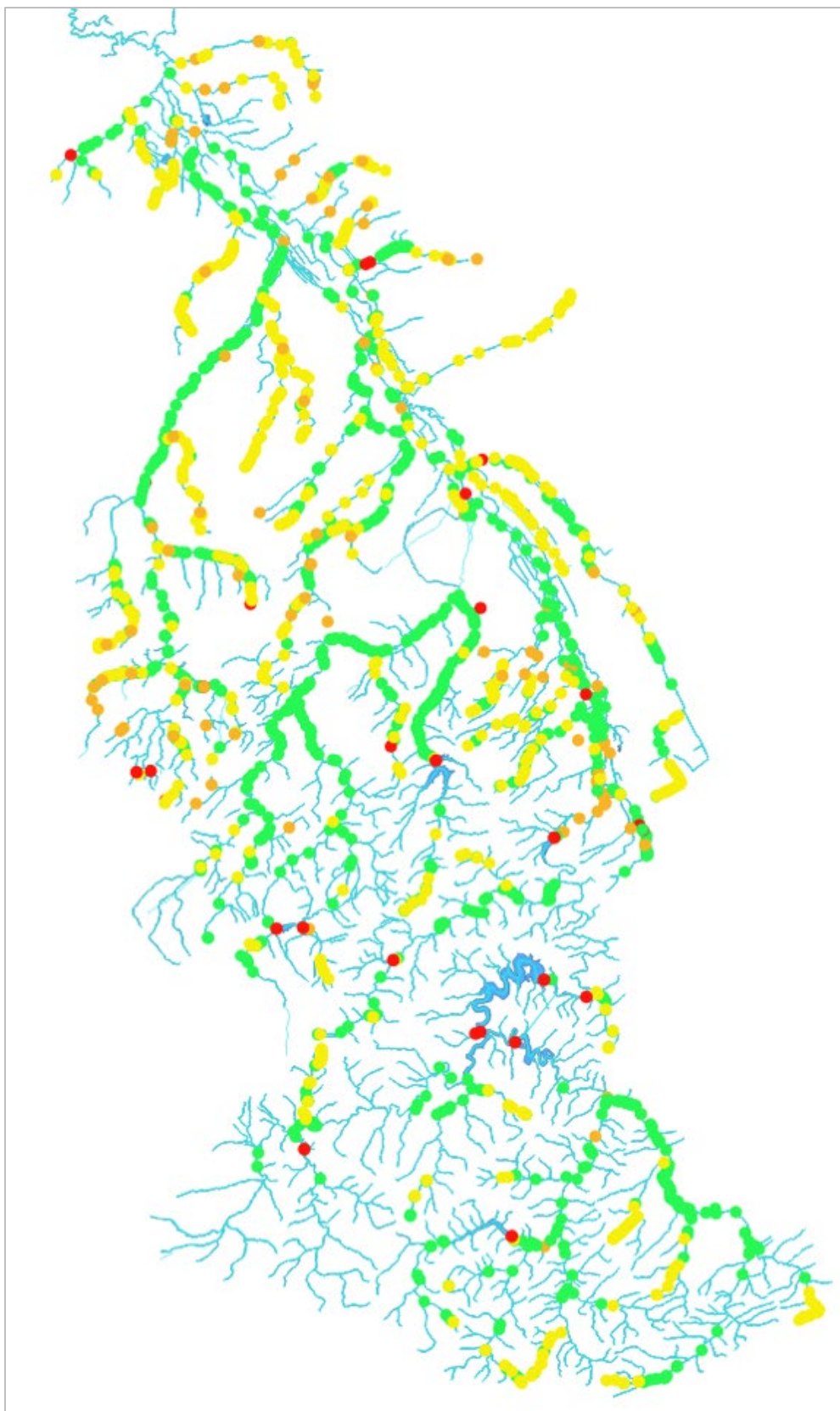


Abbildung 11: Bewertung der Bauwerke am Standort (Fließgewässersystem Rur)

6.1.3 Vorschläge zur Weiterentwicklung

Es wird vorgeschlagen, bei den Bauwerkstypen „Bewegliches Wehr“, „Hochwasserrückhaltebecken“ und „Schwelle“ im Rahmen der Datenpflege Zusatzinformationen zu erfassen und die Anwendung entsprechend zu erweitern:

Bei Bauwerkstyp „Bewegliches Wehr“:

Parameter „Über-/Unterströmung“ mit den Optionen

- Bauwerk ist überströmt
- Bauwerk ist phasenweise unter- und überströmt
- Bauwerk ist unterströmt
- Keine Angabe

Bei Bauwerkstyp „Hochwasserrückhaltebecken“:

Parameter „Über-/Unterströmung“ mit den Optionen

- Bauwerk ist überströmt
- Bauwerk ist phasenweise unter- und überströmt
- Bauwerk ist unterströmt
- Kein Dauerstau
- Keine Angabe

Bei Bauwerkstyp „Schwelle“:

Parameter „Art der Schwelle“

- Sohlschwelle
- Grundschwelle
- Keine Angabe

Entsprechend kann dann die Bewertung differenzierter erfolgen (Tabelle 13):

Tabelle 13: Differenzierte Bewertung beweglicher Wehre

Bauwerkstyp	Geschiebe	Schwebstoffe	morphologische Entwicklung
Bewegliches Wehr, überströmtes Bauwerk	4	3	4
Bewegliches Wehr, phasenweise unter- und überströmtes Bauwerk	3	2	3
Bewegliches Wehr, unterströmtes Bauwerk	2	2	3
Bewegliches Wehr, keine Angabe	4	3	4
Hochwasserrückhaltebecken, überströmtes Bauwerk	4	3	4
Hochwasserrückhaltebecken, phasenweise unter- und überströmtes Bauwerk	3	2	3
Hochwasserrückhaltebecken, unterströmtes Bauwerk	2	2	3
Hochwasserrückhaltebecken, kein Dauerstau	1	1	1
Hochwasserrückhaltebecken, keine Angabe	4	3	4
Schwelle, Grundschwelle	2	1	3
Schwelle, Sohlschwelle	1	1	2
Schwelle, keine Angabe	1	1	1

6.2 Bewertung der Wasserkörper

6.2.1 Implementierung

Die in Kapitel 3 beschriebene Bewertungsmethodik wurde in einem View sediment.bewertung_wk zusammengeführt.

