

**Bewertungsrobustheit der Gewässerstrukturkartierung
nach dem Deutschen Vor-Ort-Verfahren**

Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)

der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von

Georg Meier

aus

Amberg

Bonn, März 2016

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Thomas Zumbroich

2. Gutachter: Prof. Dr. Bernd Diekkrüger

Tag der Promotion: 28.06.2016

Erscheinungsjahr: 2016

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Danksagung..... | I |
| Abbildungsverzeichnis..... | II |
| Tabellenverzeichnis..... | IV |
| Abkürzungen..... | VII |
| Einleitung..... | 1 |
| Zielsetzung der Arbeit..... | 5 |
| 1 Stand der Wissenschaft..... | 7 |
| 1.1 Begriffsbestimmung..... | 7 |
| 1.2 Entwicklungen der fluvialmorphologischen Forschung..... | 8 |
| 1.3 Fluvialmorphologische Systemkomponenten..... | 10 |
| 1.4 Fluvialmorphologische Fließgewässertypisierung..... | 15 |
| 1.5 Hydromorphologische Bewertungsverfahren..... | 22 |
| 2 Herleitung der Forschungsfragen..... | 33 |
| 2.1 Verfahrensvarianten der Gewässerstrukturkartierung in Deutschland..... | 33 |
| 2.2 Das LAWA-VO-Verfahren als visuelles Bewertungsverfahren..... | 38 |
| 2.3 Bewertungsvarianten des LAWA-VO-Verfahrens..... | 40 |
| 2.4 Forschungsfragen..... | 52 |
| 3 Untersuchungsgebiet und Daten..... | 53 |
| 3.1 Untersuchungsgebiet..... | 53 |
| 3.1.1 Geographie, Geologie, Klima und Gewässernetz..... | 53 |
| 3.1.2 Fließgewässerräume..... | 57 |
| 3.1.3 Fließgewässertypen..... | 60 |
| 3.2 Daten..... | 66 |
| 4 Methoden..... | 79 |
| 4.1 Statistische Analyseverfahren..... | 80 |
| 4.1.1 Robustheitsmaß (RM)..... | 80 |
| 4.1.2 Zusammenfassende Statistik der Bewertungsabweichungen..... | 82 |
| 4.1.3 Häufigkeitsverteilung..... | 82 |
| 4.1.4 Signifikanztest..... | 83 |
| 4.1.5 Korrelationstest..... | 83 |
| 4.1.6 Schrittweise Regression..... | 84 |
| 4.2 Einzelfallbetrachtung..... | 84 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5 | Ergebnisse..... | 87 |
| 5.1 | Inter-Rating-Bias | 87 |
| 5.2 | Inter-Assessor-Bias | 121 |
| 5.3 | Inter-Version-Bias..... | 145 |
| 5.4 | Ergebniszusammenfassung..... | 171 |
| 6 | Diskussion | 175 |
| 7 | Zusammenfassung..... | 185 |
| 8 | Abstract..... | 189 |
| 9 | Literatur..... | 193 |
| | Anhang I: Erhebungsbögen der HESSEN- und BAWÜ-Versionen..... | 209 |
| | Anhang II: Parametervergleich der HESSEN- und BAWÜ-Versionen..... | 217 |
| | Anhang III: Indexdotierungen der HESSEN- und BAWÜ-Versionen | 221 |
| | Anhang IV: Beispieldatensatz – Ausgefüllter Erhebungsbogen | 231 |

Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie meinen zwei Betreuern Prof. Dr. Thomas Zumbroich und Prof. Dr. Bernd Dieckkrüger für ihre geduldige Unterstützung.

Des Weiteren möchte ich Prof. Dr. Jackson Roehrig des Instituts für Technologie und Ressourcenmanagement in den Tropen und Subtropen (ITT) der Technischen Hochschule Köln für seine Unterstützung bei der Diskussion der hier bearbeiteten Forschungsfragen danken.

Ein besonderes Dankeschön geht an alle Korrektoren für ihre kritischen und nützlichen Rückmeldungen: Dipl.-Medienwirtin Barbara Lamberty, Dr. Maxime Souvignet, M. Sc. Santiago Penedo und Prof. Dr. Lars Ribbe.

Zu guter Letzt danke ich den Verantwortlichen der Administration de la gestion de l'eau des Großherzogtums Luxemburg – insbesondere Herrn Henri Hansen – für die Bereitstellung der Strukturdaten.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Abbildung 1-1: Einflussgrößen der Fließgewässerformgebung..... | 11 |
| Abbildung 1-2: Raum-Zeit-Modell der morphologischen Gewässerentwicklung..... | 13 |
| Abbildung 1-3: Begriffe der hydromorphologischen Fließgewässerbewertung..... | 23 |
| Abbildung 1-4: Vergleich von 29 europäischen, hydromorphologischen Bewertungsverfahren..... | 31 |
| Abbildung 2-1: Genereller Ablauf der Gewässerstrukturbewertung..... | 35 |
| Abbildung 2-2: Beispiel für natürliche Variabilität von Strukturelementen..... | 39 |
| Abbildung 2-3: Verfahrensablauf der HESSEN-Version..... | 50 |
| Abbildung 3-1: Luxemburg – Naturräume, Landnutzung und Fließgewässer..... | 54 |
| Abbildung 3-2: Geologische Karte Luxemburgs..... | 56 |
| Abbildung 3-3: Fließgewässerräume und -typen Luxemburgs..... | 59 |
| Abbildung 3-4: Beispiel für den Fließgewässertyp I..... | 61 |
| Abbildung 3-5: Beispiel für den Fließgewässertyp II..... | 62 |
| Abbildung 3-6: Beispiel für den Fließgewässertyp III..... | 63 |
| Abbildung 3-7: Beispiel für den Fließgewässertyp IV..... | 64 |
| Abbildung 3-8: Beispiel für den Fließgewässertyp V..... | 65 |
| Abbildung 3-9: Beispiel für den Fließgewässertyp VI..... | 65 |
| Abbildung 3-10: Gewässernetz (OWK) Luxemburgs und untersuchte Gewässerstrecken..... | 67 |
| Abbildung 3-11: Zusammenfassende Statistik der Gesamtbewertungen (Indexwerte)..... | 69 |
| Abbildung 3-12: Strukturklassenanzahl und -anteile der Abschnittsgesamtbewertung..... | 70 |
| Abbildung 3-13: Strukturklassenanzahl und -anteile je Gewässerbereich..... | 70 |
| Abbildung 3-14: Typische Gewässersituation im ländlich geprägten Luxemburg..... | 71 |
| Abbildung 3-15: Strukturklassenanzahl und -anteile je Hauptparameter..... | 72 |
| Abbildung 3-16: Anteile der Einzelparameterbewertungen..... | 74 |
| Abbildung 5-1: Aufwertungs- und Abwertungsspannweiten der Strukturklassen..... | 90 |
| Abbildung 5-2: Boxplot der Indexwerte je Hauptparameter..... | 91 |
| Abbildung 5-3: Boxplot der Bewertungsabweichungen durch BIAS-A1 je Hauptparameter..... | 91 |
| Abbildung 5-4: Abweichung zwischen Gewässerseiten bzgl. HP-5 und HP-6..... | 97 |
| Abbildung 5-5: Beispiel für gleich Ufer- und abweichende Landbewertung..... | 98 |
| Abbildung 5-6: Bewertungsabweichungen von HP-5 und HP-6 zwischen Gewässerseiten..... | 103 |
| Abbildung 5-7: Beispiel für Abweichung des Hauptparameters HP-6 (Gewässerumfeld)..... | 104 |
| Abbildung 5-8: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-1 aufgrund des Faktors IRB-B..... | 111 |
| Abbildung 5-9: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-2 aufgrund des Faktors IRB-B..... | 112 |
| Abbildung 5-10: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-3 aufgrund des Faktors IRB-B..... | 113 |
| Abbildung 5-11: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-4 aufgrund des Faktors IRB-B..... | 114 |
| Abbildung 5-12: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-5 aufgrund des Faktors IRB-B..... | 115 |
| Abbildung 5-13: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-6 aufgrund des Faktors IRB-B..... | 116 |
| Abbildung 5-14: Beitrag der IRB-Teilfaktoren zum Inter-Rating-Bias..... | 119 |
| Abbildung 5-15: Übergangsbereich zwischen Mäandertal- und Auetalgewässer..... | 129 |
| Abbildung 5-16: Robustheitsmaß der Einzelparameter bei angepasster Typzuweisung..... | 137 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 5-17: Bestimmung der Profiltiefe | 141 |
| Abbildung 5-18: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-1 (Laufentwicklung) durch IVB ... | 159 |
| Abbildung 5-19: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-2 (Längsprofil) durch IVB..... | 161 |
| Abbildung 5-20: Beispiel für Bewertungsabweichung des Hauptparameters HP-3 | 163 |
| Abbildung 5-21: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-4 (Querprofil) durch IVB | 165 |
| Abbildung 5-22: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-5 (Uferstruktur durch IVB)..... | 167 |
| Abbildung 5-23: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-6 (Gewässerumfeld) durch IVB ... | 169 |
| Abbildung 6-1: Vergleich der Erfassungsschwierigkeit und des Robustheitsmaßes | 177 |
| Abbildung 6-2: Gegenüberstellung der Robustheitsmaße zweier Studien | 178 |
| Abbildung 6-3: Fiktives Beispiel für Parameterausprägungen des EP-6.2..... | 179 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Tabelle 1-1: Hydromorphologische Qualitätskomponente der WRRL..... | 27 |
| Tabelle 1-2: Beurteilungskategorien, Merkmale und Einzelparameter gem. EN 14614:2004 | 29 |
| Tabelle 1-3: Ökomorphologische Bewertungsparameter gem. EN 15843:2010..... | 30 |
| Tabelle 2-1: Wesentliche Unterschiede der untersuchten Strukturkartierungsverfahren. | 36 |
| Tabelle 2-2: Morphologische Fließgewässertypen der NRW-Version..... | 40 |
| Tabelle 2-3: Klassifizierung der Indexwerte zu Gewässerstrukturgüteklassen..... | 41 |
| Tabelle 2-4: Bewertungsebenen gem. der HESSEN- bzw. NRW-Version | 42 |
| Tabelle 2-5: Bewertungseigenschaften der Einzelparameter der HESSEN-Version | 45 |
| Tabelle 2-6: Teilfaktor IRB-A1 – Beispiel für Bewertungsabweichungen. | 46 |
| Tabelle 2-7: Teilfaktor IRB-A2 – Beispiel für Bewertungsabweichungen. | 48 |
| Tabelle 2-8: Teilfaktor IRB-A3 – Beispiel für Bewertungsabweichungen. | 49 |
| Tabelle 2-9: Teilfaktor IRB-B – Beispiel für Bewertungsabweichungen..... | 51 |
| Tabelle 3-1: Gesamtlänge und Anteil der Fließgewässertypen Luxemburgs. | 60 |
| Tabelle 3-2: Anzahl und Anteil der Kartierungsabschnitte je Gewässertyp. | 68 |
| Tabelle 3-3: Anzahl und Anteile der Strukturbewertungen je Bewertungsebene. | 73 |
| Tabelle 3-4: Anzahl und Anteile der Strukturbewertungen der Einzelparameter..... | 75 |
| Tabelle 3-5: Beschreibung der bzgl. des Inter-Assessor-Bias untersuchten Gewässer. | 76 |
| Tabelle 3-6: Taltypen der HESSEN-Version und BAWÜ-Version..... | 77 |
| Tabelle 3-7: HESSEN-Taltypen und abgeleitete Lauftypen der BAWÜ-Version..... | 77 |
| Tabelle 3-8: Berücksichtigte Parameter inkl. Kennzahl der untersuchten Verfahrensversionen. | 78 |
| Tabelle 4-1: Vergleiche auf unterschiedlichen Bewertungsebenen je Teiluntersuchung. | 79 |
| Tabelle 4-2: Klassierung der Werte des Robustheitsmaßes (RM). | 81 |
| Tabelle 5-1: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor A1..... | 88 |
| Tabelle 5-2: Klassifizierung der Indexwerte zu Strukturklassen. | 89 |
| Tabelle 5-3: Max. Aufwertung bzw. Abwertung durch Klassierung..... | 90 |
| Tabelle 5-4: Abweichung der Gesamtbewertung aufgrund des Faktors IRB-A1. | 92 |
| Tabelle 5-5: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor A2..... | 93 |
| Tabelle 5-6: Bewertungsabweichungen durch IRB-A2 auf Hauptparameter-Ebene. | 94 |
| Tabelle 5-7: Wert- und Schadparameter der Hauptparameter HP-5 und HP-6. | 94 |
| Tabelle 5-8: Hauptparameter HP-5 – Bewertungsabweichung durch einseitigen Uferverbau. | 96 |
| Tabelle 5-9: Hauptparameter HP-5 – Bewertungsabweichung durch beidseitigen Uferverbau..... | 96 |
| Tabelle 5-10: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor A3 | 100 |
| Tabelle 5-11: Bewertungsabweichungen durch IRB-A3 auf Hauptparameter-Ebene. | 101 |
| Tabelle 5-12: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor B..... | 105 |
| Tabelle 5-13: Bewertungsabweichungen durch IRB-B auf Hauptparameter-Ebene..... | 106 |
| Tabelle 5-14: Ursachen für deutliche Bewertungsunterschiede durch den Teilfaktor IRB-B..... | 108 |
| Tabelle 5-15: Bewertungsabweichungen aufgrund des IRB-B je Ursache und Hauptparameter..... | 108 |
| Tabelle 5-16: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Alle Teilfaktoren. | 118 |
| Tabelle 5-17: Beitrag der IRB-Teilfaktoren zum Inter-Rating-Bias. | 119 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 5-18: Statistische Auswertung des Inter-Assessor-Bias auf Ebene der Gesamtbewertung. | 123 |
| Tabelle 5-19: Bewertungsabweichungen durch IAB auf Hauptparameter-Ebene..... | 125 |
| Tabelle 5-20: Abweichungsvergleich zwischen Gesamtbewertung und Hauptparameter..... | 126 |
| Tabelle 5-21: Beispiele für Unterschied zwischen absoluter und reeller Bewertungsabweichung. . | 126 |
| Tabelle 5-22: Beeinflussung des Robustheitsmaßes durch den Faktor „Typzuweisung“..... | 131 |
| Tabelle 5-23: Bewertungsabweichungen durch IAB (Originale Typzuweisung)..... | 132 |
| Tabelle 5-24: Bewertungsabweichungen durch IAB (Angepasste Typzuweisung)..... | 133 |
| Tabelle 5-25: Statistische Zusammenfassung des IAB (Originale Typzuweisung). | 134 |
| Tabelle 5-26: Statistische Zusammenfassung des IAB (Angepasste Typzuweisung). | 135 |
| Tabelle 5-27: Statistische Auswertung des Inter-Version-Bias auf Ebene der Gesamtbewertung.. | 149 |
| Tabelle 5-28: Vergleich des Inter-Version-Bias mit und ohne den Einfluss des Inter-Rating-Bias. | 150 |
| Tabelle 5-29: Wirkung der IVB-Teilfaktoren auf die Bewertungsrobustheit der Hauptparameter. | 151 |
| Tabelle 5-30: Inter-Version-Bias auf Hauptparameter-Ebene. | 152 |
| Tabelle 5-31: Inter-Version-Bias auf Einzelparameter-Ebene. | 155 |
| Tabelle 5-32: Statistik des Inter-Version-Bias auf Einzelparameter-Ebene. | 155 |
| Tabelle 5-33: Robustheit der Haupt- und Einzelparameter gegenüber dem Inter-Version-Bias | 156 |
| Tabelle 5-34: Beispiel für Abweichung des HP-1 (Laufentwicklung) aufgrund des IVB | 159 |
| Tabelle 5-35: Beispiel für Abweichung des HP-2 (Längsprofil) aufgrund des IVB | 161 |
| Tabelle 5-36: Beispiel für Abweichung des HP-3 (Sohlstruktur) aufgrund des IVB..... | 163 |
| Tabelle 5-37: Beispiel für Abweichung des HP-4 (Querprofil) aufgrund des IVB..... | 165 |
| Tabelle 5-38: Beispiel für Abweichung des HP-5 (Uferstruktur) aufgrund des IVB..... | 167 |
| Tabelle 5-39: Beispiel für Abweichung des HP-6 (Gewässerumfeld) aufgrund des IVB | 169 |
| Tabelle 5-40: Zusammenfassung der Verfahrensrobustheit auf allen Bewertungsebenen. | 171 |

Abkürzungen

| | |
|----------|---|
| BfG | Bundesanstalt für Gewässerkunde |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (neu: BMUB) |
| BNatSchG | Bundesnaturschutzgesetz |
| CEN | Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung) |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| DVWK | Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau |
| EEA | European Environmental Agency (Europäische Umweltagentur) |
| EG-WRRL | Europäische Wasserrahmenrichtlinie |
| EP | Einzelparameter |
| FFH | Flora-Fauna-Habitat |
| GIS | Geographisches Informationssystem |
| GB | Gesamtbewertung |
| HP | Hauptparameter |
| hpnG | heutiger potenzieller natürlicher Gewässerzustand |
| LANUV | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen |
| LAWA | Bund- und Länderarbeitsgemeinschaft Wasser |
| LUBW | Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg |
| IAB | Inter-Assessor-Bias (Abweichungsfaktor <i>Anwender</i>) |
| IRB | Inter-Rating-Bias (Abweichungsfaktor <i>Bewertungsmethodik</i>) |
| IRB-A1 | IRB-Teilfaktor: Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte zu Strukturklassen |
| IRB-A2 | IRB-Teilfaktor: Gewässerseiten-getrennte Aggregation beidseitiger Einzelparameter |
| IRB-A3 | IRB-Teilfaktor: Ausschließl. Berücksichtigung der negativer bewerteten Gew.-seite |
| IRB-B | Hauptparameterbewertung durch Anwender im Zuge der Plausibilitätskontrolle |
| IVB | Inter-Version-Bias (Abweichungsfaktor <i>Verfahrensversion</i>) |
| N. N. | Normalnull |
| OS | On-Site |
| OWK | Oberflächenwasserkörper |
| RCC | River Continuum Concept |
| RM | Robustheitsmaß |
| VO | Vor Ort |

Einleitung

Binnengewässer zeichnen sich durch einen sehr hohen Anteil der weltweit vorhandenen Biodiversität aus. Trotz der geringen Fläche, die sie einnehmen (0,8% der Erdoberfläche), beherbergen diese Ökosysteme mehr als 100.000 bekannte Tier- und Pflanzenarten. Das entspricht einem Anteil von 6% aller weltweit erfassten Arten (Dudgeon, Arthington et al. 2006; Abell, Thieme et al. 2008).

Zugleich zählen Binnengewässer – insbesondere Fließgewässer – zu den Ökosystemen, die vom Menschen aufgrund landwirtschaftlicher, industrieller, verkehrstechnischer und hochwasserschutzbezogener Nutzungsansprüche (u. a.) weitreichend verändert wurden und werden (Malmqvist & Rundle 2002; Jenkins 2003; Carpenter, Stanley et al. 2011). Neben übermäßiger Wasserentnahme sowie dem Eintrag von Abwässern, Düngern und Pestiziden haben insbesondere hydromorphologisch relevante Eingriffe wie Begradigungen, Kanalisierungen, Verbaue und Querbauwerke erhebliche Auswirkungen auf die Lebensräume und Lebensgemeinschaften in Fließgewässern (Carpenter, Fisher et al. 1992; Dynesius & Nilsson 1994; Nilsson, Reidy et al. 2005; Vörösmarty, McIntyre et al. 2010; Newson, Sear et al. 2012; Schinegger, Trautwein et al. 2012).

Trotz der weltweit eher zunehmenden Eingriffe in Fließgewässer stehen die damit verbundenen Gefahren für diese Ökosysteme weniger im öffentlichen Fokus als dies bei terrestrischen und maritimen Ökosystemen der Fall ist (Brooks, Mittermeier et al. 2006). So ist beispielsweise die Benennung global bedeutsamer und prioritär zu schützender Hotspots der biologischen Vielfalt stark auf terrestrische Wirbeltiere und Pflanzen ausgerichtet; aquatische Ökosysteme werden dabei nicht explizit berücksichtigt (Myers, Mittermeier et al. 2000).

Andererseits rücken Fließgewässer mit ihren Ökosystem-Dienstleistungen zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit (Harrison, Vandewalle et al. 2010; Alcon, Martin-Ortega et al. 2012; Bliem & Getzner 2012; Acuña, Díez et al. 2013; Barak & Katz 2015). Insbesondere vor dem Hintergrund der hohen Investitionen für den Erhalt und die Wiederherstellung „ökologisch guter“ Fließgewässer im Zuge der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der Europäischen Union (EC 2000) gewinnen die Quantifizierung und ökonomische Bewertung von Ökosystem-Dienstleistungen, die Fließgewässer bereitstellen, zunehmend an Bedeutung (Boon 2000; Harrison, Vandewalle et al. 2010; Holland, Eigenbrod et al. 2011; Alcon, Martin-Ortega et al. 2012; Acuña, Díez et al. 2013). Grundlage hierfür ist eine detaillierte Kenntnis über den aktuellen gewässerökologischen Zustand und über die Einflussgrößen, die diesen Zustand (negativ) verändern.

In diesem Zusammenhang spielt die ökologische Bewertung von Fließgewässern weltweit zunehmend eine wichtige Rolle. Alleine in den Ländern, die die WRRL umsetzen, sind mehr als 300 verschiedene biologische Bewertungsmethoden im Einsatz (Birk, Bonne et al. 2012). Auch in anderen Teilen der Welt spielen biologische Indikatoren zur Erfassung des ökologischen Zustands von Fließgewässern eine große Rolle (Thorne, Hey et al. 1997; Gerson Araujo, Fichberg et al. 2003; Bozzetti & Schulz 2004; Haase & Nolte 2008; Moya, Hughes et al. 2011; Couceiro, Hamada et al. 2012).

Die Frage, wie es um den ökologischen Zustand von Fließgewässern steht, lässt sich aber nicht alleine durch Interpretation biologisch-taxonomischer Indikatoren (z.B. Fisch, Makrozoobenthos) beantworten. Der Einsatz solcher Indikatoren muss immer unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften von Fließgewässern erfolgen, um die Informationen aus biologischen Messungen korrekt interpretieren zu können.

Neben der chemisch-physikalischen Wasserqualität beeinflusst insbesondere die Hydromorphologie – also die strukturelle Ausgestaltung und die hydrologischen Verhältnisse in Fließgewässern – die Funktionsfähigkeit und Habitatvielfalt aquatischer Lebensräume in hohem Maße und stellt somit eine Schlüsselfunktion für den Zustand von Fließgewässern dar (Elosegi & Sabater 2013). Weitgehend intakte, vielfältige Gewässerstrukturen sowie möglichst natürliche hydrologische Verhältnisse sind eine Grundvoraussetzung für intakte Fließgewässer-Ökosysteme und damit unverzichtbarer Bestandteil eines ökologisch ausgerichteten Gewässermanagements (Elosegi, Díez et al. 2010; Mühlmann & Mauthner-Weber 2010). Daher beinhaltet eine umfassende Analyse des ökologischen Zustands von Fließgewässern neben biologischen Indikatoren auch chemisch-physikalische und hydromorphologische Parameter (Verdonschot, Didderen et al. 2012). Die Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern als Grundlage für ein ökologisch ausgerichtetes Flussgebietsmanagement nimmt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle ein (Raven, Holmes et al. 2002).

Die Bedeutung des hydromorphologischen Zustands für die Qualität aquatischer Ökosysteme wird insbesondere dadurch deutlich, dass in Europa hydromorphologische Belastungen als die Hauptursache für einen defizitären ökologischen Zustand in 40 % der Flüsse und Übergangsgewässer sowie 30 % der Seen identifiziert wurden (EEA 2012). Folglich sind beispielsweise in den deutschen Maßnahmenprogrammen des ersten WRRL-Bewirtschaftungszyklus (2010 bis 2015) 56 % aller Maßnahmen der Verbesserung des hydromorphologischen Zustands und der linearen Durchgängigkeit gewidmet (BMU 2012). Die naturnahe ökologisch-hydromorphologische Entwicklung von Fließgewässern ist so zu einer zentralen Aufgabe der Wasserwirtschaft geworden (Moulton & Wantzen 2006; Dudgeon 2008).

Ziel einer ökologisch ausgerichteten Gewässerentwicklung ist es, die Auswirkungen anthropogener Veränderung durch Revitalisierungsmaßnahmen abzuschwächen oder – wenn möglich – rückgängig zu machen. Für ein nachhaltiges Fließgewässermanagement muss deshalb neben der Wasserqualität und Wasserquantität auch der hydromorphologische Zustand von Fließgewässern erfasst, bewertet und bewirtschaftet werden (Orr, Large et al. 2008; Elosegi, Díez et al. 2010). Dazu bedarf es eines Instrumentariums, das den gegenwärtigen (oftmals defizitären) Zustand ins Verhältnis zu einem gewünschten, in der Regel naturnahen Zustand setzt. Um diese Informationen in der wasserwirtschaftlichen Anwendungspraxis verwerten zu können, müssen Verfahren zur Erfassung und Bewertung von hydromorphologischen Strukturen, Prozessen, Potenzialen und Defiziten zur Verfügung stehen.

Insbesondere im Zuge der WRRL kommen zahlreiche hydromorphologische Bewertungs- und Monitoringinstrumente mit unterschiedlichem Detailgrad und unterschiedlicher Zielausrichtung zum Einsatz (Hering, Borja et al. 2010; Birk, Bonne et al. 2012). Gleichzeitig müssen die Ergebnisse dieser Instrumente in Hinblick auf die WRRL-Berichterstattung vergleichbar sein.

Die Überprüfung, ob hydromorphologische Bewertungsverfahren dieser Anforderung – Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse – gerecht werden, ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Um eine gewisse Konsistenz bei der Bearbeitung der verschiedenen Forschungsfragen zu gewährleisten, wurden als zentrale Untersuchungsgegenstände zwei länderspezifische Verfahren aus Hessen und Baden-Württemberg gewählt, deren Grundlage das Vor-Ort-Verfahren für die Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Eigenschaften von kleinen und mittelgroßen Fließgewässern der Deutschen Bund- und Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (im Folgenden **LAWA-VO-Verfahren** genannt) darstellt (LAWA 2000). Das LAWA-VO-Verfahren und seine länderspezifischen Versionen sind die zentralen Instrumente in Deutschland, die die hydromorphologischen Grundlagendaten für die Gewässerentwicklung im Kontext der WRRL liefern.

Zielsetzung der Arbeit

Seit mehr als 15 Jahren wird das LAWA-VO-Verfahren großräumig zur Gewässerstrukturkartierung in Deutschland angewandt. Es hat sich dabei als effizientes Instrument für die Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Ist-Zustandes von Fließgewässern unterschiedlicher Größen, Typen und anthropogener Überprägungen bewährt. Parallel zur wasserwirtschaftlichen Anwendung ist das LAWA-VO-Verfahren wiederholt Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Dazu zählen u. a. ausführliche Verfahrensbeschreibungen (Gellert, Behrens et al. 2012; Gellert, Pottgiesser et al. 2014), Vergleiche des LAWA-VO-Verfahrens mit anderen europäischen hydromorphologischen Bewertungsverfahren (Raven, Holmes et al. 2002; Weiß, Matouskova et al. 2008; Sípek, Matousková et al. 2010; Fernández, Barquín et al. 2011; Scheifhacken, Haase et al. 2012; Belletti, Rinaldi et al. 2014), Untersuchungen zum Einfluss hydromorphologischer Eigenschaften auf biologische Lebensgemeinschaften (Böhmer, Rawer-Jost et al. 2004; Hering, Meier et al. 2004; Kail & Hering 2009; Kail, Jähnig et al. 2009; Meier, Zumbroich et al. 2012), Beschreibungen der Weiterverarbeitungsmöglichkeiten der Bewertungsergebnisse (Gellert, Behrens et al. 2012; Meier, Zumbroich et al. 2013) und Einschätzungen der Stärken und Schwächen des Verfahrens (Zumbroich 2008).

Weder in den Verfahrensanleitungen der unterschiedlichen Verfahrensversionen noch in wissenschaftlichen Arbeiten wie den oben genannten werden wissenschaftlich fundierte Aussagen zur Bewertungssicherheit und Verfahrensrobustheit des LAWA-VO-Verfahrens getroffen. Einzig Hinweise in Verfahrensanleitungen, wie *„Treten derartige Abweichungen [zwischen der berechneten und der durch den Anwender getroffenen Hauptparameterbewertung um mehr als eine Strukturklasse] systematisch auf, so ist die Leitbildbeschreibung oder die Indexdotierung des betreffenden Gewässertyps zu überprüfen“* (LANUV-NRW 2012), verweisen vage auf mögliche, verfahrensimmanente Bewertungsunterschiede.

Derzeit liegen nach Kenntnis des Autors keine veröffentlichten, wissenschaftlichen Untersuchungen zur Bewertungssicherheit und Verfahrensrobustheit des LAWA-VO-Verfahrens vor. Als Bewertungssicherheit bzw. Verfahrensrobustheit ist in diesem Zusammenhang die Variabilität der Kartierungsergebnisse hinsichtlich drei wesentlicher Faktoren gemeint:

- **Bewertungsmethodik (Inter-Rating-Bias)**
- **Anwender (Inter-Assessor-Bias)**
- **Verfahrensversionen (Inter-Version-Bias)**

Das Verfahren lässt mehrere Bewertungs- bzw. Aggregationsvarianten zu, die sich vor allem in der Aggregation der Einzelparameterbewertungen zu Hauptparameterbewertungen und letztlich zur Gesamtbewertung unterscheiden. Dadurch kann es möglicherweise zu deutlichen Bewertungsunterschieden kommen (Inter-Rating-Bias).

Trotz detaillierter Anweisungen zur Erfassung von Strukturelemente in den Verfahrensanleitungen, die sowohl qualitativ-quantitative Abgrenzungen der Merkmalsausprägungen sowie bildliche Hilfestellungen beinhalten, ist visuellen Schnellverfahren wie dem LAWA-VO-Verfahren eine gewisse Bewertungsvariabilität aufgrund der unterschiedlichen Wahrnehmung der Anwender zu eigen. Deshalb ist unter bestimmten Voraussetzungen mit Bewertungsunterschieden zwischen Anwendern des Verfahrens zu rechnen (Inter-Assessor-Bias).

Bei dem LAWA-VO-Verfahren handelt es sich um eine Verfahrensempfehlung, nicht um ein für die deutschen Bundesländer verbindliches Verfahren. Aus unterschiedlichen Gründen haben einige Bundesländer eigene Versionen des ursprünglichen LAWA-VO-Verfahrens entwickelt, die sich bzgl. der Parameterzahl und der Bewertungsmethodik teilweise deutlich unterscheiden. Diese Tatsache lässt auf Bewertungsunterschiede zwischen diesen Verfahrensversionen schließen (Inter-Version-Bias).

Das **Ziel** dieser Arbeit ist die Ursachenermittlung der Bewertungsvariabilität deutscher Vor-Ort-Verfahren zur Gewässerstrukturkartierung aufgrund der Faktoren Bewertungsmethodik, Anwender und Verfahrensversionen. Basierend auf dieser Ursachenermittlung wird die Bewertungssicherheit bzw. Verfahrensrobustheit ermittelt.

Die mit dieser Zielsetzung verbundenen Forschungsfragen werden in Kapitel 2 durch eine analytische Verfahrensbeschreibung hergeleitet. Die methodische Vorgehensweise wird in Kapitel 4 beschrieben. Die Ergebnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen werden in Kapitel 5.1 (Inter-Rating-Bias), Kapitel 5.2 (Inter-Assessor-Bias) und Kapitel 5.3 (Inter-Version-Bias) präsentiert und in Kapitel 6 diskutiert.

Die Intention der Arbeit ist es, die Wissenslücke um die Bewertungsrobustheit deutscher Vor-Ort-Strukturkartierungsverfahren zu schließen. Im Ergebnis liefert die Arbeit dazu wissenschaftlich fundierte Aussagen bzgl. der Verlässlichkeit, Vergleichbarkeit und letztlich bzgl. der Anwendbarkeit der Bewertungsergebnisse dieser Verfahren für gewässerökologische Fragestellungen. Die Ergebnisse dieser Arbeit können zur Optimierung der Bewertungsmethodik, zu einer qualitativen Einordnung von Kartierungsergebnissen und zur Vergleichbarkeit von Bewertungsergebnissen innerhalb Deutschlands beitragen.

Die Wahl dieses Themas mit seiner wissenschaftlichen und praxisbezogenen Relevanz basiert auf langjährigen Erfahrungen des Autors mit Strukturkartierungsverfahren, insbesondere im Rahmen von eigenen Kartierungen von mehr als tausend Flusskilometern, der Koordinierung großräumiger Kartierungsprojekte sowie der Auswertung und Weiterverarbeitung der Bewertungsergebnisse im Rahmen von mehreren Maßnahmenkonzepten im Kontext der WRRL.

1 Stand der Wissenschaft

1.1 Begriffsbestimmung

Die vorliegende Arbeit ist wissenschaftlich der Disziplin der **Fluvialgeomorphologie** (engl. *Fluvial Geomorphology*) zuzuordnen (Leopold, Wolman et al. 1995; Thorne, Hey et al. 1997; Kondolf & Piégay 2005; Charlton 2008). Widmet sich die Geomorphologie der generellen Aufgabe, die Formen der Erdoberfläche zu beschreiben und zu ordnen, so beschäftigt sich der Teilbereich der Fluvialgeomorphologie mit derjenigen Formgestaltung auf der Erdoberfläche, die mittelbar bzw. unmittelbar durch die Arbeit des fließenden Wassers bestimmt oder gesteuert wird (Mangelsdorf & Scheurmann 1980; Ahnert 1996).

Ein **fluviales System** stellt in diesem Zusammenhang ein komplexes Ursachen-Wirkungsgefüge dar, bestehend aus Prozess-, Material- und Formvariablen innerhalb eines Einzugsgebietes, in dem die wesentlichen Prozessfunktionen durch die Fließgewässer gesteuert werden (Schumm 2003). Die DIN 4049 definiert Gewässermorphologie bzw. Fluvialgeomorphologie folglich als eine Wissenschaft, die sich mit den Gestaltungsvorgängen der oberirdischen Gewässer befasst (DIN 1992).

Seit der Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) hat sich im deutschen Sprachraum der Begriff **Hydromorphologie** eingebürgert. Darunter ist im Wortsinn die Lehre von den tatsächlich vorhandenen Gewässerstrukturen und dem damit verbundenen Abflussverhalten in räumlicher und zeitlicher Ausdehnung zu verstehen (DWA 2015). Im Sinne der WRRL sind folgende sog. hydromorphologischen Qualitätskomponenten zu betrachten (EC 2000):

- Wasserhaushalt (Abfluss und Abflussdynamik, Verbindung zu Grundwasserkörpern)
- Durchgängigkeit des Flusses
- Morphologische Bedingungen (Tiefen- und Breitenvariation, Struktur und Substrat des Flussbettes, Struktur der Uferzone)

Der Begriff der **Gewässerstruktur** ist in seiner Bedeutung der Hydromorphologie gleichzusetzen – mit Einschränkungen, was die erstgenannte hydromorphologische Qualitätskomponente (Wasserhaushalt) betrifft. Die Gewässerstruktur bezeichnet alle räumlichen und materiellen Differenzierungen des Gewässerbettes, der Ufer und des Gewässerumfeldes, soweit sie hydraulisch, gewässermorphologisch und hydrobiologisch wirksam und für die ökologischen Funktionen des Gewässers von Bedeutung sind (LAWA 2000).

Unter **Gewässerstrukturgüte** versteht man das Ergebnis einer qualitativen Bewertung der vorhandenen Strukturen eines Fließgewässers in Abhängigkeit zu einem vorab definierten Referenzzustand (natürliches Leitbild). Die Gewässerstrukturgüte stellt somit ein Maß für die ökologische Qualität der Gewässerstrukturen und der durch diese Strukturen angezeigten dynamischen Prozesse dar (LAWA 2000).

1.2 Entwicklungen der fluvialmorphologischen Forschung

Die Fluvialmorphologie versucht zu erklären, warum sich die Gewässer an bestimmten Orten in bestimmter Weise verhalten und formen, und warum sie sich an unterschiedlichen Orten unterschiedlich entwickeln (Otto 1991). Neben dieser räumlichen Betrachtung ist insbesondere die zeitliche Komponente der Wechselwirkung zwischen Formen und Prozessen in Fließgewässern von großer Bedeutung (Charlton 2008). So sind beispielsweise unmittelbar beobachtbare Formen und Prozesse wie Uferabbrüche oder Längsbänke als Momentaufnahmen eines langsamen, aber beständigen Entwicklungsprozesses eines Fließgewässers zu sehen und entsprechend einzuordnen.

Die theoretischen Ansätze der Fluvialmorphologie haben ihren Ursprung in den wissenschaftlichen Disziplinen der Geologie und Geographie und stützen sich darüber hinaus auf Felder wie Hydrologie, Chemie, Physik, Ökologie sowie Human- und Naturgeschichte (Kondolf & Piégay 2005).

Zu den bedeutendsten Theorien und Arbeiten für die Entwicklung der Fluvialmorphologie als eigenständige wissenschaftliche Disziplin zählen u. a. der Geographische Zyklus der Reliefentstehung nach Davis (1899), die Arbeiten von Leopold, Wolman & Maddock zum dynamischen Gleichgewicht bei der Fließgewässerentwicklung (Leopold & Maddock 1953; Leopold 1954; Leopold, Wolman et al. 1957; Leopold, Wolman et al. 1964; Leopold, Wolman et al. 1995), die Arbeit von Hynes (1970) zur Ökologie von Fließgewässern, die Arbeiten zur Flussmorphologie und zum fluvialen System von Schumm (1967; 1972; 1977) sowie das hierarchisch aufgebaute Raum-Zeit-Modell der morphologischen Gewässerentwicklung von Frissell, Liss et al. (1986).

Für die Entwicklung der praxisbezogenen Fluvialmorphologie in Deutschland sind insbesondere die Arbeiten von Mangelsdorf and Scheurmann (1980) zur Flussmorphologie aus wissenschaftlicher und wasserbaulicher Sicht, von Otto & Braukmann (Otto & Braukmann 1983; Otto 1991) zur regionalen Bachtypologie, von Kern (1994) zu den fluvialmorphologischen Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung, von Zumbroich, Müller et al. (1999) zur Kartierung der Strukturgröße von Fließgewässern und Briem (2003) zur Definition von Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland zu nennen.

Ansätze der Fluvialmorphologie finden zunehmend Anwendung in praktisch ausgerichteten Disziplinen wie dem naturnahen Wasserbau (Gilvear 1999) und dem ökologisch ausgerichteten Gewässermanagement (Thorne, Hey et al. 1997; Sear, Newson et al. 2009). Weithin werden die Grundsätze der Fluvialmorphologie verstärkt als Kernelement für eine erfolgreiche Fließgewässerentwicklung angesehen (Kondolf & Larson 1995; Ward, Tockner et al. 2001; Newson & Large 2006; Brunke 2008). In diesem Zusammenhang wird insbesondere eine prozessorientierte Ausrichtung von Renaturierungen forciert, die räumliche und zeitliche Dimensionen hydromorphologischer Prozesse berücksichtigt (Beechie, Sear et al. 2010).

In der jüngeren Vergangenheit lässt sich zudem eine Verschmelzung ökologischer und fluvialmorphologischer Forschungsansätze feststellen (Kondolf & Larson 1995; Brunke 2008; Vaughan,

Diamond et al. 2009). Diese ökologisch ausgerichtete Variante der Fluvialmorphologie (Ökomorphologie) befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen biologischen Lebensgemeinschaft, ökologischen Prozessen und hydrologischen bzw. hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern (Fisher, Heffernan et al. 2007; Renschler, Doyle et al. 2007; Vaughan, Diamond et al. 2009). Besonders seit der Einführung der WRRL steht die Ökomorphologie zunehmend im wissenschaftlichen und wasserwirtschaftlichen Fokus (Newson 2002). So werden beispielsweise anhand von Bioindikatoren Rückschlüsse auf gewässermorphologische Defizite gezogen und die Effektivität von Renaturierungen evaluiert (Verdonschot 2009; Feld, Sousa et al. 2010; Jähmig, Brabec et al. 2010; Kail, Arle et al. 2012; Lorenz, Korte et al. 2012; Januschke, Jähmig et al. 2014). Andererseits bilden Informationen über die hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern die Planungsgrundlage für die Ausweisung biologischer Hotspots in Gewässern, über die eine Wiederbesiedlung aquatischer Organismen in defizitäre benachbarter Gewässerabschnitte erfolgen soll (Kail & Hering 2009; Meier, Zumbroich et al. 2012).

Eine Sonderstellung nimmt im Bereich der Ökomorphologie die gewässerökologische Habitatmodellierung ein. Habitatsimulationsmodelle betrachten die Zusammenhänge zwischen biotischen und abiotischen Komponenten in aquatischen Ökosystemen, zumeist auf einer räumlich sehr differenzierten Ebene, der sog. Meso- bzw. Mikroskala. Ziel dieser Habitatsimulation ist die Untersuchung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern (Kemp, Harper et al. 1999). Dabei werden z. B. die Habitatqualität für Fische, Invertebraten und Makrophyten bewertet, Arten- und Abundanzveränderungen bei veränderten Abfluss- und Strukturverhältnissen modelliert sowie die Auswirkungen morphodynamischer Prozesse wie Erosion, Sedimentation und Kolmation auf die Reproduktion kieslaichender Fischarten simuliert (Eisner, Wieprecht et al. 2005; Wieprecht, Eisner et al. 2006; Azar, Parasiewicz et al. 2011; Vezza, Parasiewicz et al. 2014). Weitere Anwendungsbereiche sind die Ermittlung ökologischer Mindestabflüsse (Jiang, Huang et al. 2012; Vezza, Parasiewicz et al. 2012; Wilding, Bledsoe et al. 2014) und die Evaluierung gewässerökologischer Auswirkungen von künstlich erzeugten Abflussveränderungen wie Schwall und Sunk (García, Jorde et al. 2011; Holzapfel, Wagner et al. 2014). Als bedeutende und häufig eingesetzte Vertreter der Habitatsimulationsmodelle sind zu nennen: PHABSIM – Physical Habitat Simulation System (Maddock 1999; Waddle 2012), MesoHABSIM – Meso-Habitat Simulation (Parasiewicz 2001; Parasiewicz 2007; Parasiewicz, Rubial et al. 2009), CASiMiR – Computer Aided Simulation Model for Instream Flow and Riparia (Wieprecht, Eisner et al. 2006; Mouton, Schneider et al. 2007) und MEM – Meso-Habitat Evaluation Model (Hauer, Mandlbürger et al. 2009; Hauer, Unfer et al. 2011).

Ein weitere aktuelle Strömung der Fluvialmorphologie, die sich zu einer eigenständigen wissenschaftlichen Disziplin entwickelt, ist die fluvialmorphologische Fernerkundung (engl. *fluvial remote sensing*) (Carbonneau & Piégay 2012). Dabei werden durch automatische oder halbautomatische Auswertungen von Satellitenbilddaten u. a. Gewässerstrukturen und deren zeitliche Veränderung charakterisiert (Braun, Zumbroich et al. 2009; Lallias-Tacon, Liébault et al. 2012; Legleiter 2012; Schwendel, Fuller et al. 2012; Kuo, Brierley et al. 2015), Substratverteilungen und Sedimenttransport identifiziert (Lallias-Tacon, Liébault et al. 2014; Aquino da Silva, Amaro et al. 2015),

Strömungs- und Temperaturmuster analysiert (Wawrzyniak, Piégay et al. 2013) und die ökologische Integrität von Uferzonen bewertet (Michez, Piégay et al. 2013). Arbeiten wie die von Schmitt, Bizzi et al. (2014) und Roux, Alber et al. (2014) nutzen Fernerkundungsdaten und GIS-Technologien für die Analyse von Fließgewässerlandschaften und die Beschreibung fluvialmorphologischer Kerneigenschaften. Zunehmend werden bei hydromorphologischen Fragestellungen im mesoskaligen Bereich auch Drohnen für die Erzeugung hochauflösender Fernerkundungsdaten eingesetzt (Jensen, Hardy et al. 2011; Flener, Vaaja et al. 2013; Wawrzyniak, Piégay et al. 2013; Güneralp, Filippi et al. 2014; Tamminga, Hugenholtz et al. 2015; Tamminga, Eaton et al. 2015).

Eine umfangreiche Zusammenfassung der wichtigsten aktuellen fluvialmorphologischen Forschungsthemen liefert Stott in seiner Publikationsreihe (Stott 2010; Stott 2011; Stott 2013). Dabei werden zehn Hauptströmungen aktueller fluvialmorphologischer Forschung identifiziert: Hydraulik, Sedimenttransport, fluviale Modellierung, Holozäne Fließgewässerentwicklung, Fließgewässerrenaturierung, Gully- und Hangsedimenttransfer, Bodenerosion und deren Kontrolle, Flussregulierung, Kanalisierung und anthropogene Einflüsse sowie Fortschritte in der Methodik der Fluvialmorphologie.

1.3 Fluvialmorphologische Systemkomponenten

Ein fluviales System kann als die Kombination aus Elementen bezeichnet werden, die anhand von system-inhärenten Prozessen miteinander interagieren und so Stoffe und Energie austauschen (Kondolf & Piégay 2005). Die Formen oder die Morphologie [altgriechisch μορφή (morphē) = Gestalt] eines fluvialen Systems (Schumm 1977) sind in diesem Sinne das Ergebnis einer Fülle von Wechselwirkungen zwischen Faktoren auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen (Thorp, Thoms et al. 2008). Das Verständnis der Prozesse und Eigenschaften von fluvialen Systemen erfordert die Kenntnis der ihnen innewohnenden hierarchischen Struktur (Abbildung 1-1). Die formbildenden Faktoren können dabei in drei Gruppen unterschieden werden (Mangelsdorf & Scheurmann 1980; Thorne, Hey et al. 1997; Charlton 2008):

- **Klima und Geologie** als übergeordnete, unabhängige Einflussgrößen, die das gesamte fluviale System maßgeblich beeinflussen
- **Vegetation und Böden** als lokale, von den übergeordneten Einflussgrößen abhängige Rahmenbedingungen, die für Fließgewässerabschnitte eines fluvialen Systems gelten
- **Abfluss und Feststofftransport** als interne Faktoren, die auf die übergeordneten Einflussgrößen und lokalen Rahmenbedingungen reagieren und so die Form des Fließgewässers bestimmen.

Die Gestalt von Fließgewässern ist das Ergebnis aus Erosion, Transport und Ablagerung von Sedimenten unter bestimmten geologischen und klimatischen Voraussetzungen. Klima und Geologie sind die übergeordneten Einflussgrößen, welche die lokalen Rahmenbedingungen und die

internen Faktoren maßgeblich beeinflussen (Leopold 1954; Schumm 1977). Fließgewässer spiegeln somit die Auswirkungen des Klimas, der Lithologie sowie der Ablagerungs- und Erosionsgeschichte wider. Da sich diese Faktoren nur relativ langsam ändern, bestimmen sie wesentlich das Erscheinungsbild der Gewässer (Vandenberghé 1995). Beispielsweise steuern Klima, Geologie und Topografie die Energie-Gradienten innerhalb eines Fließgewässers und bestimmen somit Erosion- und Ablagerungsprozesse (Rosgen 1996). Über längere Zeiträume schaffen diese Prozesse so charakteristische Gewässer-, Tal- und Landschaftsformen.

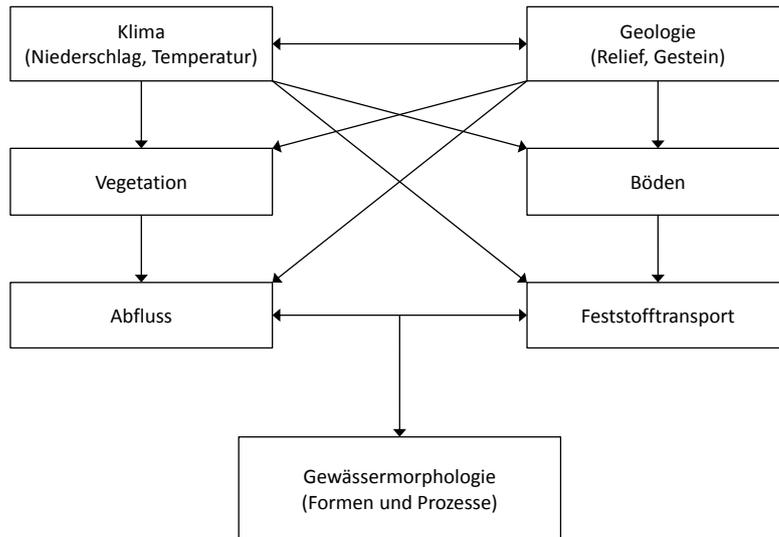


Abbildung 1-1: Einflussgrößen der Fließgewässerformgebung (Schumm 1977; Thorne & Williams 1997; Thorp, Thoms et al. 2008), Abbildung geändert.

Neben Klima und Geologie stellen Böden und Vegetation übergeordnete Faktoren dar, die das Abfluss- und Sedimentationsregime eines Fließgewässers auf Einzugsgebietsebene bestimmen (Manners, Wilcox et al. 2015). Im Sinne der Fluvialmorphologie sind die Abfluss- und Sedimentationsregime ihrerseits ausschlaggebende Größen, die maßgeblich die Ausprägung abhängiger struktureller Parameter wie Längs- und Querprofil, Breiten- und Tiefenvarianz sowie Sohl- und Uferstrukturen beeinflussen (Church 2002; Church & Ferguson 2015). Die transportierten Wasser- und Sedimentmengen agieren mit der Landschaft bzw. den lokalen Rahmenbedingungen. Für die Ausbildung von Gewässerstrukturen relevant sind insbesondere die vorherrschende Talform, das Sohl- und Ufermaterial und die Ufervegetation (Thorne, Hey et al. 1997).

Die sich stetig verändernden, kleinräumigen Strukturen resultieren aus Strömungs- und Schleppkräften, der Schwebstoff- und Geschiebeführung sowie dem Gewässerbett mit seinem Verlauf und seiner Formung. Das Gewässerbett prägt die Strömungsverhältnisse, die Energieverteilung und die Energieumwandlung. Diese Faktoren prägen ihrerseits rückwirkend durch Erosion, Materialumlagerung und Sedimentation die Form und Struktur des Gewässerbettes (Jungwirth 2003). Gewässer und Gewässerbett bilden ein dynamisches hydromorphologisches System, das einem bestimmten Gleichgewichts- und Dauerzustand entgegenstrebt (Otto 1991).

Zusammenfassend lassen sich Fließgewässer als hydrologisch-hydraulische und in hydromorphologischer Hinsicht dynamische, sich ständig regenerierende Funktionssysteme bezeichnen (Ward, Tockner et al. 2002; Jungwirth 2003). Für die zeitliche Dynamik und die Veränderungsprozesse sind die Abflussverhältnissen und das Sedimentangebot die bestimmenden Komponenten (Nanson & Croke 1992). Das Zusammenspiel aus diesen treibenden Kräften und den lokalen Rahmenbedingungen (Talform, Sohl- und Ufersubstrat, Ufervegetation) bestimmt letztlich die morphologischen Eigenschaften eines Fließgewässerabschnitts (Schumm 1967). Diese Eigenschaften können durch Parameter wie Talform, Laufkrümmung, Verzweigungsgrad, Längs- und Querprofil, Substratzusammensetzung, Aggradationserscheinungen (Längs- und Querbänke) und Degradationserscheinungen (Ufererosion, Eintiefung) annäherungsweise beschrieben werden.

Eine besondere Bedeutung für die Erfassung und Bewertung regenerationsdynamischer Entwicklungen anthropogen überprägter Fließgewässer haben die drei wesentlichen Erosionsprozesse an Fließgewässern: Tiefen-, Krümmungs- und Breitenerosion. Je nach Häufigkeit und Intensität lassen sich daraus unterschiedliche Tendenzen der Gewässerentwicklung ableiten:

Tiefenerosion ist eine natürliche Erscheinung bei Gewässertypen mit einem ausgeprägten „Erosionsregime“, d. h. bei Kerbtal- und Mäandertalgewässern, wo sie zur ständigen Tieferlegung des Talbodens beiträgt. Dieser Vorgang läuft normalerweise sehr langsam ab. Im Gegensatz dazu zeigt eine rasch ablaufende Tiefenerosion an Gewässern, die natürlicherweise nicht zur Tiefenerosion neigen (z. B. Auetalgewässer), vom Menschen verursachte Änderungen des natürlichen Gleichgewichtssystems an. Dadurch entstehen untypische und unverhältnismäßig tiefe und schmale Querprofile. Die Konsequenz ist eine hydraulische Überbeanspruchung des Gewässerbetts. Die damit einhergehende, erhöhte Sohlschubspannung lässt im Extremfall keine standorttypische biozönotische (Wieder-)besiedelung zu.

Die Krümmungs- und Breitenerosion können im Gegensatz dazu i. d. R. aus ökomorphologischer Sicht als natürliche Prozesse angesehen werden. Vor allem in begradigten und schmalen Gewässerstrecken wird dadurch das Gewässerbett hydraulisch entspannt, was wiederum die Ausprägung natürlicher Sohlen- und Uferstrukturen begünstigt. Während die Krümmungserosion wechselseitig und punktuell auftritt, greift die Ufererosion an beiden Ufern gleichzeitig an und bewirkt so eine Verbreiterung des Gewässerbettes. Beide Prozesse sind u. a. natürliche Reaktionen auf wegfallende wasserbauliche Unterhaltungsmaßnahmen an ehemals kanalisierten und einheitlich schmalen Gewässern mit verfallender Uferbefestigung. Die Krümmungserosion bewirkt ein langsames Fortschreiten der Laufkrümmung im Rahmen der natürlichen Gewässerdynamik. Die Breitenerosion dient der Wiederherstellung eines breiten sowie flachen Querprofils mit ausgeglichenem Breiten-/Tiefenverhältnis. Beide Erosionsformen entlasten das Gewässerbett hydraulisch und wirken so der Tiefenerosion entgegen (Löffler, Hirsch et al. 2003).

Bei jeder bewertenden Betrachtung der hydromorphologischen Entwicklung und Dynamik von Fließgewässern – wie beispielsweise der oben erwähnten Erosionsprozesse – sind unterschiedliche räumliche und zeitliche Maßstabebenen zu berücksichtigen (Jungwirth 2003). Flusssysteme können dabei mit zunehmendem Detailgrad über verschiedene Organisationsebenen auf immer feineren Skalen beschrieben werden.

Das „Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification“ (Frissell, Liss et al. 1986) geht von solch einer hierarchischen Organisationsstruktur unterschiedlich skaliertem Lebensräume in Fließgewässersystemen aus (Abbildung 1-2). Die hierarchische Organisation verläuft dabei ausgehend vom gesamten Einzugsgebiet (Makroskala) über das Formeninventar eines Gewässerabschnitts (Mesoskala) hinunter zu den feinen morphologischen Differenzierungen auf kleinstem Raum (Mikroskala) (Hack 2010).

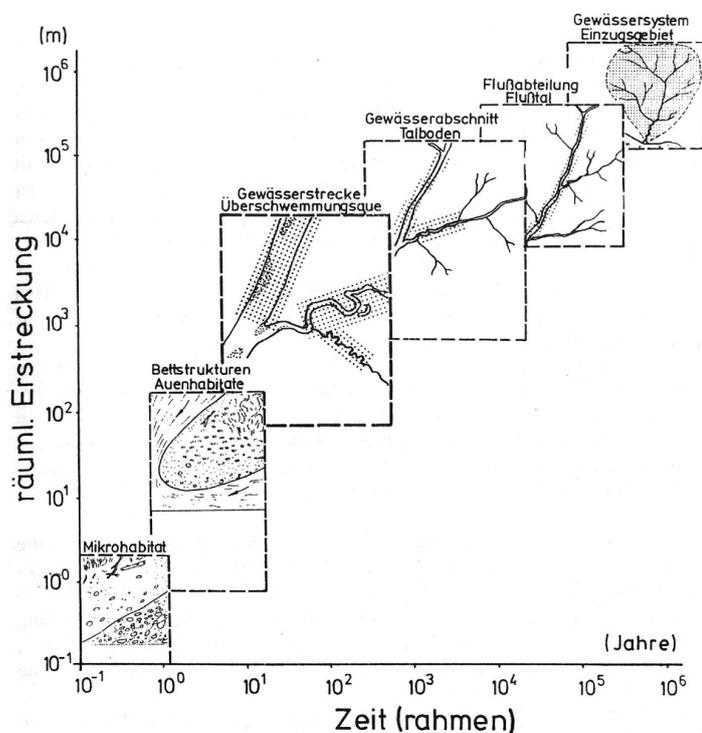


Abbildung 1-2: Raum-Zeit-Modell der morphologischen Gewässerentwicklung (Frissell, Liss et al. 1986; Kern 1994).