Er führt folgende Views zusammen:

- sediment.index_mb_zu_ofwk,
- sediment.index_gh_zu_ofwk und
- sediment_3.index_lsdg_zu_ofwk,

in denen die die Einzelparameter Morphologische Bedingungen („mb“), Geschiebehaushalt („gh“) und Longitudinale Sedimentdurchgängigkeit („lsdg“) berechnet werden.

6.2.2 Ergebnisse

Die Verknüpfung der Bewertungsergebnisse mit den Geometrien der Oberflächenwasserkörper ergibt die folgende Darstellung (Abbildung 12).

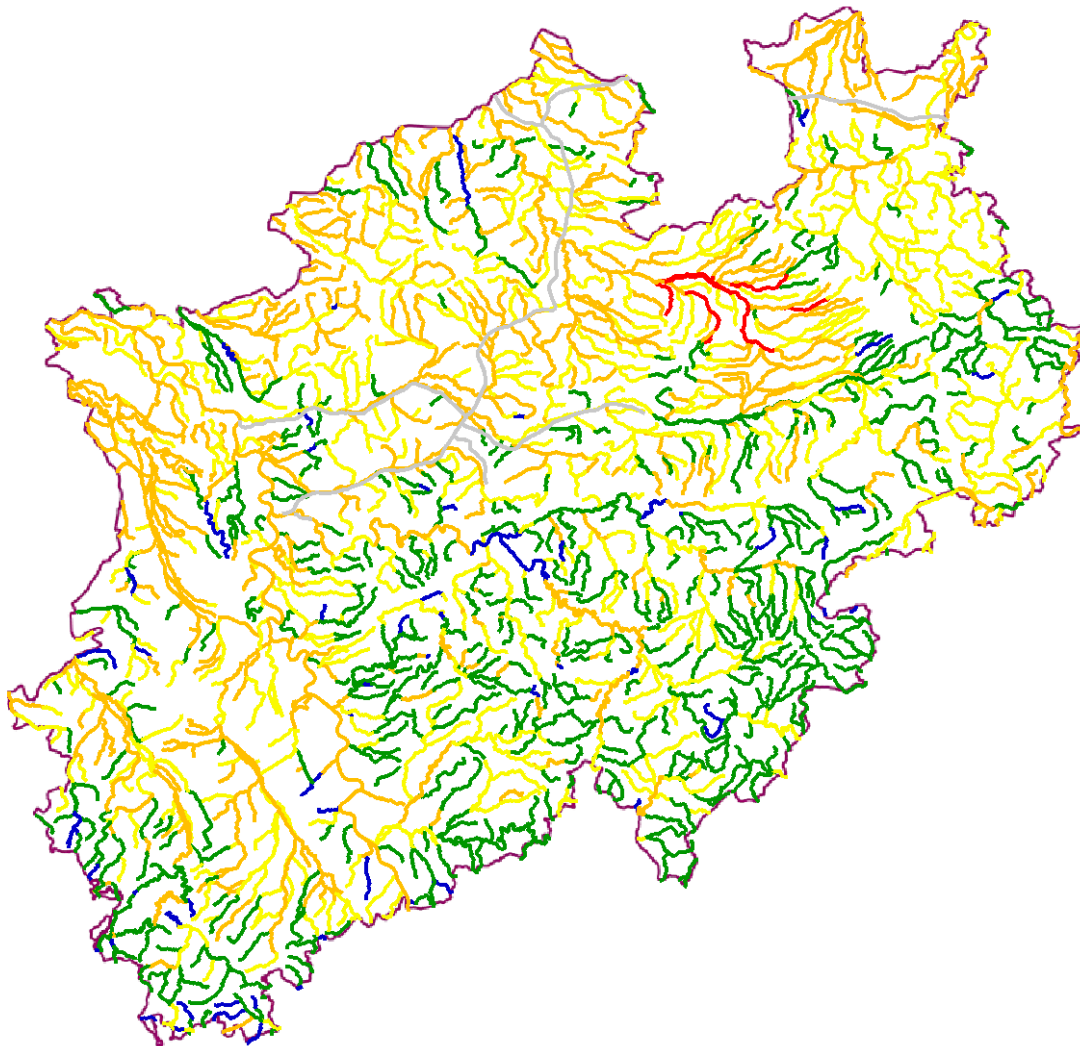


Abbildung 12: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit der Wasserkörper

6.2.3 Vorschläge zur Weiterentwicklung

Die hier vorgenommene Implementierung weicht insbesondere bezüglich der Berücksichtigung von Feinsedimenteintrag und Schwebstoffhaushalt von der LAWA-Verfahrensbeschreibung ab.

Es sollte eine fachliche Diskussion angestoßen werden mit dem Ziel, über die Notwendigkeit einer entsprechenden Erweiterung zu entscheiden.

Dies hätte einerseits erhebliche Aufwendungen zur Ermittlung und Pflege der benötigten Daten zur Folge. Andererseits ist eine Verbesserung der Datenbasis bzgl. Feinsedimenteintrag und Schwebstoffhaushalt möglicherweise auch für andere Betrachtungen und Maßnahmenableitungen von Interesse.

6.3 Bewertung der Wasserkörper im Gewässersystem

6.3.1 Implementierung

Die in Kapitel 4 beschriebene Bewertungsmethodik wurde in einem View `sediment.bewertung_im_gewaessersystem` zusammengeführt.

Er greift auf einen View `sediment.ofwk_struktur_rekursiv` zu, in dem für jeden Oberflächenwasserkörper alle oberhalb gelegenen Wasserkörper einschließlich deren Zuläufe sowie deren Entfernungen zum betreffenden OFWK ermittelt werden. Mit dieser Struktur werden die Abflussdaten (MQ) der Wasserkörper verknüpft, so dass für jeden Fall geprüft werden kann, ob die Bedingungen für eine Maluswirkung erfüllt sind.

6.3.2 Ergebnisse

Die Verknüpfung der Bewertungsergebnisse mit den Geometrien der Oberflächenwasserkörper liefert das folgende Ergebnis (Abbildung 13).