In diesem hierarchischen System steht auf oberster Stufe das Einzugsgebiet, das sich aus unterschiedlichen Flusssystemen zusammensetzt. Sowohl innerhalb von Einzugsgebieten als auch von Flusssystemen liegen häufig unterschiedliche geologische und naturräumliche Verhältnisse vor. Diese bestimmen die makromorphologischen Gewässerformen der Laufentwicklung, insbesondere die Laufkrümmung. Die Laufkrümmung beeinflusst ihrerseits in vielfacher Weise den Energie- und Feststoffhaushalt, die morphologische und hydraulische Dynamik, die Entstehung und die fortlaufende Regeneration typischer Strukturen der Gewässersohle und der Uferbereiche.

Flusssysteme wiederum bestehen aus verschiedenen Flussabschnitten, die aufgrund gleicher naturräumlicher Parametern (z.B. geologischer Untergrund, Talform, morphologischer Flusstyp) festgelegt werden können (Ward 1997). In Abhängigkeit zu den makromorphologischen Formen und Strukturen bilden sich in der Gewässersohle und an den Ufern mesomorphologische Formelemente aus, die als Teillebensräume die Habitat- bzw. Biotopstruktur eines Fließgewässers maßgeblich beeinflussen. Zu diesen Formelementen zählen u.a. Längs- und Querbänke, Kolke, Tiefwasserrinnen, Uferabbrüche sowie Stillen und Schnellen.

Auf der untersten Stufe schließlich befinden sich die Mikrohabitate, die sich durch unterschiedliche Tiefen-, Strömungs- und Substratverhältnissen voneinander abgrenzen. Besonders in Flachlandgewässern sind Habitatdifferenzierungen durch Pflanzen (z. B. Prallbäume, Wurzelflächen, Totholzansammlungen) von großer Bedeutung. Der Uferzone kommt dabei als ökologische Schnittstelle zwischen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen eine besondere Rolle zu (Naiman & Décamps 1997; Muehlbauer, Collins et al. 2014; Bertoldi, Welber et al. 2015; Solari, Van Oorschot et al. 2015).

Die räumlichen Ebenen korrelieren mit der zeitlichen Entwicklung (Schumm & Lichty 1965; Lane & Richards 1997). Je großräumiger die Betrachtungsebene, desto geringer ist die Dynamik bzw. umso langsamer der Verlauf von Veränderungsprozessen (Harvey 2002). Einzugsgebiete verändern sich beispielsweise im Lauf von Jahrtausenden, während Mikrohabitate mitunter sogar mehrmals pro Jahr einer starken Um- und Überformung unterliegen.

Eingriffe auf einer hohen Organisationsebene wirken sich auf alle darunter liegenden Ebenen aus. Veränderungen der Landnutzung auf Einzugsgebietsebene haben beispielsweise Auswirkungen auf alle darunter liegenden Organisationsebenen. So können Waldrodungen oder das Freilegen von Bodenflächen verstärkte Einträge von Feinsedimenten aus Erosionsflächen bewirken, welche das Kieslückensystem verstopfen (Parsons & Thoms 2007). Lokale Eingriffe hingegen, beispielsweise Renaturierungsmaßnahmen über relativ kurze Gewässerabschnitte, haben i. d. R. auch nur lokale Auswirkungen, solange die übergeordneten Ebenen unverändert bleiben. Zahlreiche Fallstudien zur Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen belegen diesen Zusammenhang (Clarke, Bruce-Burgess et al. 2003; Jähnig, Lorenz et al. 2008; Kail & Hering 2009; Jähnig, Brabec et al. 2010; Brederveld, Jähnig et al. 2011; Januschke, Brunzel et al. 2011; Kail, Arle et al. 2012; Haase, Hering et al. 2013; Januschke, Jähnig et al. 2014).

Maßnahmen, die Veränderungen auf einer bestimmten Habitatebene bewirken sollen, müssen also zumindest eine Stufe (besser mehrere Stufen) weiter oben ansetzen, um wirksam zu sein. Renaturierungsprojekte, wie die naturnahe Umgestaltung einzelner, vergleichsweise kurzer Fließgewässerabschnitte, haben demzufolge nur eingeschränkte Erfolgsaussichten in Bezug auf eine umfassende und weitreichende gewässerökologische Wirkung. Eine Ausnahme stellt in diesem Zusammenhang der Rückbau von Querbauwerken als lokale Maßnahme dar. Die dadurch erzielte Wiederherstellung der Durchgängigkeit kann sich überregional auf Fließgewässersysteme auswirken.

1.4 Fluvialmorphologische Fließgewässertypisierung

Eine Arbeit, die die Bewertung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern behandelt, wäre unvollständig ohne auf den Bereich der Fließgewässertypisierung einzugehen. Eine hydromorphologische Bewertung kann nur dann erfolgen, wenn bestimmte natürliche Referenzzustände zugrunde gelegt werden. Nur dadurch ist eine bewertende Einordnung des hydromorphologischen Ist-Zustands mit seinen sog. Wert- und Schadstrukturen möglich.

Typisierung ist generell ein methodischer Ansatz, um die Vielfalt von Erscheinungsformen in ihren mannigfaltigen Strukturen und Funktionen durch die Abgrenzung von Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften zu ordnen, transparenter zu machen und letztlich ihre gemeinsamen Grundstrukturen besser zu verstehen (Bostelmann, Braukmann et al. 1993). Im Folgenden werden die Begriffe *Typisierung* und *Typologie* immer in Verbindung mit Fließgewässern benutzt. Trotz der Vielzahl unterschiedlicher Typisierungsansätze für Fließgewässer folgen diese Methoden i. d. R. folgenden Grundsätzen:

- Anhand ausgewählter Merkmale werden Klassen definiert (**Klassifizierung**). Die Abgrenzung der Klassen zueinander erfolgt durch die Bestimmung der Merkmalsbereiche jeder Klasse (Church 2002).
- Anschließend werden die zu klassifizierenden Objekte entsprechend ihrer Merkmalsausprägungen den entsprechenden Klassen zugeordnet (**Klassierung**).

Im Bereich der Fließgewässertypisierung stellt die Definition von Fließgewässertypen mit ihren Eigenschaften den Klassifizierungsschritt dar. Die Zuordnung einzelner Fließgewässer oder Kartierungsabschnitte zu bestimmten Typen entspricht dem Klassierungsschritt.

Fließgewässertypisierungen reichen von solchen, die auf Gewässerstrukturen wie dem Breiten-Höhenverhältnis des Gewässerquerprofils, der Laufkrümmung, Längsprofil und Sohlsubstrat basieren (Rosgen 1994), über fluvialmorphologische, prozessorientierte Ansätze (Montgomery & Buffington 1997) hin zu ökologisch ausgerichteten Ansätzen, die Längszonierungen anhand von Habitatstrukturen und aquatischen Lebensgemeinschaften vornehmen (Vannote, Minshall et al. 1980) Die Geschichte der (fluvialmorphologischen) Fließgewässertypisierung begann Mitte des 19. Jahrhunderts und lässt sich nach Melles, Jones et al. (2012) in drei Phasen einteilen. Die Typisierungsansätze der jeweiligen Phasen unterscheiden sich aufgrund der zugrundeliegenden theoretischen fluvialmorphologischen Konzepte, der Analysemethoden und der technischen Möglichkeiten.

Die Typisierungsansätze der ersten Phase wurden etwa ab Mitte des 19. Jahrhunderts bis Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt (Melles, Jones et al. 2012). Bei Kondolf and Piégay (2005) werden sie **frühe Klassifizierungen** genannt. Die wahrscheinlich erste Fließgewässerklassifizierung geht auf den Mineralogen Dana (1850) zurück, der wesentliche Unterschiede von Gebirgsbächen und alluvialen Flachlandgewässern aufzeigte. Powell (1875) schlug kurz danach eine Klassifizierung von

Flüssen basierend auf deren Beziehung zu geologischen Formationen vor. Die wohl bekannteste Klassifizierung aus dieser Zeit stammt von Davis (1899). Er unterteilte Flüsse bzw. Flussabschnitte in die Kategorien *youthful*, *mature* und *old age* basierend auf dem von ihm propagierten *geographical cycle*. Hierbei werden drei aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien von Tälern unterschieden: ein *Jungstadium* mit unausgeglichem Längsprofil und steilen Talflanken, ein *Reifestadium* mit ausgeglichem Gefälle der Haupt- und Nebentäler und mit sanften Talhängen sowie ein *Altersstadium* mit minimalem Gefälle, sehr breiten Talsohlen und stark abgeflachten Böschungen.

In diese erste Phase fallen auch die längszonalen Klassifizierungsansätze basierend auf der biozönotischen Zusammensetzung. Thienemann (1912) und Steinmann (1915) definierten unterschiedliche längszonale Gewässerzonen anhand der vorkommenden Fischarten. Dieser Ansatz fand breite Akzeptanz und wurde von diversen anderen Autoren übernommen und weiterentwickelt (Carpenter 1927; Huet 1959; Illies 1961). Kollwitz & Marsson (1908; 1909) unterschieden vier Flusszonen zur Ermittlung des biologischen Verschmutzungsgrades: polysaprob (übermäßig verschmutzt), α -mesosaprob (stark verschmutzt), β -mesosaprob (mäßig belastet) und oligosaprob (unbelastet). Diese Klassifizierung fokussiert neben dem Sauerstoffgehalt im Wasser insbesondere den Verschmutzungsgrad durch organische Substanzen und die davon abhängige Zusammensetzung der Organismen in den unterschiedlichen Zonen. Der aus diesem Klassifizierungsansatz entstandene Saprobienindex (DIN 2004) für die Einordnung von Fließgewässern in Gewässergüteklassen wird noch heute in verschiedenen Ländern (z.B. Deutschland, Österreich, Tschechien) eingesetzt.

Am Ende dieser frühen Klassifizierungsphase teilte Zernitz (1932) Fließgewässer ausgehend von geologischen und geomorphologischen Faktoren in dendritische, radiale, parallele, rechtwinklige, spalierartige und chaotische Flusssysteme ein.

Die zweite Phase ist stark von der **Quantitativen Revolution** geprägt (Kondolf & Piégay 2005). In dieser Zeit wurde u. a. die Klassifizierung anhand der Flussordnungszahlen entwickelt, die heute noch weltweit Anwendung findet (Horton 1945; Strahler 1957; Shreve 1966). Ebenfalls in dieser Phase wurden Flüsse erstmals längszonal mit Hilfe von mathematischen Gleichungen bzgl. der Aspekte Fließverhalten, Abfluss, Korngröße, Sedimentkonzentration, Neigung, Sohlen- und Ufererosion sowie Energieumwandlung beschrieben (Leopold & Maddock 1953). Zusammen mit anderen Autoren entwickelten Leopold & Maddock daraus die *Theorie des dynamischen Gleichgewichts* (Leopold 1954; Leopold, Wolman et al. 1957; Leopold, Wolman et al. 1964; Leopold & O'Brien Marchand 1968). Diese Theorie versucht zu erklären, wie längszonale Veränderungen zentraler physikalischer Eigenschaften von Fließgewässern (z.B. Breite, Tiefe, Sediment, Abfluss) in Beziehung stehen zur zunehmenden Einzugsgebietsgröße und zum Gleichgewicht aus Erosion und der Widerstandsfähigkeit des anstehenden Gesteins.

Darauf aufbauend präsentierten Leopold & Wolman in den 1950ern eine Klassifizierung in gestreckte, gewundene und verzweigte Laufformen, die im Wesentlichen auf Wechselwirkungen zwischen Neigung und Abfluss basiert (Leopold 1954; Leopold, Wolman et al. 1957). Diese grundlegende Klassifizierung wurde im Lauf der Zeit mehrfach überarbeitet und von Schumm

(1977) um die Laufformen verflochten und anastomisierend erweitert (Nanson & David Knighton 1996). Bei diesem Ansatz beruhen die Klassengrenzen auf unterschiedlichen Kanalstabilitäten (stabil, erodierend, ablagernd) und auf der Art des Sedimenttransports (Suspensionsfracht, Geschiebe und gemischter Transport). Schumm (1972) geht davon aus, dass bei einem erhöhten Verhältnis zwischen Geschiebefracht und Gesamtfracht und gleichzeitiger Zunahme des Gefälles die morphologische Stabilität abnimmt und in Folge ein Übergang von einem mäandrierenden hin zu einem verflochtenen Längsverlauf erfolgt.

Ein weiterer Ansatz aus dieser Phase, der noch heute große Beachtung findet und der als das biologische Pendant zum o.g. Ansatz von Leopold & Maddock bezeichnet werden kann, ist das *River Continuum Concept (RCC)* (Vannote, Minshall et al. 1980). Dieses Konzept besagt, dass die Zusammensetzung der Biozönosen im Längsverlauf von Fließgewässern im Wesentlichen von physikalischen und hydrologischen Eigenschaften geprägt ist. Insbesondere das organische Material, das aus den angrenzenden Ufern und Auen eingetragen, transportiert und abgelagert wird, spielt hierbei eine zentrale Rolle. Dieses Konzept hatte seit seiner Einführung großen Einfluss auf das Verständnis von Fließgewässer-Ökosystemen, wird aber in den letzten Jahren aufgrund seiner dogmatischen und vereinfachenden Sichtweise zunehmend kritisiert (Ward, Tockner et al. 2001; Poole 2002; Poole 2010).

Die dritte Phase der Fließgewässertypisierung ist von **neuen technologischen Möglichkeiten** (z.B. Messtechnik, Fernerkundung und Datenverarbeitung) und den Konzepten der Hierarchie und des Maßstabs geprägt (Newson & Newson 2000; Dollar, James et al. 2007; Thorp, Flotemersch et al. 2013). Insbesondere die Möglichkeiten, die die Fernerkundung mittels Satelliten und die Datenverarbeitung mittels geographischer Informationssysteme (GIS) bieten, hatten und haben großen Einfluss auf neue Typisierungsansätze.

In dieser Phase entstanden einige Konzepte, die als Ergänzungen oder Gegenkonzepte zum *River Continuum Konzept* und der darin propagierten (vereinfachten) Sichtweise bzgl. des Nährstoffhaushalts und -transports in Fließgewässern betrachtet werden können: das *Nutrient Spiralling Concept* (Webster & Patten 1979), das *Serial Discontinuity Concept* (Ward & Stanford 1983) oder das *Flood Pulse Concept* (Junk, Bayley et al. 1989). Diese Konzepte trugen zwar wesentlich zum verbesserten Verständnis von Fließgewässer-Ökosystemen bei, nahmen aber eine eher untergeordnete Rolle für die weitere Entwicklung fluvial-morphologischer Typisierungsansätze ein. Hierfür waren eher die Arbeiten über strukturelle Eigenschaften von Fließgewässern von Bedeutung.

In diesem Zusammenhang betonte Hynes (1975) als einer der ersten Autoren, der dieser dritten Phase zugeordnet werden kann, die besondere Bedeutung der Talform für die intrinsischen Eigenschaften von Fließgewässer-Ökosystemen. Etwa zeitgleich wurden weitere Einflussgrößen auf physikalische Habitateigenschaften von Fließgewässern thematisiert. Besonders hervorzuheben ist hier der Ansatz der Habitat-Hierarchie (Frissell, Liss et al. 1986), der deutlich von geographischen und landschaftsökologischen Konzepten geprägt ist. Frissell überträgt dabei das generelle hierarchische Konzept von Ökosystemen (Allen & Starr 1982) auf eine räumlich-zeitliche Klassifizierung von Fließgewässer-Habitaten (siehe dazu Abbildung 1-2). Ein wesentlicher Grundgedanke dieses

Konzepts ist, dass die Entwicklung bzw. die Veränderung ganze Gewässersysteme (10^3 m) langsamer voranschreitet, als dies der Fall für Flusssegmente (10^2 m), Flussabschnitte (10^1 m), Pool-Riffle-Strukturen (10^0 m) und Mikrohabitate (10^{-1} m) ist. Jedes dieser Elemente ist durch die Prozesse in den hierarchisch übergeordneten Elementen beeinflusst. Eine Wirkungskette in umgekehrter Richtung ist nicht oder nur in sehr geringem Maße vorhanden (Naiman, Lonzarich et al. 1992). Die meisten modernen Fließgewässertypisierungen beinhalten dieses hierarchische Konzept, wobei dabei oftmals die höchste Ebene noch größere Gebiete umfasst (z. B. Ökoregionen mit 10^5 – 10^6 km²) als die Gewässerebene (Higgins, Bryer et al. 2005; Soranno, Spence Cheruvilil et al. 2010). Prominente Beispiele für solch großräumige Typisierungsansätze sind die Ökoregionen nach Illies (1978) und die Süßwasser-Ökoregionen nach Abell, Thieme et al. (2008).

Heutzutage werden bei den in der wasserwirtschaftlichen Praxis eingesetzten Typisierungsansätzen grundsätzlich zwei Wege beschritten, die auf den oben ausgeführten Grundgedanken der Hierarchie fußen: die deduktive und induktive Typenbildung (Snelder, Ortiz et al. 2012). Die deduktive Typisierung geht von einer Klassifikation allgemeiner und grundlegender Merkmalsähnlichkeiten großräumiger Fließgewässerlandschaften aus (engl. *top-down approach*). Sie führt schrittweise in zunehmend differenzierter, kleinräumiger werdender Betrachtung je nach Fragestellung bis auf die mikroskalige Ebene (Ferréol, Dohet et al. 2005; Orr, Large et al. 2008; Ivkovic 2009; Fuster, Escobar et al. 2014). Der induktive Ansatz der Typisierung geht den umgekehrten Weg (engl. *bottom-up approach*). Hier wird versucht, ausgehend von detaillierten Einzelerhebungen der verschiedenen Gewässereigenschaften mit Hilfe vergleichender, statistischer Methoden der Datenauswertung (z. B. Clusterbildung) zu Gruppen ähnlicher Merkmale – also zur Findung von Typen – zu gelangen (Haines, Finlayson et al. 1988; Heritage, Charlton et al. 2001; Dodkins, Rippey et al. 2005; Schmitt, Maire et al. 2007; Harvey, Gurnell et al. 2008).

Beide Ansätze versuchen die grundsätzlichen und charakteristischen Unterschiede zwischen Gewässern in der Gegenüberstellung verschiedener Gewässertypen allgemeingültig zu formulieren (Otto & Braukmann 1983). Dabei wird davon ausgegangen, dass relativ deutliche Grenzen zwischen Gewässertypen existieren, und dass diese durch einen überschaubaren Satz an Variablen identifiziert werden können (Thorp, Thoms et al. 2008). Ziel einer solchen praxisorientierten Fließgewässertypisierung ist es, eine übersichtliche Anzahl von Fließgewässertypen zu definieren, so dass eindeutige Beschreibungen (sog. Leitbilder) und darauf aufbauend Bewertungsverfahren bzgl. des Zustandes und Potenzials einzelner Gewässer entwickelt werden können (Rosgen 1996).

Gewässertypologische Betrachtungen ermöglichen somit, Gewässer nachvollziehbar und nach prägenden Kriterien zu gliedern. Im Idealfall stehen wesentliche typspezifische Eigenschaften in kurzer und übersichtlicher Form zur Verfügung (z.B. Steckbriefe). Die Typisierung dient u. a. folgenden praktischen Belangen (Zumbroich, Müller et al. 1999; Kondolf & Piégay 2005; Patt, Jürging et al. 2010):

- Verbesserung des wissenschaftlichen Verständnisses um die Prozesse und Formen in Fließgewässern
- Ableitung von allgemein gültigen Mechanismen in den jeweiligen Klassen und Übertragung der Mechanismen auf Gewässer mit ähnlichem Erscheinungsbild
- Beschreibung von Leitbildern und Ausweisung von Referenzgewässern
- Bewertung des hydromorphologischen Ist-Zustandes von Fließgewässern
- Planungshilfe für naturnahe Umgestaltung und die Unterhaltung der Fließgewässer

Die wichtigsten Unterscheidungsfaktoren aktueller und praxisbezogener morphologischer Fließgewässertypisierungen gehen von der Orographie, d.h. von der Höhenlage (Gebirge, Mittelgebirge und Flachland), von den talmorphologische Determinationsfaktoren (Talgefälle, Breite und Form des Talquerprofils), sowie vom Klima und dem anstehenden Material (Festgestein, Verwitterungsmaterial, alluviale Sedimente) aus (Howard 1980; Otto 1991; Brierley & Fryirs 2005; Charlton 2008).

Als Typisierungsansätze der jüngeren Vergangenheit sind insbesondere die *Rosgen Classification* (Rosgen 1994), das *River Styles Framework* (Brierley & Fryirs 2005) und das Konzept der *Riverine Ecosystem Synthesis – Functional Process Zones* (Thorp, Thoms et al. 2006; Thorp, Thoms et al. 2008) zu nennen. Diese Ansätze zeichnen sich durch einen hohen Operationalisierungs- bzw. Automatisierungsgrad aus und kommen deshalb weltweit zur Anwendung (Simon, Doyle et al. 2005; Simon, Doyle et al. 2007; Roper, Buffington et al. 2008; Shelley, Young et al. 2010; Moghaddas, Jalilvand et al. 2013; Wu & Wang 2014).

Die Rosgen-Klassifizierung basiert im Wesentlichen auf der hydraulisch-geometrischen Betrachtung von Fließgewässern nach Leopold & Wolman (Leopold 1954; Leopold, Wolman et al. 1957). Die Klassifizierung unterscheidet 25 Fließgewässertypen nach Gefälle, Sinuosität, Breiten-Tiefen-Verhältnis, Substrattyp, Talform und vier großen Landschaftsräumen (Gebirge, Mittelgebirge, Flachland, Küstenregion). Dieses hierarchisch aufgebaute Klassifizierungssystem findet international breite Anwendung im praktischen Fließgewässermanagement (Rosgen 1996; Barbour, Gerritsen et al. 1999; Parsons, Thoms et al. 2002; Brierley & Fryirs 2005).

Das *River Styles Framework* ist ein umfassendes Management-Werkzeug zur Typisierung von Fließgewässern, zur Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Ist-Zustandes sowie zur Ableitung des Entwicklungspotenzials einzelner Flussabschnitte (Brierley & Fryirs 2008; Brierley, Fryirs et al. 2011; Fryirs & Brierley 2012). Dieses Instrument beinhaltet vier aufeinander aufbauende Arbeitsschritte: In einem ersten Arbeitsschritt werden dem untersuchten Flusssystem sog. *River*

Styles abschnittsweise zugewiesen. Dabei werden übergeordnete Landschaftsformen ausgewiesen und die darin enthaltenen Fließgewässer anhand der Indikatoren Höhenlage, Talgefälle, Talbreite und Sohlensubstrat typisiert. Diese Vorgehensweise orientiert sich u. a. an den Typisierungsansätzen von Rosgen (1996) und Heritage, Charlton et al. (2001). Im zweiten Bearbeitungsschritt wird der derzeitige hydromorphologische Zustand der einzelnen Gewässerabschnitte erfasst und bewertet. Erhoben werden u. a. Laufkrümmung, Erosion, Sohlensubstrat und Vegetation. Im dritten Bearbeitungsschritt wird das hydromorphologische Entwicklungspotenzial der einzelnen Gewässerabschnitte abgeleitet und beschrieben. Im vierten und letzten Bearbeitungsschritt werden mögliche, zukünftige Entwicklungsszenarien auf Basis des Entwicklungspotenzials der einzelnen Gewässerabschnitte erarbeitet. Diese Szenarien legen die Grundlage für die Planung von konkreten Entwicklungsmaßnahmen.

Nach dem Ansatz der *Riverine Ecosystem Synthesis* sind *Functional Process Zones* Gewässerabschnitte mit einer bestimmten strukturellen und funktionellen Ausstattung (Thorp, Thoms et al. 2008). Daher sprechen die Entwickler von einem ökosystemaren Typisierungsansatz, der auf hydromorphologischen Unterscheidungskriterien beruht (Thorp, Flotemersch et al. 2013; Williams, D'Amico et al. 2013). Dieser Typisierungsansatz beruht sowohl auf grundlegenden fluvial-morphologischen Arbeiten (Rosgen 1994; Church 2002; Benda, Poff et al. 2004) als auch auf spezifischen Untersuchungen, wie der von Thoms and Parsons (2003), bei der Flusssysteme anhand von 230 hydrologischen und morphologischen Parametern beschrieben werden. Abweichend vom Ansatz des *River Continuum Concepts* (Vannote, Minshall et al. 1980) gehen die Autoren des *Functional Process Zones*-Ansatzes von Flüssen als Verkettungen hydromorphologischer Einheiten im Längsverlauf aus, die im Wesentlichen von geomorphologischen und hydrologischen Rahmenbedingungen auf Ebene des Einzugsgebiets beeinflusst sind (Thorp, Thoms et al. 2006). Die Ausweisung von *Functional Process Zones* erfolgt über die Erfassung von dreizehn abhängigen und unabhängigen Variablen auf verschiedenen räumlichen Skalen. Auf Einzugsgebietsebene sind dies der mittlere jährliche Niederschlag und die geologischen Verhältnisse, auf Ebene der Täler sind dies u. a. Höhenlage, Talweite, Talgefälle, auf Ebene des Flussschlauchs sind dies u. a. Lauform, Laufkrümmung, Gewässerbreite. Elf der dreizehn Variablen können dabei halbautomatisch mit einer eigens entwickelten GIS-Anwendung (*RESonate*) erfasst werden (Williams, D'Amico et al. 2013). Im Vordergrund steht bei dieser Methode die schnelle und kosteneffiziente Klassifizierung großer Fließgewässernetze.

Für die vorliegende Arbeit ist die Fließgewässertypisierung gem. der WRRL von besonderer Bedeutung, da sie die gewässertypologische Grundlage für Anwendungen wie das LAWA-VO-Verfahren darstellt. Die in Anhang II der WRRL (EC 2000) beschriebene Vorgehensweise zur Typisierung von Flüssen teilt sich in ein Übersichtsverfahren (System A) und ein Detailverfahren (System B) auf (Moreno, Navarro et al. 2006; Pardo, Gómez-Rodríguez et al. 2012).

Im Rahmen der übersichtsartigen WRRL-Typisierung werden die Fließgewässer zunächst Ökoregionen zugeordnet und innerhalb dieser Regionen durch die Deskriptoren Höhenlage, Größe des Einzugsgebiets und Geologie weiter differenziert. Das Detailverfahren unterscheidet Fließgewässer

hinsichtlich sog. obligatorischer Faktoren (Höhenlage, geographische Länge und Breite, Geologie und Gewässergröße) und bei Bedarf hinsichtlich sog. optionaler Faktoren (z. B. Talform, Gefälle, Gewässerbreite und -tiefe sowie Feststofffracht).

Der aktuellen, deutschen, biozönotischen Fließgewässertypisierung liegt das WRRL-Detailverfahren (Typ B) zugrunde. Sie basiert auf den biozönotischen Ökoregionen nach Illies (1961; 1978) und einem grundlegenden Typisierungsentwurf von Schmedtje, Sommerhäuser et al. (2001). Methodisch stellt die deutsche Fließgewässertypologie eine Kombination aus den o. g. Ansätzen *top down* und *bottom up* dar: ausgehend von einer allgemeinen, geomorphologischen Einteilung der Landschaften Deutschlands und der darin vorkommenden Fließgewässer (Briem 2003) wurde eine Validierung der Typen anhand von Ähnlichkeitsberechnungen umfangreicher Datensätzen von möglichst gering beeinträchtigten Referenzgewässern vorgenommen (Pottgiesser & Sommerhäuser 2004).

In diese Fließgewässertypisierung flossen Ansätze zur regionalen, geographischen bzw. geomorphologischen Typologie der Fließgewässer in Deutschland von Steinmann (1907), Kührtreiber (1934) und Thienemann (1936; 1954) ein. Ein erster systematischer Ansatz zur generellen regionalen Typisierung von Bächen in Deutschland wurde von Otto & Braukmann entwickelt (Otto & Braukmann 1983; Otto 1991; Braukmann 1997).

Entsprechend der naturräumlichen Regionen der damaligen Bundesrepublik Deutschland entwickelten Otto & Braukmann eine Bachtypenreihe mit drei morphologischen Grundtypen: Gebirgsbäche, Bergbäche und Flachlandbäche. Diese Grundtypen wurden weiter unterteilt nach Höhenstufen, geochemischer Prägung, Ausgangsgestein und Substrat. Entscheidend für die Fließgewässer der Alpen und des Mittelgebirges sind die geomorphologische Ausgangssituation, das Talgefälle und die Talform. Diese Faktoren bestimmen das unterschiedliche Krümmungs- und Verzweigungsverhalten der Fließgewässer und damit auch die Ausprägung der verschiedenen Bettstrukturen. Für die Gewässer im Tiefland sind insbesondere die Substratverhältnisse relevant für Struktur und Dynamik der Fließgewässer.

Briem (2003) griff bei seiner Arbeit zur Ausweisung von Fließgewässerlandschaften in Deutschland den Typisierungsansatz von Otto & Braukmann auf und beschrieb wesentliche regionale, hydro-morphologische Strukturmerkmale der Fließgewässer und Auen im Sinne des heutigen potenziellen natürlichen Zustands. Regional heißt in diesem Zusammenhang, dass landschaftstypische Formen und Strukturen ermittelt, kartiert und dargestellt wurden. Briem legte neben den Typisierungskriterien des Reliefs, des Substrats sowie überregionalen Faktoren (z. B. Abflussgeschehen) insbesondere Wert auf geologische Fazies, Klüftung, Bankung, Körnigkeit und die chemische Zusammensetzung des Gesteins, die in Verbindung mit der Verwitterungsart und der Zeitdauer das Substrat hervorbringt. Andererseits sind es die tektonischen, vor allem die vertikalen Bewegungen der Erdkruste mit Hebung und Senkung, die bei Briems Typisierung eine große Rolle spielen. Diese bestimmen in Verbindung mit dem Faktor Zeit wesentlich das Relief und damit die orographischen Grundtypen der Gewässer. Die Tektonik ist vor allem verantwortliche Gestaltungskraft für die Entwicklung der Längsprofile, der Größe und Form der Einzugsgebiete und damit auch für das Gefälle als ein Hauptstrukturelement der Fließgewässer.

Die deutsche Fließgewässertypisierung unterscheidet 25 biozönotisch bedeutsame Typen: vier für die Ökoregion der Alpen und des Alpenvorlandes, acht für das Mittelgebirge, neun für das Norddeutsche Tiefland sowie vier Fließgewässertypen, die als Ökoregion-unabhängige Typen in verschiedenen Ökoregionen verbreitet sind (Pottgiesser & Sommerhäuser 2008). In Steckbriefen der einzelnen Fließgewässertypen werden physikalische und chemische Leitwerte sowie Kurzcharakteristika des Abflusses bzw. der Hydrologie beschrieben. Darüber hinaus wird in diesen Steckbriefen eine Auswahl charakteristischer Arten sowie die Beschreibung funktionaler Gruppen der Qualitätselemente Makrozoobenthos, Makrophyten, Phytobenthos und Fische zur biozönotischen Charakterisierung der Gewässertypen dargelegt.

Die 25 biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen bilden die theoretisch-konzeptionelle Grundlage (Leitbilder) für die Bewertung hydromorphologischer Eigenschaften mittels des LAWA-VO-Verfahrens. Die tatsächlich bewertungsrelevanten Typisierungsmerkmale, die den natürlichen Referenzzustand des jeweiligen morphologischen Typs beschreiben, sind Talform und Sohlsubstrat sowie Lauftyp und Windungsgrad, wobei die beiden letztgenannten Kriterien nur für große Gewässer relevant sind. Auf diesen morphologischen Typisierungsansatz wird im Rahmen der Beschreibung des LAWA-VO-Verfahrens näher eingegangen (Kapitel 2.3).

1.5 Hydromorphologische Bewertungsverfahren

Fließgewässertypisierungen wie sie in Kapitel 1.4 beschrieben werden, liefern eine Übersicht natürlicherweise vorkommender Typen von Fließgewässern in einer bestimmten Region. Für die Ableitung des Handlungsbedarfs zur Beseitigung hydromorphologischer Defizite ist darüber hinaus eine Erfassung und Bewertung der hydromorphologischen Ist-Situation von Fließgewässern notwendig. Dabei werden qualitative Aussagen bzgl. der Formen und Prozesse von Fließgewässern getroffen, die i. d. R. auf einem Abgleich zwischen der Ist-Situation mit einem vorher definierten Ideal- bzw. Referenzzustand basieren. Je nach Zielsetzung, Vorgehensweise, Betrachtungsmaßstab und Detailgrad unterscheiden sich Bewertungsansätze teilweise erheblich voneinander (Belletti, Rinaldi et al. 2014).

In der jüngeren Vergangenheit wurden vor allem in Europa, Nordamerika und Australien zahlreiche Bewertungsverfahren für Fließgewässer entwickelt (Kondolf & Piégay 2005). Im Folgenden sollen die grundlegenden Elemente solcher Erfassungs- und Bewertungsmethoden dargelegt werden und Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede näher erläutert werden. Ziel dieser Ausführungen ist die Einordnung des LAWA-VO-Verfahrens in der vielfältigen Landschaft der hydromorphologischen Bewertungsverfahren. Eine gesonderte Abhandlung über hydromorphologische Bewertungsmethoden in Deutschland, insbesondere eine detaillierte Erläuterung des LAWA-VO-Verfahrens, enthält das Kapitel 2.

In Hinblick auf die wasserwirtschaftliche Anwendungspraxis haben sich folgende, zentrale Begriffe der hydromorphologischen Bewertung zur Einordnung von Fließgewässern bzgl. ihrer Natürlichkeit und ihres Entwicklungspotenzials etabliert (Abbildung 1-3).

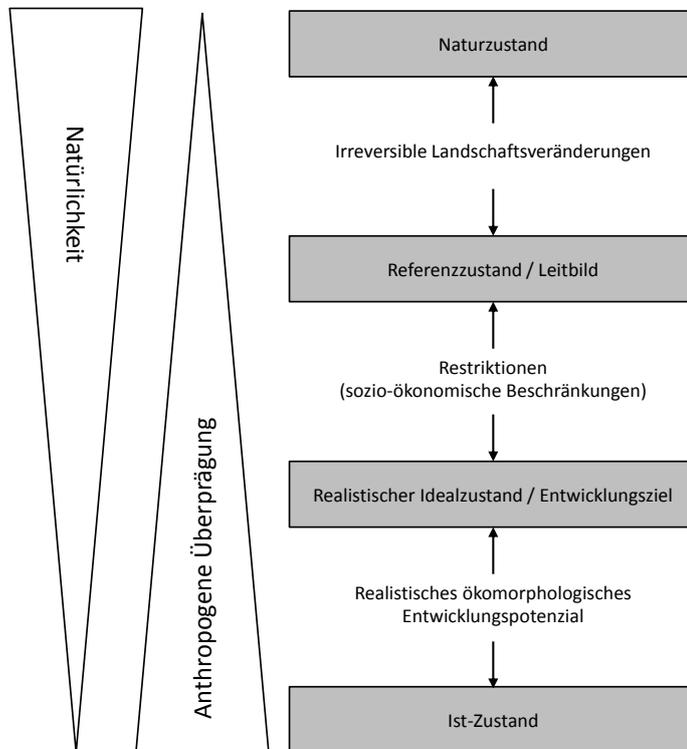


Abbildung 1-3: Begriffe der hydromorphologischen Fließgewässerbewertung (Weber, Göggel et al. 2008), verändert.

Der **Naturzustand** steht für eine vollständig natürliche und unberührte Flusslandschaft, wie sie heutzutage kaum mehr zu finden ist. Das Fließgewässerökosystem hat sich ausschließlich durch natürliche Prozesse entwickelt, ist selbstorganisierend und selbsterhaltend (Friedrich & Lacombe 1992).

Irreversible Veränderungen sind großräumige und unumkehrbare Veränderungen von Landschaft und Gewässern durch den Menschen seit dem Neolithikum (z.B. großflächige historische Waldrodungen, Auenlehmbildung, Trockenlegungen von Feuchtgebieten, Siedlungen in ehemaligen Schwemmflächen). Neben diesen landschaftlichen, irreversiblen Veränderungen wurde die morphologische Qualität von Fließgewässern und damit die Abundanz sowie Artenzusammensetzung von Gewässerflora und -fauna in der Vergangenheit durch Wassermühlen mit Mühlenstauen und -gräben, durch Bewässerungslandwirtschaft mit Kanälen und Gräben sowie durch die Anpassungen (Begradigung, Eindämmung, Vertiefung und Aufstauung) der Gewässerläufe an die Bedürfnisse des Holztransports (Flößerei) nachhaltig beeinflusst (Thiem 2006). In diesen Fällen ist der ursprüngliche Charakter der Gewässer meistens nicht mehr vollständig rekonstruierbar.

Das **Leitbild** (engl. *reference state*) definiert den Zustand eines Gewässers anhand des heutigen Naturpotenzials und ist gem. WRRL dem „sehr guten ökologischen Zustand“ gleichzusetzen (EC 2000). Das Leitbild schließt irreversible anthropogene Veränderungen und heutige Kulturlandschaftsmerkmale mit ein (Newson & Large 2006). Der jeweilige Referenzzustand kann hypothetisch konstruiert sein wie beispielsweise der heutige potenzielle natürliche Gewässerzustand (hpnG) nach Briem (2003), der ein Leitbild beschreibt, wie es sich nach Entfernung der menschlichen Bauwerke und ohne weitere Einflussnahme einstellen würde. Auf der anderen Seite kann dieses Leitbild von real existierenden, mehr oder weniger naturnahen Gewässerlandschaften abgeleitet werden (Zerbe & Wiegleb 2008). Das Leitbild stellt kein konkretes Entwicklungsziel dar, sondern legt die Grundlage für die Bewertung von Gewässerökosystemen. Es orientiert sich dabei an dem bestmöglichen ökologischen Zustand eines vergleichbaren natürlichen Gewässers.

Als **Restriktionen** sind anthropogene Nutzungsansprüche zu verstehen, die die hydromorphologischen Verbesserungsmöglichkeiten von Gewässern oder Gewässerabschnitten erheblich einschränken (z. B. Siedlungen, Verkehrswesen, Hochwasserschutz, Energiegewinnung). Deshalb müssen oftmals Kompromisse gefunden werden, um den Ansprüchen des Menschen und dem Schutz von Fließgewässern gleichermaßen gerecht zu werden. So können Schutzziele für Fließgewässer in ihrer Gänze niedriger angesetzt werden, wenn die Nutzungsansprüche des Menschen an die entsprechenden Gewässer besonders hoch sind (ökologische Verlustbereiche) oder wenn die Kosten von Verbesserungsmaßnahmen in keinem Verhältnis zum volkswirtschaftlichen Nutzen stehen. Im Gegenzug können für Gewässer, die noch relativ naturnah sind, höhere Schutzziele formuliert werden (ökologische Vorrangbereiche). Dieser Ansatz kommt beispielsweise bei der Definition von erheblich veränderten und natürlichen Wasserkörpern im Sinne der WRRL zum Tragen.

Das **Entwicklungsziel** bzw. der realistische Idealzustand definiert den derzeit maximal erreichbaren hydromorphologischen Zustand unter Berücksichtigung von Restriktionen. Dieser möglichst naturnahe Zustand bezieht somit die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und Kosten-Nutzen-Betrachtungen mit ein. In diesem Zusammenhang wurde eine Vielzahl an Konzepten mit unterschiedlichen Zielvorstellungen und Maßnahmen entwickelt. Unterscheidungskriterien sind u. a. Vollständigkeit und Wahrscheinlichkeit der Wiederherstellung bestimmter, nicht nur historisch begründeter Zustände sowie der Einsatz technischer Mittel (Zerbe & Wiegleb 2008):

- Extensivierung: Verringerung der Nutzungsintensität zugunsten einer aufwandsschwachen Landnutzung.
- Rehabilitation: Wiederherstellung von bestimmten Ökosystemfunktionen bzw. Ökosystemleistungen.
- Renaturierung: Erreichen eines naturnäheren Zustandes, d. h. eines Zustandes geringerer Nutzungs- bzw. Eingriffsintensität.
- Revitalisierung: Wiederherstellung von erwünschten abiotischen Umweltbedingungen als Voraussetzung für die Ansiedlung von standorttypischen Lebensgemeinschaften.

Im Sinne der WRRL und des darin geforderten guten ökologischen Zustandes stellt die ökologische Integrität, also die charakteristische Artenzusammensetzung und Ökosystemstruktur, das primäre Entwicklungsziel für natürliche Fließgewässer in Deutschland und Europa dar.

Das **realistische hydromorphologische Entwicklungspotenzial** stellt die Differenz zwischen dem Entwicklungsziel und dem derzeitigen ökomorphologischen Ist-Zustand dar. Renaturierungsmaßnahmen zielen darauf ab, durch die Behebung hydromorphologischer Defizite diese Differenz zu verringern, d.h. den Ist-Zustand dem realistischen Idealzustand näherzubringen. Je nach Entwicklungsziel kann das Entwicklungspotenzial durch unterschiedliche Maßnahmentypen ausgeschöpft werden. Dies können eher passive Maßnahmen zum Schutz von naturnahen Gewässerabschnitten, geringfügige Maßnahmen zur Stimulierung der natürlichen Gewässerdynamik oder technische Maßnahmen zur Entfernung von Schadstrukturen wie Verbau oder Querbauwerke und zur Wiederherstellung naturnaher Habitateigenschaften sein.

Der **Ist-Zustand** ist der nach den Vorgaben eines definierten Verfahrens beschriebene aktuelle Zustand des Gewässers. Dieser Zustand ist erfassbar und bewertbar unter Zuhilfenahme von Parametern, die gewässerstrukturelle Eigenschaften (Zustände und Prozesse) abbilden und in Relation zu einem entsprechenden Leitbild bzw. Referenzzustand setzen. Der Bewertung des Ist-Zustandes von Fließgewässern liegt immer ein bestimmter Richtungssinn zugrunde, der im besten Fall wissenschaftlich präzisierbar ist. Entsprechend des aktuellen, allgemein akzeptierten Verständnisses einer nachhaltigen Gewässerentwicklung kann als derzeit geltender Richtungssinn die Ablehnung des Status quo, verursacht durch anthropogene Eingriffe in der Vergangenheit, und das Bestreben den Status quo in einen naturnäheren Zustand zu überführen angesehen werden. Vor diesem Hintergrund sind Verfahren notwendig, die den Ist-Zustand anhand nachvollziehbarer Indikatoren bzw. Parameter erfassen und bewerten.

Es existiert eine große Bandbreite an hydromorphologischen Bewertungsverfahren, denen zwar die oben ausgeführten Grundbegriffe zugrunde liegen, die sich aber u.v.a. Aspekten hinsichtlich der Zielsetzung, der involvierten fachlichen Disziplinen, der naturräumlichen Vorgaben des Untersuchungsraums, des Betrachtungsmaßstabes, der inhaltlichen Detailschärfe, der Bewertungsmethodik und der Ergebnisverwertung unterscheiden können (Kondolf & Piégay 2005; Davy-Bowker & Furse 2006). Diese Vielfalt unterschiedlicher Verfahren wird beispielsweise durch die Arbeiten von Fernández, Barquín et al. (2011) und Belletti, Rinaldi et al. (2014) deutlich. Fernández, Barquín et al. vergleichen 55 hydromorphologische Verfahren hinsichtlich der räumlichen Betrachtungsskala, der untersuchten Fließgewässerkompartimente und berücksichtigten Gewässerstrukturen, des Detailgrads der Erfassung und der Anwendbarkeit. Belletti, Rinaldi et al. untersuchen 121 Verfahren hinsichtlich ihrer Stärken, Einschränkungen, Vollständigkeit und ihrer Integrierbarkeit mit anderen Verfahren. Zahlreiche weitere Arbeiten vergleichen hydromorphologische Bewertungsverfahren, wobei die Anzahl der Verfahren meist wesentlich geringer ist als die der beiden oben genannten Arbeiten. Diese vergleichenden Arbeiten untersuchen, inwieweit Verfahren die Anforderung der WRRL oder Europäischer Normen (CEN 2002; DIN 2005; DIN 2010) erfüllen (Weiß, Matouskova et al. 2008; Sípek, Matousková et al. 2010; Scheifhacken, Haase et al. 2012),

inwieweit Bewertungsergebnisse unterschiedlicher Verfahren vergleichbar sind (Wilkinson, Martin et al. 1998; Raven, Holmes et al. 2002; Ward, Tate et al. 2003; Hughes, Herlihy et al. 2010; Benjankar, Koenig et al. 2013; Langhans, Lienert et al. 2013) oder wie unterschiedlich der Arbeitsaufwand und die Anforderungen an die Anwender sind (Sípek, Matousková et al. 2010).

Die Definitionen bzgl. der Zielsetzung hydromorphologischer Verfahren reichen von einer einfachen, überblicksmäßigen und kosten- bzw. ressourceneffizienten Darstellung des ökomorphologischen Zustandes, der Funktionsfähigkeit und der Belastungen der Fließgewässer hin zu einer sehr detaillierten Erfassung und Bewertung der Gewässerstrukturen. Beispiele für relativ pragmatische Verfahren sind die schweizerische *MSK-F* Methode (Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz – Ökomorphologie Stufe Flächendeckend) (EAWAG 1998) und das nordamerikanische *RBP* Verfahren (engl. *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Wadeable Rivers – Habitat Assessment and Physical Parameters*) (Barbour, Gerritsen et al. 1999). Solche Methoden kommen mit einer relativ geringen Anzahl an Bewertungsparametern aus (*MSK-F*: 5 Parameter; US-EPA: 10 Parameter). Demgegenüber stehen sehr detaillierte Verfahren, wie das Australische Verfahren *AusRivAS* (engl. Australian River Assessment System: *AusRivAS Physical Assessment Protocol*) (Parsons, Thoms et al. 2002) mit 92 Parametern oder das englische Verfahren *RHS* (engl. *River Habitat Survey*) (EA 2003) mit mehr als 200 Parametern. Insbesondere das letztgenannte Verfahren wird international häufig angewandt, beispielsweise in Italien (Balestrini, Cazzola et al. 2004; Bona, Falasco et al. 2008), Polen (Grzybowski & Endler 2012), Slovenien (Tavzes, Urbanic et al. 2006), Portugal (Ferreira, Pádua et al. 2011), Südeuropa (Buffagni & Kemp 2003) und Europa (Szoszkiewicz, Buffagni et al. 2006).

Verfahren wie die *MSK-F* Methode, das US-EPA Verfahren oder das *AusRivAS* Verfahren sind integrierte Bestandteile von umfangreichen Methoden zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern. Verfahren wie das deutsche *LAWA-VO*-Verfahren (*LAWA 2000*) oder das österreichische Verfahren *Hydromorphologische Zustandserhebung von Fließgewässern* (Mühlmann & Mauthner-Weber 2010) hingegen betrachten ausschließlich hydromorphologische Eigenschaften, isoliert von anderen gewässerökologischen Aspekten. Der räumliche Detailgrad mit dem Fließgewässer abschnittsweise bewertet werden, reicht von 25 m (Mindestlänge des *MSK-F* Verfahrens mit variable Abschnittslängen) über 50-1000 m (*LAWA-VO*-Verfahren mit festgelegten Abschnittslängen entsprechend der jeweiligen Gewässerbreite) zu sehr flexiblen Abschnittslängen (Bordvolle Breite x 10 beim *AusRivAS* Verfahren).

Zu den Verfahren, die in der jüngsten Vergangenheit entwickelt wurden zählen *SPA* (engl. *Stream Performance Assessment*) (Doll, Jennings et al. 2015), *MQI* (engl. *Morphological Quality Index*) (Rinaldi, Surian et al. 2013) und *HMID* (engl. *Hydro-Morphological Index of Diversity*) (Campana, Marchese et al. 2014). Das Verfahren *SPA* (engl. *Stream Performance Assessment*) ist ein visuelles Schnellverfahren zur Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen, das in Nordamerika entwickelt wurde und eingesetzt wird (Doll, Jennings et al. 2015). Bei diesem Verfahren werden anhand von 7 Hauptparametern bzw. 17 Einzelparametern renaturierte Gewässerabschnitte hinsichtlich ihrer hydro-

morphologischen Habitateigenschaften bewertet (z. B. Sequenz, Lage und Ausdehnung von Stillen und Schnellen; Sedimentation und Erosion; Habitatstrukturen wie Totholz oder Wurzelflächen).

Das italienische, visuelle Bewertungsverfahren MQI (engl. *Morphological Quality Index*) wurde speziell für die Bewertung der in der WRRL (Anhang V) formulierten hydromorphologischen Qualitätskomponenten entwickelt (Rinaldi, Surian et al. 2013). Es wird darüber hinaus für die Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen eingesetzt (Campana, Marchese et al. 2014). Je nach Gewässertyp werden dabei bis zu 28 Einzelparameter erfasst und bewertet, die den Aspekten Durchgängigkeit, Morphologie und Vegetation zugeordnet sind. Das in der Schweiz entwickelte Verfahren HMID (engl. *Hydro-Morphological Index of Diversity*) beschreibt die Veränderung der Habitatvielfalt im Rahmen von Renaturierungsmaßnahmen oder generell von wasserbaulichen Maßnahmen an grobmaterialreichen Fließgewässern des Alpenvorlandes (Gostner, Alp et al. 2013). Die hydromorphologische Bewertung basiert bei diesem Verfahren – im Gegensatz zu visuellen Methoden – auf den zwei messbaren Parametern Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe.

Im Gegensatz zu anderen Aspekten von Fließgewässerökosystemen (z. B. Wasserqualität oder biologische Lebensgemeinschaften), für die es standardisierte und weitverbreitete Bewertungsmethoden gibt, liegt für die einheitliche und vergleichbare Bewertung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern kein allgemein akzeptiertes Verfahren vor (Maddock 1999; Raven, Holmes et al. 2010; Fernández, Barquín et al. 2011). Es gibt zwar einige standardisierte Feldmethoden, die für fluvialmorphologische Untersuchungen geeignet sind wie beispielsweise Partikelgrößenanalyse (DIN 1987), Sedimentbeprobung (DIN 1987) und das Vermessen von Quer- und Längsprofil (DIN 2012), eine international standardisierte Methode zur Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern gibt es jedoch nicht.

Diese Tatsache ist insbesondere im Zusammenhang mit der WRRL von Bedeutung. Für die drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten Wasserhaushalt, Durchgängigkeit und Morphologie sind im Anhang V der WRRL Beschreibungen für die Zustandsklasse *sehr gut* aufgeführt (Tabelle 1-1). Als unterstützende Qualitätskomponenten müssen die hydromorphologischen Komponenten bestimmte Qualitäten aufweisen, damit die für die biologischen Qualitätskomponenten geforderten Werte erreicht werden können.

Tabelle 1-1: Hydromorphologische Qualitätskomponente der WRRL – Begriffsbestimmung für den sehr guten ökologischen Zustand von Flüssen; (Richtlinie 2000/60/EG – „WRRL“ Anhang V).

| Komponente | Sehr guter Zustand |
|-----------------|---|
| Wasserhaushalt | Menge und Dynamik der Strömung und die sich daraus ergebende Verbindung zum Grundwasser entsprechen vollständig den natürlichen Bedingungen. |
| Durchgängigkeit | Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und Sedimenttransport. |
| Morphologie | Laufentwicklung, Variationen von Breite und Tiefe, Strömungsgeschwindigkeiten, Substratbedingungen sowie Struktur und Bedingungen der Uferbereiche entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den natürlichen Bedingungen. |

Während die hydromorphologischen Bedingungen für den sehr guten Zustand entsprechend des obigen Schemas relativ genau festgelegt sind, definieren sich die hydromorphologischen Bedingungen für den guten und mäßigen Zustand über jene Gegebenheiten, unter denen die Werte für den guten bzw. mäßigen biologischen Zustand erreicht werden können. Hydromorphologische Belastungen werden hier also nur indirekt über ihre Wirkungsweise auf die biologischen Komponenten bewertet (Mühlmann & Mauthner-Weber 2010). Wie der Zustand der drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten zu erfassen und bewerten ist, wird in der WRRL nicht explizit erläutert.

Die umfangreichste Bemühung bzgl. der Standardisierung von hydromorphologischen Bewertungsmethoden fand im Rahmen des EU-Projekts STAR (*Standardisation of River Classifications*) statt. In diesem Projekt wurden neben anderen WRRL-relevanten Bewertungsmethoden auch hydromorphologische Bewertungsmethoden untersucht und hinsichtlich der Vergleichbarkeit ihrer Ergebnisse evaluiert (Davy-Bowker & Furse 2006; Erba, Buffagni et al. 2006). Ein wesentliches Produkt dieses Projekts waren zwei CEN-Normen, die Empfehlungen zur Standardisierung der Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften (EN 14614:2004) (DIN 2005) und eine Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen hydromorphologischer Eigenschaften (EN 15843:2010) (DIN 2010) von Fließgewässern formulieren (Boon, Holmes et al. 2010).

Die Europäische Norm „Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern“ (EN 14614:2004) legt Anforderungen fest, die zur Charakterisierung und Beurteilung der Hydromorphologie von Fließgewässern notwendig sind. Sie beruht auf einer Auswertung von europäischen Verfahren, die im Rahmen des o.g. STAR-Projekts verglichen worden sind. Das Hauptziel dieser Norm ist es, die Vergleichbarkeit hydromorphologischer Erfassungsmethoden, der Datenverarbeitung, der Interpretation und der Präsentation der Ergebnisse zu ermöglichen. Dazu wird ein standardisiertes Verfahren zur Erfassung der Strukturmerkmale von Flussbetten, Ufern, Überschwemmungsgebieten und Auen beschrieben. Die Norm liefert hierbei Anleitungen bzgl. der Anforderungen an die Datenerhebung, der Erfassungsmerkmale, der Vor-Ort-Untersuchungen, der Berichterstattung und der Qualitätssicherung. Insbesondere die Ausführungen bzgl. der Merkmale für die Datenerfassung und Beurteilung des ökomorphologischen Ist-Zustandes anhand einer Liste von Strukturparametern sind in Hinblick auf die vorliegende Arbeit von Bedeutung. Diese Parameter sind in 10 Kategorien zusammengefasst und erfassen die drei Zonen des Gewässerlebensraums: Flusslauf, Ufer/Uferzone, Überschwemmungsgebiet (Tabelle 1-2).

Tabelle 1-2: Beurteilungskategorien, Merkmale und Einzelparameter gem. EN 14614:2004 (DIN 2005).

| Nr. | Kategorie | Hauptmerkmal | Erfassungsparameter |
|-------------------------------|--|---|---|
| Flussschlauch | | | |
| 1 | Flussverlauf | Flusslauf | Windungsgrad, Veränderungen des nat. Flussverlaufs |
| | | Längsverlauf | Gefälle, Längsprofil |
| | | Querprofil | Variabilität des Querschnitts |
| 2 | Substrate | Künstlich | Beton, Sohlverbau |
| | | Natürliche Substrattypen | Korngrößenverteilung |
| | | Bewirtschaftung / Belastung | Versandung, Kolmation |
| 3 | Flussvegetation und organische Sedimente | Makrophytengesellschaften | Emers/submers, Schwimmblattpflanzen, Moose |
| | | Fallaub und Schwemmholz | Art und Größenverteilung |
| | | Bewirtschaftungsmaßnahmen | Mahd der höheren Vegetation |
| 4 | Erosion / Sedimentation | Merkmale im Flusslauf und am Uferfuß | Krümmungsbänke, Seitenbänke, Inseln; stabile und erodierende Ufer |
| 5 | Fließverhalten | Fließmuster | Strömungsdiversität Auswirkungen künstlicher Strukturen (z. B. Buhnen) |
| | | Fließmerkmale | Kolke, Schnellen, Gleiten, Läufe |
| | | Abflussverhältnisse | Entnahmen, Ausleitungen |
| 6 | Durchgängigkeit | Barrieren, die das Fließverhalten, den Sedimenttransport und die Wanderung von Organismen beeinflussen. | Wehre, Deiche, Schleusen über die ganze Breite, Unterquerungen |
| Ufer und Uferzone | | | |
| 7 | Uferzonen und deren Veränderungen | Ufermaterial | Kies, Sand, Lehm, künstlich |
| | | Arten des Uferverbaus | Mauern, Drahtschotterkästen |
| | | Uferprofile | Steilwände, Bermen, erodierend oder sedimentierend |
| 8 | Pflanzengesellschaft und Struktur auf Ufer und Gewässernahbereich | Pflanzengesellschaft | Vegetationstypen |
| | | Vegetationspflege | Ufermahd, Gehölzpflege |
| | | Landnutzungstypen und -intensität | Landwirtschaft, Siedlungen |
| Überschwemmungsgebiete | | | |
| 9 | Angrenzende Landnutzung und vergleichbare Merkmale | Typen der Landnutzung, Ausmaß und Art der Intensität | Auwald, landwirtschaftliche Fläche, urbane Flächen |
| | | Offene Wasserflächen, Feuchtgebiete | Rezente Reste von Gewässern und Überschwemmungsgebieten wie Altwässer und Moore; künstliche Anlagen wie Kanäle und Teiche |
| 10 | Das Ausmaß der seitlichen Durchgängigkeit zwischen Flusslauf und Überschwemmungsgebiet sowie Möglichkeit zur Seitenerosion | Ausmaß der Beschränkung der potenziellen Dynamik des Flusslaufs und der möglichen Ausuferung | Deiche und Dämme, Flutmauern |
| | | Durchgängigkeit des Überschwemmungsgebietes | Größere künstliche Strukturen, die das Überschwemmungsgebiet unterbrechen |

Während die o.g. Norm EN 14614:2004 ein Protokoll für Freilanduntersuchungen und die Aufzeichnung der Kenngrößen beschreibt, gibt die Norm EN 15843:2010 eine Anleitung zur Bewertung der Veränderung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern. Hierin geht es hauptsächlich um die Auswirkungen der Belastung durch den Menschen auf Fließgewässer, also um das Ausmaß, in dem diese Belastungen zu Abweichungen von den hydromorphologischen Referenzbedingungen geführt haben könnten. Die Norm EN 15843:2010 teilt die in der Norm EN 14614:2004 aufgeführten sechzehn Parameter zur Erfassung des Ausmaßes, in dem die hydromorphologischen Eigenschaften von Flussbetten, Ufern, Uferzonen und Überschwemmungsgebieten verändert wurden, in zwei Gruppen ein – eine größere Gruppe der Kerneigenschaften und eine kleinere Gruppe der Ergänzenden Eigenschaften (Tabelle 1-3). Die Kerneigenschaften dienen der Feststellung der Abweichung von der potenziell natürlichen Beschaffenheit als Ergebnis des menschlichen Eingreifens in die Hydromorphologie von Fließgewässern. Die ergänzenden Eigenschaften umfassen auch solche für die Qualitätsbewertung des Lebensraums für Tiere und Pflanzen.