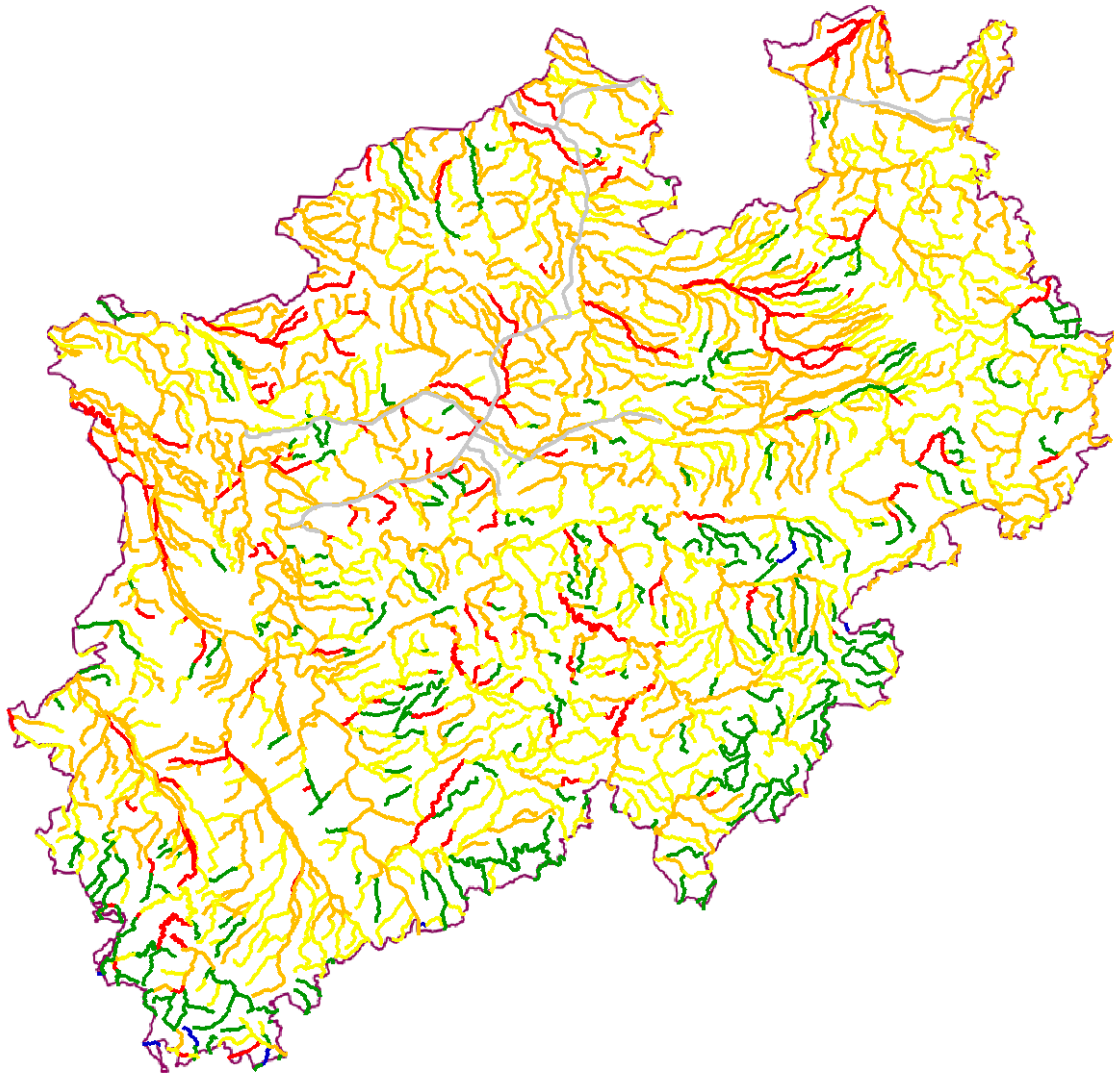


Abbildung 13: Bewertung der Wasserkörper im Gewässersystem

7 Implementierungskonzept

7.1 Vorbemerkung

Das Verfahren zur Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit wird als zusätzliche Funktionalität in die Anwendung Beach 3 WEB integriert.

An dieser Stelle werden die implementierten Strukturen und Funktionalitäten nur allgemein beschrieben. Eine detaillierte Dokumentation ist dem Anwenderhandbuch von Beach 3 WEB zu entnehmen.

7.2 Erweiterung der Datenbankstruktur

Die Anwendung Beach 3-WEB ist eine web-basierte Anwendung, die auf die Daten der Fachdatenbank "OWDB" zugreift. In dieser OW-Fachdatenbank wurde ein Schema „*sediment*“ neu angelegt. In diesem Schema werden alle für das Verfahren relevanten Tabellen und Datenbanksichten implementiert.

7.3 Erweiterung der Bedienoberflächen

7.3.1 Ergebnisdarstellung

In die Bedienoberfläche der Bauwerke wird eine Ansicht integriert, in der die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit für das jeweilige Bauwerk dargestellt wird.

7.3.2 Aktualisierung

Um eine adäquate Performanz bei den Abfragen zu gewährleisten, sind einige Datenbank-Views als sogenannte „materialized views“ implementiert. Das bedeutet, dass eine Veränderung der zugrundeliegenden Daten nicht automatisch zu einer Veränderung der Ausgabe dieser Views führt. Die Aktualisierung muss explizit angestoßen werden. Hierfür wird eine entsprechende Funktion implementiert, die nur Fachadministratoren zugänglich ist.

7.4 Exportschnittstellen

7.4.1 Auskünfte

Es wurden Auskünfte erstellt, die die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit für Bauwerke in den jeweiligen Formaten mit ausgeben.

7.4.2 Schnittstelle zu ELWAS-WEB

Der Zweck der Anwendung Beach 3 WEB ist die Verwaltung und Auswertung von Gewässerstruktur- und Bauwerksdaten. Die Ebene der Oberflächenwasserkörper oder Gewässersysteme ist bislang für die Nutzung der Software nicht relevant (außer ggf. als Filterkriterium zur Auswahl bestimmter Gewässerstrukturabschnitte oder Bauwerke).