Tabelle 1-3: Ökomorphologische Bewertungsparameter gem. EN 15843:2010 (DIN 2010).

| Kategorie | Kern | Ergänzend |
|--|------|-----------|
| 1. Gewässerverlauf | | |
| 1a. Längsverlauf | ✓ | |
| 1b. Gewässerprofil (Längs- und Querschnitt) | ✓ | |
| 2. Substrate | | |
| 2a. Anteil von künstlichen Substraten | ✓ | |
| 2b. Potenziell natürliche Substratverhältnisse oder veränderte Beschaffenheit | | ✓ |
| 3. Fließgewässervegetation und organische Sedimente | | |
| 3a. Entkrautungsmaßnahmen | | ✓ |
| 3b. Anteil von Totholz, wenn natürlicherweise zu erwarten | | ✓ |
| 4. Erosion / Sedimentation | | ✓ |
| 5. Fließverhalten | | |
| 5a. Auswirkungen von im Flussbett errichteten künstlichen Strukturen innerhalb des Fließgewässerabschnitts | ✓ | |
| 5b. Auswirkungen von Veränderungen im Flusseinzugsgebiet auf das natürliche Fließverhalten | ✓ | |
| 5c. Auswirkungen von täglichen Änderungen im Fließverhalten (z. B. Schwall-Sunk-Betrieb) | ✓ | |
| 6. Beeinflussung der Längsdurchgängigkeit durch künstliche Strukturen | ✓ | |
| 7. Uferzonen und Veränderungen | ✓ | |
| 8. Pflanzengesellschaft und -struktur im Ufer- und angrenzenden Landbereich | ✓ | |
| 9. Angrenzende Landnutzung und vergleichbare Merkmale | ✓ | |
| 10. Wechselwirkungen zwischen Gewässerlauf und Überschwemmungsgebiet | | |
| 10a. Laterale Anbindung zwischen Gewässer und Überschwemmungsgebiet | ✓ | |
| 10b. Möglichkeit des Fließgewässers zur Seitenerosion | ✓ | |

Die Kerneigenschaften können unabhängig vom Fließgewässertyp mithilfe von Daten aus Freilanduntersuchungen, Fernerkundung, Kartenmaterial oder Ortskenntnis ermittelt werden, wohingegen für die ergänzenden Eigenschaften Kenntnisse über die Merkmale nötig sind, die bei den unterschiedlichen Fließgewässertypen zu erwarten sind. Bei einigen der Kerneigenschaften stellt sich aber die Frage, ob eine korrekte Beurteilung tatsächlich ohne eine Berücksichtigung von Fließgewässertypen erfolgen kann.

Obwohl die in dieser Norm beschriebene Vorgehensweise die hydromorphologische Beschreibung von Fließgewässern ermöglicht, ist es nicht das Ziel, ein Verfahren zur Definition des „sehr guten Zustands“ nach WRRL darzustellen oder weitreichende Verknüpfungen zur hydromorphologischen Klassifizierung für Bewertungen des ökologischen Zustands herzustellen. Sie soll vielmehr konsistente Vergleiche der Hydromorphologie zwischen den Fließgewässern eines Landes sowie zwischen denen verschiedener Länder in Europa ermöglichen, indem sie eine Methodik zur allgemeinen Beschreibung eines breiten Spektrums hydromorphologischer Veränderungen von Gewässerlauf, Ufern, Uferzonen und Überschwemmungsgebieten bietet. Vorrangiges Ziel ist eine Einschätzung der „Abweichung von der potenziell natürlichen Beschaffenheit“ als Resultat der Beeinträchtigung der Hydromorphologie von Fließgewässern durch den Menschen (DIN 2010).

Dass solche Vergleiche in der wasserwirtschaftlichen Praxis nicht unproblematisch sind, zeigen die Arbeiten von Fernández, Barquín et al. (2011), die Vorgehensweisen europäischer Verfahren vergleicht (Abbildung 1-4) und die Arbeit von Langhans, Lienert et al. (2013), die die Schwierigkeiten bei der Interkalibrierung von Bewertungsergebnissen unterschiedlicher Verfahren thematisieren.

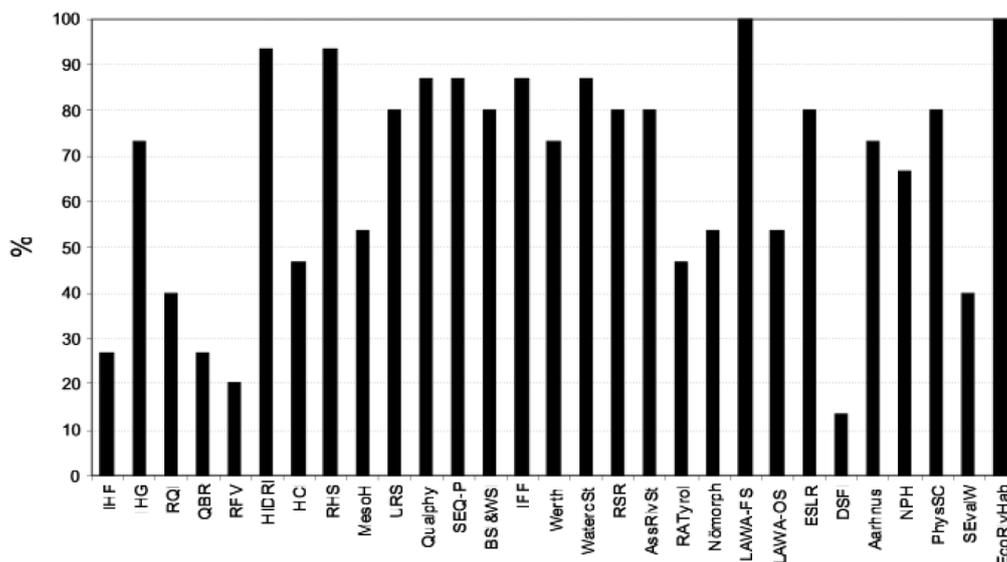


Abbildung 1-4: Vergleich von 29 europäischen, hydromorphologischen Bewertungsverfahren - Anteil der berücksichtigten Parameter gem. EN 14614:2004; (LAWA-FS = LAWA-Vor-Ort-Verfahren; LAWA-OS = LAWA-Übersichtsverfahren) (Fernández, Barquín et al. 2011).

2 Herleitung der Forschungsfragen

In den folgenden Kapiteln zur Beschreibung der Verfahrensversionen der Gewässerstrukturkartierung in Deutschland, zur detaillierten Analyse des LAWA-VO-Verfahrens (Verfahrensversion des Bundeslandes Hessen) und zum Vergleich der Bewertungsvarianten des Verfahrens werden die Forschungsfragen bzgl. der potenziellen Faktoren **Bewertungsmethodik** (Inter-Rating-Bias), **Anwender** (Inter-Assessor-Bias) und **Verfahrensversionen** (Inter-Version-Bias) herausgearbeitet, die die Verfahrensrobustheit beeinflussen können. Die Forschungsfragen werden in Kapitel 2.4 zusammengefasst.

2.1 Verfahrensversionen der Gewässerstrukturkartierung in Deutschland

Die Anfänge der systematischen Strukturkartierung in Deutschland lassen sich auf die Arbeiten von Otto & Braukmann zur morphologischen Typisierung von Bächen (Otto & Braukmann 1983; Otto 1991) und auf die Arbeit von Friedrich & Lacombe zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern (Friedrich & Lacombe 1992) zurückführen. Durch die o. g. Arbeiten von Otto & Braukmann erhielt die regionale Limnologie im deutschsprachigen Raum eine erste terminologische und inhaltliche Systematik (Regionale Bachtypologie).

Auf diesen Grundlagen aufbauend wurde im Rahmen des LAWA-Arbeitskreises „Gewässerbewertung“ 1993/1994 ein erster Verfahrensentwurf zur Gewässerstrukturkartierung von den Ländern Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz eingebracht. Unter der fachlichen Begleitung und mit abschließender Empfehlung des DVWK-Fachausschusses 4.13 „Bewertung von Fließgewässern“ wurde dieser Verfahrensentwurf 1994/1995 von neun Bundesländern in der Praxis erprobt. Die Verfahrensempfehlung des LAWA-VO-Verfahrens wurde im Januar 2000 unter dem Titel „Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer“ herausgegeben (LAWA 2000). Das Land NRW hat dieselbe Verfahrensbeschreibung bereits im Jahr 1998 als NRW-Empfehlung mit dem Titel „Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen – Kartieranleitung“ herausgegeben (LUA 1998). Etwa zeitgleich wurden Verfahren zur Gewässerstrukturkartierung an mittelgroßen und großen Fließgewässern entwickelt (LUA 2001; LAWA 2002; LAWA 2004). Derzeit werden die ursprüngliche Verfahrensempfehlungen für kleine und mittelgroße Fließgewässer sowie für große Fließgewässer überarbeitet (LAWA 2012; LAWA 2014). Die unveröffentlichten Entwürfe dieser Überarbeitungen lagen dem Autor dieser Arbeit vor.

Neben dem LAWA-VO-Verfahren und seinen bundesländerspezifischen Versionen wurden und werden in Deutschland weitere hydromorphologische Verfahren entwickelt, die beispielsweise die Besonderheiten an Schifffahrtsstraßen berücksichtigen (BfG 2001; Rosenzweig, Quick et al. 2012), den Fokus auf eine detaillierte Bewertung von Flussauen legen (Koenzen 2005; Brunotte, Dister et al. 2009), natürliche und künstliche Gewässer- und Umfeldstrukturen von Waldbächen bewerten (Schaber-Schoor & Rinderspacher 2006; Schaber-Schoor 2007), hydromorphologische und

soziokulturelle Eigenschaften von urbanen Fließgewässern berücksichtigen (Koenig 2011) oder Quellstrukturen kartieren und bewerten (Schindler 2004). Parallel zur wasserwirtschaftlichen Anwendung ist das LAWA-VO-Verfahren wiederholt Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Dazu zählen u. a.

- Ausführliche, analytische Verfahrensbeschreibungen (Kamp, Binder et al. 2007; Gellert, Behrens et al. 2012; Meier, Zumbroich et al. 2013; Gellert, Pottgiesser et al. 2014)
- Vergleiche des LAWA-VO-Verfahrens mit anderen hydromorphologischen Bewertungsverfahren (Raven, Holmes et al. 2002; Thiem 2006; Weiß, Matouskova et al. 2008; Sípek, Matousková et al. 2010; Fernández, Barquín et al. 2011; Scheifhacken, Haase et al. 2012; Belletti, Rinaldi et al. 2014)
- Identifizierung und Quantifizierung hydromorphologischer Belastungen (Feld 2004)
- Untersuchungen zum Einfluss hydromorphologischer Eigenschaften auf biologische Lebensgemeinschaften (Böhmer, Rawer-Jost et al. 2004; Hering, Meier et al. 2004; Kail & Hering 2009; Kail, Jähnig et al. 2009; Meier, Zumbroich et al. 2012)
- Weiterverarbeitung der Bewertungsergebnisse für die Planung von Renaturierungsmaßnahmen (Bartussek 2008; Gellert, Behrens et al. 2012)
- Optimierung des Mitteleinsatzes für Renaturierungsmaßnahmen (Goebel 2006)
- Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen (Goebel 2006; Haase, Hering et al. 2013)
- Einschätzung der Stärken und Schwächen des Verfahrens (Zumbroich 2008).

Darüber hinaus finden die Ergebnisse von Gewässerstrukturkartierungen beispielsweise Anwendung in der Ermittlung geschützter Landschaftsbestandteile gem. BNatSchG/FFH, der Bewertung von Synergien aus Morphologie, Naturschutz und Hochwasserschutz, der Lokalisierung repräsentativer biologischer Probestellen, der Ermittlung von Hochwasserrückhaltepotenzialen und der Abschätzung ökologischer Auswirkungen durch Einleitungen (LAWA 2012).

Seit über 15 Jahren wird das LAWA-VO-Verfahren großräumig und systematisch in Deutschland angewandt. Es hat sich dabei als effizientes Instrument für die Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Ist-Zustandes bewährt. Einige Bundesländer haben im Laufe der Zeit eigenständige Versionen des ursprünglichen LAWA-VO-Verfahrens bzw. eigene Verfahren entwickelt, die sich teilweise deutlich hinsichtlich der Parameterzahl und der Bewertungsmethodik voneinander unterscheiden. Eine umfassende, wenn auch nicht aktuelle Beschreibung der in Deutschland eingesetzten Strukturkartierungsverfahren liefert die Arbeit von Koenig (2011).

In der vorliegenden Arbeit werden zwei deutsche Verfahren exemplarisch untersucht: die Versionen aus Hessen/NRW (LANUV-NRW 2012) und Baden-Württemberg (LUBW 2010). Im weiteren Verlauf werden diese zwei Verfahrensversionen als **HESSEN-Version** und **BAWÜ-Version** bezeichnet. Die Gründe für die Wahl dieser beiden Versionen sind zum einen eine deutlich unterschiedliche Parameterzahl und zum anderen eine teilweise abweichende Bewertungsmethodik dieser beiden Versionen.

Im Folgenden werden die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede der zwei o. g. Versionen dargestellt und die damit verbundenen Forschungsfragen herausgearbeitet. Beiden Versionen liegt eine ähnliche Vorgehensweise bzgl. der Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustandes von Kartierungsabschnitten zugrunde (Abbildung 2-1).

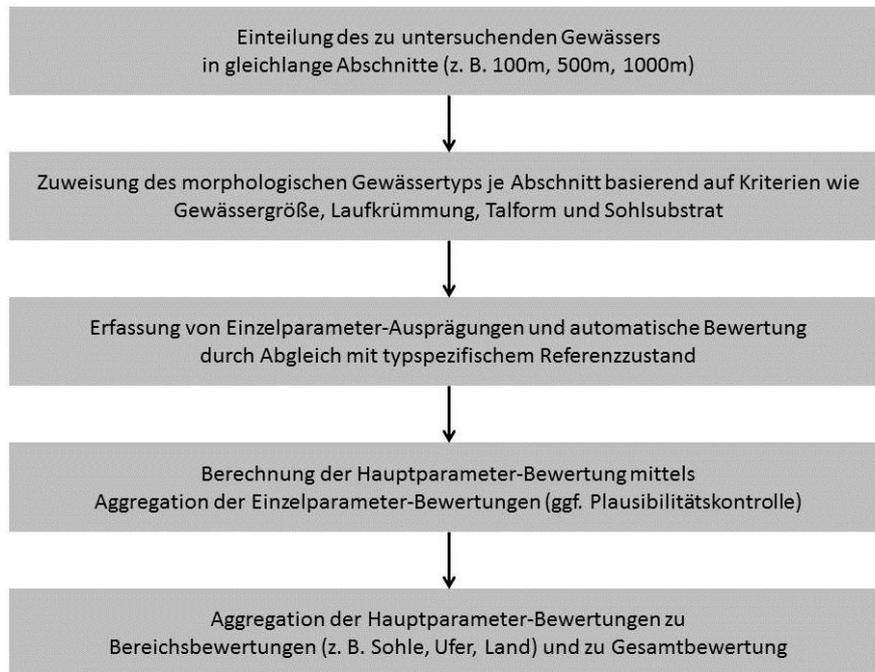


Abbildung 2-1: Genereller Ablauf der Gewässerstrukturbewertung.

An erster Stelle steht die Einteilung des zu untersuchenden Gewässers in gleichlange Abschnitte (sog. Kartierungsabschnitte). Die Abschnittslänge richtet sich dabei nach der Gewässergröße, die in Abhängigkeit zur jeweiligen Gewässerbreite vor Ort ermittelt wird. Im zweiten Schritt werden die Kartierungsabschnitte einem sog. morphologischen Gewässertyp zugewiesen. Differenzierungskriterien der unterschiedlichen Gewässertypen sind beispielsweise Gewässergröße, Laufkrümmung, Talform oder Sohlsubstrat. Diese Typisierung dient als Grundlage für die anschließende Erfassung von Einzelparameter-Ausprägungen und der automatischen Bewertung dieser Ausprägungen mittels eines Vergleichs zwischen dem erfassten Ist-Zustand mit dem vorab definierten Referenzzustand des jeweiligen morphologischen Gewässertyps. Abschließend werden die Einzelparameterbewertungen sukzessive zu höheren Bewertungsebenen aggregiert (Hauptparameter, Gewässerbereiche, Gesamtstrukturklasse). Dabei kann – je nach Verfahrensversion – eine Plausibilitätskontrolle durch einen Vergleich zwischen den automatisch berechneten Hauptparameterbewertungen und intuitiven Bewertungen der Anwender des Verfahrens erfolgen.

Im Jahre 2012 führte das Land Nordrhein-Westfalen eine neue Kartierungsanleitung für die Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur ein (LANUV-NRW 2012). In leicht abgeänderter Form hat das Bundesland Hessen dieses Verfahren übernommen. In weiten Teilen entspricht diese NRW- bzw. HESSEN-Version dem ursprünglichen LAWA-Vorort-Verfahren (LAWA 2000) und

bildet die Grundlage für die derzeit laufende Überarbeitung der ursprünglichen LAWA-VO-Verfahren, sowohl für kleine und mittelgroße als auch für große Fließgewässer (LAWA 2012; LAWA 2014). Hauptunterschiede zum ursprünglichen LAWA-VO-Verfahren sind die Anwendbarkeit des NRW-Verfahrens sowohl auf kleine und mittelgroße als auch auf große Gewässer und die Erweiterung des Parameterkatalogs von 25 auf 31 Parameter. Einen weiteren Unterschied zum ursprünglichen Verfahren stellt die Erfassung der genauen Anzahl von besonderen Sohlen- und Uferstrukturen je Kartierungsabschnitt anstelle einer Schätzung der Anzahl dar.

Baden-Württemberg veränderte das ursprüngliche LAWA-VO-Verfahren im Hinblick auf die neuen Anforderungen der WRRL insbesondere zur genaueren Ableitung morphologischer Maßnahmen und entwickelte die Verfahrensversion „Gewässerstrukturkartierung in Baden-Württemberg (Feinverfahren)“ (LUBW 2010). Dabei blieb das LAWA-VO-Verfahren im Kern bestehen, es wurden aber Modifikationen im Wesentlichen zu Vermeidung von Mehrfacherhebungen (Redundanzen) und zur Anpassung der Begrifflichkeiten an die WRRL-Terminologie vorgenommen. Das Verfahren kann für alle Gewässergrößen angewandt werden und bewertet deren Gewässerstruktur anhand von 15 Parametern. Drei weitere Parameter werden nachrichtlich erfasst, fließen aber nicht in die Bewertung mit ein. Die Aggregation von Einzelparameterbewertungen zu Hauptparameterbewertungen und zur Gesamtbewertung weicht teilweise deutlich vom ursprünglichen LAWA-VO-Verfahren ab (siehe dazu „Bewertungsaggregation bei zweiseitigen Einzelparametern“ in Tabelle 2-1). Die wesentlichen Unterschiede der zwei Verfahrensversionen in Bezug auf das ursprüngliche LAWA-VO-Verfahren sind in der folgenden Tabelle 2-1 zusammengefasst.

Tabelle 2-1: Wesentliche Unterschiede der untersuchten Strukturkartierungsverfahren.

| Aspekt | LAWA-VO-Verfahren | HESSEN-Version | BAWÜ-Version |
|---|---|---|---|
| Gewässergrößen | bis ca. 20 m Gewässerbreite | alle Größen | alle Größen |
| Typisierung | Gewässergröße, Talform, (Substrat) | Gewässergröße, Talform, Substrat, (Laufstyp, Windungsgrad) | Krümmungs- bzw. Laufstyp, Talstyp |
| Parameterzahl | 25 | 31 (davon 26 bewertungsrelevant) | 18 (davon 15 bewertungsrelevant) |
| Bewertung bei Mehrfachregistrierung | Negativste Bewertung | Negativste Bewertung | Hierarchische Mittelwertbildung |
| Plausibilitätskontrolle durch Verfahrensanwender | ja | ja | nein |
| Bewertungsaggregation bei zweiseitigen Einzelparameter (EP) | Mittelwert aus $EP_{links/rechts}$, anschließend HP_{Index} aus Mittelwert der EP-Mittelwerte. | Mittelwert aus $EP_{links/rechts}$, anschließend HP_{Index} aus Mittelwert der EP-Mittelwerte. | Mittelwert der Einträge „<10%“ und „10-50%“, anschließend Mittelwert aus diesem Wert und dem doppelt gewichteten „>50%“-Eintrag, abschließend Mittelwert aus beiden Gewässerseiten. |

Hinweis: Das ursprüngliche LAWA-VO-Verfahren ist für kleine und mittelgroße Gewässer mit Gewässerbreiten zwischen < 1 m und ca. 20 m ausgelegt. Die vorgegebenen Abschnittslängen sind 50 m, 100 m, 200 m und 500 m. Die HESSEN-Version ist für alle Fließgewässergrößen ausgelegt und unterteilt Gewässer in 100m-, 500m- oder 1000m-Abschnitte. Die überarbeitete Version des LAWA-VO-Verfahrens ist – wie das ursprüngliche Verfahren – für kleine und mittelgroße Gewässer konzipiert. Für große Fließgewässer wird eine eigenständige Verfahrensempfehlung erarbeitet.

Die oben aufgeführten Unterschiede der Verfahrensversionen werfen die Frage auf, inwieweit die Bewertungsergebnisse der Versionen aufgrund unterschiedlicher methodischer Eigenschaften voneinander abweichen können. Als zentrale methodische Unterschiede werden dabei folgende Aspekte angesehen:

- unterschiedliche Typisierungskriterien,
- unterschiedliche Anzahl an Einzelparametern,
- unterschiedliche Bewertungsaggregation bei Parametern mit Mehrfachregistrierung von Zustandsmerkmalen,
- unterschiedliche Vorgehensweise bei der Plausibilitätskontrolle der berechneten Bewertung,
- unterschiedliche Bewertungsaggregation bei Parametern, die getrennt für beide Gewässerseiten erhoben werden.

Die Bewirtschaftung von Fließgewässern kann nur dann nachhaltig sein, wenn diese natürlichen Systeme in ihrer vollständigen räumlichen Ausdehnung einheitlich betrachtet werden. Nicht erst seit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie gilt daher das Flusseinzugsgebiet über anthropogene Grenzen hinweg als Bewirtschaftungseinheit für Fließgewässer. Aus diesem Grund ist es wichtig, das Gewässerstrecken, die naturräumlich funktional zusammenhängen und im selben Einzugsgebiet liegen, mit vergleichbaren hydromorphologischen Verfahren bewertet werden (Langhans, Lienert et al. 2013).

Nichtsdestotrotz haben – wie oben ausgeführt – einzelne Bundesländer teilweise deutlich voneinander abweichende Versionen des ursprünglichen LAWA-VO-Verfahrens bzw. eigene Verfahren entwickelt, deren unterschiedliche Vorgehensweisen die Hypothese zulassen, dass Bewertungsergebnisse verschiedener Verfahrensversionen aufgrund methodischer Unterschiede voneinander abweichen können. Basierend auf dieser Hypothese wird die **Forschungsfrage** formuliert:

Welche Faktoren verursachen Bewertungsunterschiede zwischen Versionen des LAWA-VO-Verfahrens (**Inter-Version-Bias**)?

2.2 Das LAWA-VO-Verfahren als visuelles Bewertungsverfahren

Zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur wird im Rahmen des LAWA-VO-Verfahrens eine Vor-Ort-Erhebung direkt am Gewässer durchgeführt. Dazu werden abschnittsweise die Zustandsausprägungen der o. g. Einzelparameter vom Anwender erfasst. Jede Zustandsausprägung ist mit einer – ggf. typspezifischen – Bewertung (Strukturklasse) hinterlegt. Die Anwender geben demnach keine Bewertungen ab, sie erfassen Zustände. Bis auf die Verortung der Kartierungsabschnitte, die Vermessung wesentlicher Gewässer- und Querbauwerksdimensionen (z. B. Gewässerbreite, Absturzhöhe) und die Sondierung der Gewässersohle mit Hilfe von technischem Gerät (GPS, Laser-Distanzmessgerät, Sondierungsstab) werden die Gewässerstrukturen dabei rein visuell erfasst (engl. *visual rapid assessment*).

Die Zustandsausprägungen jedes Einzelparameters sind in den Verfahrensanleitungen qualitativ und quantitativ definiert sowie durch Abbildungen und Beispielfotos beschrieben. Beispielsweise wird beschrieben, wie Kartierungsabschnitte beschaffen sind, die von einer *häufig starken, vereinzelt starken, häufig schwachen* oder *vereinzelt schwachen* Krümmungserosion betroffen sind. Dennoch ist die Erfassung der Zustandsmerkmale vor Ort (Anzahl bzw. prozentualer Anteil von Einzelelementen oder dominierendes Strukturelement) durch die individuelle Wahrnehmung der Anwender, durch eine gewisse natürliche Variabilität (Abbildung 2-2). oder durch anthropogene Veränderungen der Strukturelemente beeinflusst.

Während die Erfassung bestimmter Zustandsausprägungen (z. B. Gewässerbreite, Verbau, Ausleitung) sehr genau erfasst werden können, ist bei einer Vielzahl der Einzelparameter die Unterscheidung in eine korrekte oder falsche Erfassung nicht möglich. Als Beispiel soll an dieser Stelle der Einzelparameter *Strömungsdiversität* erläutert werden. Dabei wird die räumliche Differenziertheit der Strömung innerhalb eines Kartierungsabschnittes durch die Gliederung des Abschnittes nach sog. Strömungsbildern (glatt, geripfelt, leicht plätschernd, gewellt, kammförmig, überstürzend) erfasst. Laut Verfahrensanleitungen sind nur deutlich voneinander abgrenzbare, unterschiedliche Strömungsbereiche zu berücksichtigen. Diese deutliche Abgrenzung liegt oftmals nicht vor. Daher erfolgt die Erfassung dieses Parameters und vieler weiteren Parameter in Form einer Schätzung. Eine maximal exakte Erfassung der Einzelparameter, die mit einem immensen Zeitaufwand verbunden wäre, steht im direkten Widerspruch zur Zielsetzung sog. **visueller Schnellverfahren** wie dem LAWA-VO-Verfahren.

Dies lässt die Hypothese zu, dass es zwischen Anwendern zu unterschiedlichen Einzelparametererfassungen und -bewertungen kommen kann. Basierend auf den oben beschriebenen Eigenschaften des LAWA-VO-Verfahrens als visuelles Bewertungsverfahren wird folgende **Forschungsfrage** formuliert:

Welche Faktoren verursachen Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern des LAWA-VO-Verfahrens (**Inter-Assessor-Bias**)?



Abbildung 2-2: Beispiel für natürliche Variabilität von Strukturelementen: Unterschiedliche Abfluss- und Vegetationsverhältnisse am selben Gewässerabschnitt (Rur bei Monschau) zu unterschiedlichen Zeitpunkten (oben: 25.05.2012; unten: 15.12.2012) (Fotos: Georg Meier).

2.3 Bewertungsvarianten des LAWA-VO-Verfahrens

Maßstab für die Bewertung der Gewässerstruktur mittels des LAWA-VO-Verfahrens ist ein vorab definierter gewässertyp-spezifischer Referenzzustand, der heutige potenzielle natürliche Gewässerzustand (hpnG). Fließgewässer entwickeln von Natur aus in Abhängigkeit von ihrer Größe und dem jeweiligen Naturraum eine morphologische Vielfalt, die typologisch klassifizierbar ist. Die in Deutschland zu Anwendung kommende biozönotische Fließgewässertypisierung (vgl. dazu Kapitel 1.4) bildet zwar die Grundlage (Leitbilder) für die Abgrenzung hydromorphologischer Eigenschaften unterschiedlicher Typen, entscheidend für die typspezifische Bewertung der Zustandsausprägungen der Einzelparameter ist jedoch die Zuweisung eines Kartierungsabschnitts zu einem morphologischen Gewässertyp. Diese Zuweisung basiert auf den folgenden Kriterien:

- Talform
- Sohlsubstrat
- Lauftyp (nur bei großen Fließgewässern)
- Windungsgrad (nur bei großen Fließgewässern)

Nur diese vier (bzw. zwei) morphologischen Kriterien bilden letztendlich die Bewertungsgrundlage des LAWA-VO-Verfahrens. Grundsätzlich werden dabei morphologische Gewässertypen anhand von Talform bzw. Substratverhältnisse festgelegt. Die Talform als Nomenklatur für die morphologischen Typen ist dabei auch als bewusste Abgrenzung z. B. zu den biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen gewählt worden. Die NRW-Version unterscheidet folgende vier Talformen: Kerb- und Klammtal (KT), Sohlenkerbtal (ST), Mulden- und Auetal (AT) und Gewässer ohne Tal (OT). Bei den dominierenden Sohlsubstraten werden vier Ausprägungen unterschieden: organisch (o), feinmaterialreich – Löß-Lehm (fl), feinmaterialreich – Sand (fs) und grobmaterialreich (g).

Aus der rein theoretischen Anzahl aller Kombinationsmöglichkeiten von Talformen und Substraten werden die in Tabelle 2-2 aufgeführten Kombinationen (morphologische Gewässertypen) unterschieden. Laut Verfahrensanleitung der NRW-Version werden aufgrund des hohen Gefälles in Kerb- und Klamm-tälern feine Substrate nahezu vollständig ausgespült, so dass beispielsweise die Kombination *Feinmaterialreiche Kerb- und Klamm-tal-gewässer* nicht als morphologischer Gewässertyp definiert ist.

Tabelle 2-2: Morphologische Fließgewässertypen der NRW-Version. Die Gewässertypen basieren dabei auf tatsächlich vorkommenden Kombinationen aus Talform und Substrat (LANUV-NRW 2012).

| Talform \ Substrat | organisch (o) | fein-materialreich b Löss-Lehm (fl) | fein-materialreich c Sand (fs) | grob-materialreich MG: Schotter TL: (Grob)Kies (g) |
|-------------------------|------------------|---|--------------------------------------|---|
| Kerbtal (KT) | | | | KT_g |
| Sohlenkerbtal (ST) | | ST_fl | ST_fs | ST_g |
| Mulden- und Auetal (AT) | AT_o | AT_fl | AT_fs | AT_g |
| Gewässer ohne Tal (OT) | OT_o | OT_fl | OT_fs | |

Hinweis: Die HESSEN-Version berücksichtigt gegenüber der NRW-Version als weitere Talform das Mäandertal. Die BAWÜ-Version berücksichtigt zusätzlich die Talformen Mäandertal und Aue- bzw. Muldentalgewässer (kiesig).

Für jeden Gewässertyp sind die Ausprägungsmöglichkeiten der Einzelparameter (sog. Zustandsmerkmale) definiert und diese Zustandsmerkmale anhand sog. **Strukturklassen** von 1 (hydromorphologisch unverändert) bis 7 (vollständig hydromorphologisch verändert) bewertet (Tabelle 2-3). Der heutige potenzielle natürliche Gewässerzustand (hpnG) entspricht dabei den hydromorphologischen Referenzbedingungen des sehr guten ökologischen Zustandes gem. WRRL. In Deutschland werden diese Referenzbedingungen mit dem Leitbild des jeweiligen Gewässertyps gleichgesetzt. Der Leitbildzustand entspricht der Strukturklasse 1. Die gewässertyp-spezifische Bewertung der Einzelparameter erfolgt, wie oben beschrieben, automatisch durch die Erfassung der vorhandenen Parameterausprägungen durch die Anwender.

Durch Mittelwertbildung werden die Bewertungen von Einzelparametern (Strukturklassen) zu Bewertungen auf höheren Aggregationsebenen (Hauptparameter, Gesamtbewertung) in Form von **Indexwerten** zusammengefasst. Diese Indexwerte werden anschließend anhand von Indexspannen erneut zu Strukturklassen zugeordnet.

Tabelle 2-3: Klassifizierung der Indexwerte zu Gewässerstrukturgüteklassen (LANUV-NRW 2012).

| Strukturklasse | Indexspanne | Grad der Veränderung | farbige Kartendarstellung |
|----------------|-------------|-----------------------|---------------------------|
| 1 | 1,0 - 1,7 | unverändert | dunkelblau |
| 2 | 1,8 - 2,6 | gering verändert | hellblau |
| 3 | 2,7 - 3,5 | mäßig verändert | grün |
| 4 | 3,6 - 4,4 | deutlich verändert | hellgrün |
| 5 | 4,5 - 5,3 | stark verändert | gelb |
| 6 | 5,4 - 6,2 | sehr stark verändert | orange |
| 7 | 6,3 - 7,0 | vollständig verändert | rot |

Die HESSEN- bzw. NRW-Version enthält 31 Einzelparameter, von denen 26 bewertungsrelevant sind und weiter 5 Parameter (EP 2.01 Strömungsbilder, EP 3.01 Besondere Sohlbelastungen, EP 5.01 Besondere Uferbelastungen, EP 5.02 Beschattung, EP 6.01 Besondere Umfeldstrukturen) nachrichtlich erhoben werden (Tabelle 2-4). Diese 5 Parameter dienen in erster Linie der Plausibilitätskontrolle durch die Anwender als ergänzend zu berücksichtigende Aspekte.

Hinweis: Das ursprüngliche LAWA-VO-Verfahren beinhaltet 25 Einzelparameter. Die überarbeitete Version des LAWA-VO-Verfahrens umfasst die 25 (bewertungsrelevanten) Einzelparameter des ursprünglichen Verfahrens und zusätzlich 6 nachrichtlich erfasste Einzelparameter, die nicht bewertet werden.

Tabelle 2-4: Bewertungsebenen gem. der HESSEN- bzw. NRW-Version (LANUV-NRW 2012).

| Einzelparameter | Hauptparameter | funktionale Einheit | Einzelparameter | Bereich |
|--|-------------------------|----------------------------------|--|---------|
| EP 1.1 Laufkrümmung EP 1.2 Krümmungserosion EP 1.3 Längsbänke EP 1.4 Besondere Laufstrukturen | HP 1 Laufentwicklung | Krümmung | EP 1.1 Laufkrümmung EP 1.3 Längsbänke EP 1.4 Besondere Laufstrukturen | Sohle |
| | | Beweglichkeit | EP 1.2 Krümmungserosion EP 4.2 Profiltiefe EP 5.2 Uferverbau | |
| EP 2.1 Querbauwerke EP 2.2 Verrohrung EP 2.3 Rückstau EP 2.4 Querbänke EP 2.5 Strömungsdiversität EP 2.6 Tiefenvarianz EP 2.7 Ausleitung | HP 2 Längsprofil | natürliche Längsprofilelemente | EP 2.4 Querbänke EP 2.5 Strömungsdiversität EP 2.6 Tiefenvarianz | |
| | | anthropogene Wanderhindernisse | EP 2.1 Querbauwerke EP 2.2 Verrohrung EP 2.3 Rückstau EP 2.7 Ausleitung EP 4.5 Durchlass/Brücke | |
| EP 3.1 Sohlsubstrat EP 3.2 Substratdiversität EP 3.3 Sohlverbau > 10 m EP 3.4 Besondere Sohlstrukturen | HP 3 Sohlenstruktur | Art und Verteilung der Substrate | EP 3.1 Sohlsubstrat EP 3.2 Substratdiversität EP 3.4 Besondere Sohlstrukturen EP 3.01 Besondere Sohlbelastungen | |
| | | Sohlverbau | EP 3.1 Sohlsubstrat EP 3.3 Sohlverbau | |
| EP 4.1 Profiltyp EP 4.2 Profiltiefe EP 4.3 Breitenerosion EP 4.4 Breitenvarianz EP 4.5 Durchlass/Brücke | HP 4 Querprofil | Profilmform | EP 4.1 Profiltyp | Ufer |
| | | Profiltiefe | EP 4.2 Profiltiefe | |
| | | Breitenentwicklung | EP 4.3 Breitenerosion EP 4.4 Breitenvarianz | |
| EP 5.1 Uferbewuchs EP 5.2 Uferverbau EP 5.3 Besondere Uferstrukturen | HP 5 Uferstruktur | naturraumtypischer Bewuchs | EP 5.1 Uferbewuchs EP 5.02 Beschattung | |
| | | Uferverbau | EP 5.2 Uferverbau | |
| | | naturraumtypische Ausprägung | EP 5.3 Besondere Uferstrukturen EP 5.01 Besondere Uferbelastungen | |
| EP 6.1 Flächennutzung EP 6.2 Gewässerrandstreifen EP 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen | HP 6 Gewässerumfeld | Vorland | EP 6.1 Flächennutzung EP 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen EP 6.01 Besondere Umfeldstrukturen | Land |
| | | Gewässerrandstreifen | EP 6.2 Gewässerrandstreifen | |

Mit Hilfe des LAWA-VO-Verfahrens und seiner Versionen wird – trotz des komplexen, durch vielfältige Rückkopplungsmechanismen gekennzeichneten hydromorphologischen Wirkungsgefüges – versucht, das aktuelle morphologische Erscheinungsbild eines Fließgewässers anhand der oben aufgeführten Einzel- bzw. Hauptparameter zu beschreiben. Die Parameter sind nicht isoliert zu betrachten, sondern beeinflussen sich teilweise gegenseitig. Die 26 Einzelparameter sind nach ihren Indikatoreigenschaften gruppiert und den sechs Hauptparametern zugeordnet. Die Zustandsausprägungen der Einzelparameter und die typspezifische Bewertung dieser Ausprägungen für die untersuchten HESSEN- und BAWÜ-Versionen werden in Anlage III aufgelistet.

Der Hauptparameter **Laufentwicklung (HP-1)** fasst Formen, Strukturen und Dynamik eines Gewässers im Längsverlauf zusammen. Wichtigstes Element der Laufentwicklung ist dabei die Laufkrümmung. Sie hat die Funktion, das Gewässergefälle gegenüber dem Talgefälle zu reduzieren. Damit geht sowohl eine Laufverlängerung, als auch eine Erhöhung des Reibungswiderstandes einher, wodurch eine effiziente Energieumwandlung erreicht wird. Die Laufkrümmung ist in

besonderem Maße von den Eigenschaften der Talsohle abhängig. Sie legen den seitlichen Entwicklungsspielraum und die Beweglichkeit eines Fließgewässers fest. Krümmungserosion ist ein gewässermorphologischer Prozess zur Laufverlängerung: Diese Form der Ufererosion tritt insbesondere als Reaktion der Gewässer auf widernatürliche Laufbegradigungen auf. Beim Ausbleiben von Unterhaltungsmaßnahmen tritt sie als regenerativer, der Begradigung und Tiefenerosion entgegen wirkender Vorgang in Erscheinung (Löffler, Hirsch et al. 2003).

Der Hauptparameter **Längsprofil (HP-2)** erfasst zum einen die gewässertypenspezifische Abfolge unterschiedlicher Differenzierungen im Längsverlauf eines Fließgewässers. Dazu zählen die natürliche Abfolge von Schnellen und Stillen, die Sequenz von Querbänken sowie der Wechsel der Strömungsgeschwindigkeit und der Tiefenverhältnisse. Zum anderen werden unter diesem Hauptparameter anthropogene Wanderhindernisse wie Querbauwerke, Verrohrungen und deren Rückstauwirkung sowie die Auswirkungen von Ausleitungen auf die Längsdurchgängigkeit der Fließgewässer erfasst. Diese Elemente werden auch Schadstrukturen genannt, die mit Hilfe sog. *Schadstrukturparameter* erfasst werden. Schadparameter erfassen somit anthropogene Schadstrukturen. Dem gegenüber stehen die sog. *Wertstrukturparameter*, die gewässertypische und ökologisch wertvolle Strukturen erfassen. (vgl. dazu Tabelle 2-5).

Der Hauptparameter **Sohlenstruktur (HP-3)** erfasst die vorkommenden Sohlsubstrate, anthropogene Sohlveränderungen (künstliche Sohlendeckwerke) und besondere Einzelstrukturen im Sohlbereich. Insbesondere die Diversität der vorkommenden Sohlsubstrate (mineralisch, organisch) und die Korngröße der mineralischen Substrate spielen dabei aus gewässerökologischer Sicht eine zentrale Rolle. Für eine weiterführende differenzierte Bewertung der Sohlenstruktur werden die Schädigung von Sohlverbauungen und die positive Wirkung natürlicherweise vorkommender Formelemente wie Tiefenrinnen, Kaskaden, Totholz und Wurzelflächen erfasst.

Der Hauptparameter **Querprofil (HP-4)** beschreibt die Form und Dynamik des Gewässerbetts bis zur Uferkante im Querschnitt. Mit dem Profiltyp wird die bisherige Entstehungsgeschichte des Querprofils beschrieben. Dabei werden natürliche und künstliche Querprofile sowie Zwischenstufen in bestimmten Entwicklungsstadien unterschieden. Natürliche Querprofile weisen eine typspezifische Heterogenität auf, die im Wesentlichen durch die Profiltiefe und die Breitenvarianz erfasst werden kann. Gewässer, die in ihrer natürlichen Breitenentwicklung eingeschränkt wurden (künstliche Querprofile), zeigen durch Breitenerosion eine Entwicklung hin zu einem natürlichen Zustand an. Außerdem wird unter diesem Hauptparameter die schädliche Wirkung von Durchlässen und Brücken auf die Querprofilentwicklung erhoben.

Der Hauptparameter **Uferstruktur (HP-5)** umfasst Differenzierungen der Uferböschungen zwischen Mittelwasserbett und Gewässeroberkante. Als Bewertungskriterien werden vorhandener Uferbewuchs, technische Bauwerke zur Ufersicherung und natürliche Formelemente und Einzelstrukturen wie Baumumläufe, Unterstände und Holzansammlungen im Uferbereich erfasst. Dieser Hauptparameter hat eine besondere gewässerökologische Bedeutung, da er den Uferbereich als Bindeglied zwischen dem aquatischen und dem terrestrischen Teil eines Fließgewässerökosystems bewertet.

Der Hauptparameter **Gewässerumfeld (HP-6)** beschreibt die Eigenschaften der Gewässeraue. Dabei ist insbesondere das Potenzial des Gewässers bezüglich seiner talmorphologischen Entwicklung von Bedeutung. Die Struktur eines Gewässers wird wesentlich durch die naturräumliche Ausstattung und Nutzung seines Auenbereichs geprägt. Reicht die Nutzung bis unmittelbar an das Gewässer, so ist damit seine Entwicklung erheblich eingeschränkt. Neben der Flächennutzung im Auenbereich (inkl. schädlicher Einzelstrukturen wie Fischteiche und Straßen entlang des Gewässers) kommt daher dem Gewässerrandstreifen eine besondere Bedeutung zu.

Die Bewertung der Zustandsmerkmale der 26 Einzelparameter (Indexdotierung) erfolgt nicht zwangsläufig über alle sieben Strukturklassen (Tabelle 2-5). So sind beispielsweise beim Einzelparameter EP-4.3 Breitenerosion nur die Parameterausprägungen *stark*, *schwach* und *keine* erfassbar bzw. bewertet.

Andere Einzelparameter sind bei bestimmten Gewässertypen grundsätzlich nicht bewertbar, da ihre Ausprägungsmöglichkeiten von Natur aus stark eingeschränkt sind. Ein Beispiel hierfür ist der Einzelparameter EP-1.1 Laufkrümmung bei Fließgewässern in Kerb- und Mäandertälern, wo die Möglichkeiten für eine ausgeprägte Laufkrümmung von Natur aus stark eingeschränkt sind.

Hinweis: In der überarbeiteten Version des LAWA-VO-Verfahrens (LAWA 2012) und in der BAWÜ-Version (LUBW 2010) ist die Nummerierung der Hauptparameter *Sohlstruktur* (hier HP-4) und *Querprofil* (hier HP-3) vertauscht. Bei der überarbeiteten Version des LAWA-VO-Verfahrens (LAWA 2012) ist ein weiterer Hauptparameter *Habitatmerkmale* (HP-7) eingeführt worden, der zusätzliche, nicht bewertungsrelevante Einzelparameter wie mineralisches und organisches Sohlsubstrat, besiedlungsrelevante Gewässerhabitatmerkmale, besiedlungsrelevante Ufer- und Umfeldstrukturen, Belastungen und Beschattung umfasst.

Tabelle 2-5: Bewertungseigenschaften der Einzelparameter der HESSEN-Version. Die eingeklammerten Strukturklassen gelten nur für große Gewässer.

| Einzelparameter | Strukturklassen | Wertparameter | Schadparameter | Bewertungsabweichung bei Gewässertypen |
|---------------------------|---------------------|---------------|----------------|--|
| 1.1 Laufkrümmung | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | Keine Bew.: KT_g, MT_g |
| 1.2 Krümmungserosion | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | Keine Bew.: KT_g, MT_g Nur „1“ & „7“: _o, _fl |
| 1.3 Längsbänke | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | Keine Bew.: _o |
| 1.4 Bes. Laufstrukturen | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | - |
| 2.1 Querbauwerke | (2), 3, 4, 5, 6, 7 | | x | - |
| 2.2 Verrörung/Überbauung | 5, 6, 7 | | x | - |
| 2.3 Rückstau | (4, 5), 6, 7 | | x | |
| 2.4 Querbänke | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | Keine Bew.: _o, _fs, _fl Nur „1“, „5“ & „7“: KT_g |
| 2.5 Strömungsdiversität | 1, 2, 3, 4, 5, 7 | x | | - |
| 2.6 Tiefenvarianz | 1, 2, 3, 4, 5, 7 | x | | - |
| 2.7 Ausleitung | (3), 4, 7 | | x | - |
| 3.1 Sohlsubstrat | 7 | | x | - |
| 3.2 Substratdiversität | 1, 2, 4, 5, 7 | x | | - |
| 3.3 Sohlverbau | 4, 5, 6, 7 | | x | - |
| 3.4 Bes. Sohlstrukturen | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | - |
| 4.1 Profiltyp | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | - |
| 4.2 Profiltiefe | 1, 2, 4, 6, 7 | x | | Keine Bew.: _fl |
| 4.3 Breitenerosion | 1, 3, 5, 7 | x | | Keine Bew.: _fl |
| 4.4 Breitenvarianz | 1, 2, 3, 4, 6, 7 | x | | - |
| 4.5 Durchlass/Brücke | 6, 7 | | x | - |
| 5.1 Uferbewuchs | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | - |
| 5.2 Uferverbau | 4, 5, 6, 7 | | x | |
| 5.3 Bes. Uferstrukturen | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | |
| 6.1 Flächennutzung | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | Keine Bew.: KT_, MT_ |
| 6.2 Gewässerrandstreifen | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | x | | - |
| 6.3 Schäd. Umfeldstruktur | 5, 6, 7 | | x | - |

Die Einzelparameterbewertungen eines Hauptparameters werden durch Mittelwertbildung zur entsprechenden Hauptparameterbewertung aggregiert. Diese Hauptparameterbewertungen werden ihrerseits durch erneute Mittelwertbildung zur Gesamtbewertung eines Kartierungsabschnitts aggregiert. Dabei sind gem. Verfahrensanleitung mehrere **Aggregationsvarianten**. Diese unterschiedlichen Varianten stellen **Teilfaktoren** für verfahrenstechnische Bewertungsabweichungen (Inter-Rating-Bias) dar. Basierend auf diesen, im Folgenden beschriebenen Aggregations- und Bewertungsvarianten des LAWA-VO-Verfahrens wird die **Forschungsfrage** formuliert:

Welche Faktoren verursachen Bewertungsunterschiede zwischen Aggregations- und Bewertungsvarianten des LAWA-VO-Verfahrens (**Inter-Rating-Bias**)?

Variante-1: Diese Variante aggregiert die Einzelparameterbewertungen nach vorgegebenen Berechnungsvorschriften: Hauptparameterindices (Dezimalzahl zwischen 1,0 und 7,0) werden durch Mittelwertbildung der Einzelparameterbewertungen berechnet, Schadparameter fließen dabei nur bei abwertender Wirkung in die Mittelwertbildung ein. Im Falle der beidseitigen Hauptparameter HP-5 und HP-6 werden zuerst die Bewertungen der linken und rechten Gewässerseite jedes Einzelparameters gemittelt. Anschließend werden diese Indexwerte der Einzelparameter durch eine erneute Mittelwertbildung zur Hauptparameter-Indexwerten aggregiert. Abschließend werden die Hauptparameter-Indexwerte zum Gesamtindexwert gemittelt:

$$GB [Index](Variante 1) = \frac{HP1i + HP2i + HP3i + HP4i + HP5i + HP6i}{6}$$

mit

$$HP5i = \phi(\phi(EP5.1L, EP5.1R), \phi(EP5.2L, EP5.2R), \phi(EP5.3L, EP5.3R))$$

$$HP6i = \phi(\phi(EP6.1L, EP6.1R), \phi(EP6.2L, EP6.2R), \phi(EP6.3L, EP6.3R))$$

GB Gesamtbewertung

HP Hauptparameter

EP Einzelparameter

L, R Links, Rechts

i Index

Eine Alternative dieser Variante (**Variante-1k**) klassiert die Hauptparameter-Indexwerte, bevor diese zum Gesamtindex verrechnet werden:

$$GB [Index] (Variante 1k) = \frac{HP1k + HP2k + HP3k + HP4k + HP5k + HP6k}{6}$$

mit

GB Gesamtbewertung

HP Hauptparameter

k klassiert

Da bei Variante-1k nach der Klassierung der Hauptparameterbewertungen nicht wie bei Variante-1 mit den ursprünglichen Dezimalzahlen zwischen 1,0 und 7,0 sondern mit Ganzzahlen zwischen 1 und 7 weitergerechnet wird, kann es auf Ebene der Gesamtbewertung zu Abweichungen zwischen den beiden Varianten kommen (Tabelle 2-6). Die **Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte** stellt den ersten **Teilfaktor** des Inter-Rating-Bias dar, der im Folgenden **IRB-A1** (Bewertungsunterschiede zwischen Variante-1 und Variante-1k) genannt wird.

Tabelle 2-6: Teilfaktor IRB-A1 – Beispiel für Bewertungsabweichungen.

| Variante | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5 | HP-6 | Gesamtindex | Gesamtklasse |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------------|--------------|
| Variante-1 | 5,25 | 4,40 | 3,50 | 3,25 | 5,75 | 5,33 | 4,58 | 5 |
| Variante-1k | 5 | 4 | 3 | 3 | 6 | 5 | 4,33 | 4 |

Variante 2: Diese Aggregationsvariante unterscheidet sich im Vergleich zur Variante-1 bzgl. der beidseitigen Hauptparameter in zwei Aspekten, die potenzielle Abweichungsfaktoren für die Bewertung darstellen:

- Getrennte Bewertung der Gewässerseiten (**Teilfaktor IRB-A2**)
- Ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Seite (**Teilfaktor IRB-A3**)

Die Einzelparameter der beidseitigen Hauptparameter werden hierbei zuerst für beide Gewässerseiten getrennt aggregiert, die daraus resultierenden zweifachen (links, rechts) Hauptparameter-Indexwerte klassiert und anschließend jeweils die negativere der beiden Bewertungen für die Berechnung der Gesamtbewertung übernommen:

$$HP5k \text{ (Variante 2)} = \max(\emptyset(EP5.1L, EP5.2L, EP5.3L)k, \emptyset(EP5.1R, EP5.2R, EP5.3R)k)$$

$$HP6k \text{ (Variante 2)} = \max(\emptyset(EP6.1L, EP6.2L, EP6.3L)k, \emptyset(EP6.1R, EP6.2R, EP6.3R)k)$$

mit

HP Hauptparameter
 EP Einzelparameter
 L Links
 R Rechts
 k klassiert

Für eine isolierte Betrachtung dieser beiden Teilfaktoren wird in der vorliegenden Arbeit eine Zwischenstufe der Variante 2 eingeführt: **Variante-2m**. Bei dieser Zwischenstufe werden die getrennt berechneten Hauptparameter-Indexwerte gemittelt, um so den erstgenannten Teilfaktor zu isolieren:

$$HP5 \text{ (Variante 2m)} = \emptyset(\emptyset(EP5.1L, EP5.2L, EP5.3L), \emptyset(EP5.1R, EP5.2R, EP5.3R))$$

$$HP6 \text{ (Variante 2m)} = \emptyset(\emptyset(EP6.1L, EP6.2L, EP6.3L), \emptyset(EP6.1R, EP6.2R, EP6.3R))$$

mit

HP = Hauptparameter
 EP = Einzelparameter
 L = Links
 R = Rechts

Die **getrennte Berechnung der beidseitigen Hauptparameter** stellt den zweiten, aggregationsbasierten **Teilfaktor** des Inter-Rating-Bias dar, der im Folgenden **IRB-A2** (Bewertungsunterschiede zwischen Variante-1 und Variante-2m) genannt wird.

Das folgende Beispiel zeigt die Bewertungsabweichungen zwischen Variante-1 und Variante-2m auf Ebene der Hauptparameter und der Gesamtbewertung (Tabelle 2-7). Dabei wird deutlich, dass Bewertungsergebnisse, die auf denselben Parameterausprägungen basieren, je nach Aggregationsvariante, sowohl auf Ebene der Hauptparameter, als auch auf Ebene der Gesamtbewertung um eine Strukturklasse voneinander abweichen können.

Tabelle 2-7: Teilfaktor IRB-A2 – Beispiel für Bewertungsabweichungen.

| Hauptparameter HP-5 (Uferstruktur) | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-------|------|--------|------|--------------------------|----------------------------|--------------|
| | | Links | | Rechts | | Variante 1 | | |
| | | | | | | EP Index (beidseitig) | HP-5 Index (beidseitig) | HP-5 Klasse |
| EP-5.1 (Uferbewuchs) | | 2 | 1 | | | 1,5 | 4,83 | 5 |
| EP-5.2 (Uferverbau) | | 7 | - | | | 7 | | |
| EP-5.3 (Bes. Strukturen) | | 7 | 5 | | | 6 | | |
| Variante-2m | HP-5 Index (einseitig) | 5,33 | 3,00 | | | | | |
| | HP-5 Index (beidseitig) | 4,17 | | | | | | |
| | HP-5 Klasse | 4 | | | | | | |
| Hauptparameter HP-6 (Gewässerumfeld) | | | | | | | | |
| | | Links | | Rechts | | Variante 1 | | |
| | | | | | | EP Index (beidseitig) | HP-6 Index (beidseitig) | HP-6 Klasse |
| EP-6.1 (Landnutzung) | | 6 | 1 | | | 3,5 | 4,33 | 4 |
| EP-6.2 (Randstreifen) | | 5 | 1 | | | 3 | | |
| EP-6.3 (Schädl. Strukt.) | | 7 | - | | | 7 | | |
| Variante-2m | HP-6 Index (einseitig) | 6,0 | 1,0 | | | | | |
| | HP-6 Index (beidseitig) | 3,50 | | | | | | |
| | HP-5 Klasse | 3 | | | | | | |
| Gesamtbewertung | | | | | | | | |
| | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5 | HP-6 | Gesamtindex | Gesamtklasse |
| Variante-1 | 5,50 | 4,33 | 3,00 | 5,00 | 4,83 | 4,33 | 4,50 | 5 |
| Variante-2m | 5,50 | 4,33 | 3,00 | 5,00 | 4,17 | 3,50 | 4,25 | 4 |

Ein Vergleich der Zwischenstufe Variante-2m mit der Variante-2 isoliert den dritten Teilfaktor: Im Gegensatz zu Variante-2m werden die getrennten, beidseitigen Hauptparameterbewertungen nicht gemittelt, sondern klassiert und nur der negativere Wert für die Berechnung der Gesamtbewertung übernommen. Die durch diese Vorgehensweise auftretenden Bewertungsabweichungen auf Ebene der Hauptparameter und Gesamtbewertung werden in folgendem Beispiel dargelegt (Tabelle 2-8). Die Abweichungen auf Ebene der Hauptparameter können dabei mehr als eine Strukturklasse betragen.