An diesem Konzept soll nichts geändert werden. Ebenso wenig ist eine kartographische Visualisierung innerhalb von Beach 3 WEB vorgesehen, da dies die originäre Aufgabe von ELWAS-WEB ist.

Aus diesem Grund wurde eine Exportschnittstelle zu ELWAS-WEB in Form eines Datenbank-Views angelegt, welche die strukturellen und datentechnischen Vorgaben von ELWAS-WEB erfüllt und mit der die Bewertungsergebnisse auf Wasserkörper-Ebene in ELWAS-WEB visualisiert werden können.

Abkürzungsverzeichnis

ABAG	Allgemeine Boden-Abtrags-Gleichung
AHB	Anwenderhandbuch
ELWAS	Elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem
EP	Einzelparameter
LAWA	Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
MQ	mittlerer Abfluss
OFWK	Oberflächenwasserkörper
OWDB	Oberflächenwasserdatenbank
SDG	Sedimentdurchgängigkeit
TS	Teilstrecke
WK	Wasserkörper
WKA	Wasserkraftanlage
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bewertung der Einzelparameter je Bauwerkstyp	5
Abbildung 2:	Bewertung der Bauwerke am Standort (Übersicht).....	8
Abbildung 3:	Bewertung der Bauwerke am Standort (Fließgewässersystem Rur).....	9
Abbildung 4:	Visualisierung der fünf Beispiele für Teilstrecken	12
Abbildung 5:	Zusammenführung der Teilstrecken eines Standortes	12
Abbildung 6:	Vergleich der Szenarien mit (links) und ohne temporäre Sedimentdurchgängigkeit (rechts) aller Bauwerke im Teileinzugsgebiet Rur	14
Abbildung 7:	Gewässerstrukturdaten als Datenquelle für aktuelle Gewässerbreite und -tiefe (Ausschnitt des Kartierbogens).....	27
Abbildung 8:	Links: Wehebachtalsperre – Rechts: Rursee und Urfttalsperre – Beispiel für Fall a Beispiele für Fall b.....	36
Abbildung 9:	Blausteinsee und Lucherberger See – nicht verbunden mit dem Fließgewässersystem	36
Abbildung 10:	Bewertung der einzelnen Bauwerke am Standort (Übersicht)	40
Abbildung 11:	Bewertung der Bauwerke am Standort (Fließgewässersystem Rur).....	41
Abbildung 12:	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit der Wasserkörper	43
Abbildung 13:	Bewertung der Wasserkörper im Gewässersystem	45
Abbildung 14:	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit am Standort.....	52
Abbildung 15:	Bewertung des Wasserkörpers gemäß LAWA	53
Abbildung 16:	Lage der OFWK ohne Abflusszuordnung	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bewertung der Bauwerkstypen nach LAWA.....	6
Tabelle 2:	Bauwerkstypen in NRW	6
Tabelle 3:	Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit der Bauwerksarten/Bauwerkstypen in NRW.....	7
Tabelle 4:	Differenzierte Bewertung beweglicher Wehre	10
Tabelle 5:	Vergleich der Szenarien mit (links) und ohne temporärer Sedimentdurchgängigkeit (rechts) aller Bauwerke im Teileinzugsgebiet Rur (dazu wurden worst case Betrachtungen vorgenommen).....	15
Tabelle 6:	Vergleich der Szenarien mit (links) und ohne Berücksichtigung des Einflusses der Verhältnisse von aktueller zu heutiger potenziell natürlicher Gewässerbreite aller Bauwerke im Teileinzugsgebiet Rur	18
Tabelle 7:	Morphologische Wirklängen je nach Bewertung des Querbauwerksstandortes (Tabelle 4-12 des LAWA-AHB).....	24
Tabelle 8:	Benötigte Daten zur Berechnung der Geschiebetransportkapazität	27
Tabelle 9:	Bewertungsmatrix des Geschiebetransports nach LAWA-AHB.....	28
Tabelle 10:	Schema der Klassengrenzen	31
Tabelle 11:	Malusbewertung der Wasserkörper in einem Gewässersystem (aus LAWA-AHB).....	33
Tabelle 12:	Konkretisierung der LAWA-Verfahrensbeschreibung für die Anwendung in NRW	39
Tabelle 13:	Differenzierte Bewertung beweglicher Wehre	42
Tabelle A-1:	OFWK ohne Abflusszuordnung.....	56
Tabelle A-2:	Verteilung der OFWK auf die Entfernungsklassen	57
Tabelle A-3:	Zuflussbeziehungen mit offenkundig falschen Abflussverhältnissen	59

Literaturverzeichnis

- BUND-LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER – LAWA (2019): Verfahrensempfehlung "Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente". O.O.
- DVWK 87 (1988): Feststofftransport in Fließgewässern – Berechnungsverfahren für die Ingenieurpraxis, Schriften Heft Nr. 87, Parey Verlag, Hamburg. Zitiert nach LAWA (2019)
- DVWK 25 (1993): Mertens – Hydraulische und sedimentologische Berechnung naturnah gestalteter Fließgewässer. Mitteilung Nr. 25, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn. Zitiert nach LAWA (2019)
- 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>

Anhang 1: Einfluss der Aggregation von Bauwerken zu Standorten auf die Bewertung

Die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit am Standort erfolgt gemäß LAWA-Anwenderhandbuch nach dem folgenden Schema.

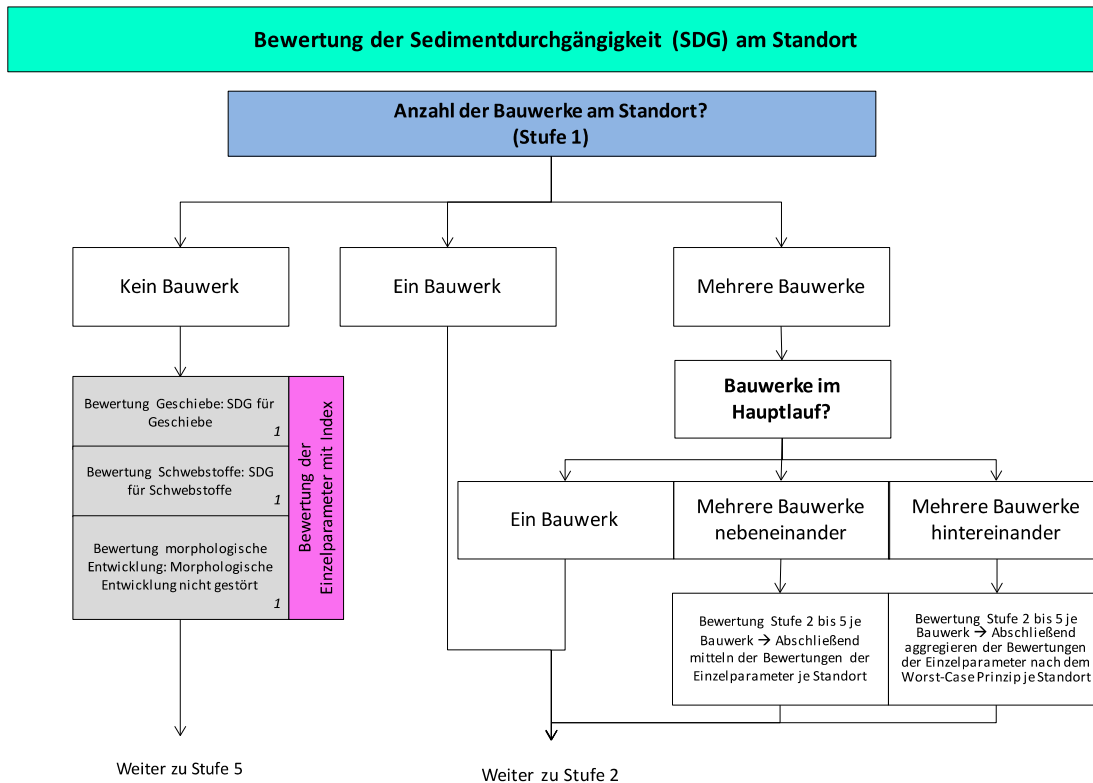


Abbildung 14: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit am Standort

Relevant sind die im rechten Ast („mehrere Bauwerke“) auftretenden Fälle.

- Befinden sich im Hauptlauf mehrere Bauwerke nebeneinander, ist eine Aggregation zu einem Standort unstrittig. Hier ergibt sich die Standortbewertung als arithmetisches Mittel.
- Liegen mehrere Bauwerke hintereinander, ergibt sich die Bewertung nach dem worst-case-Prinzip.

Die Bewertung des Wasserkörpers erfolgt dann gemäß dem folgenden Schema.

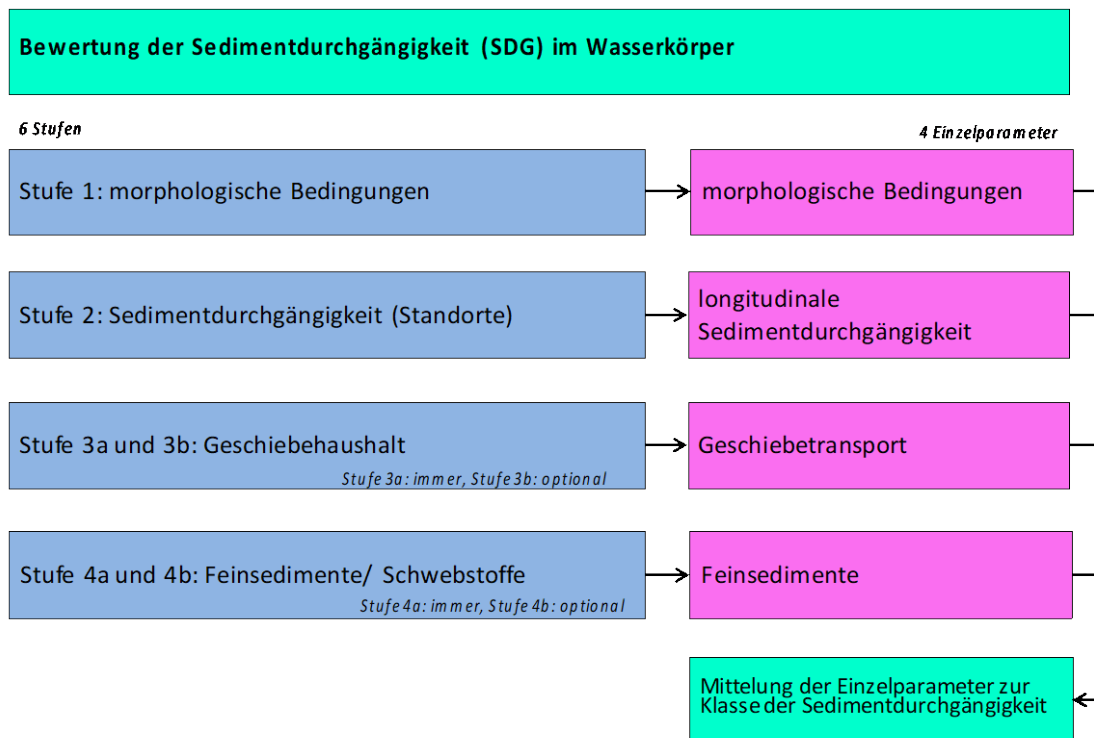


Abbildung 15: Bewertung des Wasserkörpers gemäß LAWA (aus LAWA-AHB)

In der Stufe 2 kommen also die Standorte zum Tragen. Daher soll noch einmal überprüft werden, was damit gemeint ist. Der Begriff „Bauwerksstandort“ ist im Glossar des Anwenderhandbuchs definiert als:

„Der Bauwerksstandort reicht von der Stauwurzel oder der Beschleunigungsstrecke bei mittlerem Abfluss (MQ) bis unterhalb der Mündung eines eventuell vorhandenen Unterwasserkanals. Im Bereich eines Standortes können sich weitere funktional verknüpfte Bauwerke befinden, z. B. Wasserkraftanlagen, Fischaufstiegsanlagen oder weitere Querbauwerke.“ (Seite 94)