Tabelle 2-8: Teilfaktor IRB-A3 – Beispiel für Bewertungsabweichungen.

| Hauptparameter HP-5 (Uferstruktur) | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|------|------|--------|------|------|---------------------------------------|-------------------|
| | Links | | | Rechts | | | | |
| EP-5.1 Uferbewuchs | 7 | | | 1 | | | | |
| EP-5.2 Uferverbau | 4 | | | - | | | | |
| EP-5.3 Bes. Strukturen | 5 | | | 2 | | | | HP-5 Klasse |
| Mittelwerte (Index) | 6,0 | | | 1,5 | | | Variante-2m Ø (6,1) = 3,5 → | 3 |
| Strukturklasse | 6 | | | 1 | | | Variante-2 max (6,1) → | 6 |
| Hauptparameter HP-6 (Gewässerumfeld) | | | | | | | | |
| | Links | | | Rechts | | | | |
| EP-6.1 (Landnutzung) | 1 | | | 1 | | | | |
| EP-5.2 (Randstreifen) | 7 | | | 1 | | | | |
| EP-5.3 (Schädl. Strukt.) | 7 | | | - | | | | HP-5 Klasse |
| Mittelwerte (Index) | 5,0 | | | 1,0 | | | Variante-2m Ø (5,1) 3,0 → | 3 |
| Strukturklasse | 5 | | | 1 | | | Variante-2 max (5,1) → | 5 |
| Gesamtbewertung | | | | | | | | |
| | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5 | HP-6 | Gesamtindex | Gesamt- klasse |
| Variante-2m | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3,17 | 3 |
| Variante-2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 6 | 5 | 4,00 | 4 |

Die **ausschließliche Berücksichtigung der negativeren Bewertung beidseitiger Parameter** gegenüber der gemittelten Bewertung stellt den dritten **Teilfaktor** des Inter-Rating-Bias dar, der im Folgenden **IRB-A3** (Bewertungsunterschiede zwischen Variante-2m und Variante-2) genannt wird.

Variante-3: Bei dieser Variante basiert die Hauptparameterbewertung nicht auf der Aggregation von Einzelparameterbewertungen, sondern auf einer direkten, intuitiven Bewertung durch den Verfahrensanwender. Die Einzelparameterbewertungen bilden die Grundlage für eine Plausibilitätskontrolle während der Kartierung, wobei der Anwender die automatisch berechneten Hauptparameterbewertungen „überstimmen“ können (Bewertung über sog. *funktionale Einheiten*) (Abbildung 2-3).

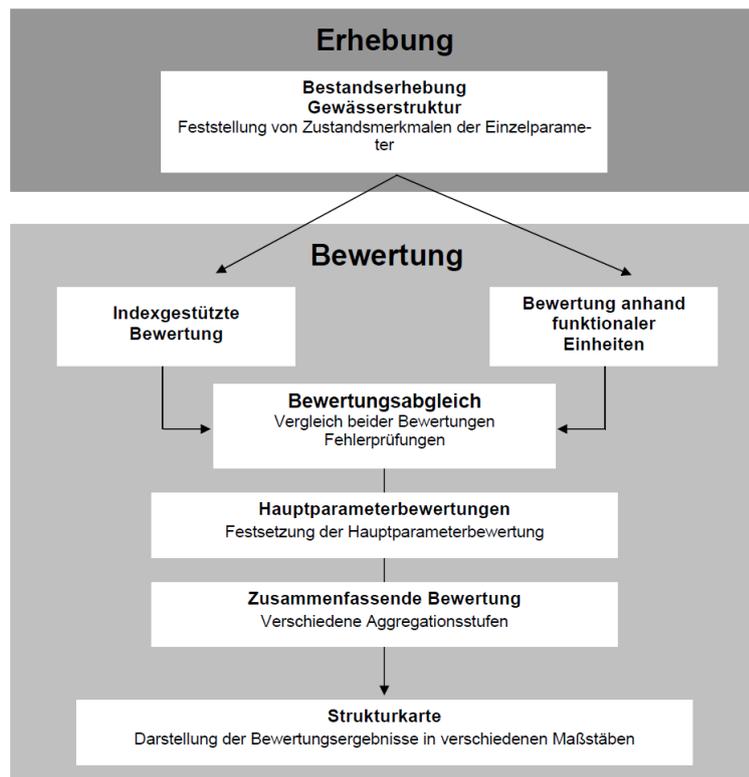


Abbildung 2-3: Verfahrensablauf der HESSEN-Version (LANUV-NRW 2012).

Bei der Bewertung anhand funktionaler Einheiten durch den Anwender erfolgt die Hauptparameterbewertung durch gemeinsame Betrachtung funktional zusammenhängender Einzelparameter (funktionale Einheiten) vorgenommen. Die funktionalen Einheiten eines Hauptparameters setzen sich aus Einzelparametern zusammen, die teilweise auch anderen Hauptparametern zugeordnet sind (vgl. dazu Tabelle 2-4). Der Grund für diese Zusammenstellung der funktionalen Einheiten ist die Tatsache, dass die Hauptparameter in hohem Maße abstrahiert sind und ihre Ausprägung nicht unmittelbar messbar bzw. erkennbar ist.

Als Beispiel für diese beiden Bewertungsvarianten wird hier die Vorgehensweise im Falle des Hauptparameters *Laufentwicklung* (HP-1) beschrieben. Die indexbasierte Bewertung erfolgt durch eine Mittelwertbildung aus den Indexwerten der Einzelparameter *Laufkrümmung* (EP-1.1), *Krümmungserosion* (EP-1.2), *Längsbänke* (EP-1.3) und *Besondere Laufstrukturen* (EP-1.4). Die Bewertung anhand von funktionalen Einheiten erfolgt hingegen über die funktionale Einheit *Krümmung* (FE-

1.1), die sich aus der gemeinsamen Betrachtung der Einzelparameter *Laufkrümmung* (EP-1.1), *Längsbänke* (EP-1.3) und *Besondere Laufstrukturen* (EP-1.4) zusammensetzt, sowie über die funktionale Einheit *Beweglichkeit* (FE-1.2), die sich ihrerseits aus der gemeinsamen Betrachtung der Einzelparameter *Krümmungserosion* (EP-1.2) und den beiden „externen“ Einzelparametern *Profiltiefe* (EP-4.2) und *Uferverbau* (EP-5.2) zusammensetzt. Jede funktionale Einheit wird – basierend auf der Einschätzung des Anwenders – mit einem ganzzahligen Strukturklassewert zwischen 1-7 belegt. Diese Werte werden anschließend zur Hauptparameterbewertung aggregiert. Dabei gilt es zu beachten, dass diese Einschätzung durch den Anwender anhand eines Abgleichs mit verbalen (nicht numerischen) Ausprägungsbeschreibungen der funktionalen Einheiten in der Kartieranleitung erfolgt.

Anschließend findet ein Abgleich der Ergebnisse der beiden Bewertungsvarianten statt. Bei gleichen Bewertungen wird die entsprechende Strukturklasse direkt als endgültige Hauptparameterbewertung übernommen. Bei Abweichungen von max. einer Strukturklasse kann die Bewertung anhand der funktionalen Einheiten ohne weitere Begründung übernommen werden. Bei Abweichungen um mehr als eine Strukturklasse erfolgt eine Überprüfung durch den Anwender. Werden keine formalen Fehler festgestellt, wird die Bewertung anhand der funktionalen Einheiten übernommen und eine verbale Begründung für die große Abweichung zwischen den beiden Bewertungsvarianten ergänzt (Aussage in der Verfahrensanleitung (S. 12/214) „*Treten derartige Abweichungen [um mehr als eine Strukturklasse] systematisch auf, so ist die Leitbildbeschreibung oder die Indexdotierung des betreffenden Gewässertyps zu überprüfen*“: (LANUV-NRW 2012)).

Das folgende Beispiel zeigt Bewertungsunterschiede zwischen Variante-2 und Variante-3 bei allen Hauptparametern und die daraus resultierende Abweichung der Gesamtbewertung (Tabelle 2-9). Ziel der Untersuchungen bzgl. des IRB-B ist die Ermittlung der Abweichungsursachen zwischen der berechneten und der vom Anwender veränderten Bewertung (Aus welchen Gründen weichen Anwender von der berechneten Bewertung ab?)

Tabelle 2-9: Teilfaktor IRB-B – Beispiel für Bewertungsabweichungen.

| Variante | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5 | HP-6 | Gesamtindex | Gesamtklasse |
|------------|------|------|------|------|------|------|-------------|--------------|
| Variante-2 | 7 | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4,50 | 5 |
| Variante-3 | 6 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3,33 | 3 |

Die **Abweichungen zwischen den berechneten und den vom Anwender angepassten Hauptparameterbewertungen** stellen den bewertungsbasierten Teilfaktor des Inter-Rating-Bias dar, der im Folgenden **IRB-B** (Bewertungsunterschiede zwischen Variante-2 und Variante-3) genannt wird.

2.4 Forschungsfragen

Die in den Kapiteln 2.1, 2.2 und 2.3 hergeleiteten Forschungsfragen werden hier wiederholt und zusammengefasst:

1. **Inter-Rating-Bias:** Welche Faktoren verursachen Bewertungsunterschiede zwischen den Aggregations- und Berechnungsvarianten des LAWA-VO-Verfahrens?
2. **Inter-Assessor-Bias:** Welche Faktoren verursachen Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern des LAWA-VO-Verfahrens?
3. **Inter-Version-Bias:** Welche Faktoren verursachen Bewertungsunterschiede zwischen Versionen des LAWA-VO-Verfahrens?

Nach einer Beschreibung des Untersuchungsgebiets und der Daten (Kapitel 3) sowie der angewandten Methoden (Kapitel 4) werden die Forschungsfragen in den Kapiteln 5.1, 5.2 und 5.3 beantwortet und die Ergebnisse in Kapitel 5.4 zusammengefasst und in Kapitel 6 diskutiert.

3 Untersuchungsgebiet und Daten

3.1 Untersuchungsgebiet

3.1.1 Geographie, Geologie, Klima und Gewässernetz

Das Großherzogtum Luxemburg stellt den Untersuchungsraum der vorliegenden Arbeit dar. Luxemburg, das zwischen Frankreich, Belgien und Deutschland liegt, hat eine nord-südliche Ausdehnung von 80 km, eine west-östliche Ausdehnung von 56 km und eine Fläche von 2.586 km² (Abbildung 3-1). Die Gesamteinwohnerzahl beträgt ca. 562.000, mit einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von 271 Einwohnern pro km². Die größten Städte sind die Hauptstadt Luxembourg (ca. 90.000 Einwohner), Esch-Sur-Alzette (ca. 32.000 Einwohner) und Dudelange (ca. 20.000 Einwohner) (Quelle: Geodatenbank der Administration de la Gestion de L'Eau, Stand 2015). Die dominierenden Landnutzungen bzw. -bedeckungen sind Wald (ca. 37%), Grünland (ca. 34%) und Ackerflächen (ca. 18%). Bebaute Flächen wie Siedlungen und Industrieanlagen sowie versiegelte Verkehrswege nehmen mit ca. 8% einen relativ geringen Anteil ein; im Vergleich dazu liegt der durchschnittliche, europäische Anteil (EU-Mitgliedstaaten) dieser Nutzungsart bei ca. 20% (Quelle: European Environment Agency, CORINE Land Cover 2006).

Luxemburg hat ein gemäßigtes mitteleuropäisches Klima, das durch atlantische Meereswinde beeinflusst wird. Naturräumlich teilt sich Luxemburg in zwei Großregionen – **Ösling** und **Gutland**. Die mittlere jährliche Temperatur im Ösling ist mit 7,9° C gering als im Gutland mit 9° C. Die mittlere, jährliche Niederschlagsmenge bezogen auf die gesamte Landesfläche beträgt 782 mm. Der Norden ist regenreich (mittlerer jährlicher Niederschlag: bis zu 1050 mm), der Süden mit 739 mm deutlich trockener (Rimet, Ector et al. 2004). Somit besitzt das Ösling ein insgesamt feuchteres und kühleres Klima als das Gutland.

Das kartierte und digitalisierte Gewässernetz Luxemburgs umfasst 131 Fließgewässer mit einer Gesamtlänge von 1.227 km. Zahlreiche temporäre Gewässer in den Quellbereichen sind nicht Bestandteil dieses amtlichen Gewässernetzes. Die Breiten (obere Breite zwischen Uferkanten) der betrachteten Gewässer reichen von <1 m bis >80 m. Das größte Gewässer ist die Mosel, die allerdings nur über 38 km auf Luxemburgischen Staatsgebiet verläuft. Weitere Hauptgewässer sind die Moselzuläufe Sauer (Länge: 135 km) und Syre (33 km) sowie die Sauer-Zuläufe Alzette (69 km), Our (52 km) und Wiltz (33 km). Im Zuge der WRRL wurden 110 Oberflächenwasserkörper (OWK) ausgewiesen, wobei diese aus ganzen Gewässern, Teilen von Gewässern oder mehreren kleinen Gewässern bestehen können. 102 OWK sind gem. WRRL als *natürliche* Fließgewässer, 8 OWK sind als *erheblich verändert* eingestuft. Die OWK sind zu Bewirtschaftungszwecken zu sieben Betrachtungsräumen zusammengefasst: Alzette, Chiers, Mosel, Obere Sauer, Untere Sauer, Our und Wiltz. Etwa 84% des berichtspflichtigen Gewässernetzes liegt in von Grünland, Ackerflächen und Wald geprägten, freien Landschaften; 12% verlaufen in Siedlungslagen.



Abbildung 3-1: Luxemburg – Naturräume, Landnutzung und Fließgewässer (Eigene Darstellung; Datengrundlage: EEA CORINE Land Cover 2006 & Administration de La Gestion de L'Eau 2015)

Die geologische Unterschiedlichkeit der zwei naturräumlichen Großregionen Luxemburgs – Ösling und Gutland – ist das Ergebnis jungtertiärer Hebungen und den damit verbundenen Erosionsprozessen, die die heute sichtbaren unregelmäßigen Gesteinsformationen des Devon und Trias aufdeckten (Abbildung 3-2). Beide Gebiete bilden jedoch insofern eine geologische Einheit, als dass sie ihre tektonische Struktur durch die variszische Faltung erfuhren (Lucius 1952). Im Ösling, das etwa ein Drittel der nördlichen Landesfläche einnimmt und das Teil des Eifel-Ardennen-Mittelgebirgsblocks ist, liegt der gefaltete paläozoische Sockel offen. Diese Region mit einer mittleren Höhe von ca. 450 m über N. N. ist landschaftlich von bewaldeten Bergen, Hügeln und einem dichten Netz aus tief eingeschnittenen Fluss- und Bachtälern geprägt. Im südlichen Gutland ist der paläozoische Sockel durch die bis zu 750 m mächtige Decke von diskordant auflagerndem Mesozoikum verborgen, kommt aber im Moseltal teilweise wieder zutage (Schaich, Karier et al. 2012). Als Ausläufer des Pariser Beckens unterscheidet sich die heterogen geformte Schichtstufenlandschaft des Gutland mit seinen Verwerfungen und tektonischen Brüchen grundlegend vom Ösling. Dieses flachwellige Gebiet mit seinen fruchtbaren Böden weist zudem eine deutlich höhere Bevölkerungs- und Industriedichte als das Ösling auf.

Trotz der verhältnismäßig geringen Fläche ist das Land Luxemburg durch eine große geographische Vielfalt gekennzeichnet (Rimet, Ector et al. 2004). Diese Vielfalt drückt sich weniger in höhenzonalen und klimatischen Unterschied, als vielmehr durch geologisch-geomorphologische und petrographische Eigenschaften aus (Ferréol, Dohet et al. 2005).

Petrographisch ist das Ösling überwiegend von Schiefergesteinen, Sandsteinen und Quarziten des Devons geprägt (Löffler, Hirsch et al. 2003). Entsprechend dem devonischen Ausgangsgestein haben sich nährstoffarme Böden (Bleicherden) entwickelt. Die mehr oder weniger flachgründigen Böden sind von steinig-lehmiger Textur und neigen auf den Hochflächen (Lehmböden) bei Wasserüberschuss zu Staunässe (Administration des Eaux et Forêts 1995). Diese naturräumlichen Gegebenheiten schränken den Ackerbau stark ein. Lediglich im Hochösling ist eine großflächigere landwirtschaftliche Nutzung zu verzeichnen. Die Hänge der vielfach sehr steilen Kerb- und Mäandertäler sind überwiegend mit Wald bedeckt, die etwas breiteren Talsohlen der größeren Gewässer sind traditionelle Wiesen- und Weidestandorte. Der Niederschlagsreichtum sowie die geringe Speicherkapazität der Böden begünstigen häufige Hochwasserereignisse und geringe Niedrigwasserabflüsse während der regenarmen Perioden (Administration des Eaux et Forêts 1995).

Das Gutland zeichnet sich durch einen Wechsel von harten, widerständigen und weicheren, erosionsanfälligen Schichten des Trias und Jura aus (Administration des Eaux et Forêts 1995). Die triassischen Schichten (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) finden sich hauptsächlich im zentralen sowie östlichen Teil des Gutlandes. Der Jura ist in Luxemburg durch den Lias und den Dogger vertreten. Die Doggerformation schließt im Süden des Landes das Gutland nach Frankreich und Belgien ab. Das Resultat dieses geologischen Aufbaus ist eine wellige Schichtstufenlandschaft aus der einige markante Bergkuppen, Schichtstufen und Zeugenberge um 100 m herausragen (Schaich 2009). Drei Hauptbodentypen können im Gutland unterschieden werden: leichte,

nährstoffarme Bundsandsteinböden im Öslinger Vorland und schwere, wasserstauende Tonböden des Keuper sowie kalkhaltige Böden des Muschelkalk im Vorland der Mosel (Schaich 2009). Die Vegetation im Ösling wechselt zwischen Wald auf den Stufenstirnen, dem Plateau des Luxemburger Sandsteins und den Talhängen der Kerbtäler sowie Weide- und Ackerland auf den Stufenflächen (Administration des Eaux et Forêts 1995).

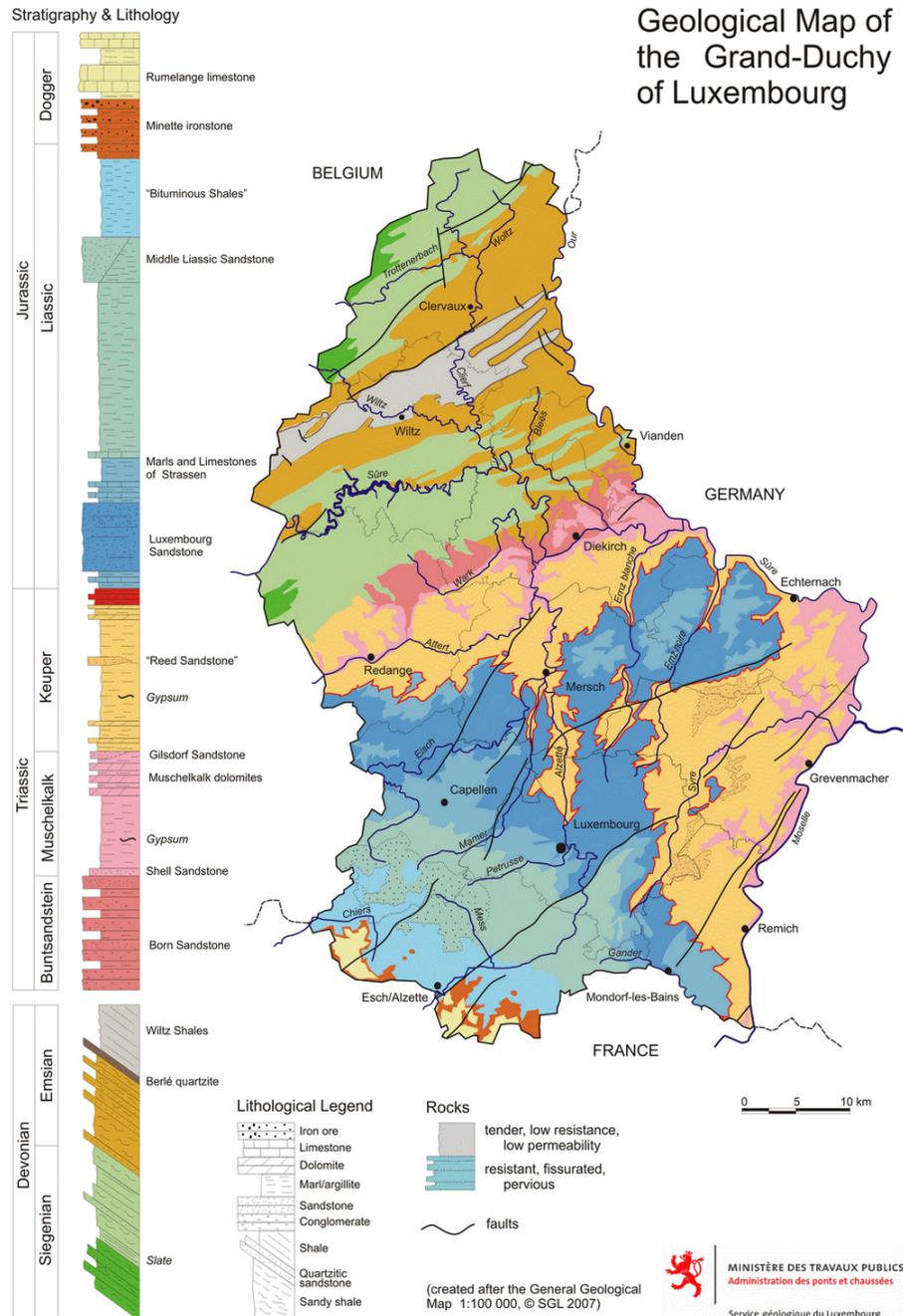


Abbildung 3-2: Geologische Karte Luxemburgs (Quelle: Service géologique de Luxembourg, 2007).

3.1.2 Fließgewässerräume

Fließgewässerräume bzw. Fließgewässerlandschaften fassen Bäche und Flüsse zusammen, die aufgrund ähnlicher naturräumlicher Rahmenbedingungen eine vergleichbare hydromorphologische Struktur aufweisen. Deshalb spielen die beiden großen Naturräume Ösling und Gutland, die sich in ihrer physisch-geographischen Ausstattung unterscheiden, bei der Abgrenzung der Fließgewässerräume eine wichtige Rolle. Das Großherzogtum Luxemburg ist in vier Fließgewässerräume aufgeteilt (Löffler, Hirsch et al. 2003) (Abbildung 3-3):

- Fließgewässerraum des Schiefergebirges
- Fließgewässerraum des Muschelkalks
- Fließgewässerraum des Keupers und Lias (ohne Luxemburger Sandstein)
- Fließgewässerraum des Luxemburger Sandsteins

Fließgewässerraum des Schiefergebirges: Dieser Fließgewässerraum umfasst das gesamte Ösling. Aufgrund der vorherrschenden Gesteine (Quarze, Sande und Schiefergesteine) sind die Gewässer durchweg silikatisch (Lucius 1952). Das Tal- und Gewässernetz ist dicht, wobei die Hauptentwässerungsrichtung in der Regel (Ausnahme: Sauer) von Norden nach Süden verläuft. Fließgewässer des Schiefergebirges zeichnen sich durch vorwiegend grobkörnige, festgefügte Sohlensubstrate und eingeregelterte Deckwerke aus. Sie haben häufig Kontakt zum anstehenden Fels. Im Nordwesten und Norden prägen Hochebenen über 500m über N. N. mit gering eingetieften Muldentälern das Landschaftsbild. Im Übergang zu den Mäandertälern von Clerve, Sauer, Wiltz, Bles und Our hingegen bestimmen steile und tief eingeschnittene (um durchschnittlich 150m) Kerbtäler die Topographie. Ihnen sind weitere kleinere Kerbtäler tributär, so dass eine insgesamt hohe Reliefenergie zu verzeichnen ist (Löffler, Hirsch et al. 2003). Damit sind rasch durchlaufende Hochwasserwellen, ausgeprägte Niedrigwasserphasen im Sommer, hohe Strömungsenergien und ein turbulenter Abfluss verbunden. Der häufige Felskontakt aller Kerbtal- und Mäandertalgewässer und die durch die Steilheit der Talhänge gesteigerte seitliche Materialzufuhr liefern Geschiebe im Überfluss, so dass breite Gewässerbetten und zahlreiche Laufstrukturen auf breiteren Talsohlen entstehen können. In Engtalstrecken ist die Strömungsenergie teils so stark, dass freigelegte Felssohlen zu beobachten sind. Im Hochösling mit den flacheren Talhängen und den stärker verwitterten Ausgangssubstraten hingegen bilden sich kiesige, schotterreiche Gewässersohlen aus, und die Ufer setzen sich aus feineren Ufersubstraten zusammen (Birk & Pottgiesser 2014).

Fließgewässerraum des Muschelkalks: Im Norden grenzt dieser schmale, bandförmige Fließgewässerraum an den in SSW-NNO streichenden Grundgebirgsblock, im Osten verläuft er parallel zum Moseltal von Süd nach Nord. Obwohl die Gewässer häufig nur auf kurzen Strecken den Muschelkalk durchfließen, werden sie insbesondere in ihrer Struktur und Dynamik durch ihn geprägt. Fließgewässer im Muschelkalk zeichnen sich durch vorwiegend grobkörnige, festgefügte Sohlensubstrate (eingeregelterte Deckwerke), häufigen Felskontakt und Blockansammlungen in den Schluchten aus (Ferréol, Dohet et al. 2005). Hauptgewässer sind die Syre im Osten und die Attert im Norden.

Die harten Kalke des oberen Muschelkalks liefern vorwiegend grobkörnige bis blockige Fraktionen. Insbesondere in den steileren Passagen bei den zur Mosel hin entwässernden Gewässern dominiert aufgrund der kurzen Transportwege die blockige, meist nur kantengerundete Felsfraktion (Birk & Pottgiesser 2014). Der wasserlösliche Kalk lagert sich häufig auf den eingeregelteten Deckwerken und Felsblöcken ab, so dass die Gewässersohle „glitschig“ ist. Im Allgemeinen dominiert in diesem Fließgewässerraum der talmorphologische Typ der Kerbtalgewässer (Kerbtäler, Muldenkerbtäler und Sohlenkerbtäler). Die steilen Kerbtalstrecken leiten zu den tief liegenden Vorflutern Mosel, Sauer und Attert über. In den Oberläufen und vor dem Einschnitt in die harten Kalkschichten sind die Gewässer zum großen Teil als Muldentalbäche ausgebildet, so dass dieser Typus ebenfalls einen sehr hohen Anteil an der gesamten Gewässerlaufstrecke in diesem Fließgewässerraum einnimmt (Löffler, Hirsch et al. 2003).

Fließgewässerraum des Keupers und Lias (ohne Luxemburger Sandstein): Dieser Fließgewässerraum nimmt – mit Ausnahme des Luxemburger Sandsteinplateaus und den schmalen Bändern des Muschelkalk im Norden und Osten – große Teile des Gutlands ein. Die Landschaft weist einen ebenen bis hügeligen Charakter auf. Die Hauptentwässerungsrichtung ist vorwiegend von Süden nach Norden ausgerichtet. Aufgrund der mergeligen, tonigen und kalkigen Substrate sind die Gewässer geochemisch vorwiegend karbonatisch (Lucius 1952). Die Gewässer zeichnen sich durch überwiegend feinkörnige, mobile Sohlensubstrate aus. Die Sohlen sind tiefgründig und locker. Aufgrund der intensiven ackerbaulichen Nutzung und der meist feinkörnigen (lehmigen) Substrate sind die Bäche und kleinen Flüsse stärker anthropogen überformt und entwicklungssträge. Die Hauptgewässer sind Alzette, Chiers und Syre. Die weichen Landschaftsformen mit dem flachwelligen, teilweise ebenen Charakter in ca. 300 m über N. N., die nur vereinzelt durch höhere Bergkuppen und Schichtstufen unterbrochen werden, spiegeln sich auch in den gefällearmen Fließgewässern mit ihrem gleichmäßigen, wenig turbulenten Abfluss wieder. Die Hochwasser laufen wesentlich langsamer auf und ab als beispielsweise im Ösling. Bis auf wenige Ausnahmen sind in diesem flach reliefierten Fließgewässerraum Muldentalgewässer vorherrschend. Lediglich die größeren Bäche und kleineren Flüsse wie Alzette, Chiers, Syre und Kaylbaach bilden breitere alluviale Schwemmanen aus, so dass sie den Auetalgewässern zuzurechnen sind (Ferréol, Dohet et al. 2005). In etwas stärker reliefierten Landesteilen, meist in der Nähe zu tiefer liegenden Vorflutern, kommen auch Übergänge zu Kerbtalgewässern (Muldenkerbtal und Sohlenkerbtalgewässer) vor.

Fließgewässerraum des Luxemburger Sandsteins: Dieser Fließgewässerraum umfasst das Luxemburger Sandsteinplateau, das durch die Alzette in zwei Teile getrennt wird. Die Täler fallen über häufig felsige Stufenränder steil zur Gewässersohle ab. Auf dem Plateau selbst fließen kaum Bäche, da der anstehende Sandstein wasserdurchlässig ist. Neben der steinigen, teilweise blockigen und felsigen Sohlenbasis dominiert die charakteristische Sandfraktion als unregelmäßige Auflage. In Stillbereichen sind häufig Sandauflagen vorhanden, die mit abnehmendem Sohlengefälle deutlich zunehmen. Beim Durchlauf einer Hochwasserwelle gerät die Sandfraktion komplett in Bewegung, während die Sohlenbasis aus Schottern und Kiesen ein eingeregeltetes Sohlendeckwerk bildet, über das der Sandtrieb abtransportiert wird (Löffler, Hirsch et al. 2003). Die Hauptgewässer sind Eisch,

Mamer, Ernzt Blanche und Ernzt Noire. Die Reliefverhältnisse im Luxemburger Sandstein spiegeln sich ähnlich wie im Ösling, nur nicht ganz so ausgeprägt und etwa eine Höhenstufe von 150 m niedriger, wider. Die Sandsteinplateaus in ca. 400 m über N. N. fallen steil zu den tief eingeschnittenen, gefällearmen Haupttälern ab. Im Bereich des Luxemburger Sandsteins fließen in der Regel je nach Talsohlenbreite tief eingeschnittene Kerbtal- und Sohlenkerbtalgewässer (Ernzt Blanche, Ernzt Noire). Dabei weiten sich die Talsohlen, sobald der harte Sandstein durchschnitten ist und weichere Ablagerungen angeschnitten werden (Birk & Pottgiesser 2014). Muldentalbachstrecken kommen vorwiegend nur auf kurzen Strecken vor, die auf den Plateauflächen verlaufen.

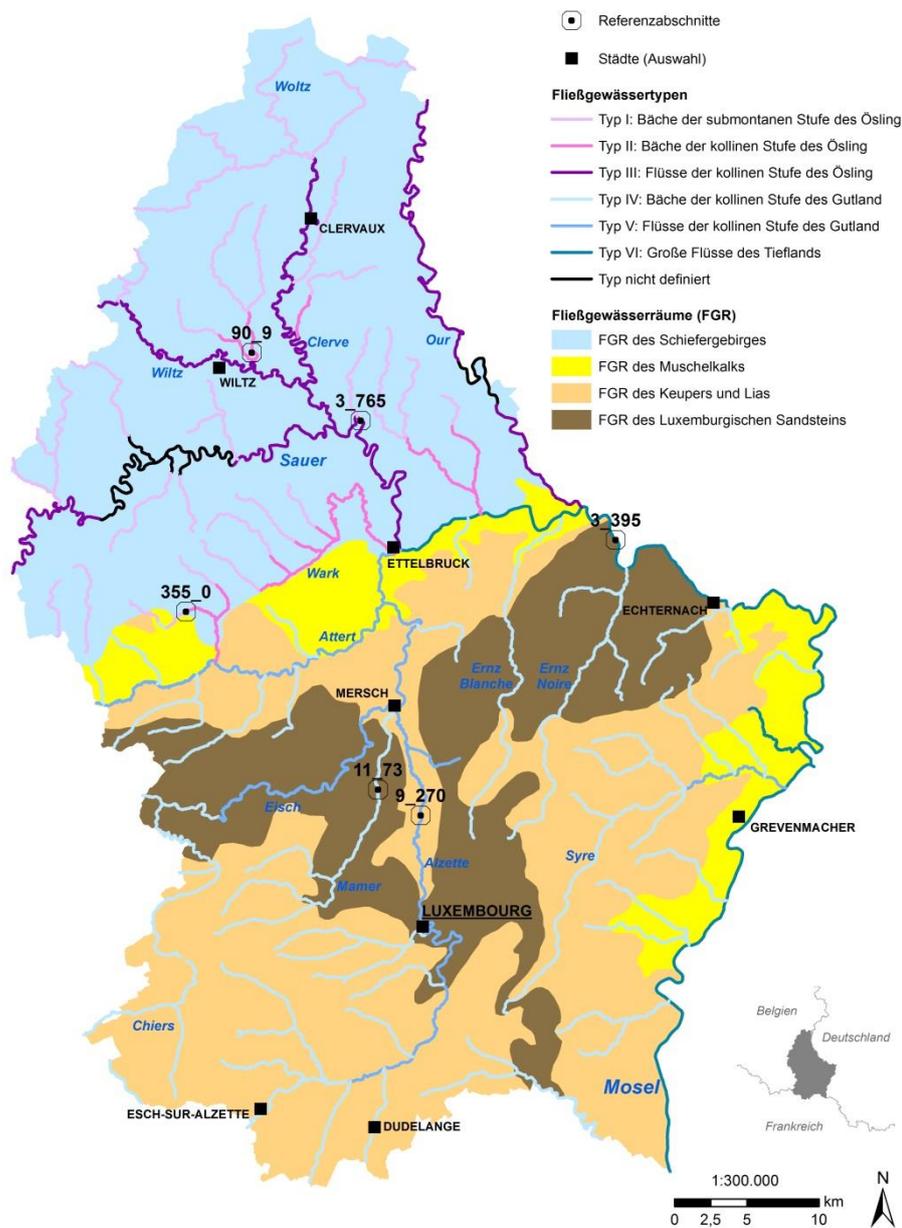


Abbildung 3-3: Fließgewässerräume und -typen Luxemburgs (Eigene Darstellung; Datengrundlage: Administration de la Gestion de L'Eau 2015).

3.1.3 Fließgewässertypen

Luxemburg ist im Sinne des Ökoregionen-Ansatz nach Ilies (1978) vollständig der Ökoregion *Westliches Mittelgebirge* zugeordnet. Der Ökoregionen-Ansatz bildet die Grundlage für die maßgebliche Fließgewässertypologie nach Ferréol, Dohet et al. (2005) zur Umsetzung der WRRL in Luxemburg (vgl. dazu Kapitel 1.4). Die wesentlichen Kriterien für diese Fließgewässertypisierung sind u. a. unterschiedliche Gewässergrößen, Höhenlagen und petrographische Verhältnisse. Sie umfasst insgesamt sechs biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen, für die Steckbriefe (Birk & Pottgiesser 2014) analog zu den Steckbriefen der deutschen Fließgewässertypisierung (Pottgiesser & Sommerhäuser 2008) vorliegen (Tabelle 3-1). Die Lage und Verteilung der Fließgewässertypen kann der vorausgegangenen Abbildung 3-3 entnommen werden. In dieser Abbildung sind auch die Referenzstrecken verortet, die in den folgenden Kurzbeschreibungen der Fließgewässertypen abgebildet sind.

Tabelle 3-1: Gesamtlänge und Anteil der Fließgewässertypen Luxemburgs.

| Fließgewässertyp | Gesamtlänge | Anteil |
|---|-------------|--------|
| Typ I: Bäche der submontanen Stufe des Ösling | 234 km | 19 % |
| Typ II: Bäche der kollinen Stufe des Ösling | 65 km | 5 % |
| Typ III: Flüsse der kollinen Stufe des Ösling | 162 km | 13 % |
| Typ IV: Bäche der kollinen Stufe des Gutland | 485 km | 40 % |
| Typ V: Flüsse der kollinen Stufe des Gutland | 129 km | 11 % |
| Typ VI: Große Flüsse des Tieflands | 104 km | 8 % |
| Typ nicht definiert (z. B. Staustufen) | 48 km | 4 % |

Typ I – Bäche der submontanen Stufe des Ösling: Bei den Gewässern dieses Typs handelt es sich überwiegend um quellnahe kleine Kerbtalgewässer mit Gewässerbreiten unter 2m und Einzugsgebietsgrößen von <math><10\text{--}100\text{km}^2</math>. Durch die Talform ist eine gestreckte bis schwach gekrümmte Linienführung mit Talbodengefällen von 3–200‰ vorgegeben (Abbildung 3-4).



Abbildung 3-4: Beispiel für den Fließgewässertyp I - Roudbach, Abschnitt 355_0 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Die Gewässersohle besteht vorwiegend aus grobem Schotter, blockigen Steinen und Kies; stellenweise finden sich feinkörnigere sandige Substrate. Flutende Ufervegetation und Feinwurzeln sowie Falllaub, Totholz und Äste stellen die organischen Substrate. Häufig sind die Täler so tief eingeschnitten, dass die Gewässer auch auf dem anstehenden Fels verlaufen. Flache Querprofile und strukturreiche Längsprofile sind charakteristisch. Kleinräumig vorkommende Felsrampen, Abstürze und Kaskaden führen zu einer sehr großen Strömungsdiversität. Aufgrund der Talform fehlt eine Aue vollständig bzw. beschränkt sie sich auf einen schmalen Überflutungsbereich von wenigen Metern. Der Abfluss bzw. das hydrologische Regime ist von großen Schwankungen im Jahresverlauf mit stark ausgeprägten Extremabflüssen der Einzelereignisse mit schnell auflaufenden und rasch abfließenden Hochwässern und ausgeprägten sommerlichen Niedrigwasserphasen bestimmt (Birk & Pottgiesser 2014).

Typ II – Bäche der kollinen Stufen des Ösling: Gewässer dieses Typs weisen Gewässerbreiten von 1–15m und Einzugsgebietsgrößen von 10–100km² auf. Sie kommen in Abhängigkeit von der Quellentfernung und lokalen Gegebenheiten in verschiedenen Talformen mit unterschiedlich breiten Talböden mit Gefällen von 3–200‰ vor. Je nachdem ob es sich um ein Kerbtal, Sohlenkerbtal, Auental oder Mäandertal handelt, sind die Gewässerläufe eher gestreckt, gewunden oder (schwach) mäandrierend. Neben Einbettgerinnen kommen auch verzweigte Gewässer vor, wobei die Nebengerinne nur zeitweise wasserführend sein können. Bezogen auf die typischen Sohlsub-

strate sind je nach Gefälle zwei Varianten zu unterscheiden: Zum einen gefälleärmere Gewässer mit überwiegend sandig-kiesigem Sohlsubstrat, zum anderen gefällereichere Gewässer mit überwiegend grobem Substrat aus Steinen, Schotter bis hin zu Blöcken; feinmaterialreiche sandige Substrate sind bei der zweiten Variante auf strömungsberuhigte Bereiche beschränkt. In beiden Varianten stellen flutende Ufervegetation und Feinwurzeln sowie Falllaub, Totholz und Äste die organischen Substrate. Die grobmaterialreichen Gewässer sind im Gegensatz zu den relativ strukturarmen, feinmaterialreichen Gewässern durch eine große Habitatvielfalt gekennzeichnet (Abbildung 3-5).



Abbildung 3-5: Beispiel für den Fließgewässertyp II – Kyrel, Abschnitt 90_9 (Foto: Planungsbüro Zumbroich 2014).

Charakteristisch ist eine regelmäßige Abfolgen von Schnellen und Stillen sowie die Ausbildung von Längs- und Querbänken, Tiefrinnen, Kolken, Pools und Flachwasserstrecken und damit verbunden eine große Strömungs-, Breiten- und Tiefenvarianz. Die Querprofile sind flach. Diese Gewässer sind ganzjährig wasserführend mit großen Abflussschwankungen im Jahresverlauf und stark ausgeprägten Extremabflüssen der Einzelereignisse (Birk & Pottgiesser 2014).

Typ III – Flüsse der kollinen Stufe des Ösling: Charakteristische Talform für diesen Flusstyp mit Gewässerbreiten zwischen 15–25 m und Einzugsgebietsgrößen 100–1.000 km² ist das Mäandertal, das mit seinem Talverlauf grundsätzlich den Verlauf des Gewässers bestimmt. In Abhängigkeit von der Breite des Tals können die Gewässer sehr unterschiedliche morphologische Ausprägungen aufweisen: dem Talverlauf folgend treten in Engtälern geschwungene, in Talquerungsbereichen auch mäandrierende Einbettgerinne auf. Die Querprofile sind zumeist gleichförmig breit und flach (Abbildung 3-6). Die für Fließgewässer des Mittelgebirges charakteristischen Riffle-Pool-Sequenzen sind nur ansatzweise ausgebildet. In Talweitungen können sich auch Laufgabelungen bis hin zu verzweigten Gewässerläufen ausbilden. Das Talbodengefälle von 2–8‰ ist deutlich flacher als das der beiden anderen Gewässertypen des Ösling (Typ I und Typ II). Dominierendes Sohlsubstrat

sind Schotter und Steine; sandig-kiesige Sedimente finden sich in strömungsberuhigten Bereichen. Organische Substrate sind flutende Ufervegetation, Moose und Falllaub.



Abbildung 3-6: Beispiel für den Fließgewässertyp III – Sauer, Abschnitt 3_765 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Die meist sehr flachen Profile weisen eine große Habitatvielfalt auf, mit dem typischen regelmäßigen Wechsel von Schnellen und Stillen. Schotter- und Kiesbänke sind charakteristisch für diese Ausprägung der kollinen Flüsse. Große Abflussschwankungen im Jahresverlauf und stark ausgeprägte Extremabflüsse der Einzelereignisse prägen diesen Gewässertyp (Birk & Pottgiesser 2014).

Typ IV – Bäche der kollinen Stufe des Gutland: Dieser Gewässertyp umfasst Bäche mit Breiten zwischen 1 und 15 m, Einzugsgebietsgrößen von 10 bis 100 km² und überwiegend Muldentäler mit Talbodengefälle zwischen 3 und 200 ‰. Je nach geologischen Bedingungen können unterschiedliche morphologische Ausprägungen dieses Bachtyps unterschieden werden: Im Keuper und Lias verlaufen die geschwungenen bis stark mäandrierenden Einbettgerinne in Muldentälern. Dominierende Sohlsubstrate dieser feinmaterialreichen Gewässer sind Schluff, Lehm und geringe kiesige Anteile. Die Gewässer dieses Typs sind im Vergleich zu den grobmaterialreichen Gewässertypen eher einförmig: Sie sind schmal, und weisen eine größere Wassertiefe auf. Durch ihre Erosionstätigkeit sind die Gewässer tief eingeschnitten mit steilen Ufern aus lehmig-bindigem Substrat (Abbildung 3-7). Einen gestreckten bis geschwungenen Verlauf weisen die in Kerb- und Sohlenkerbtälern fließenden Gewässer des Luxemburger Sandsteins und des Muschelkalks auf. Dominierende Sohlsubstrate dieser grobmaterialreichen Gewässer sind Steine und Schotter. Im Luxemburger Sandstein stellen auch Sande nennenswerte Anteile am Sohlsubstrat. Flache Schotterbänke, Riffle und Pool-Sequenzen, Tiefrinnen und Kolke bedingen eine große Strömungs- und Habitatvielfalt. Die Profile sind breit und flach mit unregelmäßigen, flach geneigten Ufern. In beiden Varianten ist ein hoher Anteil organischer Substrate, wie beispielsweise submerse und

emerse Makrophyten, Moose, Algen, Falllaub zu finden. Dieser Typ ist durch große Abflussschwankungen im Jahresverlauf gekennzeichnet: es handelt sich um vergleichsweise abflussschwache Gewässer mit rasch ablaufenden Hochwässern. Insbesondere die Gewässer im Keuper und Lias oder Muschelkalk können sommerlich trocken fallen (temporäre Gewässer), bei Starkniederschlägen kurzfristig wiederum große Abflüsse aufweisen (Birk & Pottgiesser 2014).



Abbildung 3-7: Beispiel für den Fließgewässertyp IV – Mamer, Abschnitt 11_73 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Typ V – Flüsse der kollinen Stufe des Gutland: Dieser Flusstyp verläuft vorwiegend in Auen- und Sohlenkerbtälern (teilweise auch in Mäandertälern) geschwungen oder mäandrierend, überwiegend unverzweigt mit Gewässerbreiten von 15–25 m, Einzugsgebietsgrößen von 100–1000 km² und Talbodengefällen von 0,7–4,0‰. Bei höheren Gefällen und groben Substraten können auch Nebengerinne ausgebildet werden. Die Gewässer im Keuper und Lias weisen tief eingeschnittene Gewässerbetten mit steilen Ufern und stabilen Uferunterspülungen auf (Abbildung 3-8). Prall- und Gleithänge sind deutlich ausgeprägt. Dominierende Sohlsubstrate sind Lehm oder Sand, kiesig-steinige Substrate sind auf die schneller fließenden Gewässerabschnitte beschränkt. Im Muschelkalk wird die Sohle von Schotter, Steinen oder von Kiesen dominiert. Sand kann als Feinsediment im Luxemburger Sandstein einen großen Anteil am Sohlsubstrat ausmachen. Die Profile sind hier breit und flach, so dass die Aue bei Hochwasser mindestens einmal im Jahr überflutet wird. Für diese permanent fließenden Gewässer sind große Abflussschwankungen im Jahresverlauf typisch. Hochwässer laufen vergleichsweise langsam auf, da bei Hochwasser der gesamte breite Talboden überflutet wird (Birk & Pottgiesser 2014).



Abbildung 3-8: Beispiel für den Fließgewässertyp V – Alzette, Abschnitt 9_270 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2013).

Typ VI – Große Flüsse des Tieflands: Dieser Typ umfasst Gewässer mit breiten ab 25 m, Einzugsgebietsgrößen von 1.000–10.000 km² und Talbodengefällen von 3–5‰. In Abhängigkeit von der Talbodenbreite des typischen Mäandertals sind in Engtälern geschwungene bis mäandrierende Einbettgerinne ausgebildet (Abbildung 3-9). In breiten Talaufweitungen (Auetäler) treten nebengerinnereiche bis verzweigte Gewässerabschnitte auf. Die Habitatvielfalt ist groß, unter den Sohlsubstraten dominieren Steine, Schotter und Kies, daneben kommen in strömungsberuhigten Gewässerstrecken, z.B. im Uferbereich oder in Pools, auch großflächige, feinsedimentreiche Ablagerungen aus Sand und Schlamm vor.



Abbildung 3-9: Beispiel für den Fließgewässertyp VI – Sauer, Abschnitt 3_395 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2013).

Es treten große Abflussschwankungen im Jahresverlauf mit stark ausgeprägten Extremabflüssen der Einzelereignisse auf (Birk & Pottgiesser 2014). Die einzigen Flüsse Luxemburgs, die diesem Fließgewässertyp zugeordnet sind, sind die Mosel und die Sauer im ihrem Unterlauf bis Ettelbrück (vgl. dazu Abbildung 3-3).

3.2 Daten

Die Datengrundlage für diese Arbeit stellen die Gewässerstrukturdaten einer landesweiten, hydromorphologischen Kartierung aller gem. WRRL berichtspflichtiger Fließgewässer Luxemburgs dar. Hierzu wurden zwischen Juni 2013 und Juni 2014 insgesamt 1.227 km Fließgewässer durch das Planungsbüro Zumbroich kartiert. An der Kartierung waren elf Personen beteiligt, die bereits vor dieser Kartierung über umfangreiche Erfahrungen mit den LAWA-VO-Verfahren verfügten. In wiederholten Schulungen wurden diese Personen zudem mit den besonderen Eigenschaften der angewandten Version des LAWA-VO-Verfahrens (HESSEN-Version) und mit den naturräumlichen Besonderheiten Luxemburgs vertraut gemacht, um möglichst einheitliche Bewertungsergebnisse zu gewährleisten.

Als Rohdaten standen für die vorliegende Arbeit Bewertungsdatensätze von insgesamt 11.292 Gewässerabschnitten (Kartierungsabschnitten mit Längen von 100 m, 500 m und 1000 m) zur Verfügung. Vom Autor dieser Arbeit wurde davon ca. 267 km (22%) kartiert. Zur Weiterverarbeitung mussten die Ausgangsdaten (verbale Zustandsbeschreibungen der Einzelparameter) entsprechend der gewässertyp-spezifischen Indexdotierungen in Strukturklassenwerte (ordinal-skalierte Ganzzahlen von 1 bis 7) übertragen werden (siehe dazu die Indextabellen der HESSEN-Version und der BAWÜ-Version in Anlage III). Anschließend wurden die Bewertungen (Index und Strukturklasse) der Ebenen Hauptparameter und Gesamtbewertung für die verschiedenen Berechnungs- bzw. Aggregationsvarianten des LAWA-VO-Verfahrens berechnet. Abschnitte, die aufgrund von laufenden Baumaßnahmen, Betretungsverboten oder ähnlichen Gründen nicht hydromorphologisch erfassbar waren, wurden von allen weiterführenden Untersuchungen ausgeschlossen (375 Abschnitte). Des Weiteren wurden die Rohdaten um diejenigen Abschnitte reduziert, die kartierungstechnische Sonderfälle wie vollständig verrohrte, überbaute, trockenengefallene und gestaute Bereiche sowie Kleinstgewässer der Oberläufe darstellen (1.717 Abschnitte).

Die im Folgenden betrachtete **Datengrundlage** umfasst **9.200 Datensätze der Strukturkartierung**. Diese 9.200 Kartierungsabschnitte mit Längen von 100 m (9002 Datensätze: 97,9%), 500 m (160 Datensätze am Unterlauf der Sauer: 1,7%) und 1000 m (38 Datensätze an der Mosel: 0,4%) sind gleichmäßig über ganz Luxemburg verteilt (Abbildung 3-10). Aufgrund der oben aufgeführten Gründe wurden die Staubecken der zwei großen Stauseen an Sauer und Our, sowie zahlreiche Oberläufe (Kleinstgewässer) und Abschnitte ohne Sichtbarkeit der Sohle (z. B. an der Chiers) nicht berücksichtigt.

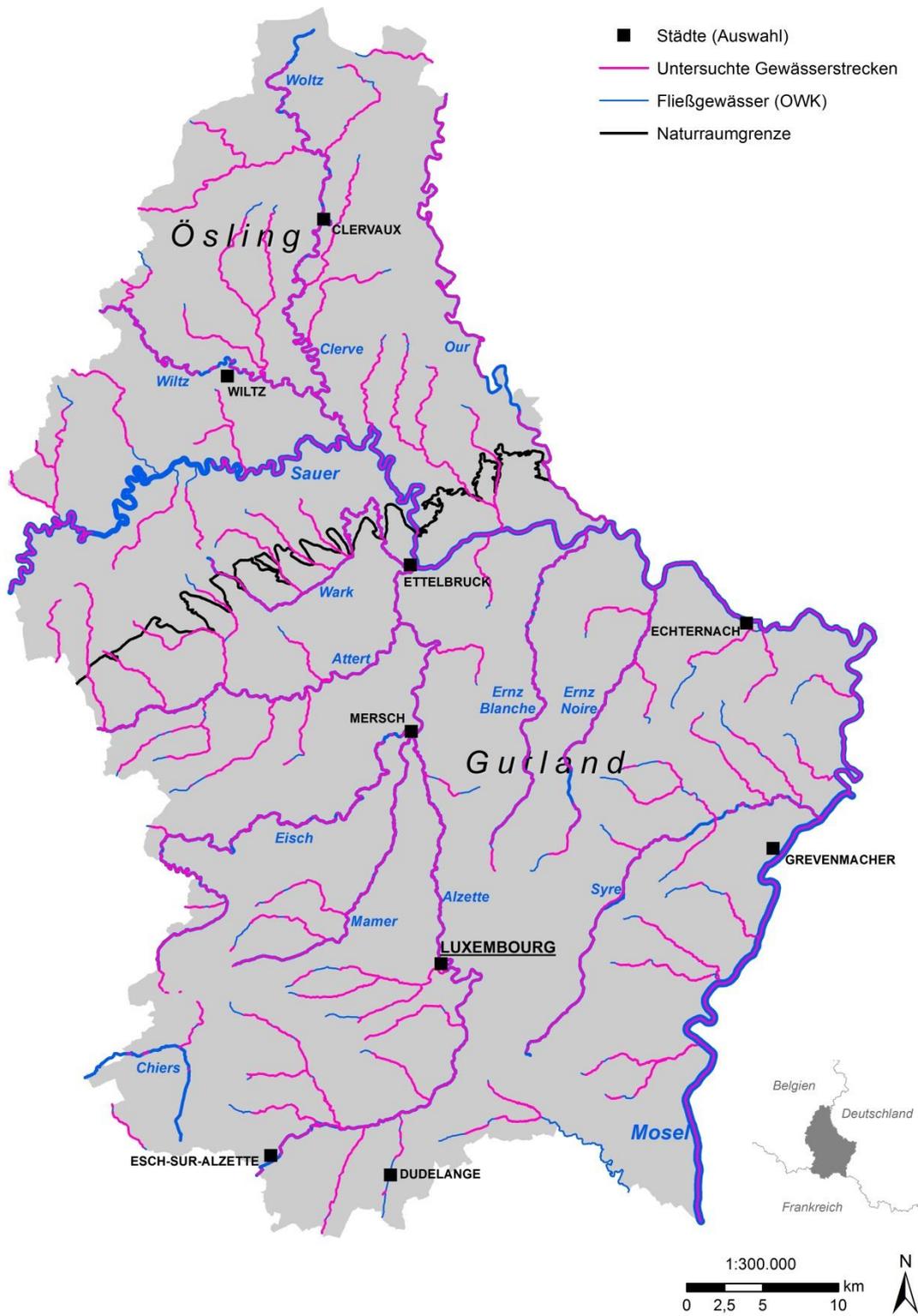


Abbildung 3-10: Gewässernetz (OWK) Luxemburgs und untersuchte Gewässerstrecken (Eigene Darstellung; Datengrundlage: Administration de la Gestion de L'Eau 2015).

Die für diese Arbeit relevante morphologische Typisierung erfolgte im Zuge der Kartierung und wurde gem. der Verfahrensanleitung der HESSEN-Version vom jeweiligen Anwender vorgenommen. Die wesentlichen Typisierungskriterien sind dabei die Talform und das Sohlsubstrat im Referenzzustand. Die betrachteten 9.200 Kartierungsabschnitte sind insgesamt 13 morphologische Gewässertypen zuzuordnen, die Kombinationen aus 3 Substrattypen und 5 Talformen darstellen (Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Anzahl und Anteil der Kartierungsabschnitte je Gewässertyp.

| Talform | Substrattyp g grobmaterialreich (Kies und größer) | Substrattyp fs feinmaterialreich (Sand) | Substrattyp fl feinmaterialreich (Löß-Lehm) | Summe |
|-------------------------------|--|--|--|-----------------------------|
| KT (Kerbtal) | 114 1,2% | 10 0,1% | - | 124 1,3% |
| ST (Sohlenkerbtal) | 2.336 25,4% | 386 4,2% | 19 0,2% | 2741 29,8% |
| MT (Mäandertal) | 1.360 14,8% | 10 0,1% | - | 1370 14,9% |
| AT (Mulden- & Auental) | 2.053 22,3% | 2.069 22,5% | 531 5,8% | 4653 50,6% |
| OT (ohne Tal) | 167 1,8% | 86 0,9% | 59 0,6% | 312 3,4% |
| Summe | 6030 65,5% | 2561 27,8% | 609 6,6% | |

Die dominierende Talform im Untersuchungsgebiet ist das Mulden- bzw. Auental (AT: 50,6%), das dominierende Sohlsubstrat ist grobmaterialreich (g: 65,5%). Drei morphologische Typen prägen das Untersuchungsgebiet mit einem gemeinsamen Anteil von ca. 70%: grobmaterialreiche bzw. fein-sandige Mulden- und Auentalgewässer (AT_g bzw. AT_fs) sowie grobmaterialreiche Sohlenkerbtalgewässer (ST_g).

Die Daten der Gewässerstrukturgütekartierung wurde mit Hilfe der Software BEACH GSG 3 nach der Aggregations- und Berechnungsvariante-3 erhoben (siehe dazu Kapitel 2.3). Dabei werden die Strukturelemente (Ausprägungen der Einzelparameter) vom Anwender erfasst und durch die Software automatisch bewertet. Basierend auf den Aggregationsvorschriften der HESSEN-Version aggregiert die Software anschließend die Einzelparameterbewertungen zu Hauptparameterbewertungen, die nach einer Plausibilitätsprüfung durch den Anwender (Bewertung anhand funktionaler Einheiten) zu einer Gesamtbewertung des betrachteten Kartierungsabschnitts aggregiert werden. Somit liegen für alle Aggregationsebenen numerische Bewertungsdaten (Strukturklassen von 1–7 bzw. Indexwerte zwischen 1,0–7,0) vor.