Diese „Definition“ hat jedoch aus informationstechnischer Sicht zahlreiche Unschärfen:

1. Ein Bauwerksstandort ist hier als Strecke definiert (die natürlich auch die Länge 0 haben kann)
2. Wenn im Rahmen des Verfahrens keine Nebenläufe betrachtet werden, sollte zumindest klargestellt werden, dass bzw. ob mit den „weitere(n) funktional verknüpfte(n) Bauwerke(n)“ nur solche im Hauptlauf gemeint sind.
3. Wenn „im Bereich eines Standortes“ (wobei dieser „Standort“ sich zunächst auf 1 Bauwerk bezieht, aber einen „Bereich“/eine „Strecke“ darstellt) sich auch „weitere funktional verknüpfte Querbauwerke“ befinden können, was bedeutet das dann konkret? Wird das so definierte Konglomerat von mehreren Bauwerken als „Standort“ im Sinne unserer bisherigen Diskussion definiert?
4. Der Begriff „funktional verknüpft“ ist nicht definiert. Ist damit eine bautechnische, eine wasserwirtschaftliche, eine hydraulische oder z.B. eine gewässerökologische Funktionalität gemeint? Wie kann diese datentechnisch abgebildet (und für die Verknüpfung abgefragt) werden?

Zu dieser Stufe 2 ist ausgeführt:

„Für die Bewertung des Parameters longitudinale Sedimentdurchgängigkeit wird die Klassierung der Querbauwerksstandorte (vgl. Kap. 4.3.2) auf die größere Raumbene, den Wasserkörper, übertragen.“ (Seite 67)

Weiterhin heißt es dort:

„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.“ (Seite 68)

Während hier noch von „Standorten“ die Rede ist, heißt es dann im folgenden Abschnitt:

„Es wird empfohlen die Auswertung mit dem Bauwerk mit der schlechtesten Klassierung zu beginnen und sich zu den Bauwerken mit jeweils besseren Klassen durchzuarbeiten, da so die Überlappungsbereiche am effektivsten geprüft werden können.“ (Seite 68)

„(2) Als Mittelpunkt der morphologischen Wirklänge wird jeweils die Lage des Querbauwerkes im Standort definiert. Sollten mehrere Bauwerke hintereinander im Querbauwerksstandort vorliegen, so wird das maßgebende (vgl. worst-case Prinzip nach Kap. 4.3.1.1) als Mittelpunkt der morphologischen Wirklänge gewählt.“ (Seite 68)

Die für die WK-Bewertung (Stufe 2) maßgebliche „morphologische Wirklänge“ wird also nicht direkt aus dem Standort (der mit X bewertet ist) abgeleitet, sondern aus den einzelnen Bauwerken.

Das bedeutet aber, dass die Bildung von Standorten für die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit nur dann relevant ist, wenn mehrere Bauwerke parallel zueinander angeordnet sind. Liegen Bauwerke hintereinander, macht es für die Bewertung des Wasserkörpers keinen Unterschied, ob „Standorte“ gebildet werden oder nicht. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Gegeben sei ein Wasserkörper mit einer Länge von 10 km. In dessen Mitte (km 5,0) befindet sich ein überströmtes bewegliches Wehr QBW₁ mit einer Ausleitungsstrecke von 2 km. Kurz oberhalb der Einmündung des Ausleitungskanals (km 3,2) befindet sich eine Verrohrung QBW₂.

Der Einfachheit halber vernachlässigen wir weitere Faktoren und betrachten nur die Einzelparameter.

Dann ergeben sich folgende Einzelbewertungen:

$$QBW_1 (4+3+4)/3 = 11/3 = 3,67 \rightarrow \text{Klasse 4}$$

$$QBW_2 (3+2+3)/3 = 8/3 = 2,67 \rightarrow \text{Klasse 3}$$

Nach Tabelle 4-12 hat QBW₁ eine Wirklänge von „bis zu 5 km“, QBW₂ von „bis zu 2 km“⁶.

⁶ Es wird davon ausgegangen, dass mit der unscharfen Angabe „bis zu N km“ nicht etwa ein unbestimmtes Intervall gemeint ist, sondern dass die „Wirkung bis zu N km weit reicht“, die Wirklänge also N km beträgt.

Betrachtet man die Bauwerke einzeln, gäbe es zwei Wirkstrecken:

1. Eine 5 km lange Strecke von km 2,5 bis km 7,5.
2. Eine 2 km lange Strecke von km 2,2 bis km 4,2.

Da die beiden Strecken überlappen, ergibt sich:

QBW₁ km 2,5 bis km 7,5

QBW₂ km 2,2 bis km 2,5

und damit

$$Index_{LSDG} = \frac{4 \times 5 + 3 \times 0,3 + 10 - 5,3}{10} = \frac{24,4}{10} = 2,44$$

Wenn man nun die Definition des Bauwerksstandortes anwendet, liegt QBW₂ „im Bereich des „Standortes“ von QBW₁, da es sich ja dessen Stauwurzel und der Mündung des Ausleitungskanals befindet.

Nehmen wir an, wir könnten außerdem eindeutig entscheiden, dass die beiden Bauwerke „*funktional verknüpft*“ sind.

Dann ergibt sich gemäß Abbildung 4-4 (Seite 44) des Anwenderhandbuchs eine worst-case-Bewertung der Einzelparameter mit Klasse 4 als Endergebnis (Index: 3,67). Somit ergibt sich als Bewertung für den Wasserkörper (der jetzt genau einen Standort mit einer Wirklänge von „bis zu 5 km“ enthält):

$$Index_{LSDG} = \frac{4 \times 5 + 10 - 5}{10} = \frac{25}{10} = 2,5$$

Es resultiert also ein geringer Unterschied in Richtung „schlechterer Bewertung“. Dies muss grundsätzlich immer der Fall sein, da bei der Aggregation von nacheinander geschalteten Bauwerken das worst-case-Prinzip anzuwenden ist, während ohne Aggregation die weniger schlecht bewerteten Bauwerke zu einer wirkklängenabhängigen „Aufwertung“ führen.

Fazit

Die Bewertung von zu einem Standort aggregierten Bauwerken unterschiedlicher Bewertung (im Sinne unserer bisherigen Diskussion) führt zu einem geringfügig anderen Bewertungsergebnis für den Wasserkörper als die Einzelbetrachtung. Angesichts des erheblichen Aufwandes für die korrekte Standortbildung und die Schwierigkeiten, die sich aufgrund von Verzweigungen und Bifurkationen ergeben, wird daher die direkte Bewertung der Bauwerke präferiert.

Anhang 2: Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit im Gewässersystem

Gewichtung der Gewässerstrecken anhand des Abflusses

Es wurde vereinbart, dass bei der Berücksichtigung des Gewässersystems eine Gewichtung der Ober- und Nebenläufe anhand der Gewässergröße erfolgen sollte. Als relevante Kenngröße für die Gewichtung sollte der Abfluss verwendet werden.

Dazu wurden die regionalisierten MQ-Werte aus dem öffentlich zugänglichen Geodatenatz "Abwasseranteil (kumuliert) im Gewässer ausgehend von kommunalen Kläranlagen in NRW (2020)" verwendet (https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/wasser/abwasser/AbwAnteilKomKlaeranlagen_EPSG25832_Geodatabase.zip). Die Daten wurden in die Projektdatenbank importiert.

Zuordnung zu den OFWK

Die Layer "gsk3e_ofwk3e_linie_entwurf" und "gewaesser_mq_mnq_abwasseranteil_kom_ka_2020" wurden anhand der Gewässerkennzahl (GEWKZ 3C) verknüpft, die Ergebnismenge dann nach den Differenzen der Anfangs-Stationierungen (STAT_VON) aufsteigend sortiert und daraus dann eine eindeutige Auswahl anhand der OFWK-ID gebildet. Auf diese Weise wurde für jeden OFWK dasjenige Segment (mit MQ-Wert) ausgewählt das seinem Auslasspunkt am nächsten liegt.

Ergebnisse

Von 1.723 OFWK konnten 21 keine Daten zugeordnet werden. Dabei handelte es sich um 13 Schifffahrtskanäle und 8 natürliche OFWK. Letzteren konnten keine Daten zugeordnet werden, da sie nicht in dem Layer der kumulierten Abwasseranteile enthalten sind (siehe Abbildung 16 und Tabelle 14).

Tabelle 14: OFWK ohne Abflusszuordnung

OFWK 3E ID	GewKZ 3E	Gewässername
DE_NRW_282132_0	282132	Schwarzbach
DE_NRW_282992_4170	282992	Buschbach
DE_NRW_28142_6254	28142	Senserbach
DE_NRW_279924_1721	279924	Hauptwässerung
DE_NRW_3182_0	3182	Remseder
DE_NRW_27964_0	27964	Neue Ley
DE_NRW_9286472_5931	9286472	Ravenshorster
DE_NRW_271854_9322	271854	Dreisbach



Abbildung 16: Lage der OFWK ohne Abflusszuordnung

Zur Qualitätssicherung der Ergebnisse wurden die berechneten Entfernungen zwischen den zugeordneten Geometrien ausgegeben und ausgewertet. Auf die 1.702 zugeordneten OFWK verteilen sich die Entfernungen wie folgt (Tabelle 15).

Tabelle 15: Verteilung der OFWK auf die Entfernungsklassen

Entfernungsklasse	Anzahl OFWK
< 10 m	1.007
10 - 50 m	117
50 - 100 m	56
100 - 500 m	239
500 - 1.000 m	128
1.000 - 5.000 m	140
5.000 - 10.000 m	13
≥ 10.000 m	2

Bei den 15 OFWK mit einer Entfernung von mehr als 5.000 m handelt es sich um Fälle, bei denen das Gewässersegment aus dem Layer mit MQ-Werten nicht an der OFWK-Grenze unterteilt ist. Der zugeordnete MQ ist also tendenziell zu gering.

Wie sich zeigt, ist die angewendete Methodik potenziell fehlerbehaftet. Für die abschließende Berechnung wurden durch das LANUV korrigierte Daten bereitgestellt (siehe Abschnitt „Abschließende Implementierung“).

Berechnung der potenziellen Malus-Einflüsse von Oberläufen

Methodik

Für jeden Oberflächenwasserkörper (OFWK3E) wurden die ihm zufließenden OFWK ("Zufluss") ermittelt und zugeordnet. Außerdem wurden die Entfernungen der Zuflüsse und die Positionen ihrer effektiven Einmündung in OFWK3E ermittelt.

Den sich so ergebenden Paarungen OFWK3E <-> Zufluss wurden jeweils die Bewertungsergebnisse (inklusive der manuellen Bewertung von Talsperren dominierten OFWK mit Klasse 5) sowie die nach der oben beschriebenen Methode bestimmten mittleren Abflüsse zugeordnet.

Anhand der im LAWA-Anwenderhandbuch festgelegten Regeln wurde sodann für jede Paarung der potenzielle Malus ohne Berücksichtigung der Abflussverhältnisse bestimmt. Anschließend wurde für jedes der folgende Abflussverhältnisse $MQ_{\text{Zufluss}} : MQ_{\text{OFWK3E}}$ (0,5 — 0,45 — 0,4 — 0,35 — 0,3333 — 0,3 — 0,25) der potenzielle Malus berechnet. Dies alles wurde in einem Datenbank-View implementiert (bewertung_wk_im_system_mit_ts_und_abfluss).

Ergebnisse

Zusammenstellung aller möglichen Maluswirkungen

Es ergeben sich insgesamt 10.623 Paarungen. In 32 Fällen (siehe Tabelle 16) sind die MQ-Werte der Zuläufe größer als die der Hauptläufe. Dies ist offenkundig falsch und eine Folge der in Abschnitt 1 beschriebenen möglichen Fehler in der Zuordnung von Abflussdaten.