Die Gesamtbewertungen aller 9.200 Kartierungsabschnitte umfassen Indexwerte zwischen 1,0 und 7,0 mit einem Mittelwert von 4,4 (Strukturklasse 4) und einer Standardabweichung von 1,0 (Abbildung 3-11). Der Anderson-Darling-Test (A-Quadrat = 20,70, p-Wert < 0,005) zeigt an, dass die Gesamtbewertungsdaten nicht die Kriterien einer Normalverteilung erfüllen.

Nur in wenigen Fällen entspricht der Gesamtbewertung der Kartierungsabschnitte dem natürlichen Referenzzustand (Ausreißerwerte in Abbildung 3-11). Der Großteil der Bewertungen ist um den Medianwert von 4,5 Indexpunkten angesiedelt. Die Linksschiefe des Histogramms zeigt an, dass ein nicht unerheblicher Teil der Kartierungsabschnitte deutlich negativer bewertet ist, als der Durchschnitt. Diese Abschnitte liegen zumeist in Siedlungslage und sind durch wasserbauliche Maßnahmen wie Begradigungen, Sohdeckwerke, Ufersicherungen und vollständige Veränderungen der Gewässerauen anthropogen überprägt.

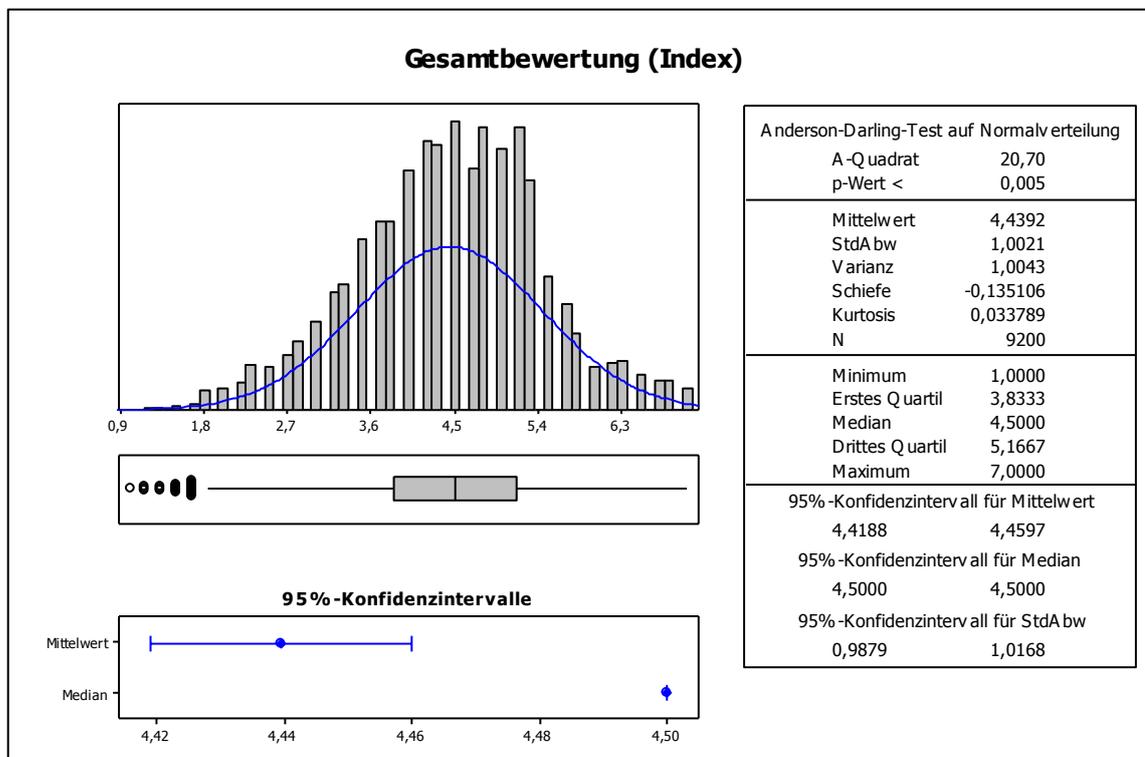


Abbildung 3-11: Zusammenfassende Statistik der Gesamtbewertungen (Indexwerte).

Noch deutlicher wird diese Verteilung der Gesamtbewertung bei Betrachtung der zu Strukturklassen gruppierten Indexwerte (Abbildung 3-12). Lediglich 30 der insgesamt 9200 Abschnitte entsprechen dem natürlichen Referenzzustand und sind demzufolge mit der Strukturklasse 1 bewertet. Diese wenigen Abschnitte weisen nahezu keinerlei anthropogene Beeinträchtigungen auf. Etwa zehnmal so viele Abschnitte (N = 351) sind als naturnah bzw. gering verändert (Strukturklasse 2) eingestuft. Der überwiegende Teil der Abschnitte ist mäßig (Strukturklasse 3: 1.398 Abschnitte), deutlich (Strukturklasse 4: 2578 Abschnitte) oder stark (Strukturklasse 5: 3.557 Abschnitte) verändert.

Die Abschnitte, die mit Strukturklasse 6 (Anzahl: 914) und Strukturklasse 7 (Anzahl: 372) bewertet sind, weisen sehr starke oder vollständige hydromorphologische Veränderungen in allen drei Gewässerbereichen Sohle, Ufer und Land auf.

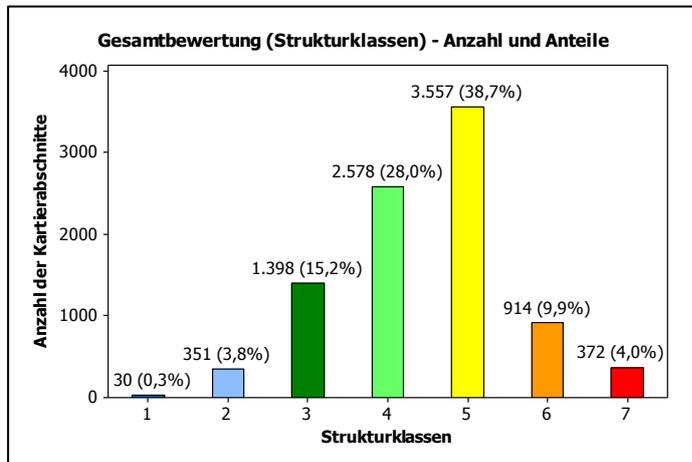


Abbildung 3-12: Strukturklassenanzahl und -anteile der Abschnittsgesamtbewertung.

Auf der Aggregationsstufe der Bereiche Sohle, Ufer und Land (Abbildung 3-13), die die Zwischenstufe zwischen Gesamtbewertung und Hauptparameterbewertung darstellt (vgl. dazu Tabelle 2-4) zeigt sich, dass der Bereich Land deutlich negativer bewertet ist als die Bereiche Sohle und Ufer. Ursache hierfür ist die negative Bewertung des Hauptparameters HP-6 Gewässerumfeld (vgl. dazu Abbildung 3-15) und in diesem Zusammenhang insbesondere fehlende oder unzureichend breite Gewässerrandstreifen (EP-6.2), wie in Abbildung 3-16 zu sehen ist. Der Bereich Sohle ist insgesamt relativ positiv bewertet (Anteil der Strukturklassen 1-4: 61%), die Anteile dieser Strukturklassen ist für die Bereiche Ufer (45%) und Land (12%) deutlich geringer.

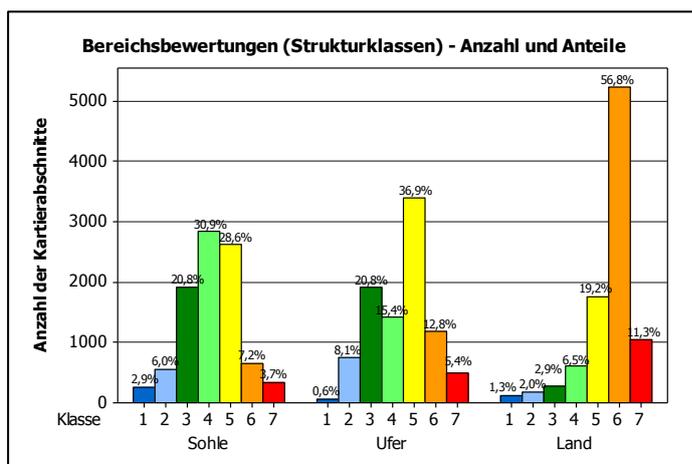


Abbildung 3-13: Strukturklassenanzahl und -anteile je Gewässerbereich.

Obwohl sich ein Großteil der luxemburgischen Gewässer nach Löffler, Hirsch et al. (2003) über die Jahrhunderte durch kulturwasserbauliche Maßnahmen und Nutzungen wie Trockenlegungen von Talniederungen, Entwaldungen und den Bau von Stauhaltungen zur Nutzung der Wasserkraft für Mühlen und Sägewerke vom natürlichen Zustand entfernt hat, zeichnen sich die Gewässer in der freien Landschaft durch offene Sohlen, unverbaute Ufer und gute Habitatstrukturen aus. Als hydromorphologisch relevante Hauptbelastungen bzw. Defizite sind die fehlenden Uferstreifen mit Gehölzsäumen und die intensive Nutzung der Auenbereiche (Forste, Ackerland, Grünland und Bebauung) zu nennen (Abbildung 3-14).



Abbildung 3-14: Typische Gewässersituation im ländlich geprägten Luxemburg: Gute Sohlstrukturen, Entwicklungszeichen im Uferbereich und intensive Nutzung bis an die Gewässerkante – Gewässer: Koulbich, Abschnitt 342_1 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Die Hauptparameterbewertungen (Abbildung 3-15) differenzieren das Bild weiter, das sich bereits bei der Bewertung der Gewässerbereiche zeigt. Die Hauptparameter Längsprofil (HP-2), Sohlstruktur (HP-3) und Querprofil (HP-4) sind ähnlich gut bewertet und weisen hohe Anteile an Strukturklassen von 1–4 auf (HP-2: 68%; HP-3: 69%; HP-4: 74%).

Die Hauptparameter Laufentwicklung (HP-1) und Uferstruktur (HP-5) sind deutlich negativer bewertet (Strukturklassenanteil 1–4: 37% resp. 38%). Ursache hierfür sind die negativen Bewertungen der Einzelparameter, bei denen isolierte Sonderstrukturen betrachtet werden (EP-1.3 Längsbänke, EP-1.4 Besondere Laufstrukturen und EP-5.3 Besondere Uferstrukturen) wie der Tabelle 3-4 und der Abbildung 3-16 zu entnehmen ist. Bei diesen Parametern erfolgt die Bewertung durch den Abgleich der Anzahl der vorhandenen Strukturen und einer genau vorgegebenen, starren Anzahl von Sonderstrukturen, die laut Verfahrensanleitung im Naturzustand vorkommen müssten.

Der extrem hohe Anteil der Strukturklasse 6 bei Hauptparameter HP-6 Gewässerumfeld (56,8%) kommt durch eine Konstellation aus Zustandsausprägungen der Einzelparameter EP-6.1 Flächenutzung und EP-6.2 Gewässerrandstreifen zustande, die im ländlich geprägten Luxemburg sehr häufig auftritt: Grünland (Strukturklasse 4) bis an die Gewässeroberkante ohne Gewässerrandstreifen oder Saumstreifen (Strukturklasse 7). Die Aggregation beider Bewertungen resultiert in der Strukturklasse 6 (Indexwert: 5,5).

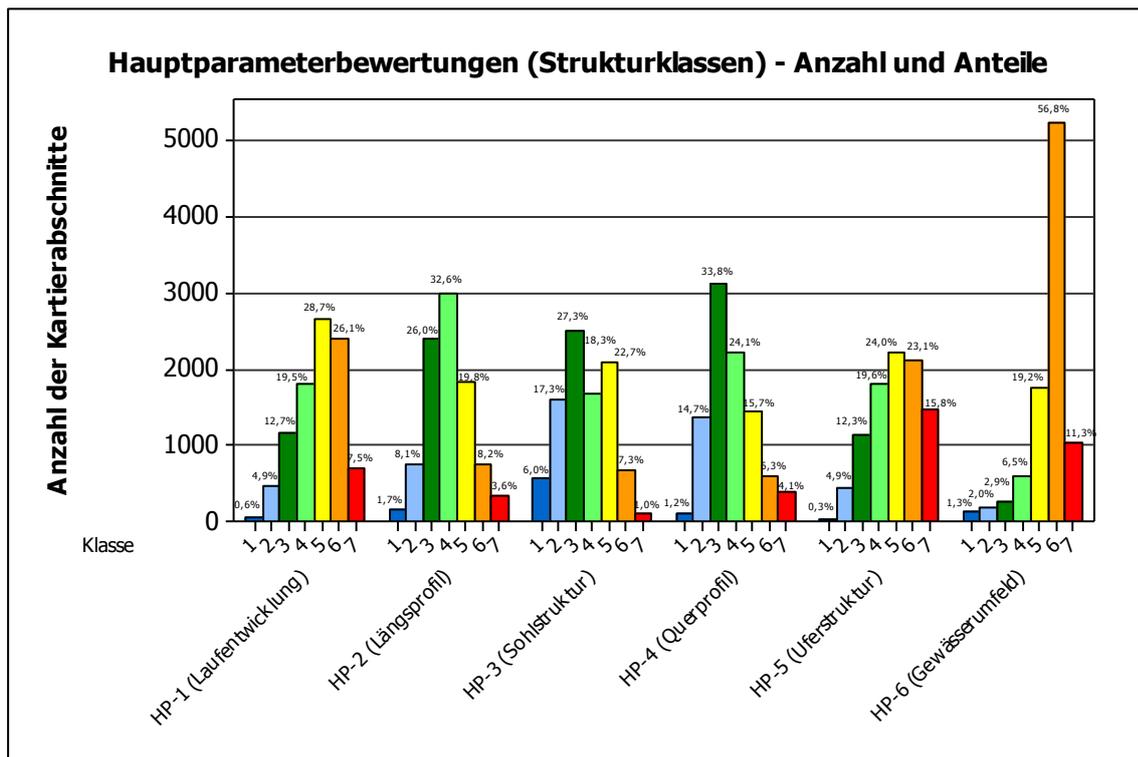


Abbildung 3-15: Strukturklassenanzahl und -anteile je Hauptparameter.

Im Folgenden werden die Bewertungsergebnisse (Anzahl und Anteile der Strukturklassen) der oben beschriebenen Aggregationsebenen zusammengefasst (Gesamtbewertung, Bereichsbewertung, Hauptparameterbewertung) aufgeführt (Tabelle 3-3).

An dieser Auflistung lässt sich erkennen, wie stark die inhaltlichen Informationen durch die diversen Aggregationsschritte verschleiert werden. So ist beispielsweise aus dem Anteil der Kartierungsabschnitte, die mit Strukturklasse 1 oder 2 bewertet sind (4,1%), nicht ersichtlich, dass der Gewässerbereich Sohle in mehr als doppelt so vielen Fällen (8,9%) naturnahe Strukturen aufweist. Auf Ebene der Hauptparameter ist die Sohlstruktur sogar 23,3% der Fälle mit Strukturklasse 1 oder 2 bewertet.

Die Gesamtbewertung der Strukturgüte stellt also einen stark abstrahierten Indikator dar, der bei wasserwirtschaftlichen und gewässerökologischen Fragestellungen stets im Zusammenhang mit den darunterliegenden Bewertungsebenen zu betrachten ist.

Tabelle 3-3: Anzahl und Anteile der Strukturbewertungen je Bewertungsebene.

| Bewertungsebene | Bewertung (Strukturklassen) | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gesamtbewertung | 30 0,3 % | 351 3,8 % | 1398 15,2 % | 2578 28,0 % | 3557 38,7 % | 914 9,9 % | 372 4,0 % |
| Bereiche | | | | | | | |
| Sohle | 263 2,9 % | 552 6,0 % | 1913 20,8 % | 2844 30,9 % | 2633 28,6 % | 659 7,2 % | 336 3,7 % |
| Ufer | 57 0,6 % | 743 8,1 % | 1914 20,8 % | 1415 15,4 % | 3392 36,9 % | 1180 12,8 % | 499 5,4 % |
| Land | 117 1,3 % | 185 2,0 % | 267 2,9 % | 602 6,5 % | 1764 19,2 % | 5229 56,8 % | 1036 11,3 % |
| Hauptparameter | | | | | | | |
| HP-1 Laufentwicklung | 53 0,6 % | 452 4,9 % | 1171 12,7 % | 1793 19,5 % | 2644 28,7 % | 2400 26,1 % | 687 7,5 % |
| HP-2 Längsprofil | 160 1,7 % | 747 8,1 % | 2388 26,0 % | 2999 32,6 % | 1820 19,8 % | 758 8,2 % | 328 3,6 % |
| HP-3 Sohlstruktur | 555 6,0 % | 1591 17,3 % | 2513 27,3 % | 1683 18,3 % | 2087 22,7 % | 675 7,3 % | 94 1,0 % |
| HP-4 Querprofil | 108 1,2 % | 1354 14,7 % | 3111 33,8 % | 2221 24,1 % | 1447 15,7 % | 583 6,3 % | 376 4,1 % |
| HP-5 Uferstruktur | 28 0,3 % | 447 4,9 % | 1133 12,3 % | 1803 19,6 % | 2206 24,0 % | 2125 23,1 % | 1458 15,8 % |
| HP-6 Gewässerumfeld | 117 1,3 % | 185 2,0 % | 267 2,9 % | 602 6,5 % | 1764 19,2 % | 5229 56,8 % | 1036 11,3 % |

Auf Ebene der Einzelparameter unterscheiden sich die Verteilungen der Strukturklassen teilweise erheblich (Abbildung 3-16 und Tabelle 3-4). Dabei fällt auf, dass die Einzelparameter des Hauptparameters HP-1 Laufentwicklung sehr ähnliche Verteilungsmuster haben. Die Ursache hierfür ist die Abhängigkeit der Laufkrümmung, Krümmungserosion und der Formelemente im Längsverlauf untereinander. Ähnliches gilt für die Korrelation zwischen der Strömungsdiversität (EP-2.5) und Tiefenvarianz (EP-2.6). Auffallend positiv sind die Parameter der Hauptparameter HP-3 Sohlstruktur und HP-4 Querprofil bewertet. Wie bereits oben erwähnt, ist der Einzelparameter EP-6.2 Gewässerrandstreifen extrem negativ bewertet. Ein Anteil von 50% der Kartierungsabschnitte sind hier mit Strukturklasse 7 bewertet. An diesen Abschnitten sind (zumindest einseitig) keinerlei Gewässerrandstreifen oder Saumstreifen vorhanden.

Die teilweise hohen Anteile an nicht bewerteten Abschnitten je Einzelparameter kommen aus den folgenden Gründen zustande: Bestimmte Einzelparameter werden für einige morphologische

Gewässertypen nicht bewertet. So wird zum Beispiel die Laufkrümmung (EP-1.1) in Kerbtälern nicht bewertet, da die zumeist gestreckte Linienführung in diesem Fall durch die Talform vorgegeben ist. Einzelparameter, die Schadstrukturen bewerten (Querbauwerke, Verrohrungen und Überbauungen, Rückstau, Ausleitungen, Sohlsubstrat, Sohlverbau, Durchlässe/Brücken, Uferverbau und Schädliche Umfeldstrukturen), werden nur dann bewertet, wenn diese Strukturen in einem Kartierungsabschnitt vorhanden sind. Aufgrund von geringen Sichttiefen können Einzelparameter, die die Gewässersohle betreffen (z. B. Profiltiefe, Substratdiversität, Tiefenvarianz) ggf. nicht bewertet werden.

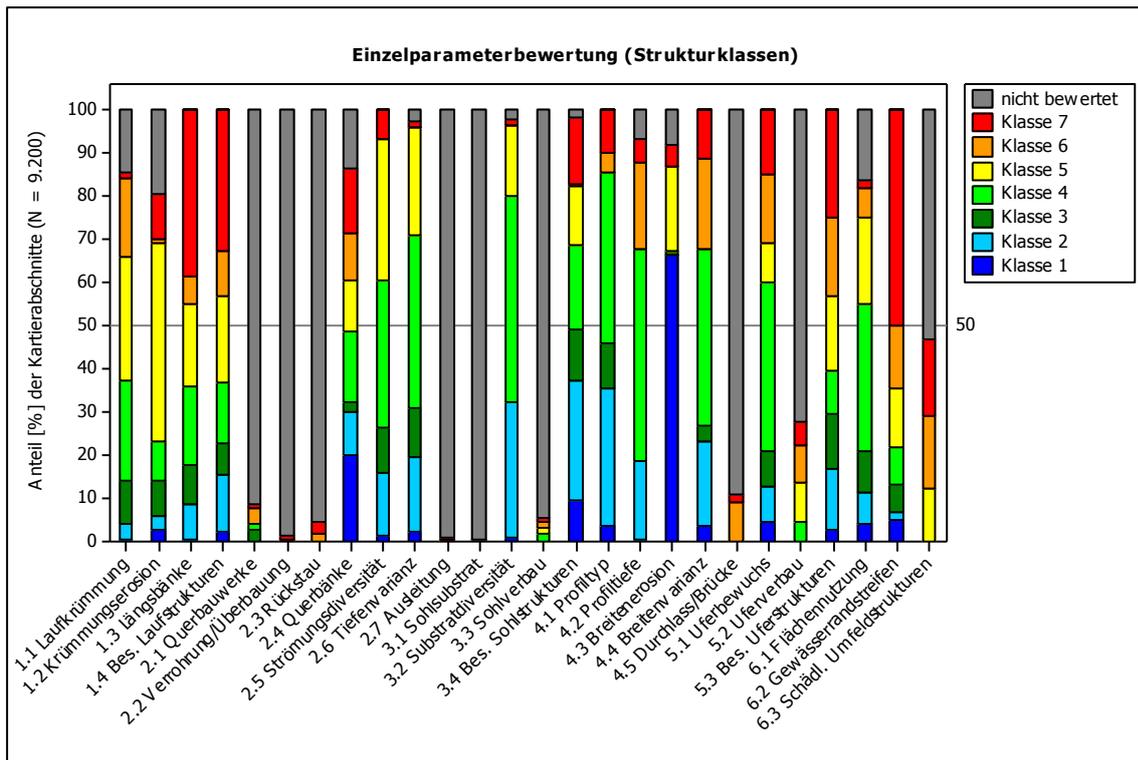


Abbildung 3-16: Anteile der Einzelparameterbewertungen – Die Hilfslinie bei 50 % dient der Vergleichbarkeit der Strukturklassenanteile der Einzelparameter.

Tabelle 3-4: Anzahl und Anteile der Strukturbewertungen der Einzelparameter.

| Einzelparameter | Bewertung (Strukturklassen) | | | | | | | nicht bewertet |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1.1 Laufkrümmung | 34 0,4% | 334 3,6% | 931 10,1% | 2122 23,1% | 2645 28,8% | 1681 18,3% | 137 1,5% | 1316 14,3% |
| 1.2 Krümmungserosion | 245 2,7% | 297 3,2% | 737 8,0% | 865 9,4% | 4199 45,6% | 121 1,3% | 939 10,2% | 1797 19,5% |
| 1.3 Längsbänke | 41 0,4% | 742 8,1% | 829 9,0% | 1678 18,2% | 1794 19,5% | 551 6,0% | 3565 38,8% | - |
| 1.4 Bes. Laufstrukturen | 202 2,2% | 1223 13,3% | 648 7,0% | 1337 14,5% | 1822 19,8% | 972 10,6% | 2996 32,6% | - |
| 2.1 Querbauwerke | - | - | 268 2,9% | 91 1,0% | 9 0,1% | 356 3,9% | 60 0,7% | 8416 91,5% |
| 2.2 Verrohrung/Überbauung | - | - | - | - | 50 0,5% | 8 0,1% | 63 0,7% | 9079 98,7% |
| 2.3 Rückstau | - | - | - | 2 0,02% | 9 0,1% | 158 1,7% | 246 2,7% | 8785 95,5% |
| 2.4 Querbänke | 1847 20,1% | 908 9,9% | 210 2,3% | 1500 16,3% | 1109 12,1% | 991 10,8% | 1392 15,1% | 1243 13,5% |
| 2.5 Strömungsdiversität | 139 1,5% | 1333 14,5% | 975 10,6% | 3130 34,0% | 3004 32,7% | - | 619 6,7% | - |
| 2.6 Tiefenvarianz | 215 2,3% | 1587 17,3% | 1054 11,5% | 3670 39,9% | 2308 25,1% | - | 128 1,4% | 238 2,6% |
| 2.7 Ausleitung | - | - | - | - | - | - | 74 0,8% | 9126 98,9% |
| 3.1 Sohlsubstrat | - | - | - | - | - | - | 28 0,3% | 9172 99,7% |
| 3.2 Substratdiversität | 102 1,1% | 2864 31,1% | - | 4387 47,7% | 1539 16,7% | - | 92 1,0% | 216 2,3% |
| 3.3 Sohlverbau | - | - | - | 173 1,9% | 120 1,3% | 135 1,5% | 93 1,0% | 8679 94,3% |
| 3.4 Bes. Sohlstrukturen | 895 9,7% | 2532 27,5% | 1105 12,0% | 1804 19,6% | 1259 13,7% | 31 0,3% | 1399 15,2% | 175 1,9% |
| 4.1 Profiltyp | 340 3,7% | 2936 31,9% | 955 10,4% | 3624 39,4% | - | 453 4,9% | 892 9,7% | - |
| 4.2 Profiltiefe | 60 0,7% | 1674 18,2% | - | 4504 49,0% | - | 1824 19,8% | 526 5,7% | 612 6,7% |
| 4.3 Breitenerosion | 6120 66,5% | - | 59 0,6% | - | 1824 19,8% | - | 461 5,0% | 736 8,0% |
| 4.4 Breitenvarianz | 330 3,6% | 1790 19,5% | 348 3,8% | 3765 40,9% | - | 1914 20,8% | 1053 11,4% | - |
| 4.5 Durchlass/Brücke | - | - | - | - | - | 840 9,1% | 173 1,9% | 8187 89,0% |
| 5.1 Uferbewuchs | 412 4,5% | 767 8,3% | 751 8,2% | 3586 39,0% | 857 9,3% | 1454 15,8% | 1373 14,9% | - |
| 5.2 Uferverbau | - | - | - | 410 4,5% | 846 9,2% | 803 8,7% | 486 5,3% | 6655 72,3% |
| 5.3 Bes. Uferstrukturen | 267 2,9% | 1279 13,9% | 1170 12,7% | 943 10,3% | 1571 17,1% | 1690 18,4% | 2280 24,8% | - |
| 6.1 Flächennutzung | 382 4,2% | 677 7,4% | 868 9,4% | 3130 34,0% | 1836 20,0% | 658 7,2% | 148 1,6% | 1501 16,3% |
| 6.2 Gewässerrandstreifen | 470 5,1% | 155 1,7% | 609 6,6% | 790 8,6% | 1223 13,3% | 1346 14,6% | 4607 50,1% | - |
| 6.3 Schäd. Umfeldstrukturen | - | - | - | - | 1113 12,1% | 1558 16,9% | 1650 17,9% | 4879 53,0% |

Die Untersuchungen bzgl. des Abweichungsfaktors Bewertungsmethodik (Inter-Rating-Bias) umfassen den vollständigen, grundlegenden Datenpool ($N_{\text{Inter-Rating-Bias}} = 9.200$). Für die Isolierung der Teilfaktoren des Inter-Rating-Bias wurden die in Kapitel 2.3 beschriebenen Bewertungsvarianten auf diesen Datenpool angewandt.

Für die Untersuchungen bzgl. des Abweichungsfaktors Anwender (Inter-Assessor Bias) wurden an 100 Kartierungsabschnitten des grundlegenden Datenpools im Zuge einer Qualitätskontrolle Doppelkartierungen durchgeführt ($N_{\text{Inter-Assessor-Bias}} = 100$). Die erste Kartierung (im Folgenden **Referenzkartierung** genannt) erfolgte durch den Autor der vorliegenden Arbeit statt. Dabei wurden die einzelnen Gewässerabschnitte einer besonders genauen Inaugenscheinnahme unterzogen und die Erfassungs- und Bewertungsergebnisse mehrfach mit den Ausführungen der Verfahrensanleitung abgeglichen. Die zweite Kartierung (im Folgenden **Anwenderkartierung** genannt) fand im Rahmen des Kartierungsprojekts statt. Die 100 Gewässerabschnitte verteilen sich gleichmäßig auf das Untersuchungsgebiet und die 11 beteiligten Personen. Die Auswahlkriterien für die 100 Kartierungsabschnitte der Doppelkartierung waren:

- keine Sonderfälle wie vollständig verrohrte oder gestaute Abschnitte
- räumlich möglichst weit verteilte Kartierungsabschnitte
- unterschiedliche Gewässertypen und -größen
- unterschiedliche Anwender

Alle 100 Kartierungsabschnitte liegen in freier Landschaft und sind nicht vollständig anthropogen überprägt (Strukturklasse 7). An allen neun Teiluntersuchungsräumen fand die Kartierung durch das Planungsbüro Zumbroich durch unterschiedliche Anwender statt. Die neun untersuchten Fließgewässer sind als Gewässertypen I, IV oder V klassifiziert (Tabelle 3-5).

Tabelle 3-5: Beschreibung der bzgl. des Inter-Assessor-Bias untersuchten Gewässer.

| Gewässername | Abschnitte (Anzahl) | Gewässerslänge [km] | Gewässersbreite [m] | Gewässertyp |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|
| Woltz | 11 | 21 | 2–5 | Typ I: Bäche der submontanen Stufe des Ösling |
| Wemperbach | 13 | 7 | 2–5 | |
| Drosbech | 10 | 9 | 1–2 | Typ IV: Bäche der kollinen Stufe des Gutland |
| Pall | 11 | 9 | 2–5 | |
| Mamer | 10 | 26 | 5–10 | |
| Ernz Blanche | 11 | 28 | 5–10 | |
| Wuelbertsbach | 14 | 4 | 2–5 | Typ V: Flüsse der kollinen Stufe des Gutland |
| Syre | 10 | 33 | 5–20 | |
| Alzette | 10 | 68 | 20–40 | |

Der Datenpool für diese Untersuchungen bzgl. des Abweichungsfaktors Verfahrensversionen (Inter-Version-Bias) umfasst nur 100 m lange Kartierungsabschnitte, die in allen Gewässerbereichen voll einsehbar waren (insbesondere im Sohlenbereich) und die keine anthropogenen Bauwerke (sog. Schadstrukturen) im Gewässerbereich enthalten ($N_{\text{Inter-Version-Bias}} = 4.991$). Grund für die ausschließliche Berücksichtigung von Gewässerabschnitten ohne eindeutig identifizierbaren menschlichen Einfluss ist, dass die in der vorliegenden Arbeit formulierte Fragestellung darauf abzielt, ob unterschiedliche Verfahrensversionen sog. Wertstrukturen und den indirekten anthropogenen Einfluss auf diese Strukturen gleichermaßen abbilden. Für den Vergleich der Verfahrensversionen mussten die Typisierungskriterien der HESSEN-Version auf die BAWÜ-Version übertragen werden, um einen typspezifischen Vergleich der Bewertungsergebnisse zu gewährleisten. Der Taltyp konnte direkt von der HESSEN-Version auf die BAWÜ-Version übertragen werden (Tabelle 3-6).

Tabelle 3-6: Taltypen der HESSEN-Version und BAWÜ-Version.

| HESSEN-Version (Talform) | BAWÜ-Version (Talform) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Kerbtal | Kerb- und Klammtalgewässer |
| Sohlenkerbtal | Sohlenkerbtalgewässer |
| Mäandertal | Mäandertalgewässer |
| Muldental Auetal | Aue-, und Muldentalgewässer |
| Gewässer ohne Tal | Flachlandgewässer |

Der Krümmungstyp und Lauftyp (unverzweigt/verzweigt) wird in der HESSEN-Version nicht erhoben und ist bei dieser Version nicht bewertungsrelevant. Die Typisierung des natürlichen Krümmungs- und Laufverhaltens, die für die Bewertung im Rahmen der BAWÜ-Version benötigt wird, ist deshalb aus den Gewässertypbeschreibungen für die Fließgewässer Luxemburgs (Löffler, Hirsch et al. 2003) abgeleitet (Tabelle 3-7). Hierbei werden diejenigen Typausprägungen als charakteristisch angesehen, die bei Löffler, Hirsch et al. (2003) als Regelfall bezeichnet werden. Sedimenttypen werden bei der BAWÜ-Version nicht explizit unterschieden, sondern indirekt in Abhängigkeit zum Taltyp des Gewässers differenziert.

Tabelle 3-7: HESSEN-Taltypen und abgeleitete Lauftypen der BAWÜ-Version.

| HESSEN-Version (Talform) | BAWÜ-Version (Krümmungstyp, Lauftyp) |
|--|---|
| Kerbtal | gestreckt, unverzweigt |
| Sohlenkerbtal Mäandertal Muldental Auetal | gewunden, unverzweigt |
| Gewässer ohne Tal | mäandrierend |

Die textlich erfassten Zustandsbeschreibungen der Einzelparameter wurden anhand der oben dargestellten Entsprechungen der Typisierungskriterien für jede Verfahrensversion in numerische Einzelparameterbewertungen übertragen. Diese Bewertungen wurden entsprechend der Aggregationsvorschriften der jeweiligen Version zu Hauptparameter- bzw. zur Gesamtbewertung zusammengefasst. Die Zustandsbeschreibungen, die numerischen Bewertungen sowie die Kartierungsbögen der zwei Versionen befinden sich in den Anlagen dieser Arbeit. Aufgrund der oben beschriebenen Reduzierung des Datenpools um Kartierungsabschnitte mit anthropogenen Bauwerken wurden bei der HESSEN-Version 19 der insgesamt 26 Einzelparameter berücksichtigt. Bei der BAWÜ-Version wurden 10 der insgesamt 15 bewertungsrelevanten Einzelparameter berücksichtigt. Tabelle 3-8 zeigt die berücksichtigten Einzelparameter und die Entsprechungen der beiden Verfahrensversionen. Die Reduzierung der Parameteranzahl bei der BAWÜ-Version erfolgt dabei durch vollständiges Weglassen von Parametern, die laut BAWÜ-Verfahrensanleitung redundante Informationen liefern, durch die Zusammenfassung mehrere Parameter des ursprünglichen LAWA-VO-Verfahrens zu einem einzigen Parameter oder durch ausschließlich nachrichtliche Erhebung der Zustandsausprägungen eines Parameters, ohne diese zu bewerten.

Tabelle 3-8: Berücksichtigte Parameter inkl. Kennzahl der untersuchten Verfahrensversionen.

| Hauptparameter | Einzelparameter HESSEN-Version | Einzelparameter BAWÜ-Version |
|-------------------------|-----------------------------------|--|
| HP-1 Laufentwicklung | 1-1 Laufkrümmung | 1-1 Laufform |
| | 1-2 Krümmungserosion | 1-2 Krümmungserosion |
| | 1-3 Längsbänke | - |
| | 1-4 Besondere Laufstrukturen | - |
| HP-2 Längsprofil | 2-4 Querbänke | - |
| | 2-5 Strömungsdiversität | 2-5 Strömungsdiversität / Tiefenvarianz |
| | 2-6 Tiefenvarianz | |
| HP-3 Sohlenstruktur | 3-1 Sohlsubstrat | - (nur nachrichtlich) |
| | 3-2 Substratdiversität | 4-2 Substratdiversität |
| | 3-4 Besondere Sohlstrukturen | 4-1 Sohlzustand (Zusammenfassung aus Bes. Sohlstrukturen und Sohlenverbau) |
| HP-4 Querprofil | 4-1 Profiltyp | - (nur nachrichtlich) |
| | 4-2 Profiltiefe | - (nur nachrichtlich) |
| | 4-3 Breitenerosion | - |
| | 4-4 Breitenvarianz | 3-1 Breitenvarianz |
| HP-5 Uferstruktur | 5-1 Uferbewuchs | 5-1 Uferbewuchs |
| | 5-3 Besondere Uferstrukturen | 5-2 Uferzustand (Zusammenfassung aus Bes. Uferstrukturen und Uferverbau) |
| HP-6 Gewässerumfeld | 6-1 Flächennutzung | 6-1 Flächennutzung (Zusammenfassung aus Flächennutzung und Schäd. Umfeldstrukturen) |
| | 6-2 Gewässerrandstreifen | 6-2 Gewässerrandstreifen |
| | 6-3 Schäd. Umfeldstrukturen | - |
| Parameteranzahl | 19 | 10 |

4 Methoden

Allen drei Untersuchungen (Inter-Rating-Bias, Inter-Assessor-Bias, Inter-Version-Bias) liegt eine gemeinsame Vorgehensweise zugrunde: Zur Erfassung möglicher Bewertungsabweichungen werden die Bewertungsergebnisse von zwei Bewertungsvarianten paarweise für jeden relevanten Kartierungsabschnitt verglichen. Dies sind für die jeweilige Teiluntersuchung:

- Inter-Rating-Bias: Vergleich von unterschiedlichen Aggregations- bzw. Berechnungsvarianten der HESSEN-Version.
- Inter-Assessor-Bias: Vergleich von Bewertungsergebnissen der HESSEN-Version an Kartierungsabschnitten, die von zwei verschiedenen Anwendern bewertet wurden.
- Inter-Version-Bias: Vergleich von Bewertungsergebnissen der unterschiedlichen Verfahrensvarianten HESSEN und BAWÜ.

Verglichen wird demnach die Differenz zwischen den zwei Bewertungen eines Bewertungs-paares (Bewertungsabweichungen) in Form von Indextdifferenzen bzw. Strukturklassendifferenzen. Diese Vergleiche erfolgen – wenn aus verfahrenstechnischen Gründen möglich – auf allen Bewertungsebenen, die für die jeweilige Untersuchung vorliegen (Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Vergleiche auf unterschiedlichen Bewertungsebenen je Teiluntersuchung.

| Bewertungsebene | | Teiluntersuchungen | | | | | | |
|-----------------|--------|--------------------|-------------|----------------|----------------|------------|-----|----------------|
| | | IRB (gesamt) | IRB (A1) | IRB (A2) | IRB (A3) | IRB (B) | IAB | IVB |
| Gesamtbewertung | Klasse | x | x | x | x | x | x | x |
| | Index | x | x | x | x | x | x | x |
| Hauptparameter | Klasse | - | x | x ^a | x ^a | x | x | x |
| | Index | - | x | x ^a | x ^a | - | x | x |
| Einzelparameter | Klasse | - | - | - | - | - | x | x ^b |

IRB Inter-Rating-Bias (Abweichungsfaktor: Bewertungsmethodik)
IRB-A1 Teilfaktor: Klassifizierung der Hauptparameter-Indexwerte zu Strukturklassen
IRB-A2 Teilfaktor: Gewässerseiten-getrennte Aggregation der beidseitigen Einzelparameter
IRB-A3 Teilfaktor: Ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite
IRB-B Teilfaktor: Hauptparameterbewertung durch Anwender im Zuge der Plausibilitätskontrolle
IAB Inter-Assessor-Bias (Abweichungsfaktor: Anwender)
IVB Inter-Version-Bias (Abweichungsfaktor: Verfahrensvarianten)

x Vergleich möglich
x^a Vergleich nur für Hauptparameter HP-5 und HP-6 möglich
x^b Vergleich nur für bestimmte Einzelparameter möglich
- Vergleich nicht möglich, da Bewertung aus verfahrenstechnischen Gründen nicht vorliegt.

Die gepaarten Bewertungsvarianten werden auf signifikante Abweichungen (Bewertungsdifferenzen) sowie auf die Häufigkeit und das Ausmaß dieser Differenzen untersucht. Diese Untersuchungen erfolgen schrittweise, ausgehend von der höchsten Aggregationsebene des LAWA-VO-Verfahrens (Gesamtbewertung der Strukturgüte eines Gewässerabschnitts) über die Zwischenstufe der Hauptparameter bis zur untersten Bewertungsebene der Einzelparameter. Zum einen lassen sich durch diese Vorgehensweise Aussagen zur Robustheit des Verfahrens auf allen Bewertungsebenen treffen; zum anderen kann dadurch die bewertungsbeeinflussende Wirkung der Unsicherheitsfaktoren – ausgehend von der untersten Bewertungsebene bis hin zur Gesamtbewertung – nachvollzogen werden. Nicht zuletzt ermöglicht diese Vorgehensweise die Ursachenermittlung der Bewertungsabweichung bzgl. isolierter Teilfaktoren.

In Anlehnung an die entsprechenden Ausführungen in der Verfahrensanleitung des LAWA-VO-Verfahrens bezeichnet in der vorliegenden Arbeit eine **deutliche Bewertungsabweichung** eine Differenz von zwei oder mehr Strukturklassen auf der verfahrenseigenen siebenstufigen Klassifizierung der Strukturgüte (Klassen 1 bis 7), eine **geringe Abweichung** eine Differenz von einer Strukturklasse und **keine Abweichung** keine Differenz der Strukturklassen.

Für die statistischen Auswertungen der Bewertungspaare stehen ganzzahlige Bewertungen (Einzelparameter, Hauptparameter, Gesamtbewertung) und Dezimalzahlen (Hauptparameter- und Gesamtindexwerte) einer Ratingskala zur Verfügung. Die diskreten (ganzzahligen) Strukturklassen sind dabei ordinale Daten mit gleichem Abstand, die durch Zusammenfassung stetig-ordinaler Daten (Indexspannen mit unterschiedlichen Spannweiten) gebildet werden (eng. *grouped continuous*) (Anderson 1984).

4.1 Statistische Analyseverfahren

4.1.1 Robustheitsmaß (RM)

Das Robustheitsmaß (RM) ist die zentrale Vergleichsgröße, die sich durch alle Teile dieser Arbeit zieht. Diese statistische Größe wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Indikator für Bewertungsabweichungen von Strukturdaten neu eingeführt. Die Definition des Robustheitsmaßes ist nicht willkürlich gewählt, sondern beruht auf einer Aussage bzgl. der verfahrensimmanenten Bewertungsvariabilität, so wie sie in der Verfahrensanleitung des LAWA-VO-Verfahrens definiert ist: „*Treten derartige Abweichungen [zwischen der berechneten und der durch den Anwender getroffenen Hauptparameterbewertung um mehr als eine Strukturklasse] systematisch auf, so ist die Leitbildbeschreibung oder die Indexdotierung des betreffenden Gewässertyps zu überprüfen*“ (LAWA 2000; LANUV-NRW 2012).

Angelehnt an diese akzeptierte, geringe Bewertungsvariabilität von max. einer Strukturklasse drückt das **Robustheitsmaß (RM)** den Anteil der Bewertungspaare aus, deren Bewertungen um max. eine Strukturklasse voneinander abweichen.

$$\text{Robustheitsmaß RM} = \frac{\text{Anzahl der Bewertungspaare mit Bewertungsunterschied} \leq 1 \text{ Strukturklasse}}{\text{Anzahl aller Bewertungspaare}}$$

Bei einem Robustheitsmaß von 1,00 ist der entsprechende Parameter gegenüber dem jeweiligen Abweichungsfaktor als vollständig robust zu bezeichnen, da dieser Faktor keine oder nur geringe Abweichungen von max. einer Strukturklasse verursacht. Mit abnehmenden RM steigt der Anteil der Bewertungspaare, deren Bewertungen sich um mehr als eine Strukturklasse unterscheiden (Tabelle 4-2). Das Robustheitsmaß ist ein Indikator zur Quantifizierung und Vergleichbarkeit der Wirkung von Abweichungsfaktoren, da es – im Gegensatz zu anderen statistischen Größen wie Mittelwert, Korrelationskoeffizient, etc. – direkt Bezug nimmt auf die Qualitätsanforderungen, die das Verfahren an Bewertungsergebnisse stellt.

Tabelle 4-2: Klassierung der Werte des Robustheitsmaßes (RM).

| Robustheitsmaß (RM) | Robustheit |
|---------------------|-------------|
| > 0,95 | sehr groß |
| > 0,80–0,95 | groß |
| > 0,65–0,80 | mäßig |
| > 0,5–0,65 | gering |
| ≤ 0,5 | sehr gering |

Das Robustheitsmaß berücksichtigt nicht die Häufigkeitsverteilung der deutlichen Abweichungen, also um wie viele Strukturklassen (2 bis max. 6 Strukturklassen) sich die einzelnen Bewertungen der deutlich abweichenden Bewertungspaare tatsächlich unterscheiden. Deshalb werden neben dem Robustheitsmaß weitere statistischen Analysen durchgeführt, um ein möglichst vollständiges Bild der Wirkung jedes Abweichungsfaktors zu gewinnen. Das Robustheitsmaß ist vielmehr so konzipiert, dass sich daraus direkt zwei wichtige Informationen für die Anwendungspraxis des LAWA-VO-Verfahrens ablesen lassen:

- Zum einen lässt sich aus dem Anteil die Bewertungsrobustheit einzelner Parameter direkt ableiten. Beispiel: $RM_Z = 0,45 \rightarrow$ „In 55 von 100 Fällen kommt es bei Parameter Z zu deutlichen Abweichungen.“
- Zum anderen lassen sich mit Hilfe des Robustheitsmaßes im Sinne einer Sensitivitätsanalyse die Empfindlichkeit verschiedener Parameter gegenüber einem Abweichungsfaktor vergleichen. Beispiel: $RM_X = 0,96$ vs. $RM_Y = 0,25$ bzgl. IAB \rightarrow „Der Inter-Assessor-Bias beeinflusst die Bewertungsrobustheit des Parameters X kaum, die des Parameters Y sehr deutlich.“

4.1.2 Zusammenfassende Statistik der Bewertungsabweichungen

Die zusammenfassende Statistik enthält neben grundlegenden, deskriptiven statistischen Werten (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Varianz, Schiefe, Kurtosis) und den Testergebnissen des Anderson-Darling-Tests auf Normalverteilung ein Histogramm der Daten mit einer Normalverteilungskurve, die Häufigkeitsverteilung der Abweichungen in Form eines Boxplot-Darstellung sowie 95%-Konfidenzintervalle für den Mittelwert und Median. Eingangswerte für diese zusammenfassende Statistik sind die Indexdifferenzen der jeweiligen Bewertungspaare. Zusätzlich wird der mittlere Abweichungsbetrag und seine Standardabweichung angegeben, da sich hier – im Gegensatz zu den reellen Abweichungen – die positiven und negativen Abweichungen nicht gegenseitig aufheben. Für die Differenzen auf dem Niveau der Strukturklassen – also für die Differenzen der klassierten Indexwerte – enthält die zusammenfassende Statistik Angaben zu Mittelwert und mittleren Abweichungsbetrag der Differenzen (inkl. der Standardabweichungen) und eine Darstellung der Häufigkeitsverteilung in Form von Anzahl und Anteil der Strukturklassendifferenzen. Der Verfahrensanleitung entsprechend (LANUV-NRW 2012, S. 12), werden dabei Differenzen von einer Strukturklasse als geringe Abweichungen und Differenzen größer als eine Strukturklasse als deutliche Abweichungen bezeichnet.

Die oben beschriebenen, grundlegenden statistischen Größen eignen sich für einen anschaulichen Vergleich von Bewertungsergebnissen unterschiedlicher Kartierungsverfahren wie die Arbeit von Benjankar, Koenig et al. (2013) zeigt. Hierbei werden die Bewertungsergebnisse dreier hydromorphologischer Bewertungsverfahren (LAWA-VO-Verfahren, ein Verfahren für urbane Gewässer und ein Verfahren basierend auf hydraulischen Kenngrößen) mit Hilfe grundlegender statistischer Werte wie Mittelwert und Varianz verglichen.

4.1.3 Häufigkeitsverteilung

Strukturklassenabweichungen (Strukturklassendifferenzen zwischen Bewertungspaaren) werden absolut und relativ durch eine Häufigkeitsverteilung beschrieben. Diese einfache, aber für die vorliegenden Fragestellungen anschauliche Statistik gibt Auskunft darüber, wie häufig und stark die Bewertungsabweichungen auf allen Ebenen (Einzelparameter, Hauptparameter, Gesamtbewertung) sind. Die Häufigkeitsverteilung dient zudem als Grundlage für das oben beschriebene Robustheitsmaß (RM). Eingangswerte für die Häufigkeitsverteilung sind die Indexwert- bzw. Strukturklassendifferenzen der jeweiligen Bewertungspaare.

Die Häufigkeitsverteilung von Bewertungsabweichungen hat sich wiederholt als passendes Instrument für den Vergleich unterschiedlicher Kartierungsverfahren bewährt: Raven, Holmes et al. (2002), Sípek, Matoušková et al. (2010), Weiß, Matoušková et al. (2008), Wilkinson, Martin et al. (1998) vergleichen diverse hydromorphologische Bewertungsverfahren anhand der Häufigkeitsverteilung der Bewertungsergebnisse.

4.1.4 Signifikanztest

Mit Hilfe des Signifikanztests wird überprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen Bewertungen des jeweiligen Vergleichs vorliegt. Auf Grund der ordinalskaliert vorliegenden Strukturgütebewertungen wird auf einen parameterfreien Test zurückgegriffen. Für den paarweisen Vergleich von Bewertungen kommt der Vorzeichen-Rangtest nach Wilcoxon (1945) zum Einsatz. Dieser nichtparametrische Test für zwei gepaarte abhängige Stichproben (wie in der vorliegenden Arbeit) überprüft, ob die zentrale Tendenz von zwei verbundenen Stichproben signifikant unterschiedlich ist. Die Variablen müssen dabei nicht normalverteilt sein, sollten aber mindestens ordinalskaliert sein. Bei der Berechnung werden Paardifferenzen gebildet und in einer aufsteigenden Rangordnung sortiert. Zu den vergebenen Rangzahlen von 1 bis n wird die zugehörige Differenz (positiv, negativ oder verbunden) vermerkt und die Summe positiver und negativer Rangsummen gebildet. Ist die daraus berechnete asymptotische Signifikanz $p < 0,05$, unterscheiden sich die beiden verbundenen Stichproben signifikant (Lozán & Kausch 2007). Durch den Signifikanztest wird zudem eine mögliche Tendenz hinsichtlich der Richtung der Bewertungsunterschiede ermittelt (Verhältnis der positiven und negativen Rangsummen). Dadurch lassen sich Aussagen treffen, ob eine Berechnungsvariante (Inter-Rating-Bias), ein Anwender (Inter-Assessor-Bias) oder eine Verfahrensversion (Inter-Version-Bias) tendenziell negativer bzw. positiver bewertet. Eingangswerte für den Signifikanztest sind sowohl die Index- als auch die Klassendifferenzen.

Der Vorzeichen-Rangsummentest nach Wilcoxon ist insbesondere geeignet grundlegende Abweichungstendenzen unterschiedlicher Kartierungsverfahren darzustellen: Scheifhacken, Haase et al. (2012) analysieren die Bewertungspaare des LAWA-VO-Verfahrens und eines ukrainischen, hydromorphologischen Verfahrens in Hinblick auf Bewertungsabweichungen mit Hilfe des Wilcoxon-Tests.

4.1.5 Korrelationstest

Korrelationstests geben die stochastische Beziehung zwischen zwei Stichproben an. Der Korrelationskoeffizient mit Maximalwerten von +1 bis -1 spiegelt dabei ihre positive oder negative Beziehung wider. Der Korrelationstest gibt in der vorliegenden Arbeit Hinweise darauf, ob und wie stark zwei Bewertungsvarianten (Berechnungsvarianten, Anwenderbewertungen oder Verfahrensversionen) zusammenhängen. Somit ist der Korrelationskoeffizient ein Zusammenhangsmaß, das die Richtung (positiv / negativ) und die Stärke (Betrag) des Zusammenhangs beschreibt. Eingangswerte für den Signifikanztest sind die Bewertungen (Index, Strukturklasse) der Bewertungspaare. Für die ordinalskalierten Bewertungsdaten der vorliegenden Untersuchungen wird der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman (Spearman's Rho) angewendet. Anders als beim Korrelationskoeffizient nach Pearson muss die Beziehung zwischen zwei Variablen nicht linear und auf einer Intervallskala abgebildet sein. Für den Spearman-Test reicht Monotonie. Dabei beruht der Rangkorrelationskoeffizient auf der Vergabe von Rängen und ist verteilungsunabhängig. Der Rangkorrelationskoeffizient ist grundsätzlich robust gegenüber großen Ausreißerwerten (Leyer & Wesche 2008).

Der Koeffizient berechnet sich wie folgt (Caputo, Fahrmeir et al. 2008):

$$r = \frac{\sum_i(\text{rg}(x_i) - \bar{\text{rg}}_x)(\text{rg}(y_i) - \bar{\text{rg}}_y)}{\sqrt{\sum_i(\text{rg}(x_i) - \bar{\text{rg}}_x)^2} \sqrt{\sum_i(\text{rg}(y_i) - \bar{\text{rg}}_y)^2}}$$

mit

| | |
|---|--|
| (x_i, y_i) | Paare von Messungen bzw. Bewertungen |
| $\text{rg}(x_i)$ resp. $\text{rg}(y_i)$ | Rang von x_i resp. y_i |
| $\bar{\text{rg}}_x$ resp. $\bar{\text{rg}}_y$ | Mittelwert der Ränge von x resp. y |

Scheifhacken, Haase et al. (2012) analysieren bei der oben erwähnten Untersuchung die Korrelation der Bewertungsergebnisse zweier hydromorphologischer Verfahren auf unterschiedlichen Bewertungsebenen mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman.

4.1.6 Schrittweise Regression

Schrittweise Regression ist ein Verfahren zur Modellentwicklung, das eine Teilgruppe von Prädiktor-Variablen findet, die auf der Grundlage vorgegebener Kriterien zur Modellanpassung am besten die Wirkung auf eine abhängige Variablen durch lineare (oder nicht-lineare) Regression vorhersagt (Leyer & Wesche 2008). Bei der schrittweisen Regression werden dem Regressionsmodell Variablen hinzugefügt bzw. Variablen aus dem Regressionsmodell entfernt, um eine nützliche Teilmenge der Prädiktoren zu ermitteln. Alle Variablen werden darauf getestet, ob ihr Beitrag signifikant ist, nachdem eine neue Variable hinzugefügt wurde. Das kann zu der Elimination einer schon gewählten Variablen führen, wenn diese Variable wegen ihrer Beziehung zu den anderen Variablen überflüssig geworden ist.

Ward, Tate et al. (2003) setzten die Methode der schrittweisen Regression beispielsweise ein, um die Beziehungen zwischen Parametern von drei hydromorphologischen Bewertungsverfahren zu bestimmen. In der vorliegenden Arbeit wird die schrittweise Regression eingesetzt, um den Abweichungsbeitrag von Teilfaktoren des Inter-Rating-Bias und des Inter-Version-Bias zu ermitteln.

4.2 Einzelfallbetrachtung

Die Ursachen für Bewertungsabweichungen aufgrund der Faktoren IRB-B und IAB sind nur auf Ebene der Einzelparameter zu identifizieren, da beide Faktoren durch abweichende Einzelparameterbewertungen der Anwender beeinflusst sind. Die Gründe, warum Anwender von der berechneten Bewertung (Inter-Rating-Bias, Teilfaktor B) oder von der Bewertung der Referenzkartierung (Inter-Assessor-Bias) abweichen, lassen sich nicht durch statistische Methoden herausarbeiten. Durch eine Einzelfallprüfung all derjeniger Bewertungspaare, die Abweichungen von mehr als einer Strukturklasse aufweisen, werden Ursachenmuster herausgearbeitet, die im Gegensatz zu Ausnah-

mefällen (z. B. Kartierungsfehler) systematisch auftreten. Der Einfluss dieser Ursachenmuster auf die Bewertungsabweichung wird quantifiziert (Anteil an Summe der Abweichungsfälle) und anhand von Beispielen dokumentiert.

Die wissenschaftliche Methode der Einzelfallanalyse entstammt in ihrer Konzeption den Geistes- und Sozialwissenschaften und findet hauptsächlich in der qualitativen Sozialforschung ihre Anwendung (Lamnek & Krell 2010). In der vorliegenden Arbeit wird die Methode der Fallanalyse zur Identifizierung der Bewegünde für Bewertungsabweichungen durch Anwender eingesetzt. Dabei wird die allgemein akzeptierte Vorgehensweise dieser wissenschaftlichen Untersuchungsmethode (Fragestellung – Falldefinition – Materialsammlung – Aufbereitung – Falleinordnung) eingehalten (Mayring 2002).