Tabelle 16: Zuflussbeziehungen mit offenkundig falschen Abflussverhältnissen

Zufluss	MQ (Zufluss) [m ³ /s]	OFWK 3E	MQ (OFWK 3E) [m ³ /s]
DE_NRW_258112_0	0,52264	DE_NRW_258_174675	0,03651
DE_NRW_258112_0	0,52264	DE_NRW_258_170144	0,03651
DE_NRW_258114_0	0,25667	DE_NRW_258_174675	0,03651
DE_NRW_258114_0	0,25667	DE_NRW_258_170144	0,03651
DE_NRW_25812_0	0,83077	DE_NRW_258_170144	0,03651
DE_NRW_25812_0	0,83077	DE_NRW_258_174675	0,03651
DE_NRW_258132_0	0,3876	DE_NRW_258_170144	0,03651
DE_NRW_27446_0	0,26189	DE_NRW_2744_21700	0,21253
DE_NRW_2744_1070	0,58237	DE_NRW_2744_0	0,55899
DE_NRW_27512222_0	0,07596	DE_NRW_2751222_0	0,06156
DE_NRW_27512222_0	0,07596	DE_NRW_27512_4235	0,00916
DE_NRW_27512224_0	0,08841	DE_NRW_2751222_0	0,06156
DE_NRW_27512224_0	0,08841	DE_NRW_27512_4235	0,00916
DE_NRW_2751222_0	0,06156	DE_NRW_27512_4235	0,00916
DE_NRW_275122_0	0,97344	DE_NRW_27512_4235	0,00916
DE_NRW_27562_0	0,19806	DE_NRW_2756_32315	0,12629
DE_NRW_276212_0	0,45264	DE_NRW_2762_59920	0,18679
DE_NRW_27742_0	0,13133	DE_NRW_2774_11673	0,08916
DE_NRW_27742_2400	0,09007	DE_NRW_2774_11673	0,08916
DE_NRW_278382_0	0,44342	DE_NRW_27838_4425	0,29585
DE_NRW_278382_4300	0,31302	DE_NRW_27838_4425	0,29585
DE_NRW_2783842_0	0,38364	DE_NRW_278384_1870	0,33656
DE_NRW_2783842_3900	0,38364	DE_NRW_278384_1870	0,33656
DE_NRW_278_117800	31,74804	DE_NRW_278_91760	31,14305
DE_NRW_2799222_0	0,21124	DE_NRW_27992_6389	0,21037
DE_NRW_279922_0	0,25336	DE_NRW_27992_6389	0,21037
DE_NRW_28248_16990	0,26136	DE_NRW_28248_13190	0,24145
DE_NRW_282882_0	0,10608	DE_NRW_28288_0	0,09188
DE_NRW_282882_2500	0,10578	DE_NRW_28288_0	0,09188
DE_NRW_31112_0	0,18064	DE_NRW_3_353861	0,17706
DE_NRW_3128_0	2,28548	DE_NRW_312_949	0,93878
DE_NRW_4642_0	0,49172	DE_NRW_464_17470	0,1996

Eine genauere Prüfung zeigt, dass bei keinem dieser Fälle ein relevanter Malus ohne Berücksichtigung der Abflussverhältnisse auftritt. Daher ist der Fehler für die Bewertung nicht relevant. Dennoch können auch weniger extreme Fehler die Verhältnisbestimmung verfälschen. Vor endgültiger Inbetriebnahme des Verfahrens müssen daher zwingend die MQ-Zuweisungen korrigiert werden!

Aggregation auf Wasserkörper

Die Gesamtmenge der Zuflusskombinationen wird für die abschließende Bewertung der OFWK im Gewässersystem aggregiert. Im LAWA-Anwenderhandbuch ist festgelegt, dass im Falle mehrerer Malus-Wirkungen durch Zuläufe keine Addition erfolgt, sondern nur der jeweils stärkste Malus zum Tragen kommt. Somit können die Datensätze durch einfache Maximum-Aggregation zusammengeführt werden.

Nach fachlicher Prüfung wurde festgelegt, dass das Verhältnis $MQ_{\text{Zufluss}} : MQ_{\text{OFWK3E}} = 1 : 3$ (0,333) als Grenzwert für die Berücksichtigung der Maluswirkungen von Oberläufen verwendet werden soll. D.h., ein Zufluss, der die Bedingungen bzgl. Entfernung und Bewertung gemäß LAWA-Anwenderhandbuch erfüllt, übt nur dann eine Maluswirkung aus, wenn sein mittlerer Abfluss mindestens ein Drittel des betrachteten OFWK beträgt.

Abschließende Implementierung

Für die abschließende Implementierung wurde durch das LANUV NRW eine Tabelle mit MQ-Daten der Oberflächenwasserkörper zur Verfügung gestellt. Mit dieser wurde die oben beschriebene Aggregation der Ergebnisse vorgenommen.

Für diese Abflussdaten gelten folgende Hinweise:

- MQ-Werte können nicht für die OFWK der Schifffahrtskanäle angegeben werden, da hier fachlich keine sinnvolle Modellierung möglich war.
- Für Gewässer ohne modellierte Abflusskennwerte (Landesgrenze) wurden Angaben zur Spende von räumlich angrenzenden OFWK übernommen.
Es wurden nicht die MQ-Werte auf die OFWK3E übertragen, sondern die MQ-Spenden. Diese wurden dann mit der Einzugsgebietsgröße des OFWK multipliziert und ergeben so das MQ am Ende des OFWK.
- Es kann sein, dass das MQ eines Zuflusses größer ist als das MQ im Vorfluter. Dieses kann an folgenden Punkten liegen:
 - In der Realität sind die Verhältnisse tatsächlich so, z.B.: Einmündung der Pader in die Lippe.
 - Die Art der Modellierung kann in Einzelfällen zu solchen Werten führen. Es wird immer nur das Gesamteinzugsgebiet für die Ermittlung von MQ betrachtet. Es wird nicht das Teileinzugsgebiet eines Gewässers betrachtet und dann werden die MQ-Werte aus den Teileinzugsgebieten und zufließenden Gewässern addiert.

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Dr. Andreas Müller, Julius Kranl, Stephanie Gschrei (chromgruen Planungs- und Beratungs- GmbH & Co. KG), Tanja Pottgiesser (umweltbüro essen), Stefan Behrens, Dr. Armin Münzinger, Dr. Karin Schäfer, Ann-Kristin Schultze (alle LANUV NRW)
Veröffentlichung	August 2023
Titelbild	Tanja Pottgiesser
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachberichte
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de