5 Ergebnisse

5.1 Inter-Rating-Bias

Kernaussagen

Die Untersuchungen zur Bewertungsabweichung durch den Inter-Rating-Bias behandeln vier verfahrensimmanente Teilfaktoren, die in die Gruppe der aggregationsbezogenen Faktoren (A1, A2, A3) und in den bewertungsbezogenen Faktor (B) aufgeteilt sind:

- IRB-A1: Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte zu Strukturklassen
- IRB-A2: Gewässerseiten-getrennte Aggregation der beidseitigen Einzelparameter
- IRB-A3: Ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite
- IRB-B: Hauptparameterbewertung durch Anwender im Zuge der Plausibilitätskontrolle

Die Untersuchungen berücksichtigen Bewertungsabweichungen auf den Ebenen der Gesamtbewertung und der Hauptparameter. Die Bewertungsebene der Einzelparameter ist vom Inter-Rating-Bias nicht betroffen, da alle o.g. Bewertungsvarianten auf dieselben Einzelparameterbewertungen zurückgreifen. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Verfahrensrobustheit gegenüber dem Inter-Rating-Bias ist sehr hoch (RM = 0,99). Tendenziell führt der IRB zur Abwertung der Bewertungsergebnisse.
- Die Robustheit gegenüber den Teilfaktoren IRB-A1 (RM = 1,00), IRB-A2 (RM = 1,00), IRB-A3 (RM = 0,99) und IRB-B (RM = 0,99) ist auf Ebene der Gesamtbewertung ebenfalls sehr hoch.
- Auf Ebene der Hauptparameter geht die Robustheit gegenüber dem Teilfaktor IRB-A3 leicht zurück (RM = 0,88–0,93). Gegenüber allen anderen Teilfaktoren ist sie sehr hoch (0,98–1,00).
- Ursache für deutliche Abweichungen durch den Teilfaktor IRB-A3 ist die unterschiedliche Aggregation der beidseitigen Parameter *HP-5 Uferstruktur* und *HP-6 Gewässerumfeld* (Mittelwertbildung vs. ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite). Diese unterschiedlichen Aggregationsvarianten verursachen bei HP-5 wenige deutliche Abweichungen (RM = 0,93). Bei HP-6 ist der Anteil deutlicher Abweichung etwas erhöht (RM = 0,88), da das Gewässerumfeld beider Gewässerseiten i. d. R. deutlichere gewässerstrukturelle Unterschiede aufweisen kann als gegenüberliegende Uferbereiche.
- Die Hauptursachen für Bewertungsabweichungen aufgrund des IRB-B sind die geringe Anzahl bewertungsrelevanter Einzelparameter bei bestimmten morphologischen Gewässertypen, die Bewertungsaggregation bei Parametern mit Mehrfachregistrierung von Ausprägungsmerkmalen und die verfahrenstechnische Gewichtung der Schadparameter. Aufgrund dieser Verfahrenseigenschaften finden u.U. Bewertungskorrekturen durch die Anwender statt, die teilweise in deutlichen Abweichungen gegenüber den berechneten Bewertungen resultieren.

Tabelle 5-1: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor A1

| Indexwerte vs. Klassifizierte Indexwerte (Variante 1 vs. Variante 1k) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--------------------|--|-------------|---|--|--|-------------|------|----------|-------|------------|-----------|---------|----------|---------|----------|---------|-----------|----------|-----------|---|------|---------|-----------|----------------|-----------|--------|-----------|-----------------|----------|---------|----------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------------------------|--|--|---------------------|------------------------------------|--|--|-------------------|
| Bewertungsunterschiede basieren auf unterschiedlichen Hauptparameterwerten: (Dezimalzahl vs. Ganzzahl) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IRB-A1 – Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <tr> <td colspan="2">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</td> </tr> <tr> <td>A-Q Quadrat</td> <td>5,06</td> </tr> <tr> <td>p-Wert <</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td>-0,052755</td> </tr> <tr> <td>StdA bw</td> <td>0,151008</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td>0,022803</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td>-0,036637</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td>-0,291305</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>9200</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>-0,513889</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td>-0,166667</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td>-0,055556</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td>0,055556</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>0,430556</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,055841 -0,049669</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,055556 -0,041667</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdA bw</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,148857 0,153222</td> </tr> </table> | | | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Q Quadrat | 5,06 | p-Wert < | 0,005 | Mittelwert | -0,052755 | StdA bw | 0,151008 | Varianz | 0,022803 | Schiefe | -0,036637 | Kurtosis | -0,291305 | N | 9200 | Minimum | -0,513889 | Erstes Quartil | -0,166667 | Median | -0,055556 | Drittes Quartil | 0,055556 | Maximum | 0,430556 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | -0,055841 -0,049669 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | | -0,055556 -0,041667 | 95%-Konfidenzintervall für StdA bw | | | 0,148857 0,153222 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Q Quadrat | 5,06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert < | 0,005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | -0,052755 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdA bw | 0,151008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,022803 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | -0,036637 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | -0,291305 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 9200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -0,513889 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | -0,166667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | -0,055556 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,055556 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 0,430556 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,055841 -0,049669 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,055556 -0,041667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdA bw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,148857 0,153222 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,13 (Std.-Abw. = 0,09) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\Sigma -$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | $\Sigma +$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 763 | - | 763 | 8088 | 349 | - | 349 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69% | | 8,3% | 87,9% | 3,8% | | 31% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | 1112 (12%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | 12.122.340,50 | 26.919.525,50 | -30,863 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | 194.218,50 | 424.609,50 | -12,415 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Rating-Bias: abwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,99 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,95 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Die Ergebnisse zum **Teilfaktor IRB-A1** auf Ebene der **Gesamtbewertung** sind in Tabelle 5-1 zusammengefasst. Die Bewertungsunterschiede der Gesamtbewertung kommen durch zwei unterschiedliche Aggregationsvarianten der Hauptparameterbewertungen zustande. Bei Variante-1 werden die aus der Mittelung der Einzelparameterbewertungen erzeugten Dezimalwerte (Indexwerte) zur Gesamtbewertung aggregiert. Bei Variante-1k erfolgt eine Zwischenklassierung dieser Dezimalwerte zu Strukturklassen. Die Bewertungsunterschiede auf Ebene des Gesamtindex werden durch den mittleren Abweichungsbetrag von 0,13 (Std.-Abw. = 0,09) und einer Spannweite der Abweichungen von -0,51 bis 0,43 angezeigt. Bei 1112 der betrachteten 9200 Bewertungspaare (Anteil: 12 %) kommt es aufgrund dieses Teilfaktors des Inter-Rating-Bias (IRB-A1) zu Bewertungsabweichungen von einer Strukturklasse. Dabei ist die Anzahl der Abwertungen in etwa doppelt so groß als die der Aufwertungen. Diese signifikante Abwertungstendenz durch die Indexklassierung wird durch das Wilcoxon-Testergebnis bestätigt. Trotz dieser Abweichungen ist die Verfahrensrobustheit gegenüber dem Teilfaktor IRB-A1 als sehr groß zu bezeichnen, da keinerlei deutliche Abweichungen um mehr als eine Strukturklasse auftreten (Robustheitsmaß $RM = 1,00$) und die Bewertungsergebnisse beider Aggregationsvarianten sehr stark korrelieren (Spearman's Rho = 0,99 bzw. 0,95).

Die Abweichungen auf Ebene der Gesamtbewertung kommen durch die Differenzen zwischen den originalen Indexwerten und den klassierten Strukturklassenwerten auf Ebene der Hauptparameter zustande (Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Klassifizierung der Indexwerte zu Strukturklassen.

| Strukturklasse | Indexspanne | Grad der Veränderung | farbige Kartendarstellung |
|----------------|-------------|-----------------------|---------------------------|
| 1 | 1,0 - 1,7 | unverändert | dunkelblau |
| 2 | 1,8 - 2,6 | gering verändert | hellblau |
| 3 | 2,7 - 3,5 | mäßig verändert | grün |
| 4 | 3,6 - 4,4 | deutlich verändert | hellgrün |
| 5 | 4,5 - 5,3 | stark verändert | gelb |
| 6 | 5,4 - 6,2 | sehr stark verändert | orange |
| 7 | 6,3 - 7,0 | vollständig verändert | rot |

Je nachdem, in welcher Indexspanne ein Hauptparameter-Indexwert liegt, kommt es durch die Klassierung zur Strukturklasse zu einer Auf- bzw. Abwertung des Bewertungsergebnisses. Werte, die in die Indexspanne der Strukturklasse 1 fallen, erhalten durch die Klassierung stets eine Aufwertung hin zum Wert 1,0. Werte, die in die Indexspanne der Strukturklasse 7 fallen, werden ausschließlich zum Wert 7,0 abgewertet.

Die maximal mögliche Spannweite der Abweichungen zwischen Indexwerten und Strukturklassenwert einer Strukturklasse ist durch die Lage der Klassengrenzen definiert (Tabelle 5-3). Die maximal mögliche Aufwertung tritt bei Strukturklasse 1 auf (Indexwert 1,74 → Abweichung 0,74 Indexpunkte nach Klassierung zu 1,00). Die maximal mögliche Abwertung tritt bei Strukturklasse 7 auf (Indexwert 6,25 → Abweichung 0,75 Indexpunkte nach Klassierung zu 7,00).

Bei allen anderen Klassen (Klasse 2 bis 6) ist zwar die Spannweite der möglichen Abweichungen mit 0,89 Indexpunkten größer, Abwertungen sind aber maximal nur um 0,65 Indexpunkte (Strukturklasse 6), Aufwertungen nur um 0,64 Indexpunkte (Strukturklasse 2) möglich.

Tabelle 5-3: Max. Aufwertung bzw. Abwertung durch Klassierung: Klassengrenzen, Klassenspannweiten und daraus resultierende maximal mögliche Aufwertungen bzw. Abweichungen je Strukturklasse.

| Klassengrenzen | Klasse 1 | Klasse 2 | Klasse 3 | Klasse 4 | Klasse 5 | Klasse 6 | Klasse 7 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Untere Klassengrenze | 1,00 | 1,75 | 2,65 | 3,55 | 4,45 | 5,35 | 6,25 |
| Obere Klassengrenze | 1,74 | 2,64 | 3,54 | 4,44 | 5,34 | 6,24 | 7,00 |
| Spannweite | 0,74 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,75 |
| Abwertung (max.) | 0 | -0,25 | -0,35 | -0,45 | -0,55 | -0,65 | -0,75 |
| Aufwertung (max.) | 0,74 | 0,64 | 0,54 | 0,44 | 0,34 | 0,24 | 0 |

Basierend auf der Definition der Klassengrenzen verschieben sich die Spannweiten der Aufwertungs- und Abwertungsbereiche je Strukturklasse: die Abwertungsspannweite nimmt von -0,25 (Klasse 2) bis -0,65 (Klasse 6) zu, die Aufwertungsspannweite nimmt von 0,64 (Klasse 2) bis 0,24 (Klasse 6) ab (Abbildung 5-1).

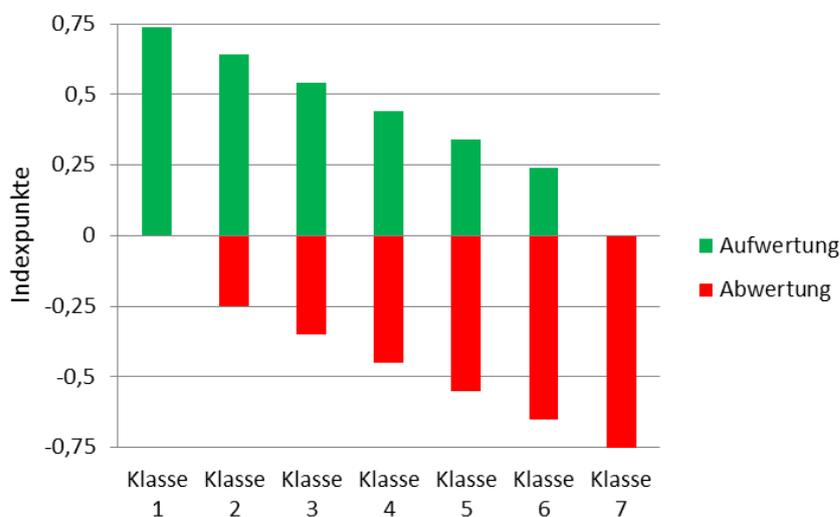


Abbildung 5-1: Aufwertungs- und Abwertungsspannweiten der Strukturklassen.

Die Tatsache, dass sich die Abwertungs- und Aufwertungsspannweiten der Strukturklassen deutlich unterscheiden, ist ursächlich für eine unterschiedliche Ausprägung des Abweichungsfaktors IRB-A1 je **Hauptparameter**: liegen die Hauptparameter-Indexwerte eines Datenpools überwiegend im Bereich über 4,44 (Klassen 5, 6 und 7) so ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass Abwertungen durch die Klassierung der Indexwerte zu Strukturklassen überwiegen; liegen die Indexwerte überwiegend unter 3,55 (Klassen 1, 2 und 3) so ist eine Aufwertung wahrscheinlicher. Dies wird im Fall des

untersuchten Datenpools ($N = 9200$) bestätigt. Die Hauptparameter HP-1, HP-5 und HP-6 sind insgesamt betrachtet deutlich negativer bewertet als die übrigen Hauptparameter (Abbildung 5-2).

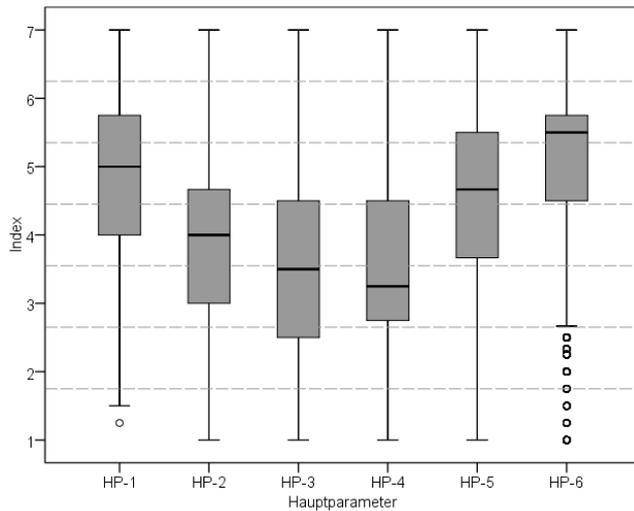


Abbildung 5-2: Boxplot der Indexwerte je Hauptparameter. Indexwerte der Aggregationsvariante-1 (Anzahl der Indexwerte je Hauptparameter = 9.200); auf der Y-Achse sind die Klassenwerte eingetragen und die Klassengrenzen mittels Hilfslinien dargestellt.

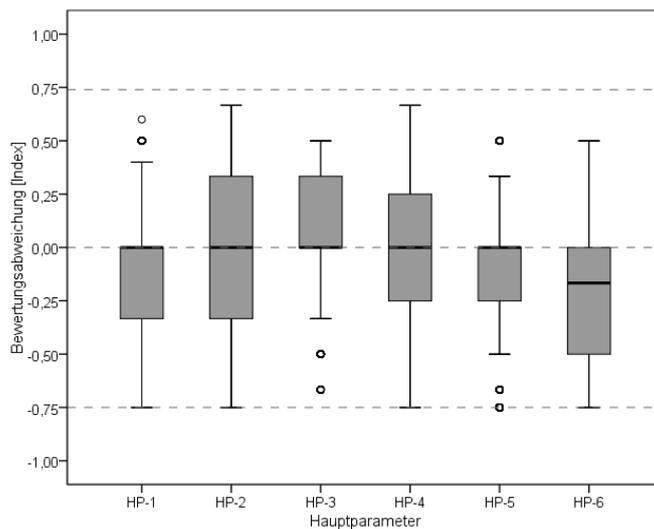


Abbildung 5-3: Boxplot der Bewertungsabweichungen durch BIAS-A1 je Hauptparameter. Neben einer Hilfslinie bei 0 sind Hilfslinien für die theoretische maximale Spannweite der Bewertungsabweichungen (-0,75 bis 0,74) angezeigt.

Dementsprechend weisen die Hauptparameter HP-1, HP-5 und HP-6 ein deutliches Übergewicht (jeweils 75 %) von Abwertungen gegenüber Aufwertungen (25 %) auf (Abbildung 5-3). Die Bewertungen des Hauptparameters HP-2 sind relativ gleichmäßig um den Median 4,0 verteilt, folglich sind die Abweichungen dieses Hauptparameters ebenfalls gleichmäßig verteilt ohne erkennbare Aufwertungs- oder Abwertungstendenz. Ähnlich ist die Konstellation bei HP-4.

Hauptparameter HP-3 weist ein deutliches Übergewicht (75 %) an Aufwertungen auf, da bei diesem Parameter ein nicht unerheblicher Teil der Indexwerte im oberen Bereich der Klasse 2 liegen, was zahlreiche und große Aufwertungen bedeutet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte zu Strukturklassen i. d. R. zu keiner Abweichung auf Ebene der Gesamtbewertung führt. In einigen Fällen (in der vorliegenden Untersuchung in 12 % der Fälle) kann es jedoch zu Bewertungsabweichungen von einer Strukturklasse kommen. Aufgrund der Festlegung der Klassengrenzen, insbesondere aufgrund der stetigen Abnahme der Aufwertungsspannweite bei gleichzeitiger stetiger Zunahme der Abwertungsspannweite von Klasse 1 zu Klasse 7, beeinflussen die Hauptparameterbewertungen die Tendenz einer Auf- bzw. Abwertung der Gesamtbewertung aufgrund der Indexklassierung: Je negativer die Hauptparameterbewertungen ausfallen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es durch den Faktor IRB-A1 zu einer Abwertung der Gesamtbewertung kommt.

Die Zwischenklassierung auf Ebene der Hauptparameter verfälscht die ursprüngliche Bewertung, da anschließend mit klassifizierten Werten weitergerechnet wird (HP-Strukturklasse statt HP-Indexwert als Eingangsgröße für Mittelwertbildung zur Berechnung des Gesamtindex). Zur Verdeutlichung wird das Beispiel aus Kapitel 2.3 wiederholt, bei dem die Differenz des Gesamtindex ($\Delta 0,25$) zwischen dem Mittelwert aus den ursprünglichen Hauptparameter-Indexwerten (Variante-1) und dem Mittelwert aus den klassierten Indexwerten (Variante-1k) zu einem Unterschied von einer Strukturklasse auf Ebene der Gesamtbewertung führt (Tabelle 5-4).

Tabelle 5-4: Abweichung der Gesamtbewertung aufgrund des Faktors IRB-A1.

| Variante | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5 | HP-6 | Gesamtindex | Gesamt-klasse |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------------|---------------|
| Variante-1 | 5,25 | 4,40 | 3,50 | 3,25 | 5,75 | 5,33 | 4,58 | 5 |
| Variante-1k | 5 | 4 | 3 | 3 | 6 | 5 | 4,33 | 4 |

Die Ergebnisse zum **Teilfaktor IRB-A2** (unterschiedlichen Aggregationsvarianten beidseitiger Parameter) auf Ebene der **Gesamtbewertung** sind in Tabelle 5-5 zusammengefasst. Durch die gewässerseiten-getrennte Berechnung der beidseitigen Einzel- bzw. Hauptparameterbewertungen (Variante-2m) statt einer gewässerseitenübergreifenden Berechnung (Variante-1) treten nur sehr wenige und äußerst geringe Abweichung auf Ebene des Gesamtbewertungsindex auf (Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,02; Std-Abw. = 0,04; Spannweite von -0,17 bis 0,40 Indexpunkten). Nach dem Klassierungsschritt auf der Gesamtbewertungsebene treten in 2% der Fälle geringe Abweichungen um eine Strukturklasse auf (Robustheitsmaß $RM = 1,00$). Der Anteil der Aufwertungen gegenüber dem der Abweichungen ist deutlich größer. Diese Tatsache und die Wilcoxon-Testergebnisse für Index und Strukturklasse zeigen eine signifikante Aufwertungstendenz durch den Teilfaktor IRB-A2 an. Die Korrelation zwischen den Elementen der Bewertungs-paare wird durch den IRB-A2 kaum beeinflusst ($Rho_{Index} = 0,99$; $Rho_{Klasse} = 0,98$).

Tabelle 5-5: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor A2

| Gewässerseiten-übergreifende vs. gewässerseiten-getrennte Aggregation der beidseitigen Parameter (Variante 1 vs. Variante 2m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--|-------------|--|------------|-----------|---------|----------|-------|------------|----------|--------|----------|---------|----------|---------|--------|----------|---------|---|------|---------|-----------|----------------|----------|--------|----------|-----------------|----------|---------|----------|---------------------------------------|--|----------|----------|-----------------------------------|--|----------|----------|-----------------------------------|--|----------|----------|
| IRB-A2 – Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-Quadrat</td> <td>1500,37</td> </tr> <tr> <td>p-Wert <</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td>0,018178</td> </tr> <tr> <td>StdAbw</td> <td>0,045148</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td>0,002038</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td>2,8701</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td>11,7547</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>9200</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>-0,166667</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td>0,000000</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td>0,000000</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td>0,013889</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>0,402778</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td>0,017255</td> <td>0,019100</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td>0,000000</td> <td>0,000000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdAbw</td> </tr> <tr> <td>0,044505</td> <td>0,045810</td> </tr> </tbody> </table> | | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Quadrat | 1500,37 | p-Wert < | 0,005 | Mittelwert | 0,018178 | StdAbw | 0,045148 | Varianz | 0,002038 | Schiefe | 2,8701 | Kurtosis | 11,7547 | N | 9200 | Minimum | -0,166667 | Erstes Quartil | 0,000000 | Median | 0,000000 | Drittes Quartil | 0,013889 | Maximum | 0,402778 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | 0,017255 | 0,019100 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | 0,000000 | 0,000000 | 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | 0,044505 | 0,045810 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Quadrat | 1500,37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert < | 0,005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | 0,018178 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdAbw | 0,045148 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,002038 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | 2,8701 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | 11,7547 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 9200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -0,166667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | 0,000000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | 0,000000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,013889 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 0,402778 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,017255 | 0,019100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,000000 | 0,000000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,044505 | 0,045810 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95% -Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,02 (Std.-Abw. = 0,04) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\Sigma -$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | $\Sigma +$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | 13 | 8985 | 202 | | 202 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6% | | 0,1 % | 98,0% | 2,0% | | 94 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | 215 (2%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw. Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | 4.825.367,00 | 431.536,00 | -41,338 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | 21.816,00 | 1.404,00 | -12,890 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Rating-Bias: aufwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,999 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,989 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Der Teilfaktor IRB-A2 betrifft nur die beidseitigen **Hauptparameter** HP-5 und HP-6 (Tabelle 5-6). Für beide Hauptparameter ist eine signifikante Aufwertung durch IRB-A2 festzustellen, wobei der Anteil der Abweichungen bei HP-6 (10,4 %) deutlich höher ist als bei HP-5 (3,1 %). Bei HP-5 treten nur geringe Abweichungen auf (RM = 1,00). Bei HP-6 treten in 64 Fällen deutliche Abweichungen um 2 Strukturklassen auf (RM = 0,99).

Tabelle 5-6: Bewertungsabweichungen durch IRB-A2 auf Hauptparameter-Ebene.

| Gewässerseite-übergreifende vs. gewässerseiten-getrennte Aggregation der beidseitigen Parameter (Variante 1 vs. Variante 2m) | | | | | | | | | | | | |
|--|------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|---|---|---|---|
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | |
| HP | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | | | | | 11 | 8918 | 271 | | | | | |
| | | | | | 0,1 % | 96,9 % | 3,0 % | | | | | |
| 6 | | | | | 114 | 8240 | 782 | 64 | | | | |
| | | | | | 1,2 % | 89,6 % | 8,5 % | 0,7 % | | | | |
| Gesamtanzahl der Bewertungspaare je aggregiertem, beidseitigem Hauptparameter HP-5 und HP-6 = 9.200. | | | | | | | | | | | | |
| Statistik (basierend auf Klassenabweichungen) | | | | | | | | | | | | |
| HP | RM | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\Sigma -$ ^b | $\Sigma +$ ^b | MW ^c Std. Abw | S. Rho ^d | Tendenz ^d | | | | |
| 5 | 1,00 | 3,1 % | - | 4 % | 96 % | 0,03 (0,17) | 0,99** | aufwertend** | | | | |
| 6 | 0,99 | 9,7 % | 0,7 % | 12 % | 88 % | 0,11 (0,34) | 0,97** | aufwertend** | | | | |

a) Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare.
 b) Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare.
 c) Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungsbeträge.
 d) Signifikant (**) bei $p < 0,01$ (Abweichungstendenz basierend auf Wilcoxon-Testergebnis).

Die Ursache für Bewertungsabweichungen zwischen Variante-1 und Variante-2m auf Ebene der Hauptparameter (HP-5 und HP-6) liegt an der Aggregation der Einzelparameter. Beide Hauptparameter setzen sich zusammen aus zwei Einzelparametern, die Wertstrukturen berücksichtigen (W), und einem Einzelparameter, der Schadstrukturen (S) berücksichtigt (Tabelle 5-7).

Tabelle 5-7: Wert- und Schadparameter der Hauptparameter HP-5 und HP-6.

| HP-5 (Uferstruktur) | HP-6 (Gewässerumfeld) |
|-------------------------------------|--|
| EP-5.1 Uferbewuchs (W) | EP-6.1 Flächennutzung (W) |
| EP-5.2 Uferverbau (S) | EP-6.2 Randstreifen (W) |
| EP-5.3 Besondere Uferstrukturen (W) | EP-6.2 Schädliche Umfeldstrukturen (S) |

Ausschlaggebend für Abweichungen ist die Aggregation der Schadparameter-Bewertungen der linken und rechten Gewässerseite. Variante-1 übernimmt ausschließlich die negativere der beiden

Bewertungen und verrechnete sie mit den gemittelten Bewertungen der Wertparameter, wenn dies zu einer Abwertung der Hauptparameterbewertung führt. Variante-2m verrechnet die Schadparameter-Bewertung mit den Wertparametern getrennt für beide Gewässerseiten (ebenfalls nur, wenn die aggregierte Bewertung dadurch abgewertet wird). Anschließend werden diese Hauptparameterbewertungen für beide Gewässerseiten zu einer einzigen Bewertung gemittelt. Der wesentliche Unterschied der Schadparameter-Aggregation ist daher:

- Variante-1: MAX (Schadparameter-links, Schadparameter-rechts)
- Variante-2m: MEAN (Schadparameter-links, Schadparameter-rechts)

Je nach Konstellation der Einzelparameterbewertungen, können – ausgehend von diesem Aggregationsunterschied – Bewertungsunterschiede auf Ebene der Hauptparameter auftreten. Im Folgenden werden die verschiedenen Konstellationen für die Hauptparameter HP-5 und HP-6 ausgeführt.

Hauptparameter HP-5: Ist auf keiner Gewässerseite Uferverbau vorhanden, kann es zu keiner Bewertungsabweichung kommen, da in diesem Fall der Einzelparameter EP-5.2 nicht bewertet wird. Sind auf beiden Gewässerseiten Uferverbaue vorhanden und sind diese unterschiedlich bewertet, kann es bei ebenfalls nicht gleich bewerteten Einzelparametern 5.1 und 5.3 zu Abweichungen kommen. Dabei handelt es sich um Aufwertungen durch Variante-2m (54 der 271 Fälle, die in Tabelle 5-6 angezeigt werden). Liegt einseitig Uferverbau vor, kann dies bei nicht gleich bewerteten Einzelparametern 5.1 und 5.3 ebenfalls zu Abweichungen führen. Dies sind i. d. R. ebenfalls Aufwertungen durch Variante-2m (die restlichen 217 der 271 Fälle, die in Tabelle 5-6 angezeigt werden). In Ausnahmefällen kommt es bei letztgenannter Konstellation zu Abwertungen durch Variante-2m (6 der 11 Abwertungsfälle, die in Tabelle 5-6 angezeigt werden). In diesen sehr seltenen Fällen, liegt nur Uferverbau an der ansonsten positiver bewerteten Gewässerseite vor. Diese Konstellation wird in Tabelle 5-8 anhand eines Beispiels verdeutlicht. Der Uferverbau auf der ansonsten positiver bewerteten rechten Gewässerseite beeinflusst die Hauptparameterbewertung bei Variante-2m stärker (Index: 5,42) als bei Variante-1 (Index: 5,25), was zu einer Bewertungsabweichung von einer Strukturklasse führt.

Tabelle 5-8: Hauptparameter HP-5 – Bewertungsabweichung durch einseitigen Uferverbau.

| HP-5 (Uferstruktur) – Beispiel Abschnitt 12_111 (Eisch) | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|--------|--------------------------|----------------------------|-------------|
| | | Links | Rechts | Variante 1 | | |
| | | | | EP Index (beidseitig) | HP-5 Index (beidseitig) | HP-5 Klasse |
| EP-5.1 (Uferbewuchs) | | 7 | 2 | 4,5 | 5,25 | 5 |
| EP-5.2 (Uferverbau) | | - | 5 | 5 | | |
| EP-5.3 (Bes. Strukturen) | | 6 | 6 | 6 | | |
| Variante-2m | HP-5 Index (einseitig) | 6,50 | 4,33 | | | |
| | HP-5 Index (beidseitig) | 5,42 | | | | |
| | HP-5 Klasse | 6 | | | | |

Bei beidseitig auftretendem Uferverbau gleicher Bewertung kommt es i. d. R. zu keiner Bewertungsabweichung zwischen Variante-1 und Variante-2m da $\text{MAX}(\text{EP-5.2L}, \text{EP-5.2R}) = \text{MEAN}(\text{EP-5.2L}, \text{EP-5.2R})$ gilt. Im untersuchten Datenpool kommt dieser Fall 1183 Mal vor. In 5 Ausnahmefällen kommt es jedoch zu einer Abwertung um eine Strukturklasse wie das Beispiel in Tabelle 5-9 zeigt: Nur die ansonsten positiver bewertete rechte Gewässerseite wird durch den Uferverbau abgewertet, die ansonsten negativer bewertete linke Seite bleibt vom Uferverbau unbeeinflusst, da eine Berücksichtigung des Uferverbaus hier zu einer Aufwertung der Hauptparameterbewertung führen würde (Index $\text{HP}_{\text{links}} = \sigma(7,6,6) = 6,33$). Auch hier verursacht der Teilfaktor IRB-A2 eine Abweichung der Hauptparameterbewertung um eine Strukturklasse.

Tabelle 5-9: Hauptparameter HP-5 – Bewertungsabweichung durch beidseitigen Uferverbau.

| HP-5 (Uferstruktur) – Beispiel Abschnitt 557_4 (Zeissengerbach) | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|--------|--------------------------|----------------------------|-------------|
| | | Links | Rechts | Variante 1 | | |
| | | | | EP Index (beidseitig) | HP-5 Index (beidseitig) | HP-5 Klasse |
| EP-5.1 (Uferbewuchs) | | 7 | 2 | 4,5 | 5,33 | 5 |
| EP-5.2 (Uferverbau) | | 6 | 6 | 6 | | |
| EP-5.3 (Bes. Strukturen) | | 6 | 5 | 5,5 | | |
| Variante-2m | HP-5 Index (einseitig) | 6,50 | 4,33 | | | |
| | HP-5 Index (beidseitig) | 5,42 | | | | |
| | HP-5 Klasse | 6 | | | | |

Hauptparameter HP-6: Die für Hauptparameter HP-5 identifizierten Konstellationen und Ursachen für Bewertungsabweichungen gelten ebenfalls für HP-6. Die deutlich höhere Gesamtzahl der Abweichungen (960) gegenüber der Anzahl an Abweichungen bei Hauptparameter HP-5 (282) und das Auftreten von deutlichen Abweichungen (64 Aufwertungen um zwei Strukturklassen durch

Variante-2m) liegt an einer Besonderheit des Einzelparameters EP-6.1: Für die Talformen Mäandertal und Kerbtal wird dieser Parameter nicht bewertet. Dies verstärkt den Abweichungseffekt durch den Schadparameter EP-6.3, da in diesen Fällen neben dem Schadparameter nur ein weiterer Wertparameter (EP-6.2 Gewässerrandstreifen) in die Aggregation zur Hauptparameterbewertung einfließt. Im Folgenden werden exemplarisch die 64 Fälle beschrieben, in denen es zu einer deutlichen Abweichung von zwei Strukturklassen kommt:

- EP-6.1: In 53 Fällen findet keine Bewertung aufgrund der morphologischen Typisierung statt (Talformen Mäandertal bzw. Kerbtal). In den übrigen 11 Fällen unterscheidet sich die Bewertung deutlich zwischen den Gewässerseiten (rechte Seite immer Strukturklasse 1; linke Gewässerseite in zwei Fällen Strukturklasse 6 in neun Fällen Strukturklasse 4)
- EP-6.2: In 51 Fällen deutliche Unterschiede zwischen beiden Gewässerseiten (Strukturklassenunterschiede von 4 bis 6 Strukturklassen). In zwei Fällen Strukturklassenunterschiede von einer Klasse.
- EP-6.3: In allen Fällen ist nur eine Gewässerseite von einer schädlichen Umfeldstruktur betroffen und demnach der Einzelparameter bewertet. Die schädlichen Strukturen sind mit Klasse 6 oder 7 bewertet.

Eine weitere Ursache für die größere Anzahl und das Auftreten von deutlichen Abweichungen bei Hauptparameter HP-6 gegenüber HP-5 ist die Tatsache, dass sich das Gewässerumfeld (z. B. Landnutzung) auf beiden Gewässerseiten häufiger deutlich unterscheidet, im Gegensatz zur Struktur gegenüberliegender Ufer. Das Fehlerbalkendiagramm in Abbildung 5-4 zeigt einen signifikanten Unterschied der Abweichungen des HP-5 und HP-6 zwischen den beiden Gewässerseiten an.

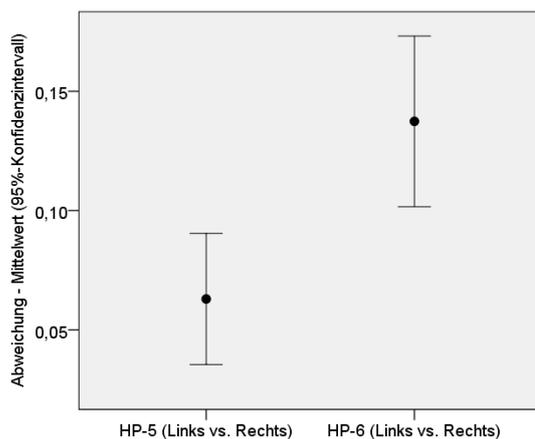


Abbildung 5-4: Abweichung zwischen Gewässerseiten bzgl. HP-5 und HP-6.

Diese Aussage wird unterstützt durch eine Vergleich der Bewertungen (Index) von HP-5 (links), HP-5 (rechts), HP-6 (links) und HP-6 (rechts) mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Spearman:

- HP-5L vs. HP-5R (Vergleich gegenüberliegender Ufer): $r = 0,62$ ($p < 0,01$)
- HP-6L vs. HP-6R (Vergleich gegenüberliegender Landbereiche): $r = 0,41$ ($p < 0,01$)
- HP-5L vs. HP-6L (Vergleich von linkem Ufer und Landbereich): $r = 0,38$ ($p < 0,01$)
- HP-5R vs. HP-6R (Vergleich von rechtem Ufer und Landbereich): $r = 0,43$ ($p < 0,01$)

Die Bewertungen gegenüberliegender Ufer korrelieren deutlich besser, als die gegenüberliegender Landbereiche (Abbildung 5-5). Auch das Ufer und der Landbereich einer Gewässerseite unterscheiden sich wesentlich deutlicher als gegenüberliegende Ufer.



Abbildung 5-5: Beispiel für gleich Ufer- und abweichende Landbewertung. In diesem Beispiel (Attert, Abschnitt 13_278; Blick in Fließrichtung) sind beide Uferbereiche (HP-5 links & rechts) mit Strukturklasse 2 bewertet, wohingegen sich die Landbewertungen der beiden Gewässerseiten sehr deutlich unterscheiden: HP-6 (links) = Strukturklasse 1; HP-6 (rechts) = Strukturklasse 6 (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Die Auswertungen bzgl. des Teilfaktors IRB-A2 zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die unterschiedlichen Aggregationsvarianten beidseitiger Parameter nahezu keine Auswirkung auf die Gesamtbewertung haben. Nur in Ausnahmefällen (2%) kommt es durch den IRB-A2 zu Bewertungsabweichungen von einer Strukturklasse auf Ebene der Gesamtbewertung. Die Abweichungen werden im Wesentlichen durch die Aggregation der Schadparameter EP-5.2 Uferverbau und EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen verursacht. Auf Ebene der Hauptparameter treten bei HP-6 Gewässerumfeld weitaus mehr und deutlichere Abweichungen durch den IRB-A2 auf als bei HP-5 Uferstruktur.

Diese Seite ist für eine verbesserte Lesbarkeit der folgenden Ausführungen freigehalten.

Tabelle 5-10: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor A3

| Berücksichtigung beider Gewässerseiten vs. ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite (Variante 2m vs. Variante 2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|--|-------------|--|------------|------------|--------|----------|-------|------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---|------|---------|----------|----------------|----------|--------|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|--|--|-------------------|-----------------------------------|--|--|-------------------|-----------------------------------|--|--|-----------------|
| IRB-A3 – Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-Q uadrat</td> <td>596,61</td> </tr> <tr> <td>p-Wert <</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td>-0,16362</td> </tr> <tr> <td>StdAbw</td> <td>0,19375</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td>0,03754</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td>-1,67799</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td>2,76448</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>9200</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>-1,00000</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td>-0,25000</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td>-0,08333</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td>0,00000</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>0,00000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,16758 -0,15966</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,08333 -0,08333</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdAbw</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,19099 0,19659</td> </tr> </tbody> </table> | | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Q uadrat | 596,61 | p-Wert < | 0,005 | Mittelwert | -0,16362 | StdAbw | 0,19375 | Varianz | 0,03754 | Schiefe | -1,67799 | Kurtosis | 2,76448 | N | 9200 | Minimum | -1,00000 | Erstes Quartil | -0,25000 | Median | -0,08333 | Drittes Quartil | 0,00000 | Maximum | 0,00000 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | -0,16758 -0,15966 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | | -0,08333 -0,08333 | 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | 0,19099 0,19659 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Q uadrat | 596,61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert < | 0,005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | -0,16362 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdAbw | 0,19375 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,03754 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | -1,67799 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | 2,76448 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 9200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -1,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | -0,25000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | -0,08333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,16758 -0,15966 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,08333 -0,08333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,19099 0,19659 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | -0,16362 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | -0,08333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,16 (Std.-Abw. = 0,19) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\Sigma -$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | $\Sigma +$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1554 | 2 | 1552 | 7646 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 % | 0,02 % | 17,0 % | 83,0 % | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 0,9998 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | 1552 (17 %) | | <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | 2 (0,02 %) | | <i>Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | - | 19.848.150,00 | -69,276 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | - | 1.208.235,00 | -39,396 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Rating-Bias: abwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,980 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,937 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Die Bewertungsabweichungen durch den **Teilfaktor IRB-A3** werden durch die unterschiedliche Gewichtung beidseitiger Parameterbewertungen verursacht. Die Ergebnisse des Vergleichs zwischen Variante-2m und Variante-2 (IRB-A3) auf Ebene der **Gesamtbewertung** sind in Tabelle 5-10 zusammengefasst. Die ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite bei beidseitigen Hauptparametern (Variante-2) statt der Berücksichtigung beider Seiten (Variante-2m) wirkt sich deutlich abwertend auf die Gesamtbewertung aus. Zwar ist der mittlere Abweichungsbetrag des Gesamtindex mit 0,16 (Std. Abw. = 0,19) relativ gering, der Anteil der geringen Abweichungen aber mit 17% deutlich höher als bei den Teilfaktoren A1 (12%) und A2 (2%). Zudem bewirkt der Teilfaktor A3 als einziger, aggregationsbezogener Faktor eine Gesamtbewertungsabweichung um zwei Strukturklassen, wenn auch nur in zwei Fällen (RM = 0,99). Aufgrund der ausschließlichen Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite treten nur Abwertungen gegenüber Variante-2 auf.

Auf Ebene der **Hauptparameter** (nur HP-5 und HP-6) differenzieren sich die Abweichungstendenzen der beiden Hauptparameter (Tabelle 5-11). Während HP-5 gegenüber HP-6 einen höheren Gesamtanteil an Abweichungen aufweist (HP-5: 33%; HP-6: 26,2%), liegt der Anteil der deutlichen Abweichungen bei HP-6 wesentlich höher als bei HP-5 (RM_{HP-6} = 0,88; RM_{HP-5} = 0,93). Diese unterschiedlichen Tendenzen (HP-5: zahlreiche, überwiegend geringe Abweichungen; HP-6: weniger Abweichungen dafür etwa gleich viele geringe und deutliche Abweichungen) spiegelt auch das Zusammenhangsmaß Rho wider (Rho_{HP-5} = 0,92; Rho_{HP-6} = 0,77).

Tabelle 5-11: Bewertungsabweichungen durch IRB-A3 auf Hauptparameter-Ebene.

| Berücksichtigung beider Gewässerseiten vs. Ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite (Variante 2m vs. Variante 2) | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|--------|----------------------|---|---|---|---|
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | |
| HP | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | | | 77 | 557 | 2402 | 6164 | | | | | | |
| | | | 0,8% | 6,1% | 26,1% | 67,0% | | | | | | |
| 6 | | | 531 | 615 | 1266 | 6788 | | | | | | |
| | | | 5,8% | 6,6% | 13,8% | 73,8% | | | | | | |
| Gesamtanzahl der Bewertungspaare je aggregiertem, beidseitigem Hauptparameter HP-5 und HP-6 = 9.200. | | | | | | | | | | | | |
| Statistik (basierend auf Klassenabweichungen) | | | | | | | | | | | | |
| HP | RM | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\sum -$ ^b | $\sum +$ ^b | MW ^c Std. Abw. | S. Rho | Tendenz ^d | | | | |
| 5 | 0,93 | 26,1% | 6,9% | 100% | - | 0,41 (0,64) | 0,92** | abwertend** | | | | |
| 6 | 0,88 | 13,8% | 12,4% | 100% | - | 0,45 (0,85) | 0,77** | abwertend** | | | | |
| a) Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare. b) Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare. c) Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungsbeträge. d) Signifikant (**) bei $p < 0,01$ (Abweichungstendenz basierend auf Wilcoxon-Testergebnis). | | | | | | | | | | | | |

Die Ursachen für Bewertungsabweichungen zwischen Variante-2m und Variante-2 sind im Prinzip dieselben wie die für IRB-A2 mit dem Unterschied, dass beim IRB-A2 die Einzelparameter einmal gewässerseitig getrennt und einmal über beide Gewässerseiten aggregiert werden. Im Fall des IRB-A3 werden die Hauptparameter zuerst vollständig für beide Gewässerseiten getrennt berechnet. Erst danach unterscheiden sich die Varianten: Variante-2m bildet den Mittelwert aus beiden Bewertungen, Variante-2 übernimmt nur den negativeren Wert als endgültige Hauptparameterbewertung. Dadurch treten bei IRB-A3 weit mehr und weitaus deutlichere Abweichungen als die bei IRB-A2 auf. Maximale Bewertungsunterschiede von 3 Strukturklassen sind dann möglich, wenn eine Gewässerseite mit Klasse 1 und die anderen mit Klasse 6 bzw. 7 bewertet ist (Mittelwert 3,5 bzw. 4 → Strukturklasse 3 bzw. 4; Maximum 6 bzw. 7). Die Ursachen für die Bewertungsunterschiede kann demnach folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Variante-2m: MEAN (HP5-links, HP5-rechts)
- Variante-2: MAX (HP5-links, HP5-rechts)

Im Fall des IRB-A3 ist daher der Effekt unterschiedlich ausgeprägter Gewässerseiten wesentlich deutlicher als dies beim IRB-A2 der Fall ist. Die ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite (Variante-2) wird beispielsweise in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Hessen angewandt. Die Berücksichtigung beider Gewässerseiten (Variante-2m) findet beispielsweise in Baden-Württemberg statt. Beiden Vorgehensweisen liegen unterschiedliche Bewertungsintentionen zugrunde. Die erstgenannte Variante fokussiert auf gewässerstrukturelle Defizite. Eine Bewertungsaufwertung des beidseitigen Parameters kann nur dann erfolgen, wenn die negativer bewertete Gewässerseite eine strukturelle Aufwertung erfährt, da nur die als Hauptparameterbewertung berücksichtigt wird. Die zweitgenannte Variante berücksichtigt sowohl Defizite als auch Potenziale im Ufer- und Landbereich, da sich die Hauptparameterbewertung aus den Teilbewertungen beider Gewässerseiten zusammensetzt. Problematisch wird diese unterschiedliche Bewertung bei länderübergreifenden Gewässern, bei denen Gewässerentwicklungsmaßnahmen – wie im Zuge der WRRL – gefordert, auf Basis naturräumlicher Einheiten (Einzugsgebiete) geplant werden. Die abweichenden Vorgehensweisen erschweren in diesem Zusammenhang beispielsweise die Ausweisung von Gewässerabschnitten, die aufgrund ihrer Defizite im Ufer- und Landbereich prioritär durch Verbesserungsmaßnahmen aufgewertet werden sollen.

Abbildung 5-6 verdeutlicht die Konsequenzen des Teilfaktors IRB-A2 für die 9200 untersuchten Kartierungsabschnitte in Luxemburg. In ca. 50% der Fälle hat der IRB-A2 sowohl für den Hauptparameter HP-5 als auch HP-6 keinerlei Auswirkung, da die Bewertungen beider Gewässerseiten identisch sind. Je größer die Bewertungsunterschiede für beide Gewässerseiten sind, desto größer fällt auch der Bewertungsunterschiede zwischen der Aggregationsvariante-2 [MAX (links, rechts)] und Variante-2m [MEAN (links, rechts)].

In 30 Extremfällen für HP-5 und in 218 Extremfällen für HP-6 unterscheiden sich die Gewässerseitenbewertungen um 6 Strukturklassen, d.h. eine Gewässerseite ist mit Strukturklasse 1, die

andere mit Klasse 7 bewertet. Gemäß Aggregationsvariante-2 würde diese Konstellation die Strukturklasse 7 als endgültige Hauptparameterbewertung nach sich ziehen. Aggregationsvariante-2m ergäbe die Strukturklasse 4 als abschließende Bewertung. Beide Aggregationen verdecken die tatsächliche Situation am Gewässer: ein Gewässerseite ist im natürlichen Zustand, die andere Gewässerseite ist vollständig anthropogen überprägt. Für gewässerökologische Planungen ist deshalb sowohl das Ergebnis der Aggregationsvariante-2 (ggf. „Unterschlagung“ hochwertiger Gewässerstrukturen auf der nicht berücksichtigten Gewässerseite) als auch das Ergebnis der Aggregationsvariante-2m (ggf. „Verwässerung“ deutlich unterschiedlich ausgeprägter Gewässerstrukturen auf beiden Seiten) problematisch.

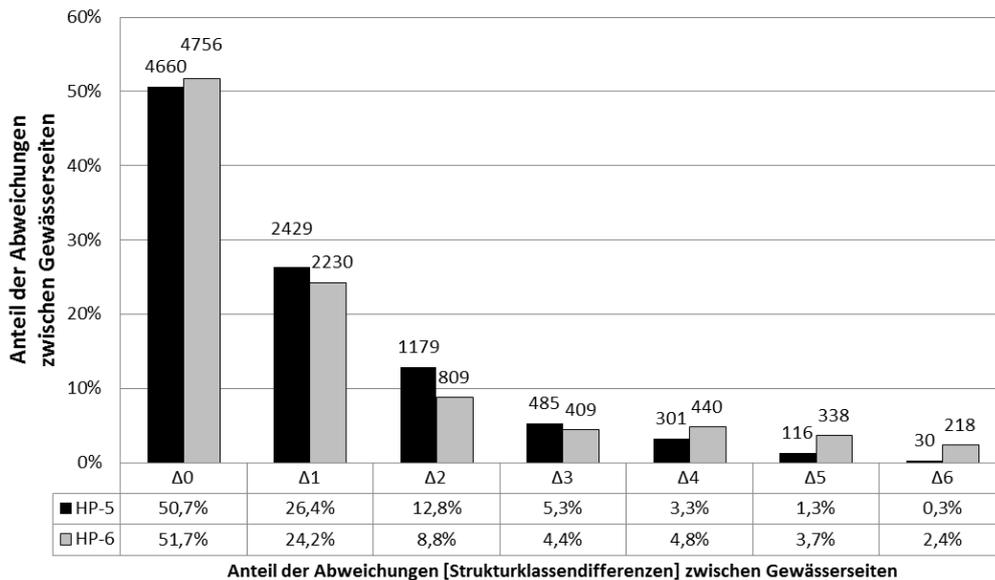


Abbildung 5-6: Bewertungsabweichungen von HP-5 und HP-6 zwischen Gewässerseiten: Angezeigt werden die Anteile und die Anzahl (Balkenbeschriftungen) der Strukturklassendifferenzen von 0 bis 6 Klassen (N = 9200).

In der folgenden Abbildung 5-7 wird diese Problematik anhand eines Beispiels aus dem untersuchten Datenpool der Strukturkartierung in Luxemburg deutlich. Diesem Gewässerabschnitt ist der morphologische Fließgewässertyp MT_g (Mäandertal, grobmaterialreich) zugewiesen, weshalb der Einzelparameter *EP-6.1 Flächennutzung* nicht bewertet wird. Auf beiden Gewässerseiten sind keinerlei schädliche Umfeldstrukturen vorhanden, wodurch Einzelparameter *EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen* ebenfalls nicht bewertungsrelevant ist. Die Hauptparameterbewertung beruht deshalb einzig auf dem Einzelparameter *EP-6.2 Gewässerrandstreifen*. Auf der linken Gewässerseite ist kein Gewässerrandstreifen vorhanden (Strukturklasse 7), auf der rechten Gewässerseite ist der Gewässernahbereich flächig mit bodenständigen Gehölzen bestanden (Strukturklasse 1). Je nach Aggregationsvariante der Bewertungen beider Gewässerseiten resultiert als Bewertung für HP-6 die Strukturklasse 7 gem. Variante-2 [MAX(li,re)] oder die Strukturklasse 4 gem. Variante-2m [MEAN(li,re)].



Abbildung 5-7: Beispiel für Abweichung des Hauptparameters HP-6 (Gewässerumfeld). In diesem Beispiel (Sauer, Abschnitt 3_857; Blick in Fließrichtung) verursacht der Teilfaktor IRB-A3 einen Bewertungsunterschied von 3 Klassen: HP-6 (links) = 7, HP-6 = 1 (rechts), HP-6 (beidseitig) = 7 gem. Aggregationsvariante-2 MAX(li,re). Gemäß Aggregationsvariante-2m MEAN(li,re) würde die beidseitige Bewertung hingegen in Strukturklasse 4 resultieren (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Während die bisher beschriebenen Abweichungen auf unterschiedlichen Bewertungsaggregationen beruhen, entstehen beim **Teilfaktor IRB-B** Bewertungsunterschiede einerseits durch die automatische Berechnung der Hauptparameterbewertungen und andererseits durch die intuitive Hauptparameterbewertung durch die Anwender anhand funktionaler Einheiten. Die Ergebnisse zum Teilfaktor IRB-B auf Ebene der **Gesamtbewertung** sind in Tabelle 5-12 zusammengefasst. Die Abweichungsbeträge zwischen den aus der Plausibilitätskontrolle der Anwender auf Ebene der Hauptparameter ermittelten Gesamtindexwerten (Variante-3) und den nach Variante-2 errechneten Indexwerten betragen im Mittel 0,18 Indexpunkte (Std.-Abw. = 0,18). Bezogen auf den mittleren Abweichungsbetrag ist die Abweichungswirkung des IRB-B höher als die der aggregationsbezogenen Faktoren IRB-A1 (0,13), IRB-A2 (0,02) und IRB-A3 (0,16). Die Abweichungen sind nicht normalverteilt (Anderson-Darling-Test: A-Quadrat = 260,93; $p < 0,005$) und schwach rechtsschief. Etwa 75% der Abweichungen sind positiv. Es treten zahlreiche, große negative und positive Extremwerte auf (Spannweite = 2,50; Minimum = -1,17, Maximum = 1,33). Insgesamt betrachtet lässt die statistische Zusammenfassung der Bewertungsabweichung den Schluss zu, dass in Abweichungsfällen die Anwenderbewertungen tendenziell positiver ausfallen als die rechnerisch ermittelten Bewertungen. Nach Klassifizierung der Indexwerte zu Strukturklassen liegt in 80% der Fälle keine Abweichung vor. In ca. 20% kommt es zu einer Abweichung um eine Strukturklasse, wobei Aufwertungen etwa dreimal so häufig sind wie Abwertungen. Nur in zwei Fällen wird die Bewertung um zwei Strukturklassen abgewertet, was zu einem Robustheitsmaß von 0,99 führt. Sowohl für den Gesamtindex als auch für die Gesamtstrukturklasse zeigt der Wilcoxon-Test signifikante Bewertungsunterschiede an und weist auf eine signifikante Aufwertung der Bewertung durch die Anwender hin.

Tabelle 5-12: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Teilfaktor B

| Berechnete Bewertung vs. Anwenderbewertung (Variante 2 vs. Variante 3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--|-------------|--|------------|-----------|--------|----------|-------|------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---|------|---------|----------|----------------|---------|--------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|--|--|--------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|
| IRB-B – Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-Quadrat</td> <td>260,93</td> </tr> <tr> <td>p-Wert <</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td>0,08007</td> </tr> <tr> <td>StdAbw</td> <td>0,24222</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td>0,05867</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td>0,48602</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td>1,05140</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>9200</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>-1,16667</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td>0,00000</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td>0,00000</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td>0,16667</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>1,33333</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,07512 0,08502</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,00000 0,00000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdAbw</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,23877 0,24577</td> </tr> </tbody> </table> | | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Quadrat | 260,93 | p-Wert < | 0,005 | Mittelwert | 0,08007 | StdAbw | 0,24222 | Varianz | 0,05867 | Schiefe | 0,48602 | Kurtosis | 1,05140 | N | 9200 | Minimum | -1,16667 | Erstes Quartil | 0,00000 | Median | 0,00000 | Drittes Quartil | 0,16667 | Maximum | 1,33333 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | 0,07512 0,08502 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | | 0,00000 0,00000 | 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | 0,23877 0,24577 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Quadrat | 260,93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert < | 0,005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | 0,08007 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdAbw | 0,24222 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,05867 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | 0,48602 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | 1,05140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 9200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -1,16667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,16667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 1,33333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,07512 0,08502 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,00000 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,23877 0,24577 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,18 (Std.-Abw. = 0,18) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\Sigma -$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | $\Sigma +$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 495 | 1 | 494 | 7350 | 1354 | 1 | 1355 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27% | 0,01 % | 5,3 % | 80,0 % | 14,7 % | 0,01 % | 73 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 0,9998 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | 1848 (20 %) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | 2 (0,02 %) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw. Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | 12.776.380,00 | 5.088.873,00 | -29,641 | <0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | 1.253.622,50 | 458.552,50 | -19,962 | <0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Rating-Bias: aufwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,970 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,917 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Die Bewertungsunterschiede auf Ebene der Gesamtbewertung werden durch Bewertungsabweichungen auf Ebene der **Hauptparameter** verursacht. Im Gegensatz zu den Teilfaktoren IRB-A1, IRB-A2 und IRB-A3 sind hier nicht unterschiedliche Aggregationsvarianten sondern unterschiedliche Bewertungen durch die Anwender und die nach Variante-2 berechneten Bewertungen ausschlaggebend für Abweichungen. Wie in Kapitel 2.3 ausgeführt sind Abweichungen von max. einer Strukturklasse zwischen Variante-2 und Variante-3 akzeptiert, alle deutlichen Abweichungen (≥ 2 Strukturklassen) müssen hingegen von den Anwendern des Verfahrens fachlich begründet werden. Die einzelnen Hauptparameter werden im Folgenden hinsichtlich der Anzahl und Deutlichkeit der Abweichungen sowie hinsichtlich der Tendenz dieser Abweichungen (Aufwertung bzw. Abwertung) eingeordnet (Tabelle 5-13). Die Ursachenermittlungen für die Hauptparameter-Abweichungen basieren im Rahmen dieser Arbeit auf Einzelfallprüfungen der deutlichen Abweichungen. Dabei wurden die textlichen Begründungen für die deutlichen Abweichungen nach wiederkehrenden, systematischen Ursachen analysiert.

Tabelle 5-13: Bewertungsabweichungen durch IRB-B auf Hauptparameter-Ebene.

| Berechnete Bewertung vs. Anwenderbewertung (Variante 2 vs. Variante 3) | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|----------------------|-------------|---|---|---|
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | |
| HP | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | | | | 12 0,1 % | 671 7,3 % | 6160 67,0 % | 2219 24,1 % | 113 1,2 % | 25 0,3 % | | | |
| 2 | | | 11 0,1 % | 84 0,9 % | 949 10,3 % | 7059 76,7 % | 1091 11,9 % | 6 0,1 % | | | | |
| 3 | | | | 14 0,2 % | 1444 15,9 % | 6230 68,5 % | 1406 15,5 % | 6 0,1 % | | | | |
| 4 | | 3 0,03 % | 9 0,1 % | 2129 23,1 % | 6405 69,6 % | 653 7,1 % | 1 0,0 % | | | | | |
| 5 | | 1 0,01 % | 8 0,04 % | 1714 9,3 % | 12488 67,9 % | 4100 22,3 % | 67 0,4 % | 22 0,1 % | | | | |
| 6 | | 1 0,01 % | 48 0,3 % | 1041 5,7 % | 12909 70,2 % | 4202 22,8 % | 181 1,0 % | 14 0,1 % | 4 0,02 % | | | |
| Gesamtanzahl der Bewertungspaare je Hauptparameter für HP-1, HP-2 und HP-4 = 9.200; HP-3 = 9.100. In 100 Fällen war HP-3 wegen zu geringer Sichttiefe nicht erfassbar. Gesamtanzahl der Bewertungspaare je beidseitigem Hauptparameter HP-5 und HP-6 = 18.400. | | | | | | | | | | | | |
| Statistik (basierend auf Klassenabweichungen) | | | | | | | | | | | | |
| HP | RM | Geringe Abw. ^a | Deutl. Abw. ^a | $\sum -$ ^b | $\sum +$ ^b | MW ^c Std. Abw | S. Rho | Tendenz ^d | | | | |
| 1 | 0,98 | 31 % | 1,4 % | 22 % | 78 % | 0,35 (0,52) | 0,89** | aufwertend** | | | | |
| 2 | 0,98 | 22 % | 1,1 % | 49 % | 51 % | 0,24 (0,46) | 0,92** | indifferent | | | | |
| 3 | 0,99 | 31 % | 0,3 % | 51 % | 49 % | 0,12 (0,47) | 0,93** | indifferent | | | | |
| 4 | 0,99 | 30 % | 0,1 % | 77 % | 23 % | 0,30 (0,47) | 0,91** | abwertend** | | | | |
| 5 | 0,99 | 32 % | 0,5 % | 29 % | 71 % | 0,33 (0,49) | 0,94** | aufwertend** | | | | |
| 6 | 0,99 | 28 % | 1,5 % | 20 % | 80 % | 0,31 (0,50) | 0,88** | aufwertend** | | | | |
| ^a Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare. ^b Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare. ^c Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungsbeträge. ^d Signifikant (**) bei $p < 0,01$ (Abweichungstendenz basierend auf Wilcoxon-Testergebnis). | | | | | | | | | | | | |

Insgesamt treten bei 55.100 Bewertungspaaren (Summe der Bewertungspaare aller Hauptparameter) 629 deutliche Abweichungen (1,1 %) zwischen der errechneten Bewertung und der im Rahmen der Plausibilitätskontrolle vorgenommenen Anwenderbewertung auf. Somit beträgt das Robustheitsmaß des Verfahrens gegenüber dem Teilfaktor IRB-B auf Ebene der Hauptparameter 0,99.

Bezogen auf das Robustheitsmaß unterscheiden sich die Hauptparameter kaum ($RM = 0,98–0,99$). Je Hauptparameter kommt es nur in relativ wenigen Fällen zu Bewertungsabweichungen um mehr als eine Strukturklasse. Bis auf HP-3 treten bei allen Hauptparametern Abweichungen um 3 und 4 Strukturklassen auf.

Insbesondere die Hauptparameter HP-1, HP-2 und HP-6 weisen relative viele, teilweise sehr deutliche Bewertungsabweichungen auf. Bei drei Hauptparametern (HP-1, HP-5 und HP-6) kommt es tendenziell eher zu Aufwertungen durch den Anwender, bei zwei Parametern (HP-2 und HP-3) ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Hauptparameter HP-4 wird von den Anwendern als einziger Parameter tendenziell negativer als die rechnerisch ermittelte Bewertung eingestuft.

Die **Ursachen** für deutliche Auf- bzw. Abwertungen um bis zu vier Strukturklassen wurden durch Einzelfallprüfungen aller 629 Bewertungspaare ermittelt, die deutliche Bewertungsunterschiede von mehr als einer Strukturklasse aufweisen:

- **Typ-spezifische Anzahl an Einzelparametern bei bestimmten Gewässertypen**
- **Aggregation von Einzelparameter-Ausprägungen**
- **Bewertung der Schadparameter**
- **Indexdotierung**
- **Anwendungsfehler**

Hauptursache für Bewertungsabweichungen zwischen der berechneten Bewertung und der Bewertung, die Anwender im Rahmen der Plausibilitätskontrolle vergeben, ist die zu **geringe Anzahl an Einzelparametern bei bestimmten morphologischen Gewässertypen** (Tabelle 5-14). Davon sind insbesondere die Hauptparameter HP-1 und HP-6 betroffen (Tabelle 5-15), da sie einen relativ hohen Anteil typspezifischer Einzelparameter haben, die bei bestimmten morphologischen Gewässertypen nicht berücksichtigt werden. So werden beispielsweise beim Taltyp *Kerbtal* die Einzelparameter *EP-1.1 Laufkrümmung* und *EP-1.2 Krümmungserosion* nicht bewertet, da die Gewässer in diesen tief eingesenkten Erosionstälern mit V-förmigem Querschnitt ohne Talboden sowie relativ hohem Längsgefälle natürlicherweise einen gestreckten Verlauf ohne Krümmungserosion aufweisen. Durch den Wegfall von Einzelparametern wird die Hauptparameterbewertung durch eine reduzierte Anzahl an Einzelparametern bestimmt, die oftmals die tatsächliche hydro-morphologische Qualität nicht präzise widerspiegelt. Geschulte Anwender erkennen dies und passen die berechnete Bewertung entsprechend an. In diesen Fällen kommt es überwiegend zu Aufwertungen durch die Anwender, da die reduzierte Anzahl der Einzelparameter den tatsächlichen Zustand eines Gewässerabschnitts i. d. R. unverhältnismäßig negativ bewertet. (vgl. hierzu die folgenden Ausführungen zu den Hauptparametern *HP-1 Laufentwicklung* und *HP-6 Gewässerumfeld*).

Tabelle 5-14: Ursachen für deutliche Bewertungsunterschiede durch den Teilfaktor IRB-B.

| Abweichungsursachen | Bewertungsabweichung [Strukturklassenunterschiede] | | | | | | Summe | Anteil |
|----------------------------------|--|----|---------------------------|----|---|-----|------------|--------------|
| | Abwertung durch Anwender | | Aufwertung durch Anwender | | | | | |
| | -3 | -2 | 2 | 3 | 4 | | | |
| Geringe typspezifische EP-Anzahl | 4 | 54 | 289 | 39 | 4 | 390 | 62 % | |
| Aggregation von EP-Ausprägungen | 1 | 8 | 67 | 22 | | 98 | 16 % | |
| Bewertung der Schadparameter | 11 | 84 | 2 | | | 97 | 15 % | |
| Indexdotierung | | 15 | 7 | | | 22 | 3,5 % | |
| Anwendungsfehler | | 14 | 8 | | | 22 | 3,5 % | |
| | Summe | | | | | | 629 | 100 % |

Tabelle 5-15: Bewertungsabweichungen aufgrund des IRB-B je Ursache und Hauptparameter.

| Abweichungsursachen des Teilfaktors IRB-B | Anzahl der deutlichen Bewertungsabweichungen $\geq 2 $ Strukturklassen je Hauptparameter | | | | | | Summe & Anteil |
|---|---|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5 | HP-6 | |
| Geringe typspezifische EP-Anzahl | 133 | - | - | 9 | - | 248 | 390 (62 %) |
| Aggregation von EP-Ausprägungen | - | - | - | - | 98 | - | 98 (16 %) |
| Bewertung der Schadparameter | - | 97 | - | - | - | - | 97 (15 %) |
| Indexdotierung | 17 | 2 | - | 3 | - | - | 22 (3,5 %) |
| Anwendungsfehler | | 2 | 20 | | | | 22 (3,5 %) |
| Summe & Anteil | 150 (24 %) | 101 (16 %) | 20 (3 %) | 12 (2 %) | 98 (16 %) | 248 (39 %) | 629 |

Die **Aggregation von Einzelparameter-Ausprägungen** als Abweichungsursache (16%) betrifft diejenigen Einzelparameter, bei denen mehrere Parameterausprägungen erfasst werden (Mehrfachregistrierung), aber nur die am negativsten bewertete in die Einzelparameterbewertung einfließt. Betroffen hiervon ist insbesondere die Hauptparameter HP-5. So sind beispielsweise für den Einzelparameter *EP-5.1 Uferbenuchs* insgesamt 18 verschiedene Ausprägungen erfassbar. Bewertungsrelevant ist jedoch nur diejenige Ausprägung, die im jeweiligen Fall bzw. Kartierungsabschnitt die negativste Indexdotierung hat, unabhängig davon, welchen Anteil des Ufers diese Ausprägung einnimmt. Dies kann u. U. zu völlig verzerrten Bewertungen führen, die in keiner Weise die tatsächliche Beschaffenheit des gesamten Ufers eines Kartierungsabschnittes widerspiegelt. Ein weiterer Abweichungsgrund ist die Tatsache, dass die Parameterausprägungen in zwei Gruppen

unterteilt sind: Gehölze und Krautvegetation. Dem Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass der optimale Naturzustand (Referenzzustand) des Uferbereichs stets ein waldförmiger Gehölzbestand ist (LANUV-NRW 2012). Gewässer, die durch Feuchtwiesen oder Trockenrasenflächen einer anthropogen geformten, aber ökologisch hochwertigen Kulturlandschaft (z.B. Heide) fließen, erhalten automatisch die Strukturklasse 7 für den Uferbereich, sobald sie keine Ufergehölze aufweisen. Diese, nahezu dogmatische Betrachtung des Gewässers als isoliertes Ökosystem wird teilweise von den Anwendern des Verfahrens unter Berücksichtigung weitgreifender ökologischer Aspekte in Bezug auf die Bewertung des Uferbereichs angepasst (vgl. hierzu insbesondere die folgenden Ausführungen zum Hauptparameter *HP-5 Uferstruktur*).

Eine weitere Hauptursache für Bewertungsabweichungen durch den Teilfaktor IRB-B ist die **schwache Gewichtung von Schadstrukturen** (z. B. Querbauwerke oder Verrohrungen) bei der rechnerischen Bewertung (15%). Liegt beispielsweise ein sehr großes Querbauwerk (Strukturklasse 7) an der oberen Grenze eines ansonsten naturnahen Kartierungsabschnitts (Strukturklasse 2), wertet diese Schadstruktur die Bewertung des Hauptparameters HP-2 Längsprofil nur um eine Strukturklasse ab. Sowohl diese Hauptparameterbewertung als auch die Gesamtbewertung bliebe deshalb nahezu unbeeinflusst von einem unüberwindbaren Durchgängigkeitshindernis. Durch eine abwertende Bewertungsanpassung durch die Anwender werden diese gewässerökologisch besonders schädlichen Strukturen auch auf höheren Bewertungsebenen sichtbar und identifizierbar (vgl. hierzu insbesondere die folgenden Ausführungen zum Hauptparameter *HP-2 Längsprofil*).

Vereinzel ist die **Indexdotierung** bestimmter Einzelparameter Ursache für Bewertungsabweichungen (3,5%). Dies betrifft im Wesentlichen die Einzelparameter, bei denen die Anzahl an Einzelstrukturen bewertungsrelevant sind (*EP-1.4 Besondere Laufstrukturen, EP-2.4 Querbänke, EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen, EP-5.3 Besondere Uferstrukturen*). Die Grundannahme des Verfahrens ist, dass im Naturzustand mind. fünf solcher Strukturen in jedem Kartierungsabschnitt vorhanden sind. Anwender passen diese starre Vorgabe ggf. an. Anschaulichstes Beispiel ist der Einzelparameter *EP-2.4 Querbänke*. Bei diesem Parameter gibt es u. a. die Erfassungsmöglichkeiten „anthropogen keine“ (Strukturklasse 7) und „naturbedingt keine“ (Strukturklasse 1). Bei Gewässertypen mit feinem Sohlsubstrat im Referenzzustand treten i. d. R. natürlicherweise keine Querbänke auf. Bei diesen Gewässertypen sind dennoch die Merkmalsausprägungen „anthropogen keine“ (Strukturklasse 7) und „naturbedingt keine“ (Strukturklasse 1) bewertet. Im Gegensatz dazu sind die Ausprägungen „eine bis zwei“, „mehrere“ und „viele“ nicht bewertet. Sind in einem Gewässerabschnitt solch eines Gewässertyps keine Querbänke vorhanden, muss sich der Anwender zwischen den beiden Extrembewertungen Strukturklasse 1 („naturbedingt keine“) und Strukturklasse 7 („anthropogen keine“) entscheiden. Im ersten Fall wird das Nicht-Vorhandensein von natürlicherweise nicht vorkommenden Querbänken positiv gewertet. Im zweiten Fall wertet das Verfahren nicht vorhandene Querbänke in anthropogen überprägten Abschnitten mit Strukturklasse 7, obwohl Querbänke selbst dann nicht vorhanden wären, wenn der Abschnitt naturnah wäre (vgl. hierzu insbesondere die folgenden Ausführungen zum Hauptparameter *HP-2 Längsprofil*).

In Ausnahmefällen (3,5%) treten **Anwendungsfehler** auf. Dies betrifft in den meisten Fällen den Hauptparameter *HP-3 Soblstruktur* bei geringen Sichttiefen ohne vollständige Sichtbarkeit der Sohle. Korrekterweise wird in solchen Fällen der gesamte Hauptparameter als nicht bewertbar eingestuft. Das Verfahren lässt aber dennoch zu, in solchen Fällen bestimmte Einzelparameter des Hauptparameters *HP-3* zu erfassen und zu bewerten, was einen Anwendungsfehler darstellt. Dadurch kommt es zu nicht plausiblen berechneten Hauptparameterbewertungen, die im Zuge der Plausibilitätskontrolle vom Anwender korrigiert werden (vgl. hierzu insbesondere die folgenden Ausführungen zum Hauptparameter *HP-3 Soblstruktur*).

Im Folgenden werden die Abweichungsursachen und -tendenzen für jeden Hauptparameter näher erläutert und anhand von Beispielen konkretisiert.

Hauptparameter HP-1 (Laufentwicklung): Bei *HP-1* tritt die größte Anzahl von Abweichungen (3040 bzw. 32,4%) auf, wobei es sich dabei zumeist um eine Aufwertung der rechnerischen Bewertung durch die Anwender handelt. In zahlreichen Fällen (N = 150) kommt es dabei zu einer deutlichen Aufwertung um zwei bzw. drei Strukturklassen (vgl. dazu Tabelle 5-13).

Abwertung um zwei Strukturklassen (N = 12): Diese 12 deutlichen Abwertungen betreffen ausschließlich 500m- bzw. 1000m-Abschnitte großer Fließgewässer. Die Indexdotierung des zugrundeliegenden morphologischen Typs der großen grobmaterialreichen Fließgewässer (*FG_g*) berücksichtigt den Verzweigungsgrad als Typisierungskriterium. In allen 12 Fällen sind die Abschnitte leitbildmäßig als „unverzweigt“ definiert worden und keine Laufverzweigung kartiert worden. Dies resultiert in einer Bewertung des Einzelparameters *EP-1.1 Laufkrümmung* mit Strukturklasse 1. Da die 12 Abschnitte aber ansonsten deutlich anthropogen überprägt sind, kommt es durch die Bewertung des Einzelparameters *EP-1.1* zu einer rechnerisch unverhältnismäßig guten Hauptparameterbewertung, die von den Anwendern um zwei Strukturklassen (abwertend) korrigiert wurde.

Aufwertung um zwei Strukturklassen (N = 113): In 108 Fällen wurden die Kartierungsabschnitte als morphologischer Typ *MT_g* (Mäandertal, grobmaterialreich) typisiert. Bei diesem Typ werden die Einzelparameter *EP-1.1 Laufkrümmung* und *EP-1.2 Krümmungserosion* nicht bewertet. Die Hauptparameterbewertung basiert deshalb nur auf den Einzelparametern *EP-1.3 Längsbänke* und *EP-1.4 Besondere Laufstrukturen*. In 108 Fällen ergeben sich dadurch unverhältnismäßig negative Hauptparameterbewertungen, die durch die Anwender um zwei Strukturklassen aufgewertet wurden. In weiteren 5 Fällen werden zwar alle vier Einzelparameter berücksichtigt, wobei die Bewertung bzw. Indexdotierungen der Einzelparameter *EP-1.2*, *EP-1.3* und *EP-1.4* die positiven Entwicklung (zahlreiche Ansätze von hochwertigen Strukturelementen) der Abschnitte nicht entsprechend widerspiegeln. Die Hauptparameterbewertungen wurden deshalb in diesen fünf Fällen ebenfalls um zwei Strukturklassen aufgewertet.

Aufwertung um drei Strukturklassen ($N = 25$): Die Ursache der deutlichen Aufwertung durch die Anwender entspricht der, die für die 108 Fälle von Aufwertungen um zwei Strukturklassen gilt, wobei in diesen 25 Fällen die reduzierte Einzelparameterzahl noch weniger die tatsächliche Laufentwicklung widerspiegelt. Deshalb wurden diese Abschnitte um drei Strukturklassen durch die Anwender aufgewertet.



Abbildung 5-8: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-1 aufgrund des Faktors IRB-B – Der Hauptparameter HP-1 (Laufentwicklung) dieses Gewässerabschnitts der Our (Abschnitt 4_258; Blick gegen Fließrichtung) wird gemäß der berechneten Bewertung mit Strukturklasse 6 bewertet, da die Einzelparameter *EP-1.1 Laufkrümmung* und *EP-1.2 Krümmungserosion* in diesem Fall nicht in die Bewertung einfließen (morphologischer Fließgewässertyp: Mäandertalgewässer), Längsbänke nur im Ansatz vorhanden sind (*EP-1.3* = Strukturklasse 5) und keine besonderen Laufstrukturen vorliegen (*EP-1.4* = Strukturklasse 7). Die unverhältnismäßig negative Hauptparameterbewertung wurde vom Anwender um zwei Klassen (Strukturklasse 4) aufgewertet. Grund hierfür ist die natürliche und typische geringe Strukturausprägung in Talquerungstrecken von Mäandertälern, die bei der rechnerischen Bewertung des Verfahrens nicht korrekt abgebildet wird (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter HP-2 (Längsprofil): Dieser Hauptparameter weist die geringste Anzahl von Abweichungen ($N = 2141$ bzw. 23,1%) auf, mit etwa gleichen Teilen von Aufwertungen und Abwertungen. Die Abwertungen fallen jedoch in einigen Fällen sehr deutlich aus (95 Fälle von Abweichungen um zwei bzw. drei Strukturklassen), wohingegen es nur in 6 Fällen zu einer deutlichen Aufwertung durch die Anwender kommt (vgl. dazu Tabelle 5-13).

Abwertung um zwei bzw. drei Strukturklassen ($N = 95$): Die negativen Bewertungen der Schadparameter *EP-2.1 Querbauwerke*, *EP-2.2 Verrohrungen*, *EP-2.3 Rückstau* und *EP-2.7 Ausleitungen* fallen bei der rechnerischen Ermittlung der Hauptparameterbewertung u.U. nur wenig ins Gewicht. Bei ansonsten gut bewerteten Einzelparametern des HP-2 (*EP-2.4 Querbänke*, *EP-2.5 Strömungsdiversität*

und *EP-2.6 Tiefenvarianz*) kann dies zu unverhältnismäßig guten Hauptparameterbewertungen führen. In diesen 95 Fällen fanden Bewertungsanpassungen um zwei bzw. drei Klassen statt.

Aufwertung um zwei Strukturklassen ($N = 6$): In zwei Fällen sind Ausleitungen vorhanden, die aber ausreichend Wasser im Hauptgewässer belassen (ökologischer Mindestabfluss). Die Anwender haben deshalb die unverhältnismäßig negative Bewertung des Einzelparameters *EP-2.7 Ausleitung* (Strukturklasse 7) auf Ebene des Hauptparameters aufwertend korrigiert. In zwei Fällen wurden keine Querbänke identifiziert. Bei diesem morphologischen Fließgewässertyp hat der Anwender zwei Möglichkeiten bei der Erfassung: anthropogen keine Querbänke (*EP-2.4 Querbänke* = Strukturklasse 7) oder naturbedingt keine Querbänke (*EP-2.4 Querbänke* = Strukturklasse 1). Beide Bewertungen können unter bestimmten Voraussetzungen die Hauptparameterbewertung entweder übermäßig aufwerten oder übermäßig abwerten. In den besagten zwei Fällen war eine aufwertende Bewertungsanpassung durch die Anwender notwendig. In zwei weiteren Fällen wurden die berechneten Bewertungen ohne Begründung um zwei Strukturklassen aufgewertet. Dies wurde als Anwenderfehler eingeordnet, da nicht nachvollziehbar ist, warum eine Aufwertung erfolgte.



Abbildung 5-9: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-2 aufgrund des Faktors IRB-B – Der Hauptparameter *HP-2 Längsprofil* dieses Gewässerabschnitt der Alzette (Abschnitt 9_125; Blick in Fließrichtung) wird gem. der berechneten Bewertung mit Strukturklasse 4 bewertet. Dieser Abschnitt weist im Unterwasser des Wehrs mehrere Querbänke (*EP-2.4*), eine große Strömungsdiversität (*EP-2.5*) und eine große Tiefenvarianz (*EP-2.6*) auf. Da das Wehr und der dadurch verursachte Rückstau als dominierende Schadmerkmale (vollständige Einschränkung der Durchgängigkeit) nicht entsprechend in der errechneten Hauptparameterbewertung abgebildet werden, wurde die berechnete Bewertung vom Anwender um zwei Klassen von Strukturklasse 4 auf 6 abgewertet (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter HP-3 (Sohlstruktur): Die Bewertungsabweichungen des HP-3 sind deutlich ausgeglichener als die der übrigen Hauptparameter. In 31,3% der Fälle kommt es zu Abweichungen, Abwertungen und Aufwertungen treten dabei zu etwa gleichen Anteilen auf. Nur in Ausnahmefällen ($N = 20$) kommt es zu deutlichen Bewertungsabweichungen um max. zwei Strukturklassen (vgl. dazu Tabelle 5-13).

Ab- bzw. Aufwertung um zwei Strukturklassen ($N = 20$): Alle Abweichungen beruhen auf der Tatsache, dass die Gewässersohle (teilweise) nicht einsehbar war. Bei nicht einsehbarer Sohle wird der gesamte Hauptparameter nicht bewertet, dennoch können in der Verfahrenssoftware fälschlicherweise Einzelparameter erfasst und bewertet werden. In den o. g. 20 Fällen waren die Sohle teilweise einsehbar, bzw. Einzelstrukturen (EP-3.4 Besondere Sohlenstrukturen) erkennbar. Die Anwender haben deshalb den Parameter, der als einziger sichtbar und bewertbar war, erfasst. Da diese Bewertung, die letztlich auch die Hauptparameterbewertung ist, nicht repräsentativ für die Sohlstruktur erschien, wurden sie von den Anwender aufwertend bzw. abwertend angepasst. Diese Vorgehensweise wurde in der vorliegenden Arbeit als Software- bzw. Anwenderfehler eingeordnet.



Abbildung 5-10: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-3 aufgrund des Faktors IRB-B – Der Hauptparameter *HP-3 Sohlstruktur* dieses Gewässerabschnitt der Sauer (Abschnitt 3_610; Blick gegen Fließrichtung) kann nicht bewertet werden, da die Sohle nicht vollständig einsehbar ist. Die alleinige Erfassung von Einzelstrukturen (*EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen*), in diesem Fall die Schnelle und die Makrophytenbestände im Bereich des Baumumlaufs, führt u. U. zu einer verzerrten Bewertung des Hauptparameters (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter HP-4 (Querprofil): In 30,1% der Fälle kommt es zu Bewertungsabweichungen mit einer deutlichen Tendenz hin zur Aufwertungen der Bewertungen durch den Anwender. Nur in Ausnahmefällen ($N = 13$) kommt es dabei zu deutlichen Abweichungen um zwei oder drei Strukturklassen (vgl. dazu Tabelle 5-13).

Abwertung um drei Strukturklassen ($N = 3$): Die Hauptparameterbewertung basiert in diesen Fällen aufgrund des morphologischen Typs (OT_fl) nur auf EP-4.1 (Profilform) und EP-4.4 (Breitenvarianz). Diese beiden Parameter spiegeln die diesen Fällen die Situation des Querprofils nicht korrekt wider, weshalb die Anwender die Hauptparameterbewertung um drei Klassen abwerteten.

Abwertung um zwei Strukturklassen ($N = 9$): In sechs Fällen ist ebenfalls die typspezifisch geringe Anzahl an bewertbaren Einzelparametern nicht repräsentativ. In drei weiteren Fällen wird bei Einzelparameter *EP-4.1 Querprofil* das erfasste verfallende Regelprofil gem. Indexdotierung zu gut bewertet (Strukturklasse 4), da der Verfall erst im Initialstadium ist.

Aufwertung um zwei Strukturklassen ($N = 1$): Dieser Fall betrifft ebenfalls den Einzelparameter *EP-4.1 Querprofil*. Hier wurde allerdings ein Kastenprofil erfasst (Strukturklasse 7) das Anzeichen von Verfall aufweist. Deshalb korrigierte der Anwender den unverhältnismäßig negativen Einfluss dieser Bewertung auf Ebene des Hauptparameters.



Abbildung 5-11: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-4 aufgrund des Faktors IRB-B – Der Hauptparameter HP-4 (Querprofil) dieses Gewässerabschnitts der Wiltz (Abschnitt 14_0; Blick in Fließrichtung) wird durch Parameterberechnung mit der Strukturklasse 7 bewertet, wenn der Einzelparameter *EP-4.1 Profilform* pessimistisch als Kastenprofil interpretiert wird. Ausschlaggebend in diesem Fall ist die Bewertung des linken, verbauten Ufers. Der Anwender hat in die Hauptparameterbewertung um zwei Klassen (Strukturklasse 5) aufgewertet, da das Gewässer hier am Talrand verläuft und das rechte Ufer keinen Verbau aufweist (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter HP-5 (Uferstruktur): Bei diesem Hauptparameter kommt es zu zahlreichen geringen und vereinzelt zu deutlichen Auf- bzw. Abwertungen durch die Anwender (5912 bzw. 32,5%). Davon findet in 98 Fällen eine deutliche Auf- bzw. Abwertung um zwei bzw. drei Strukturklassen statt (vgl. dazu Tabelle 5-13).

Alle Auf- bzw. Abwertungen (N = 98): In allen Fällen, in denen es zu deutlichen Bewertungsabweichungen kommt, ist das verfahrenstechnische Vorgehen bei der Bewertung des Einzelparameters *EP-5.1 Uferbewuchs* ursächlich für Anpassungen durch die Anwender. Erfasst werden bei diesem Parameter alle Ausprägungen von Gehölz- und Krautvegetationen, mit einem Anteil von >10% am Kartierungsabschnitt. In die Bewertung fließt jedoch nur die Ausprägung, die laut Indexdotierung am negativsten bewertet wird. So werden beispielsweise Abschnitte, die zwar über eine naturnahe Krautvegetation im Uferbereich verfügen (Strukturklasse 1), aber keine Gehölze aufweisen (Strukturklasse 7) stets mit Strukturklasse 7 im Uferbereich bewertet. In 98 Fällen ist diese Vorgehensweise aber in dem Maße ungeeignet, die tatsächliche Situation der Ufervegetation widerzuspiegeln, so dass die Anwender eine deutliche Auf- bzw. Abwertung der errechneten Hauptparameterbewertung vorgenommen haben.



Abbildung 5-12: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-5 aufgrund des Faktors IRB-B – Der Hauptparameter HP-5 (Uferstruktur) dieses Gewässerabschnitts der Alzette (Abschnitt 9_611; Blick gegen Fließrichtung) wird durch Parameterberechnung mit der Strukturklasse 7 bewertet. Neben fehlenden besonderen Uferstrukturen (EP-5.3 = Strukturklasse 7) wirken sich insbesondere die fehlenden Ufergehölze negativ auf die Hauptparameterbewertung aus. Jedoch sind die Ufer dieses Abschnitts vollständig mit naturnaher Krautvegetation bestanden (EP-5.1 Uferbewuchs = Strukturklasse 1). Die Bewertung des Einzelparameters EP-5.1 wird aber ausschließlich durch das negativer bewertete Merkmal (fehlende Gehölze = Strukturklasse 7) bestimmt (Stichwort: Mehrfachregistrierung von Parametermerkmalen). Der Anwender nahm in diesem Fall eine Aufwertung der Hauptparameterbewertung um zwei Klassen (Strukturklasse 5) vor (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter HP-6 (Gewässerumfeld): Bei diesem Hauptparameter kommt es sowohl zu zahlreichen geringen als auch zu zahlreichen deutlichen Bewertungsabpassungen durch die Anwender (N = 5491 bzw. 29,5%). Dabei überwiegen Aufwertungen durch die Anwender (vgl. dazu Tabelle 5-13).

Alle Auf- bzw. Abwertungen (N = 248): In allen Abweichungsfällen ist die typspezifisch reduzierte Einzelparameteranzahl ursächlich für deutliche Abweichungen. Betroffen sind Abschnitte, deren typspezifische Talform mit „Mäandertal“ definiert wurde. Dadurch wird der Einzelparameter *EP-6.1 Flächennutzung* nicht berücksichtigt. Die Hauptparameterbewertung beruht in diesen Fällen nur auf den Einzelparametern EP-6.2 Gewässerrandstreifen und EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen, sind keine schädliche Umfeldstrukturen vorhanden einzig auf der Bewertung des Gewässerrandstreifens. In 248 Fällen repräsentiert diese reduzierte Erfassung des Gewässerumfelds die tatsächliche Situation in dem Maße nicht, dass die Anwenderbewertung um bis zu vier Strukturklassen von der errechneten Hauptparameterbewertung abweicht.



Abbildung 5-13: Beispiel für Bewertungsabweichung des HP-6 aufgrund des Faktors IRB-B – Der Hauptparameter HP-6 (Gewässerumfeld) dieses Gewässerabschnitt der Our (Abschnitt 4_303; Blick gegen Fließrichtung) wird durch Indexberechnung mit der Strukturklasse 6 bewertet. Grund hierfür ist, dass bei Mäandertalgewässern nur die Einzelparameter *EP-6.2 Gewässerrandstreifen* und der Schadparameter *EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen*, nicht aber der Einzelparameter *EP-6.1 Landnutzung* bewertet werden. Liegt, wie in diesem Beispiel, keine schädliche Umfeldstruktur vor, beruht die Bewertung des Hauptparameters HP-6 ausschließlich auf der Bewertung des Einzelparameters *EP-6.2 Gewässerrandstreifen*. Da dieser Abschnitt einseitig über eine relativ geringe Strecke über keinen Gewässerrandstreifen verfügt, erhält der Hauptparameter die Strukturklasse 6. Der Anwender hat in diesem Fall die Bewertung um zwei Klassen (Strukturklasse 4) aufgewertet (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Gemeinsame Betrachtung aller Teilfaktoren des IRB (A1, A2, A3, B)

Abschließend wird die Abweichungswirkung aller Teilfaktoren des Inter-Rating-Bias (IRB-A1, IRB-A2, IRB-A3 und IRB-B) gemeinsam betrachtet. Dieser Vergleich berücksichtigt alle untersuchten Teilfaktoren, die zu Bewertungsunterschieden führen können: Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte zu Strukturklassen (IRB-A1), gewässerseiten-getrennte Aggregation der beidseitigen Einzelparameter (IRB-A2), ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite (IRB-A3) und die Hauptparameterbewertung durch Anwender (IRB-B).

Dieser gemeinsamen Betrachtung aller Teilfaktoren des IRB liegt der Vergleich zwischen den Aggregations- bzw. Bewertungsvarianten Variante-1 (Variante ohne Abweichungsfaktoren) und Variante-3 (Variante mit allen Teilfaktoren) zugrunde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-16 zusammengefasst. Der mittlere Abweichungsbetrag durch alle Teilfaktoren des IRB auf Ebene der Gesamtbewertung ist mit 0,25 Indexpunkten (Std.-Abw. = 0,19) sehr gering. Dennoch liegt dieser Wert über den mittleren Abweichungsbeträgen der isoliert betrachteten Teilfaktoren IRB-A1 (Abweichungsbetrag = 0,13; Std.-Abw. = 0,09), IRB-A2 (Abweichungsbetrag = 0,02; Std.-Abw. = 0,04), IRB-A3 (Abweichungsbetrag = 0,16; Std.-Abw. = 0,19) und IRB-B (Abweichungsbetrag = 0,18; Std.-Abw. = 0,18).

Die Abweichungen des IRB sind nicht normalverteilt (Anderson-Darling-Test: A-Quadrat = 21,5; $p < 0,005$) und leicht rechtschief. Nahezu 75% der Abweichungen sind negativ mit zahlreichen, relativ großen negativen und positiven Extremwerten (Spannweite = 2,33; Minimum = -1,25, Maximum = 0,43). Insgesamt betrachtet lässt dies den Schluss zu, dass die Teilfaktoren des IRB gemeinsam wirkend einen leicht abwertenden Einfluss auf den Gesamtindex ausüben.

Nach Klassierung der Gesamtindexwerte in Strukturklassen kommt es in ca. 75% der Fälle zu keiner Bewertungsabweichung. In ca. 25% beträgt der Bewertungsunterschied eine Strukturklasse, wobei der Anteil der Abwertungen mehr als doppelt so hoch ist wie der der Aufwertungen. In zwei Fällen kommt es zu einer Abwertung um zwei Strukturklassen. Das Robustheitsmaß ist daher mit 0,99 erwartungsgemäß sehr hoch.

Sowohl für den Gesamtindex als auch für die Gesamtstrukturklasse zeigt der Wilcoxon-Test signifikante Bewertungsunterschiede zwischen den Bewertungsvarianten ohne und mit der Wirkung des IRB an ($U_{\text{Index}} = -40,9$ mit $p < 0,001$ und $U_{\text{Klasse}} = -22,1$ mit $p < 0,001$). Die ca. dreifach höhere Rangsumme der negativen Ränge sowohl beim Vergleich der Gesamtindexwerte als auch der Gesamtstrukturklassen zwischen diesen beiden Varianten weisen auf eine signifikante Abwertung der Bewertung durch die gemeinsam wirkenden Teilfaktoren des IRB hin. Die Klassierung der Indexwerte in Strukturklassen führt zu einer deutlich erhöhten Anzahl gleicher Bewertungen (Bindungen_{Index} = 183; Bindungen_{Klasse} = 6917). Gleichzeitig sinkt der Zusammenhang zwischen den Bewertungen durch die Klassierung von $\text{Rho}_{\text{Index}} = 0,96$ auf $\text{Rho}_{\text{Klasse}} = 0,89$ durch die Vergrößerung des Abstandes von nahe beieinander liegenden Indexpaar-Bewertungen in zwei unterschiedliche Strukturklassen.

Tabelle 5-16: Statistische Auswertung des Inter-Rating-Bias – Alle Teilfaktoren.

| Gemeinsame Betrachtung aller Teilfaktoren des IRB (Variante 1 vs. Variante 3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------|---|-------------|--|------------|----------|-------|----------|-------|------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---|------|---------|----------|----------------|----------|--------|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|--|--|----------------------|-----------------------------------|--|--|----------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|
| Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-Qadrat</td> <td>21,51</td> </tr> <tr> <td>p-Wert <</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td>-0,12415</td> </tr> <tr> <td>StdAbw</td> <td>0,28708</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td>0,08242</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td>0,249787</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td>0,743456</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>9200</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>-1,25000</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td>-0,30000</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td>-0,13889</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td>0,04167</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>1,08333</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,13002 -0,11829</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,13889 -0,12500</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdAbw</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,28300 0,29129</td> </tr> </tbody> </table> | | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Qadrat | 21,51 | p-Wert < | 0,005 | Mittelwert | -0,12415 | StdAbw | 0,28708 | Varianz | 0,08242 | Schiefe | 0,249787 | Kurtosis | 0,743456 | N | 9200 | Minimum | -1,25000 | Erstes Quartil | -0,30000 | Median | -0,13889 | Drittes Quartil | 0,04167 | Maximum | 1,08333 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | -0,13002 -0,11829 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | | -0,13889 -0,12500 | 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | 0,28300 0,29129 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Qadrat | 21,51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert < | 0,005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | -0,12415 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdAbw | 0,28708 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,08242 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | 0,249787 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | 0,743456 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 9200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -1,25000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | -0,30000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | -0,13889 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,04167 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 1,08333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,13002 -0,11829 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,13889 -0,12500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,28300 0,29129 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag | 0,25 (Std.-Abw. = 0,19) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\Sigma -$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | $\Sigma +$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1670 | 2 | 1668 | 6917 | 613 | - | 613 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73% | 0,02 % | 18,1 % | 75,2 % | 6,7 % | - | 37 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 0,9998 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | 2281 (25 %) | | | | <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | 2 (0,02 %) | | | | <i>Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | 10.214.764,00 | 30.442.889,00 | -40,919 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | 699.433,00 | 1.907.753,00 | -22,135 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Rating-Bias: abwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,96 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,89 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Mit Hilfe einer schrittweisen Regression werden die Beiträge der Teilfaktoren des Inter-Rating-Bias (IRB-A1, IRB-A2, IRB-A3 und IRB-B) zur Abweichung der Gesamtbewertung untersucht, mit

IRB = abhängige Variable

IRB-A1, IRB-A2, IRB-A3, IRB-B = Prädiktoren

Methode: F-Wert als Kriterium zum Hinzufügen oder Entfernen einer Variablen zum bzw. aus dem Modell (F = 4 für Aufnahme und Ausschluss)

Den größten Einfluss auf die Gesamtbewertung von Kartierungsabschnitten hat die Bewertungsanpassung durch Anwender im Rahmen der Plausibilitätskontrolle (IRB-B: $R^2_{adj.} = 49,71$), gefolgt von der ausschließlichen Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite bei den beidseitigen Hauptparametern (IRB-A3: $R^2_{adj.} = 23,96$), der Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte zu Strukturklassen (IRB-A1: $R^2_{adj.} = 18,64$) und der gewässerseiten-getrennten Aggregation der Einzelparameter beidseitiger Hauptparameter (IRB-A2: $R^2_{adj.} = 2,84$) (Tabelle 5-17 & Abbildung 5-14).

Tabelle 5-17: Beitrag der IRB-Teilfaktoren zum Inter-Rating-Bias.

| Teilfaktoren des IRB | $R^2_{adj.}$ (kumulativ) | $R^2_{adj.}$ (einzeln) |
|----------------------|--------------------------|------------------------|
| B | 49,71 | 49,71 |
| A3 | 73,67 | 23,96 |
| A1 | 92,31 | 18,64 |
| A2 | 95,15 | 2,84 |

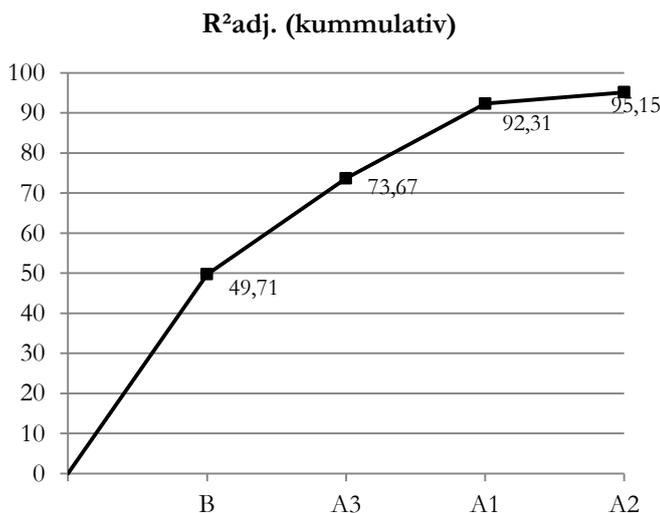


Abbildung 5-14: Beitrag der IRB-Teilfaktoren zum Inter-Rating-Bias.

5.2 Inter-Assessor-Bias

Kernaussagen

Die Untersuchungen zum Inter-Assessor-Bias berücksichtigen Bewertungsunterschiede, die bei der Anwendung des LAWA-VO-Verfahrens durch unterschiedliche Anwender verursacht werden. Verglichen wird eine Referenzkartierung und Anwenderkartierungen. Der Vergleich zwischen der Referenzkartierung und Anwenderkartierung fokussiert auf die Ebenen der Haupt- und Einzelparameter, da Bewertungsabweichungen zwischen unterschiedlichen Anwendern durch folgende zwei Aspekte zustande kommen können:

- Unterschiedliche Bewertung der Hauptparameter im Zuge der Plausibilitätskontrolle
- Unterschiedliche Erfassung von Ausprägungen der Einzelparameter

Dennoch werden in einem ersten Schritt die Abweichungen auf Ebene der Gesamtbewertung beschrieben, da dadurch die für die Praxis wichtige Frage behandelt wird, inwieweit Kartierungsergebnisse unterschiedlicher Anwender auf höchster Aggregationsebene vergleichbar sind. Auch für die Fragestellung, ob sich Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern ausgehend von den Bewertungsebene der Einzelparameter über die der Hauptparameter hin zur Gesamtbewertung abschwächen bzw. „herausmitteln“, ist die Betrachtung der Gesamtbewertung von Bedeutung. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Auf Ebene der Gesamtbewertung ist die Verfahrensrobustheit gegenüber dem Inter-Assessor-Bias sehr hoch ($RM = 0,96$).
- Auf Ebene der Hauptparameter ist die Robustheit mäßig bzw. hoch: Die Hauptparameter des Sohlbereichs weisen hohe Robustheiten auf (HP-1 Laufentwicklung: $RM = 0,87$; HP-2 Längsverlauf: $RM = 0,83$; HP-3 Sohlstruktur: $RM = 0,84$). Die Hauptparameter des Ufer- und Landbereichs weisen mäßige Robustheiten auf (HP-4 Querprofil: $RM = 0,76$; HP-5 Uferstruktur: $RM = 0,71$; HP-6 Gewässerumfeld: $RM = 0,80$).
- Bewertungsunterschiede im Rahmen der Plausibilitätskontrolle auf Ebene der Hauptparameter (IRB-B) werden als wesentliche Ursache für deutliche Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern ausgeschlossen ($RM_{IRB-B (Referenz)} = 0,995$; $RM_{IRB-B (Anwender)} = 0,995$).
- Die Robustheit der Einzelparameter gegenüber dem IAB ist sehr unterschiedlich und reicht von sehr geringer Robustheit (EP-1.2 Krümmungserosion: $RM = 0,48$) zu sehr hoher Robustheit (EP-2.2 Verrohrungen: $RM = 0,97$). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß der Einzelparameter $0,72$ (Std.-Abw.: $0,15$).
- Hauptursachen für die Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern sind eine unterschiedliche Typisierung von Kartierungsabschnitten, die natürliche Variabilität bestimmter Einzelparameter, die Identifizierung von Abschnittsgrenzen im Gelände, und der Interpretationsspielraum bei der Auslegung der Verfahrensanleitung.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum **Inter-Assessor-Bias** (Abweichungen zwischen den Bewertungsergebnissen derselben Strecken unterschiedlicher Kartierer von der Referenzkartierung durch den Verfasser) auf Ebene der **Gesamtbewertung** sind in Tabelle 5-18 dargestellt. Die mittlere Bewertungsabweichung beträgt -0,23 Indexpunkte (Std.-Abw.: 0,65). Die mittlere, absolute Bewertungsabweichung beträgt 0,18 Indexpunkte (Std.-Abw.: 0,18). Die Verteilung der Bewertungsabweichungen ist leicht linksschief, was darauf hinweist, dass die Bewertungen der Anwenderkartierung tendenziell positiver ausfallen, als die der Referenzkartierung.

Nach Klassierung der Gesamtindexwerte und einem paarweisen Vergleich der Strukturklassen aller 100 Bewertungspaare liegt in 47% der Fälle keine Abweichung vor. In 49% kommt es zu einer Abweichung von einer Strukturklasse. Zwei Drittel dieser Abweichungen stellen positivere Bewertungen durch die Anwender gegenüber der Referenzkartierung dar. Bei einem Drittel kommt es zu Abwertungen durch die Anwender. In vier Fällen tritt eine deutliche Abweichung um zwei Strukturklassen auf (Aufwertung durch die Anwender).

Sowohl für den Gesamtindex als auch für die Gesamtstrukturklasse zeigt der Wilcoxon-Test signifikante Bewertungsunterschiede zwischen Kartierung 1 und 2 an ($U_{\text{Index}} = -3,3$ mit $p < 0,001$ und $U_{\text{Klasse}} = -3,1$ mit $p < 0,002$). Die deutlich größere Rangsumme der negativen Ränge deutet auf tendenziell negativere Bewertungsergebnisse bei der Referenzkartierung gegenüber der Anwenderkartierung hin. Sowohl die Bewertungspaare des Gesamtindex (Spearman's Rho = 0,73) als auch die der Gesamtstrukturklasse (Spearman's Rho = 0,68) korrelieren nur mäßig miteinander.

Trotz eines hohen Robustheitsmaßes von 0,96 ist an dieser Stelle hervorzuheben, dass in mehr als der Hälfte der Fälle (53%) die Bewertungen der Anwender von der Referenzbewertung abweichen, wenn auch überwiegend in geringem Maße. Auffallend ist ebenfalls, dass die Anwender tendenziell eher positiver bewerten als dies bei der Referenzkartierung geschieht.

Tabelle 5-18: Statistische Auswertung des Inter-Assessor-Bias auf Ebene der Gesamtbewertung.

| Inter-Assessor-Bias (Referenzkartierung vs. Anwenderkartierung) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|--------------------|--|-------------|--|------------|-------------|------|--------|-------|------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|----------|-----------|---|-----|---------|----------|----------------|----------|--------|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|--|--|------------------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------|-----------------------------------|--|--|----------------------|
| Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-Q Quadrat</td> <td>0,91</td> </tr> <tr> <td>p-Wert</td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td>-0,23167</td> </tr> <tr> <td>StdAbw</td> <td>0,64957</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td>0,42194</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td>-0,073408</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td>-0,685597</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>-1,66667</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td>-0,66667</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td>-0,16667</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td>0,16667</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>1,16667</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,36056 -0,10278</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,33333 0,00000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdAbw</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,57033 0,75459</td> </tr> </tbody> </table> | | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Q Quadrat | 0,91 | p-Wert | 0,020 | Mittelwert | -0,23167 | StdAbw | 0,64957 | Varianz | 0,42194 | Schiefe | -0,073408 | Kurtosis | -0,685597 | N | 100 | Minimum | -1,66667 | Erstes Quartil | -0,66667 | Median | -0,16667 | Drittes Quartil | 0,16667 | Maximum | 1,16667 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | -0,36056 -0,10278 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | | -0,33333 0,00000 | 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | 0,57033 0,75459 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Q Quadrat | 0,91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert | 0,020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | -0,23167 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdAbw | 0,64957 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,42194 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | -0,073408 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | -0,685597 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -1,66667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | -0,66667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | -0,16667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,16667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 1,16667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,36056 -0,10278 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,33333 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,57033 0,75459 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -0,4 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | 0,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,18 (Std.-Abw. = 0,18) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\Sigma -$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | $\Sigma +$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | - | 16 | 47 | 33 | 4 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30% | - | 16% | 47% | 33% | 4% | 70% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 0,96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | 49 (49%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | 4 (4%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw. Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | 2.357,00 | 964,00 | -3,288 | <0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | 1.031,00 | 400,00 | -3,107 | <0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Assessor-Bias: aufwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,730 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,676 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Auf Ebene der **Hauptparameter** kommt es bei allen Hauptparametern oftmals zu geringen und unterschiedlich häufig zu deutlichen Bewertungsabweichungen (Tabelle 5-19). Der Anteil der Übereinstimmungen (gleiche Strukturklasse) ist bei allen Hauptparametern mit 36–40% ähnlich hoch. Geringe Abweichungen um eine Strukturklasse treten bei den Hauptparametern des Sohlbereichs (*HP-1 Laufentwicklung, HP-2 Längsprofil, HP-3 Sohlstruktur*) etwas häufiger auf (46–49%) als bei den Parametern des Ufer- und Landbereichs (*HP-4 Querprofil, HP-5 Uferstruktur, HP-6 Gewässerumfeld*) mit Anteilen zwischen 34% und 40%. Ein umgekehrtes Bild bietet sich bei den Anteilen deutlicher Abweichungen um mehr als eine Strukturklasse. Hier sind die Anteile für die Parameter des Sohlbereichs geringer (13–16%) als die Anteile für die Parameter des Ufer- und Landbereichs (20–30%).

Kommt es zu deutlichen Abweichungen, betragen diese i. d. R. zwei Strukturklassen: 143 der 170 deutlichen Abweichungen (84%). In 27 Fällen (16% der deutlichen Abweichungen) treten Abweichungen um max. 3 Strukturklassen auf. Auffallend ist der hohe Anteil (7,5%) an Bewertungsabwertungen um drei Strukturklassen durch die Anwender im Falle des Hauptparameters *HP-5 Uferstruktur*.

Die drei Hauptparameter des Sohlbereichs weisen hohe Bewertungsrobustheiten mit RM-Werten zwischen 0,83 und 0,87 auf. Der Anteil der deutlichen Abweichungen ist demgegenüber bei den Hauptparametern der Bereiche Ufer und Land etwas erhöht, was sich in geringeren RM-Werten zwischen 0,71 und 0,80 widerspiegelt.

Keine Auf- oder Abwertungstendenzen lassen sich bei den Hauptparametern HP-1, HP-3 und HP-6 feststellen. Die Hauptparameter HP-2 und HP-4 werden bei der Anwenderkartierung etwas positiver bewertet, als dies der Fall bei der Referenzkartierung ist. Am deutlichsten ist die Abweichungstendenz sowohl bzgl. der Anzahl als auch der Deutlichkeit der Abweichungen bei Hauptparameter HP-5. Hier bewerten die Anwender deutlich negativer im Vergleich zur Referenzkartierung.

Tabelle 5-19: Bewertungsabweichungen durch IAB auf Hauptparameter-Ebene.

| Inter-Assessor-Bias (Referenzkartierung vs. Anwenderkartierung) [Hauptparameter] | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------|----------------------|------|---|---|---|
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | |
| HP | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | | | 2 | 4 | 24 | 38 | 25 | 7 | | | | |
| 2 | | | | 3 | 7 | 37 | 39 | 12 | 3 | | | |
| 3 | | | | 4 | 23 | 37 | 24 | 12 | | | | |
| 4 | | | | 2 | 8 | 42 | 26 | 19 | 3 | | | |
| 5 | | | 13 | 27 | 29 | 72 | 40 | 17 | 2 | | | |
| | | | 6,5% | 13,5% | 14,8% | 36% | 20% | 8,5% | 1% | | | |
| 6 | | | 3 | 18 | 30 | 81 | 49 | 18 | 1 | | | |
| | | | 1,5% | 9% | 15% | 40,5% | 24,5% | 9% | 0,5% | | | |
| Gesamtanzahl der Bewertungspaare je Hauptparameter für HP-1 bis HP-4 = 100 (auf Prozentangaben wird deshalb verzichtet) Gesamtanzahl der Bewertungspaare je beidseitigem Hauptparameter HP-5 und HP-6 = 200. | | | | | | | | | | | | |
| Statistik (basierend auf Klassenabweichungen) | | | | | | | | | | | | |
| HP | RM | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\Sigma -$ ^b | $\Sigma +$ ^b | MW ^c Std. Abw | S. Rho | Tendenz ^d | | | | |
| 1 | 0,87 | 49% | 13% | 48% | 52% | 0,77 (0,72) | 0,53** | indifferent | | | | |
| 2 | 0,83 | 46% | 18% | 16% | 84% | 0,84 (0,79) | 0,68** | aufwertend** | | | | |
| 3 | 0,84 | 47% | 16% | 43% | 57% | 0,70 (0,79) | 0,59** | indifferent | | | | |
| 4 | 0,76 | 34% | 24% | 17% | 83% | 0,85 (0,86) | 0,50** | aufwertend** | | | | |
| 5 | 0,71 | 35% | 29,5% | 54% | 46% | 1,01 (0,94) | 0,49** | abwertend** | | | | |
| 6 | 0,80 | 39,5% | 20% | 43% | 57% | 0,82 (0,80) | 0,59** | indifferent | | | | |
| a) Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare. b) Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare. c) Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungsbeträge. d) Signifikant (**) bei $p < 0,01$ (Abweichungstendenz basierend auf Wilcoxon-Testergebnis). | | | | | | | | | | | | |

Zusammenhang zwischen Bewertungsabweichungen auf den Ebenen der Hauptparameter und der Gesamtbewertung: Betrachtet man die vier Fälle der Gesamtbewertung, in denen die Gesamtbewertung um zwei Strukturklassen abweicht, fällt Folgendes auf: In keinem der vier Fälle kommt es bei den Hauptparameterbewertungen zu Strukturklassenunterschieden >2 Strukturklassen. Der deutliche Unterschied der Gesamtbewertung kommt vielmehr durch zahlreiche Abweichungen um eine oder zwei Strukturklassen auf Ebene der Hauptparameter zustande. Bezogen auf die akkumulierte Hauptparameterunterschiede (Summe der Differenzen der Hauptparameterbewertungen je Kartierungsabschnitt) liegen die o. g. vier Fälle im oberen Bereich (akkumulierte Hauptparameterunterschiede: 9, 8 und zweimal 11). Im Gegensatz dazu treten aber auch Fälle auf, in denen der akkumulierte Hauptparameterunterschied noch größer ist (z. B. 12), es aber zu keinem

Unterschied auf Ebene der Gesamtbewertung kommt (Tabelle 5-20). Folglich bedeutet das, dass eine große Anzahl von Unterschieden auf Ebene der Hauptparameter eines Kartierungsabschnitts nicht zwangsläufig ein Bewertungsunterschied auf Ebene der Gesamtbewertung nach sich zieht.

Tabelle 5-20: Abweichungsvergleich zwischen Gesamtbewertung und Hauptparameter. Verglichen werden die Beträge der Gesamtbewertungsabweichung zwischen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung und die Summe der Beträge der Strukturklassendifferenzen auf Ebene der Hauptparameter. Im Ergebnis wird die Anzahl der Kartierungsabschnitte dargestellt, die die jeweiligen Kriterien erfüllen. Orange hervorgehoben sind zwei Extremfälle, die im Text erläutert werden.

| Abweichung der Gesamtbewertung (Strukturklassen) | Akkumulierte Hauptparameterabweichung (Strukturklassen) | | | | | | | | | | | | Summe der Abschnitte |
|--|---|---|---|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----------------------|
| | 0 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| | Anzahl der Abschnitte | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 11 | | 3 | 8 | 7 | 7 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | | 47 |
| 1 | | 2 | 4 | 4 | 7 | 4 | 11 | 4 | 9 | 2 | 5 | 1 | 49 |
| 2 | | | | | | | 1 | 1 | | 2 | | | 4 |
| Summe der Abschnitte | 11 | 2 | 7 | 12 | 14 | 11 | 15 | 9 | 11 | 4 | 6 | 1 | 100 |

In zwei Extremfällen (in Tabelle 5-20 farblich markiert) liegt zum einen ein Bewertungspaar vor, das zwar einen sehr großen akkumulierten Hauptparameterunterschied von 12 Strukturklassen aufweist, sich aber auf Ebene der Gesamtbewertung nicht unterscheidet (Fall 1). Im Gegensatz dazu liegt ein Bewertungspaar vor, das einen relative geringen akkumulierten Hauptparameterunterschied von nur 8 Strukturklassen aufweist, sich aber auf Ebene der Gesamtbewertung deutlich um 2 Strukturklassen unterscheidet (Fall 2). Diese Konstellationen kommen dadurch zustande, dass sich die reellen (nicht absoluten) Hauptparameterunterschiede zweier Kartierungen desselben Kartierungsabschnitts gegenseitig aufheben können. Die folgende Tabelle 5-21 verdeutlicht dies.

Tabelle 5-21: Beispiele für Unterschied zwischen absoluter und reeller Bewertungsabweichung.

| Fall 1: Häufige HP-Abweichungen, keine Gesamtbewertungsabweichung | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------------|---------------|
| | HP-1 | HP-2 | HP-3 | HP-4 | HP-5L | HP-5R | HP-6L | HP-6R | Gesamt-index | Gesamt-klasse |
| Referenz | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 2 | 6 | 3 | 4,33 | 4 |
| Anwender | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 3,83 | 4 |
| Differenz (abs.) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | akkumuliert: 12 | |
| Differenz (reell) | -1 | -1 | -1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | akkumuliert: 6 | |
| Fall 2: Seltene HP-Abweichungen, deutliche Gesamtbewertungsabweichung | | | | | | | | | | |
| Referenz | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 5 | 5,50 | 6 |
| Anwender | 4 | 4 | 4 | 3 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4,33 | 4 |
| Differenz (abs.) | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | akkumuliert: 8 | |
| Differenz (reell) | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | akkumuliert: 8 | |

Daraus lassen sich zwei generelle Schlüsse ziehen, die die Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse auf Ebene der Gesamtbewertung betreffen:

- Deutliche Unterschiede in der Hauptparameterbewertung resultieren nicht zwangsläufig in deutlichen Unterschieden der Gesamtbewertung. Im Gegensatz dazu können schon relativ geringe Hauptparameterunterschiede zu deutlichen Unterschieden bei der Gesamtbewertung führen.
- Überträgt man diese Fakten auf die Vergleichbarkeit der Gesamtbewertung unterschiedlicher Kartierungsabschnitte – unabhängig davon ob diese von einer Person oder verschiedenen Personen kartiert wurden – ist festzustellen, dass sich die Bewertungsunterschiede der Hauptparameter in keiner Weise in den Gesamtbewertungsunterschieden widerspiegeln müssen. Daher ist ein Vergleich hydromorphologischer Eigenschaften bzw. Qualitäten von Kartierungsabschnitten auf Ebene der Gesamtbewertung kritisch zu hinterfragen.

Ursachenermittlung auf Ebene der Hauptparameter: Die indexdotierte, automatische Berechnung der Hauptparameterbewertung erfolgt durch eine Verschneidung bzw. Aggregation der Einzelparameterbewertungen. Durch diese Aggregation können Unterschiede in den Einzelparameterbewertungen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung ausgeglichen und somit „maskiert“ werden (siehe dazu die Ausführungen zu reellen und absoluten Unterschieden im Abschnitt „Gesamtbewertung vs. Hauptparameterabweichung“).

Die endgültige Bestimmung der Strukturklasse der Hauptparameter erfolgt durch den Anwender, indem die Indexbewertung im Rahmen einer Plausibilitätskontrolle akzeptiert oder überstimmt wird. Die Analyse der Anwenderbewertungen und Indexbewertungen ergab keine nennenswerten Bewertungsunterschiede, d. h. die Unterschiede zwischen Anwenderbewertung und Indexbewertung (IRB-B) innerhalb einer Kartierung sind nicht ursächlich für Bewertungsunterschiede zwischen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung. Die Überprüfung dieses potenziellen Abweichungsfaktors ergab jeweils eine sehr hohe Robustheit beider Kartierungen gegenüber diesem Teilfaktor des IRB ($RM_{IRB-B (Referenz)} = 0,995$; $RM_{IRB-B (Anwender)} = 0,995$).

Beispielhaft sind hier zwei Extremfälle aufgeführt. In den 4 Abschnitte, bei denen es zu einem Unterschied von 2 Strukturklassen in der Gesamtbewertung kommt, wird weder bei der Referenzkartierung noch bei der Anwenderkartierung die Indexberechnung der Hauptparameter von den Anwendern um mehr als 1 Strukturklasse überstimmt. In einem anderen Fall überstimmt bei der Anwender bei Hauptparameter *HP-2 Längsprofil* die Indexberechnung um 3 Strukturklassen (Grund hierfür ist ein Querbauwerk, das gem. Verfahrensanleitung als nicht strukturschädlich bewertet werden soll, in diesem speziellen Fall aber deutliche Auswirkungen auf die Durchgängigkeit des Gewässers hat). Im Vergleich der Gesamtbewertungen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung unterscheidet sich die Indexbewertung in diesem Fall aber nur um 0,33 Indexpunkte, die Gesamtbewertung nur um 1 Strukturklasse. Demnach kann die Überstimmung der Indexberechnung durch die Anwender als Ursache für Unterschiede zwischen der Referenzkartierung und der

Anwenderkartierung ausgeschlossen werden. Die Ursachen für Bewertungsunterschiede auf Hauptparameter- bzw. Gesamtbewertungsebene sind auf der Ebene der Einzelparameter zu suchen.

Ursachenermittlung auf Ebene der Einzelparameter: Um alle Bewertungspaare vergleichbar zu machen, wurden nicht vorhandene Bewertungen (nicht berücksichtigte Einzelparameter bei bestimmten morphologischen Typen, nicht vorhandene Querbauwerke, etc.) für diesen Vergleich auf „0“ gesetzt. Deshalb kommt es teilweise zu Abweichungen um bis zu sieben Strukturklassen.

Eine offensichtliche Ursache für Bewertungsabweichungen typspezifischer Einzelparameter sind unterschiedliche Typzuweisungen (morphologischer Gewässertyp basierend auf Talform und Substrat) durch die Anwender. Im Fall der vorliegenden Untersuchung weicht bei 48 Kartierungsabschnitten (48 %) die Typzuweisung zwischen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung voneinander ab. Insgesamt kommt es in 45 Fällen zu unterschiedlichen Zuweisungen der Talform:

- Mäandertal (Referenzkartierung) vs. Muldental (Anwender): N = 15
- Mäandertal (Referenzkartierung) vs. Sohlenkerbtal (Anwender): N = 9
- Gewässer ohne Tal (Referenzkartierung) vs. Muldental (Anwender): N = 10
- Gewässer ohne Tal (Referenzkartierung) vs. Auetal (Anwender): N = 10
- Muldental (Referenzkartierung) vs. Sohlenkerbtal (Anwender): N = 1

Klar ausgeprägte Talformen sind i. d. R. eindeutig voneinander abzugrenzen. Deutlich zu unterscheiden demnach Gewässer ohne Tal, bei denen keinerlei Talform erkennbar ist und Gewässer in Mulden- oder Auetälern. Letztgenannte Täler zeichnen sich durch flache bis mäßig geneigte Talhänge aus, die mehr oder weniger deutlich in den flachen (Auetal) oder leicht muldenförmigen (Muldental) Talgrund übergehen.

Schwieriger kann sich die Unterscheidung von Mäandertälern und Sohlenkerbtälern bzw. Muldentälern gestalten. Charakteristisch für Mäandertäler sind Steil- und Flachhänge abwechselnd auf der einen oder anderen Gewässerseite. Die Gewässer folgen dem vorgegebenen Talverlauf, auf der relativ schmalen Talsohle besteht kaum Möglichkeit zur Ausbildung selbstständiger Windungen. Ähnliche Eigenschaften weisen Gewässer in Sohlenkerbtälern auf, wobei hier i. d. R. ein flacher, schmaler bis mäßig breiter Talboden vorhanden ist, in dem die Gewässer pendeln können. Bei langen Talquerungsstrecken von Mäandertalgewässern kann zudem der Eindruck eines Auetals bzw. Muldentals entstehen, doch sind die hydraulischen Verhältnisse in Mäandertälern durch das stärkere Gefälle deutlich unterschiedlich. Dadurch ist hier eine freie Laufkrümmung nicht möglich. Muldentäler sind zudem konvex-konkav geformt und leiten übergangslos in die Talsohle über.

Obwohl die abweichende Typzuweisung bzgl. der Talform als Anwenderfehler zu werten ist, muss erwähnt werden, dass sich zwar ca. 70% der Fließgewässer Luxemburgs ohne Schwierigkeiten einem der o. g. talmorphologischen Haupttyp zuordnen lassen. Rund 30% hingegen, insbesondere

kleine Bäche, keinem Haupttyp eindeutig zuzuordnen. Diese Gewässer weisen entweder Merkmale mehrerer Gewässertypen (Übergangs- oder Mischformen) auf, oder unterliegen auf kurzen Strecken einem raschen Typenwechsel (Löffler, Hirsch et al. 2003).

So gehen teilweise steile Muldentäler talabwärts fließend in Sohlenkerbtäler über. Bei Mäandertalgewässern, neben den Kerbtalgewässern die landschaftsprägenden Gewässer im Ösling, kommen insbesondere oberhalb der typischen Mäandertalstrecken kleiner Fließgewässer Übergangsformen zu Sohlenkerbtalgewässern und Auetalgewässern vor (Abbildung 5-15).



Abbildung 5-15: Übergangsbereich zwischen Mäandertal- und Auetalgewässer – Die unregelmäßige, teilweise deutlich ausgeprägte Laufkrümmung zwischen den Prallhängen in den Talquerungsstrecken des Mäandertals zeigt den Übergang zwischen Mäandertal- und Auetalgewässer an. Trotz der bereits schmal ausgeprägten Aue ist der Verlauf des Gewässers dennoch von den typischen Talkrümmungsbögen des Mäandertals geprägt (Gewässer: Clerve; Datengrundlage: Geoportail Luxembourg, Administration de la Gestion de L'Eau, 2015).

Bewertungsrelevant sind insbesondere die Typabweichungen *Mäandertal vs. Muldental*, *Mäandertal vs. Sohlenkerbtal* und *Mulental vs. Sohlenkerbtal*, da sich hier die typspezifische Indexdotierung der Einzelparameter teilweise deutlich unterscheidet. Für die Bewertung nicht relevant sind die Typabweichungen *Gewässer ohne Tal vs. Muldental* und *Gewässer ohne Tal vs. Auetal*, da sich die Indexdotierung dieser Taltypen nicht unterscheidet.

Die Zuweisung von Kartierungsabschnitten zu einem Substrattyp erfolgt grundsätzlich anhand der vorab ausgewiesenen Fließgewässertypen und Fließgewässerlandschaften unter Zuhilfenahme von Bodenkarten und Geologischer Karten. In 23 Fällen kommt es bei den 100 Kartierungsabschnitten zu unterschiedlichen Zuweisungen des Sohlssubstrats:

- Sand (Referenzkartierung) vs. Ton/Löß/Lehm (Anwender): N = 13
- Schotter (Referenzkartierung) vs. Sand (Anwender): N = 10

Diese Abweichungen sind als Anwenderfehler zu werten, da hier die Typzuweisung vom Ist-Zustand der Gewässersohle stark beeinflusst wurde. Dieser kann jedoch aufgrund der Landnutzung im Gewässerumfeld zum Teil erheblich von den Referenzbedingungen abweichen. Beide Substratabweichungen sind aber nur eingeschränkt bewertungsrelevant, da sich die Indexdotierungen der jeweiligen Substrattypen nur geringfügig unterscheiden.

Für eine Isolierung des Abweichungsfaktors „Typzuweisung“ wurden die Einzelparameterbewertungen der Anwenderkartierungen einmal basierend auf den ursprünglichen Typzuweisungen (Typzuweisung im Rahmen der Anwenderkartierung) und einmal basierend auf der Typzuweisung im Rahmen der Referenzkartierung ermittelt. Als Maß für die Abweichungswirkung der unterschiedlichen Typzuweisung wird die Differenz der Robustheitsmaße mit ursprünglicher und angepasster Typzuweisung herangezogen.

Der Abweichungsfaktor „Typzuweisung“ ist für die 14 typspezifischen Einzelparameter der insgesamt 26 Einzelparameter relevant (Tabelle 5-22). In der Regel bewirkt dieser Faktor zusätzliche Bewertungsabweichungen zwischen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung. Angezeigt wird dies durch geringere Robustheitsmaße bei originaler Typzuweisung im Vergleich zur angepassten Typzuweisung. Die Differenzen reichen von $\Delta RM = 0,00$ (*EP-3.1 Sohlssubstrat*) bis $\Delta RM = -0,18$ (*EP-1.3 Längsbänke*). Im Mittel beträgt die Differenz des Robustheitsmaßes $-0,07$ (Std.-Abw.: $0,07$). Daraus lässt sich ableiten, dass durch eine unterschiedliche Typzuweisung der Anteil der deutlichen Abweichungen je typspezifischem Einzelparameter durchschnittlich um 7 % zunimmt.

Tabelle 5-22: Beeinflussung des Robustheitsmaßes durch den Faktor „Typzuweisung“.

| Einzelparameter | Robustheitsmaß (Originale Typzuweisung) | Robustheitsmaß (Angepasste Typzuweisung) | Differenz |
|---------------------------------|---|--|-------------------------------|
| 1.1 Laufkrümmung | 0,77 | 0,89 | -0,12 |
| 1.2 Krümmungserosion | 0,48 | 0,65 | -0,17 |
| 1.3 Längsbänke | 0,60 | 0,78 | -0,18 |
| 1.4 Besondere Laufstrukturen | 0,72 | 0,76 | -0,04 |
| 2.1 Querbauwerke | 0,91 | 0,91 | Parameter nicht typspezifisch |
| 2.2 Verrohrung | 0,97 | 0,97 | Parameter nicht typspezifisch |
| 2.3 Rückstau | 0,86 | 0,86 | Parameter nicht typspezifisch |
| 2.4 Querbänke | 0,66 | 0,68 | -0,02 |
| 2.5 Strömungsdiversität | 0,69 | 0,73 | -0,04 |
| 2.6 Tiefenvarianz | 0,69 | 0,84 | -0,15 |
| 2.7 Ausleitung | 0,92 | 0,92 | Parameter nicht typspezifisch |
| 3.1 Sohlsubstrat | 0,85 | 0,85 | 0,00 |
| 3.2 Substratdiversität | 0,86 | 0,86 | Parameter nicht typspezifisch |
| 3.3 Sohlverbau | 0,92 | 0,92 | Parameter nicht typspezifisch |
| 3.4 Besondere Sohlstrukturen | 0,50 | 0,45 | 0,05 |
| 4.1 Profiltyp | 0,58 | 0,58 | Parameter nicht typspezifisch |
| 4.2 Profiltiefe | 0,50 | 0,53 | -0,03 |
| 4.3 Breitenerosion | 0,62 | 0,65 | -0,03 |
| 4.4 Breitenvarianz | 0,61 | 0,78 | -0,17 |
| 4.5 Durchlass/Brücke | 0,90 | 0,90 | Parameter nicht typspezifisch |
| 5.1 Uferbewuchs | 0,72 | 0,72 | Parameter nicht typspezifisch |
| 5.2 Uferverbau | 0,79 | 0,79 | Parameter nicht typspezifisch |
| 5.3 Besondere Uferstrukturen | 0,58 | 0,61 | -0,03 |
| 6.1 Flächennutzung | 0,63 | 0,76 | -0,13 |
| 6.2 Gewässerrandstreifen | 0,62 | 0,62 | Parameter nicht typspezifisch |
| 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen | 0,77 | 0,77 | Parameter nicht typspezifisch |

Im Folgenden sind die Bewertungsabweichungen zwischen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung mit originaler Typzuweisung (Tabelle 5-23) und angepasster Typzuweisung (Tabelle 5-24) sowie die statistische Zusammenfassung der Bewertungsabweichungen mit originaler Typzuweisung (Tabelle 5-25) und angepasster Typzuweisung (Tabelle 5-26) aufgeführt.

Tabelle 5-23: Bewertungsabweichungen durch IAB (Originale Typzuweisung).

| Inter-Assessor-Bias – Kartierung 1 vs. Kartierung 2 | | | | | | | | | | | [Einzelparameter] | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| Anteile der Strukturklassenabweichungen [%] | | | | | | | | | | | | | | | |
| EP | -7 | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1.1 | | 10 | 6 | 7 | | | 29 | 42 | 6 | | | | | | |
| 1.2 | 2 | | 21 | 4 | 2 | 8 | 4 | 38 | 6 | 8 | 3 | 1 | 2 | | 1 |
| 1.3 | | | | 1 | 1 | 4 | 3 | 49 | 8 | 20 | 12 | 2 | | | |
| 1.4 | | 1 | | 2 | 9 | 1 | 11 | 44 | 17 | 11 | 4 | | | | |
| 2.1 | | 4 | | 1 | 1 | | 1 | 90 | | | | | | 3 | |
| 2.2 | 1 | | 1 | | | | | 97 | | | | | | | 1 |
| 2.3 | | | | | | | 1 | 84 | 1 | | | | | 7 | 7 |
| 2.4 | | | | | 1 | 3 | 10 | 37 | 19 | 8 | 2 | | 3 | 15 | 2 |
| 2.5 | | | | | 2 | 13 | 10 | 53 | 6 | 15 | 1 | | | | |
| 2.6 | | | | | | 10 | 2 | 53 | 14 | 14 | 5 | 2 | | | |
| 2.7 | 1 | | | 2 | 1 | | | 92 | | | | 1 | | | 3 |
| 3.1 | | | | | | | | 85 | | | | | | | 15 |
| 3.2 | | | | | | 1 | 14 | 60 | 12 | 12 | 1 | | | | |
| 3.3 | | 1 | 1 | 1 | | | | 92 | | | | 1 | 3 | 1 | |
| 3.4 | | 2 | 4 | 1 | 12 | 13 | 13 | 27 | 10 | 12 | 6 | | | | |
| 4.1 | | | 2 | | 2 | 23 | 1 | 56 | 1 | 9 | 5 | | 1 | | |
| 4.2 | | | | | 2 | 5 | | 49 | 1 | 26 | | 4 | | 8 | 5 |
| 4.3 | | | | 5 | | 1 | | 59 | 3 | 2 | | 11 | 10 | 6 | 3 |
| 4.4 | | | | | 5 | 9 | 2 | 47 | 12 | 20 | 4 | | 1 | | |
| 4.5 | | 4 | | | | | 2 | 87 | 1 | | | | | 5 | 1 |
| 5.1 | | | 1,5 | | 10 | 9,5 | 8,5 | 58 | 5 | 3,5 | 3,5 | 0,5 | | | |
| 5.2 | | 4,5 | 5,5 | 1 | | 0,5 | 4,5 | 69,5 | 4,5 | 1 | 3 | 3 | 1,5 | 1,5 | |
| 5.3 | | 0,5 | 4,5 | 3,5 | 5 | 9,5 | 13 | 31 | 14 | 9 | 8,5 | 1,5 | | | |
| 6.1 | 1 | | 0,5 | | 0,5 | 2,5 | 6,5 | 47,5 | 9 | 5,5 | 13 | 10 | 3 | 1 | |
| 6.2 | | 2,5 | 3,5 | 9,5 | | 5,5 | 6,5 | 45 | 10 | 13,5 | 1 | 2,5 | 0,5 | | |
| 6.3 | 2,5 | 1 | 2,5 | | | | 8 | 61,5 | 7,5 | | | | 5,5 | 6 | 5,5 |

Bewertungspaare: EP-1.1 bis EP-4.5: N = 100; EP-5.1 bis EP-6.3: N = 200. Typ-spezifische Einzelparameter sind violett markiert.

Tabelle 5-24: Bewertungsabweichungen durch IAB (Angepasste Typzuweisung).

| Inter-Assessor-Bias – Kartierung 1 vs. Kartierung 2 | | | | | | | | | | | [Einzelparameter] | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| Anteile der Strukturklassenabweichungen [%] | | | | | | | | | | | | | | | |
| EP | -7 | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1.1 | | | | | 1 | 9 | 41 | 41 | 7 | 1 | | | | | |
| 1.2 | | | 1 | 5 | 3 | 12 | 6 | 52 | 7 | 13 | 1 | | | | |
| 1.3 | | | | 1 | | 2 | 5 | 51 | 22 | 15 | 4 | | | | |
| 1.4 | | 1 | | 2 | 2 | 7 | 10 | 46 | 20 | 7 | 3 | 2 | | | |
| 2.1 | | 4 | | 1 | 1 | | 1 | 90 | | | | | | 3 | |
| 2.2 | 1 | | 1 | | | | | 97 | | | | | | | 1 |
| 2.3 | | | | | | | 1 | 84 | 1 | | | | | 7 | 7 |
| 2.4 | | | | | 1 | | 8 | 37 | 23 | 8 | 3 | 2 | 5 | 13 | |
| 2.5 | | | | | 2 | 12 | 11 | 58 | 4 | 12 | 1 | | | | |
| 2.6 | | | | | | 10 | 2 | 64 | 18 | 4 | 2 | | | | |
| 2.7 | 1 | | | 2 | 1 | | | 92 | | | | 1 | | | 3 |
| 3.1 | | | | | | | | 85 | | | | | | | 15 |
| 3.2 | | | | | | 1 | 14 | 60 | 12 | 12 | 1 | | | | |
| 3.3 | | 1 | 1 | 1 | | | | 92 | | | | 1 | 3 | 1 | |
| 3.4 | | 2 | 8 | 5 | 10 | 14 | 10 | 24 | 11 | 12 | 2 | 2 | | | |
| 4.1 | | | 2 | | 2 | 23 | 1 | 56 | 1 | 9 | 5 | | 1 | | |
| 4.2 | | | | | 2 | 5 | | 52 | 1 | 34 | 2 | 4 | | | |
| 4.3 | | | | 5 | | 1 | | 65 | | 2 | | 18 | | 9 | |
| 4.4 | | | | | | 15 | 7 | 69 | 2 | 6 | 1 | | | | |
| 4.5 | | 4 | | | | | 2 | 87 | 1 | | | | | 5 | 1 |
| 5.1 | | | 1,5 | | 10 | 9,5 | 8,5 | 58 | 5 | 3,5 | 3,5 | 0,5 | | | |
| 5.2 | | 4,5 | 5,5 | 1 | | 0,5 | 4,5 | 69,5 | 4,5 | 1 | | 3 | 3 | 1,5 | 1,5 |
| 5.3 | | 1 | 4 | 2 | 3,5 | 6 | 19 | 30,5 | 11,5 | 11 | 3,5 | 8 | | | |
| 6.1 | 1 | | 0,5 | | 0,5 | 2,5 | 8 | 56,5 | 11 | 4 | 11,5 | 2,5 | 2 | | |
| 6.2 | | 2,5 | 3,5 | 9,5 | | 5,5 | 6,5 | 45 | 10 | 13,5 | 1 | 2,5 | 0,5 | | |
| 6.3 | 2,5 | 1 | 2,5 | | | | 8 | 61,5 | 7,5 | | | | 5,5 | 6 | 5,5 |

Bewertungspaare: EP-1.1 bis EP-4.5: N = 100; EP-5.1 bis EP-6.3: N = 200. Typ-spezifische Einzelparameter sind violett markiert.

Tabelle 5-25: Statistische Zusammenfassung des IAB (Originale Typzuweisung).

| Inter-Assessor-Bias – Kartierung 1 vs. Kartierung 2 | | | | | | [Einzelparameter] |
|---|----------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| EP | Robustheitsmaß | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\sum -$ ^b | $\sum +$ ^b | Tendenz (** p < 0,01) |
| 1.1 | 0,77 | 35% | 23% | 90% | 10% | abwertend** |
| 1.2 | 0,48 | 10% | 52% | 66% | 34% | abwertend** |
| 1.3 | 0,60 | 11% | 40% | 18% | 82% | aufwertend** |
| 1.4 | 0,72 | 28% | 28% | 43% | 57% | aufwertend** |
| 2.1 | 0,91 | 1% | 9% | 70% | 30% | abwertend** |
| 2.2 | 0,97 | - | 3% | 67% | 33% | abwertend** |
| 2.3 | 0,86 | 2% | 14% | 6% | 94% | aufwertend** |
| 2.4 | 0,66 | 29% | 34% | 22% | 78% | aufwertend** |
| 2.5 | 0,69 | 16% | 31% | 53% | 47% | aufwertend** |
| 2.6 | 0,69 | 16% | 31% | 26% | 74% | aufwertend** |
| 2.7 | 0,92 | - | 8% | 50% | 50% | indifferent |
| 3.1 | 0,85 | - | 15% | - | 100% | aufwertend** |
| 3.2 | 0,86 | 26% | 14% | 38% | 63% | aufwertend** |
| 3.3 | 0,92 | - | 8% | 38% | 63% | aufwertend** |
| 3.4 | 0,50 | 23% | 50% | 62% | 38% | abwertend** |
| 4.1 | 0,58 | 2% | 42% | 64% | 36% | abwertend** |
| 4.2 | 0,50 | 1% | 50% | 14% | 86% | aufwertend** |
| 4.3 | 0,62 | 3% | 38% | 15% | 85% | aufwertend** |
| 4.4 | 0,61 | 14% | 39% | 30% | 70% | aufwertend** |
| 4.5 | 0,90 | 3% | 10% | 46% | 54% | indifferent |
| 5.1 | 0,72 | 14% | 29% | 70% | 30% | abwertend** |
| 5.2 | 0,79 | 9% | 22% | 52% | 48% | indifferent |
| 5.3 | 0,58 | 27% | 42% | 52% | 48% | indifferent |
| 6.1 | 0,63 | 16% | 37% | 21% | 79% | aufwertend** |
| 6.2 | 0,62 | 17% | 39% | 50% | 50% | indifferent |
| 6.3 | 0,77 | 16% | 23% | 36% | 64% | aufwertend** |

a) Anteile der geringen & deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare (N = 100 bzw. N = 200).
 b) Anteile der negativen & positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare.
 Typspezifische Einzelparameter sind violett markiert.

Tabelle 5-26: Statistische Zusammenfassung des IAB (Angepasste Typzuweisung).

| Inter-Assessor-Bias – Kartierung 1 vs. Kartierung 2 | | | | | [Einzelparameter] | |
|---|---------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| EP | Robustheits- maß | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\Sigma -$ ^b | $\Sigma +$ ^b | Tendenz (** p < 0,01) |
| 1.1 | 0,89 | 48% | 11% | 86% | 14% | abwertend** |
| 1.2 | 0,65 | 13% | 35% | 56% | 44% | abwertend** |
| 1.3 | 0,78 | 27% | 22% | 16% | 84% | aufwertend** |
| 1.4 | 0,76 | 30% | 24% | 41% | 59% | aufwertend** |
| 2.1 | 0,91 | 1% | 9% | 70% | 30% | abwertend** |
| 2.2 | 0,97 | - | 3% | 67% | 33% | abwertend** |
| 2.3 | 0,86 | 2% | 14% | 6% | 94% | aufwertend** |
| 2.4 | 0,68 | 31% | 32% | 14% | 86% | aufwertend** |
| 2.5 | 0,73 | 15% | 27% | 60% | 40% | aufwertend** |
| 2.6 | 0,84 | 20% | 16% | 33% | 67% | aufwertend** |
| 2.7 | 0,92 | - | 8% | 50% | 50% | indifferent |
| 3.1 | 0,85 | - | 15% | - | 100% | aufwertend** |
| 3.2 | 0,86 | 26% | 14% | 38% | 63% | aufwertend** |
| 3.3 | 0,92 | - | 8% | 38% | 63% | aufwertend** |
| 3.4 | 0,45 | 21% | 55% | 64% | 36% | abwertend** |
| 4.1 | 0,58 | 2% | 42% | 64% | 36% | abwertend** |
| 4.2 | 0,53 | 1% | 47% | 15% | 85% | aufwertend** |
| 4.3 | 0,65 | - | 35% | 17% | 83% | aufwertend** |
| 4.4 | 0,78 | 9% | 22% | 71% | 29% | aufwertend** |
| 4.5 | 0,90 | 3% | 10% | 46% | 54% | indifferent |
| 5.1 | 0,72 | 14% | 29% | 70% | 30% | abwertend** |
| 5.2 | 0,79 | 9% | 22% | 52% | 48% | indifferent |
| 5.3 | 0,61 | 31% | 39% | 51% | 49% | indifferent |
| 6.1 | 0,76 | 19% | 25% | 29% | 71% | aufwertend** |
| 6.2 | 0,62 | 17% | 39% | 50% | 50% | indifferent |
| 6.3 | 0,77 | 16% | 23% | 36% | 64% | aufwertend** |

a) Anteile der geringen & deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare (N = 100 bzw. N = 200).
b) Anteile der negativen & positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare.
Typspezifische Einzelparameter sind violett markiert.

Nach Eliminierung der Wirkung des Abweichungsfaktors „Typzuweisung“ (vgl. dazu Tabelle 5-24 und Tabelle 5-26) reicht das Robustheitsmaß der Einzelparameter von $RM = 0,97$ (*EP-2.2 Verrohrungen*) zu $RM = 0,45$ (*EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen*). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß der Einzelparameter ohne den Abweichungsfaktor Typzuweisung $RM = 0,76$ (Std.-Abw.: 0,13). Die qualitative Einordnung der Bewertungsrobustheit erfolgt entsprechend der in Kapitel 4.1.1 eingeführten Klassifizierung:

- sehr groß ($RM > 0,95$): 1 Einzelparameter
- groß ($RM > 0,80-0,95$): 9 Einzelparameter
- mäßig ($RM > 0,65-0,80$): 9 Einzelparameter
- gering ($RM > 0,5-0,65$): 6 Einzelparameter
- sehr gering ($RM \leq 0,5$): 1 Einzelparameter

Nur ein Einzelparameter ist als sehr robust gegenüber dem Abweichungsfaktor IAB zu anzusehen (*EP-2.2 Verrohrung*; $RM=0,97$). Die Bewertungsrobustheit von jeweils neun Parametern ist „groß“ bzw. „mäßig“. Sechs Parameter haben nur eine geringe Bewertungsrobustheit gegenüber dem IAB. Der Einzelparameter *EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen* ist als einziger Parameter mit einer sehr geringen Robustheit klassiert.

Insbesondere die sog. Schadparameter *EP-2.2*, *EP-3.3*, *EP-2.7* und *EP-2.1* weisen eine hohe Bewertungsrobustheit auf (Abbildung 5-16), da die entsprechenden Schadstrukturen i. d. R. eindeutig zu identifizieren und zu erfassen sind. Der Schadparameter *EP-2.3 Rückstau* weist im Vergleich dazu ein etwas geringeres Robustheitsmaß auf, da die Länge der Rückstauwirkung insbesondere in ohnehin ruhig und monoton fließenden Gewässerabschnitten schwierig zu bestimmen ist. Ein noch geringeres Robustheitsmaß ist dem Schadparameter *EP-5.2 Uferverbau* zu eigen. Grund für eine nur mäßige Bewertungsrobustheit ($RM=0,79$) ist die Tatsache, dass Uferverbaue wie Stein- oder Blockschüttungen am Böschungsfuss teilweise stark überwachsen und deshalb schwer zu erkennen sind.

Die Bewertungsrobustheit gegenüber dem IAB keines Einzelparameters ist sehr groß. Nur vier Parameter weisen eine große Robustheit auf (*EP-1.1 Laufkrümmung*, *EP-2.6 Tiefenvarianz*, *EP-3.1 Sohlsubstrat* und *EP-3.2 Substratdiversität*). All diese Parameter sind dem Sohlbereich zuzuordnen. Sieben Parameter sind „mäßig“ robust, sechs Parameter sind „gering“ robust gegenüber dem IAB.

Bezogen auf die Gewässerbereiche Sohle, Ufer und Land ist die durchschnittliche Bewertungsrobustheit der Einzelparameter des Sohlbereichs am größten ($\bar{RM} = 0,80$), gefolgt von den Parametern des Landbereichs ($\bar{RM} = 0,72$) und des Uferbereichs ($\bar{RM} = 0,70$).

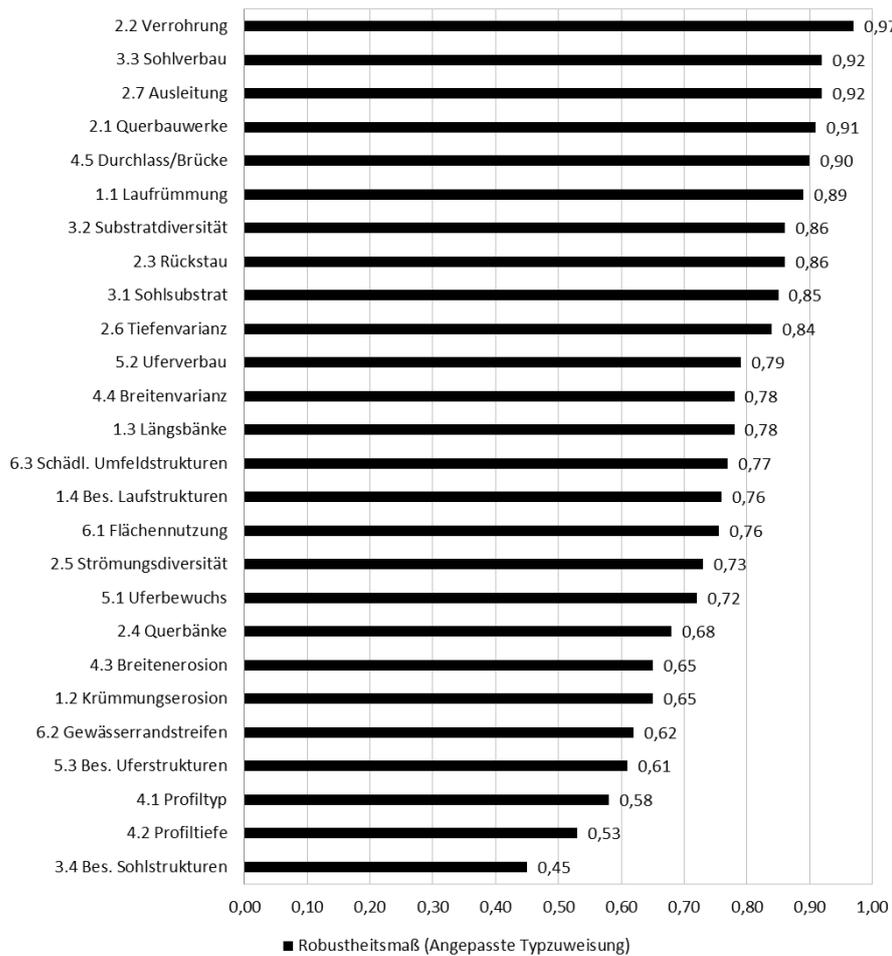


Abbildung 5-16: Robustheitsmaß der Einzelparameter bei angepasster Typzuweisung.

Im Folgenden werden die Ursachen der Bewertungsabweichungen für jeden der 26 Einzelparameter erläutert. Die Ursachenermittlung basiert auf einer Einzelfallbetrachtung aller Abweichungsfälle.

EP-1.1 Laufkrümmung (Bewertungsrobustheit: groß; RM=0,89): Deutliche Abwertungen treten in 11 Fällen auf. Dabei fallen die Bewertungen im Rahmen der Anwenderkartierung tendenziell negativer aus als die Bewertungen der Referenzkartierung. Die deutlichen Abweichungen kommen dadurch zustande, dass Anwender bei größeren Gewässern (Gewässerbreiten von >10 m bis 20 m) nicht wie gefordert Abschnittsböcke aus sechs Abschnitten betrachten, sondern nur den jeweiligen Abschnitt für die Bestimmung der Laufkrümmung zugrunde legen. Für deutliche Aufwertungen (N = 1) gilt der umgekehrte Fall: bei kleinen Gewässern ist nur der jeweilige Abschnitt zur Bestimmung der Laufkrümmung zu berücksichtigen, was in diesem einen Fall nicht geschehen ist.

EP-1.2 Krümmungserosion (Bewertungsrobustheit: gering; RM=0,65): Deutliche Abweichungen treten in 35 Fällen auf. Die erfassten Parameterausprägungen weichen zwischen der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung in diesen Fällen nur leicht voneinander abweichend

(z.B. „vereinzelt schwach“ vs. „naturbedingt keine“). Die Indexdotierung dieser Ausprägungen hingegen weisen sehr unterschiedliche Strukturklassen auf („vereinzelt schwach“ → Strukturklasse 5; „naturbedingt keine“ → Strukturklasse 1). Demnach ist für deutliche Bewertungsunterschiede in erster Linie die Indexdotierung des Verfahrens ausschlaggebend. Zusätzlich dazu gibt es zwei Möglichkeiten der Erfassung, falls keine Krümmungserosion vorhanden ist: „anthropogen keine“ (Strukturklasse 7) und „naturbedingt keine“ (Strukturklasse 1). In der Verfahrensanleitung werden diese Parameterausprägungen nur vage beschrieben bzw. unterschieden, was zu Schwierigkeiten bei der Wahl im Gelände führt.

EP-1.3 Längsbänke (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,78): Deutliche Abweichungen treten in 22 Fällen auf. Neben leicht abweichenden Anwenderinterpretationen wurde für die meisten Fälle unterschiedliche Abflussverhältnisse während den Kartierungen als Hauptursache identifiziert. Schon bei relativ geringen Abflussunterschieden kann es hier zu deutlich unterschiedlichen Erfassungen bzw. Bewertungen kommen (z. B. „Ansätze“ → Strukturklasse 6; „mehrere“ → Strukturklasse 2).

EP-1.4 Besondere Laufstrukturen (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,76): Deutliche Abweichungen treten in 22 Fällen auf. Die Abweichungen kommen in den meisten Fällen dadurch zustande, dass Laufstrukturen in der Referenzkartierung als Ansätze interpretiert wurden, wohingegen sie in der Anwenderkartierung als voll ausgeprägte Strukturen gezählt wurden. Wie bei EP-1.3 kann dieser teilweise geringe Erfassungsunterschied zu deutlichen Bewertungsunterschieden führen.

EP-2.1 Querbauwerke (Bewertungsrobustheit: groß; RM=0,91): Deutliche Abweichungen treten in 9 Fällen auf. In einem Fall kommt es zu einem Bewertungsunterschied von 3 Strukturklassen. Hier wurde das Querbauwerk in der Referenzkartierung als „raue Rampe“ (Strukturklasse 4) und in der Anwenderkartierung fälschlicherweise als „hoher Absturz“ (Strukturklasse 7) erfasst. In allen übrigen Fällen wurden Querbauwerke (insbesondere raue Gleiten) von den Anwendern nicht als solche erkannt bzw. die Absturzhöhe kleine Querbauwerke (z. B. Abstürze <10 cm) fälschlicherweise zu groß geschätzt.

EP-2.2 Verrohrungen (Bewertungsrobustheit: sehr groß; RM=0,97): Deutliche Abweichungen treten in 9 Fällen auf. In diesen Fällen wurden die Verrohrungen nicht denjenigen Kartierungsabschnitten zugewiesen, in denen sie liegen. Grund hierfür ist die Tatsache, dass Strukturen, die unmittelbar auf oder in der Nähe von Abschnittsgrenzen liegen, in Ausnahmefällen falsch zugewiesen werden.

EP-2.3 Rückstau (Bewertungsrobustheit: groß; RM=0,86): Deutliche Abweichungen treten in 14 Fällen auf. Grund hierfür ist der Interpretationsspielraum den die Verfahrensanleitung bietet. Insbesondere im Übergangsbereich von Rückstaubereichen zu frei fließenden Bereichen ist eine einheitliche Erfassung eines Rückstaus schwierig. Die Verfahrensanleitung definiert Rückstau als die deutliche Verringerung der Oberflächenfließgeschwindigkeit bei mittleren Wasserständen im Vergleich zur Fließgeschwindigkeit in den freien Gewässerstrecken. Maßgebend für den Vergleich der Fließgeschwindigkeiten ist die mittlere Fließgeschwindigkeit an der Wasseroberfläche in der

Gewässermite oder im Stromstrich oberhalb des rückstau-verursachenden Querbauwerks und unterhalb des Querbauwerks. Insbesondere bei ohnehin geringen Strömungsgeschwindigkeiten bzw. Strömungsvariationen ist die eindeutige Identifizierung von Rückstaubereichen oftmals schwierig.

EP-2.4 Querbänke (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,68): Deutliche Abweichungen treten in 32 Fällen auf. Laut Kartieranleitung wird bei den Substrattypen „Sand“, „Lehm“ und „organisch“ die Parameterausprägung „naturbedingt keine“ angegeben, da die Kartierbarkeit natürlicherweise stark eingeschränkt ist. Dennoch hat der Anwender die Möglichkeit zwischen „naturbedingt keine“ (Strukturklasse 1) und „anthropogen keine“ (Strukturklasse 7) zu wählen. Das Gewässer erhält im Fall „naturbedingt keine“ eine Aufwertung, die nicht gerechtfertigt ist, da laut Leitbild ohnehin keine Querbänke auftreten. Im Fall „anthropogen keine“ erfährt das Gewässer aus demselben Grund eine ungerechtfertigte Abwertung. Je nach Interpretation kann diese widersprüchliche Konstellation zu deutlichen Bewertungsunterschieden führen.

EP-2.5 Strömungsdiversität (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,73): Deutliche Abweichungen treten in 27 Fällen auf. Zum einen sind bei diesem Einzelparameter Strömungsbilder wie „gerippelt“ und „gewellt“ zu identifizieren und voneinander abzugrenzen. Zum anderen ist der Anteil, den jedes Strömungsbildes im Kartierungsabschnitt einnimmt, zu bestimmen. Insbesondere bei Abschnitten mit geringen Strömungsdifferenzen kann es aufgrund der Komplexität der Parametererfassung zu abweichenden Interpretationen bzgl. der Anzahl und Anteile der vorkommenden Strömungsbilder kommen.

EP-2.6 Tiefenvarianz (Bewertungsrobustheit: groß; RM=0,84): Deutliche Abweichungen treten in 16 Fällen auf. Ähnlich wie bei EP-2.5 sind bei diesem Parameter Tiefenklassen wie „Flachwasser“, „Tiefenwasser“ und „Durchschnittswasser“ zu identifizieren und deren Anteile im Kartierungsabschnitt zu bestimmen. Die Vorgabe der Kartierungsanleitung „den Mittelwasserkörper gedanklich in Teilflächen hinsichtlich seiner wechselnden Tiefe zu gliedern“ (LANUV-NRW 2012) kann von Anwendern unterschiedlich interpretiert werden, was wiederum zu abweichenden Bewertungsergebnissen führen kann.

EP-2.7 Ausleitung (Bewertungsrobustheit: große; RM=0,92): Deutliche Abweichungen treten in 8 Fällen auf. Die Verfahrensanleitung bietet im Fall von Ausleitungen einen gewissen Interpretationsspielraum, so dass eine einheitliche Bewertung in Ausnahmefällen nicht garantiert ist. In der Anleitung ist bei Ausleitungen von temporären oder dauernden Reduzierungen der natürlichen Abflussmengen die Rede. Die Anleitung erläutert aber nicht, was in den Fällen zu erfassen ist, in denen zwar eine Ausleitung vorhanden ist, diese aber zum Zeitpunkt der Kartierung keine großen Wassermengen abführt. In diesen Fällen wurden bei der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung voneinander abweichend teils Ausleitungen als vorhanden, teils als nicht vorhanden erfasst.

EP-3.1 Sohlsubstrat (Bewertungsrobustheit: groß; RM=0,85): Deutliche Abweichungen treten in 15 Fällen auf. Dieser Parameter fließt nur in die Indexbewertung ein, wenn unnatürlich vorkommende Substrate erfasst werden (Strukturklasse 7). Bei den Substrattypen „Schlick,

Schlamm“, „Ton/Löß/Lehm“, „Sand“ und „Kies“ bietet das Verfahren dem Anwender die Möglichkeit, das entsprechende Substrat sowohl als „natürlich“ oder „unnatürlich“ vorkommend zu erfassen. Damit besteht beispielsweise die Möglichkeit, bei einem grobmaterialreichen Gewässer das Substrat „Schlick/Schlamm“ entweder als „natürlich“ (keine Bewertung) oder als „unnatürlich“ (Strukturklasse 7) vorkommend zu erfassen. So kommt es in den 15 Fällen zu deutlichen Bewertungsunterschieden, weil bei einer Kartierung ein Substrattyp als „natürlich“, bei der anderen Kartierung derselbe Substrattyp als „unnatürlich“ vorkommend erfasst wurde. Die Verfahrensanleitung erläutert diesen Sachverhalt nicht weiter, als dass „natürlich“ als „naturraum- oder gewässertypisches Sohlsubstrat“ und „unnatürlich“ als „künstlich eingebrachtes Sohlsubstrat bzw. kein gewässertypisches Sohlsubstrat“ definiert.

EP-3.2 Substratdiversität (Bewertungsrobustheit: groß; RM = 0,86): Deutliche Abweichungen treten in 14 Fällen auf. Nahezu alle Bewertungsunterschiede beruhen auf nur leicht abweichenden Erfassungsunterschieden. Die Bestimmung der Parameterausprägung dieses Parameters beruht auf der Anzahl und Verteilung der bei EP-3.1 erfassten natürlichen organischen und mineralischen Substrate. Wird hier ein Substrattyp als unnatürlich eingestuft, findet er keine Berücksichtigung bei der Ermittlung der Substratdiversität. Ein weiterer Abweichungsgrund ist die Vorgabe, nur Substrate zu berücksichtigen, die einen Anteil von > 5 % an der Gewässersohle einnehmen. Die Abschätzung, ob eine Substrattyp diese Vorgabe erfüllt, kann im Gelände u. U. bei verschiedenen Anwendern abweichen.

EP-3.3 Sohlenverbau (Bewertungsrobustheit: groß; RM = 0,92): Deutliche Abweichungen treten in 8 Fällen auf. In diesen Ausnahmefällen wurde bei der Anwenderkartierung vorhandener Sohlenverbau nicht als solcher erkannt, bzw. fälschlicherweise Sohlverbau statt grobem natürlichen Substrat erfasst.

EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen (Bewertungsrobustheit: sehr gering; RM = 0,45): Deutliche Abweichungen treten in 55 Fällen auf. Damit ist dies der Parameter mit der geringsten Bewertungsrobustheit. Als Ursachen für deutliche Abweichungen um 3 bzw. 4 Strukturklassen wurden unterschiedlichen Abflussverhältnisse während der Kartierungszeitpunkte und die daraus resultierenden, abweichenden Ausprägungen (beispielsweise „Ansätze“ vs. „voll ausgeprägte Strukturen“ von Stillen und Schnellen) der besonderen Sohlstrukturen identifiziert. In 8 Fällen mit Bewertungsunterschieden von 5 bzw. 6 Strukturklassen wurden die Strukturen entweder unterschiedlichen Abschnitten zugeordnet, wenn sie sich an Abschnittsgrenzen befanden oder von den Anwendern sehr unterschiedlich interpretiert („keine“ bzw. „Ansätze“ vs. „mehrere“ bzw. „viele“).

EP-4.1 Profiltyp (Bewertungsrobustheit: gering; RM = 0,58): Deutliche Abweichungen treten in 42 Fällen auf. In den meisten Fällen (N = 32) weichen die Bewertungen um zwei Strukturklassen ab, da der Profiltyp bei einer Kartierung als verfallendes Regelprofil (Strukturklasse 4) und bei der anderen Kartierung als annäherndes Naturprofil (Strukturklasse 2) erfasst wird. Die Unterscheidung dieser zwei Profiltypen gestaltet sich im Gelände oftmals schwierig, zumal die Verfahrensanleitung ebenfalls keine eindeutigen Unterscheidungskriterien anbietet. Verfallende Regelprofile sind demnach aus gleichförmigen Regelprofilen mit erosionssicher ausgebauten Uferböschungen

hervorgegangen, die aber in der Zwischenzeit durch Auflandungen und Bewuchs überformt und überwachsen sind. Als annähernd natürliche Profile werden in der NRW-Verfahrensanleitung Profile bezeichnet, die teilweise durch frühere naturnahe Ausbau- oder Unterhaltungsmaßnahmen beeinflusst sind (LANUV-NRW 2012). Abweichungen um mehr als zwei Strukturklassen (10 Fälle) treten dann auf, wenn bei einer Kartierung ein intaktes Regelprofil (Strukturklasse 7) und bei der anderen Kartierung ein verfallendes Regelprofil (Strukturklasse 4) oder ein annäherndes Naturprofil (Strukturklasse 2) erfasst wurde. Der Übergang eines intakten technischen Regelprofils hin zu einem durch Auflandungen und Bewuchs überformten verfallenden Regelprofil ist oftmals fließend und wird von den Anwendern in Einzelfällen abweichend interpretiert.

EP-4.2 Profiltiefe (Bewertungsrobustheit: gering; RM = 0,53): Deutliche Abweichungen treten in 47 Fällen auf. In 34 Fällen wird die Profiltiefe bei der Anwenderkartierung um zwei Klassen positiver bewertet als bei der Referenzkartierung. Laut Verfahrensanleitung wird als Profiltiefe das mittlere Tiefen-Breiten-Verhältnis des Gewässerbettes geschätzt (in Abbildung 5-17 also $\varnothing(B_1/H_1, B_2/H_2)$). Da die Verfahrensanleitung den Fall nicht näher erläutert, in denen die Uferböschungen der beiden Gewässerseiten unterschiedlich hoch sind, wird die Profiltiefe hier teilweise deutlich unterschiedlich interpretiert (z. B. B_1/H_1 oder B_2/H_2).

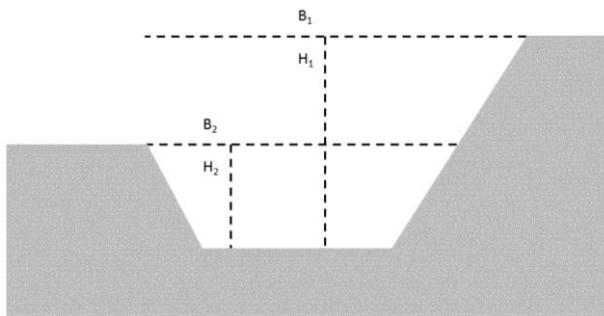


Abbildung 5-17: Bestimmung der Profiltiefe – Varianten unterschiedlicher Breiten-Tiefen-Verhältnisse je Gewässerseite.

In Ausnahmefällen ($N = 8$) weichen die Abschätzungen des Breiten-Tiefen-Verhältnisses sehr deutlich voneinander ab, was in Differenzen von mehr als zwei Strukturklassen resultiert. Dies ist insbesondere bei sehr heterogenen Profilen der Fall, wo ein mittleres Breiten-Tiefen-Verhältnis schwer abzuschätzen ist.

EP-4.3 Breitenerosion (Bewertungsrobustheit: gering; RM = 0,65): Deutliche Abweichungen treten in 35 Fällen auf. Als Breitenerosion wird in der Verfahrensanleitung Ufererosion, die stets an beiden Gewässerseiten gleichermaßen auftritt, definiert. Die automatische Bewertung dieses Einzelparameters ist in besonderem Maß abhängig von der Tiefe des Profils (EP-4.2). Für flache bis mäßige tiefe Profile wird Breitenerosion in all ihren Ausprägungen (keine, schwach, stark) positiv bewertet (Strukturklassen 1 und 3). Bei tiefe bzw. sehr tiefen Profile werden die Ausprägungen der Breitenerosion sehr unterschiedlich bewertet („stark“ \rightarrow Strukturklasse 3; „schwach“ \rightarrow 5; „keine“ \rightarrow 7). Die Erfassung der Breitenerosion unterscheidet sich in den o. g. 35 Fällen i. d. R. nur

leicht (z. B. „keine“ vs. „schwach“). Die deutlichen Bewertungsunterschiede werden bereits durch gering abweichende Erfassungen („tief“ vs. „mäßig tief“) der Profiltiefe verursacht.

EP-4.4 Breitenvarianz (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,78): Deutliche Abweichungen treten in 22 Fällen auf. Die Indexdotierung dieses Parameters ist so gestaltet, dass bereits geringe Ausprägungsunterschiede deutliche Bewertungsunterschiede nach sich ziehen, wie beispielsweise *geringe* Breitenvarianz (Strukturklasse 4) vs. *keine* Breitenvarianz (Strukturklasse 7).

EP-4.5 Durchlass/Brücke (Bewertungsrobustheit: groß; RM=0,90): Deutliche Abweichungen treten in 22 Fällen auf. Davon wurden in 8 Fällen die Durchlässe bzw. Brücken unterschiedlichen Gewässerabschnitten zugeordnet (vgl. dazu die Ausführungen zu EP-2.1 (Querbauwerke) und EP-2.2 (Verrohrungen). In zwei Fällen wurde die Bedeutung der Durchlässe bzw. Brücken als Wanderungshindernis unterschiedlich interpretiert („strukturell nicht schädlich“ vs. „strukturell schädlich“). Die unterschiedliche Erfassung in diesen zwei Fällen lag dabei an der Festlegung, ob das natürliche Ufer durch den Durchlass bzw. die Brücke unterbrochen oder nicht unterbrochen ist. Laut Verfahrensanleitung liegt dann eine Uferunterbrechung vor, wenn mindestens eines der Ufer steil und glatt verbaut ist, so dass eine Durchwanderung des Durchlassufers für Landtiere erheblich behindert oder unmöglich ist (LANUV-NRW 2012). Die Durchwanderbarkeit wird von Anwendern teilweise unterschiedlich eingeschätzt.

Bei den Einzelparametern der Hauptparameter HP-5 (Uferstruktur) und HP-6 (Gewässerumfeld) werden 200 Bewertungspaare analysiert (Bei den Hauptparametern HP-1 bis HP-4 werden 100 Bewertungspaare analysiert.). Dies ist bei den Angaben zur Anzahl von Bewertungsunterschieden zu berücksichtigen.

EP-5.1 Uferbewuchs (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,72): Deutliche Abweichungen treten in 57 Fällen auf. Für diese deutlichen Abweichungen wurden zahlreiche Ursachen identifiziert. Zum einen kommt es aufgrund von verändertem Bewuchs (z. B. nitrophile Krautflur) oder Veränderungen durch Unterhaltungsmaßnahmen (z. B. Entfernung von Röhricht durch Ufermahd) während der zwei Erfassungszeitpunkten zu abweichenden Bewertungen. Zum anderen ist eine eindeutige Abgrenzung zwischen Uferböschung und Gewässerumfeld insbesondere bei flachen Profilen oftmals nicht möglich. Dadurch werden die Uferbereiche und der darin auftretende Bewuchs von den Anwendern teilweise unterschiedlich erfasst und bewertet. Eine weitere Ursache für deutliche Bewertungsunterschiede liegt in der abweichenden Einschätzung der Anwender, welcher Bewuchs (Gehölze oder Krautvegetation) als „bodenständig / naturnah“ bzw. „nicht bodenständig / nicht naturnah“ einzustufen ist.

EP-5.2 Uferverbau (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM=0,79): Deutliche Abweichungen treten in 43 Fällen auf. In Fällen sehr deutlicher Abweichung wurde vorhandener Uferverbau im Rahmen der Anwenderkartierung nicht als solcher erkannt (z. B. Steinschüttung in Bereichen mit natürlicherweise sehr grobem Sohl- und Ufermaterial oder Vegetationsüberdeckung stark überwachenes Uferdeckwerk).

EP-5.3 Besondere Uferstrukturen (Bewertungsrobustheit: gering; RM = 0,61): Deutliche Abweichungen treten in 78 Fällen auf. Neben der Problematik der Zuweisung von Einzelstrukturen an Abschnittsgrenzen ist insbesondere die Auslegung der Verfahrensanleitung ursächlich für deutliche Bewertungsunterschiede. Während im Rahmen der Referenzkartierung streng nach den Vorgaben der Verfahrensanleitung kartiert wurde, erfolgte die Auslegung der Verfahrensanleitung bei der Referenzkartierung tendenziell „zugunsten des Gewässers“. Strukturen die bei der Referenzkartierung gar nicht oder nur als Ansätze erfasst wurden, wurden bei der Anwenderkartierung zum Teil aus ausgeprägte Strukturen erfasst und bewertet.

EP-6.1 Flächennutzung (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM = 0,76): Deutliche Abweichungen treten in 49 Fällen auf. Bewertungsunterschiede werden zum einen durch die abweichende Einschätzung der Bodenständigkeit von Gehölzbeständen und der Anteile der Teilflächen unterschiedlicher Flächennutzung im Gewässerabschnitt verursacht. Zum anderen ist insbesondere bei stark geschwungenen Gewässern die Abgrenzung der Kartierungsabschnitte im Gewässerumfeld bzw. Auenbereich in der Verfahrensanleitung nicht eindeutig festgelegt (zwei Varianten der Abschnittsgliederung sind hier möglich). Grundsätzlich treten deutliche Bewertungsunterschiede nur dann auf, wenn sich die Flächennutzung aus zahlreichen Nutzungstypen zusammensetzt und so die Bestimmung der dominierenden Nutzung erschwert ist.

EP-6.2 Gewässerrandstreifen (Bewertungsrobustheit: gering; RM = 0,62): Deutliche Abweichungen treten in 77 Fällen auf. Neben der Schwierigkeit bei heterogenen Gewässerabschnitten, die dominierende Ausprägung dieses Parameters zu erfassen, ist insbesondere die Mehrfachregistrierung gem. Verfahrensanleitung ursächlich für deutliche Bewertungsunterschiede. Deutliche Bewertungsunterschiede treten immer dann auf, wenn bei einer Kartierung überwiegend „Saumstreifen“ (Strukturklasse 5) oder „kein Gewässerrand- bzw. Saumstreifen“ (Strukturklasse 7) erfasst wurden, wohingegen bei der anderen Kartierung überwiegend „Gewässerrandstreifen“ oder „Flächiger Wald / Sukzession“ (Strukturklasse 1) erfasst wurde. Diese abweichenden Erfassungen kommen dadurch zustande, dass die durchschnittliche Breite der Streifen im Gelände nicht immer eindeutig bestimmbar ist.

EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM = 0,77): Deutliche Abweichungen treten in 46 Fällen auf. Die Ursache für diese deutlichen Bewertungsunterschiede liegt in der Einschätzung, inwieweit Umfeldstrukturen tatsächlich gewässerschädigend sind, wenn sie im Hangbereich von Muldentälern, Sohlenkerbtälern, Kerbtälern und Mäandertälern liegen. Bei Muldentälern ist der tatsächliche Überschwemmungsbereich im Gelände teilweise schwer auszumachen, womit die tatsächliche Wirksamkeit potenziell schädlicher Umfeldstrukturen nicht eindeutig ist. Bei Umfeldstrukturen mit Befestigungen (Straßen), die parallel und gewässernah im Hangbereich von Sohlenkerbtälern, Kerbtälern und Mäandertälern verlaufen, schreibt die Verfahrensanleitung eine Nicht-Berücksichtigung vor. Dennoch ist es in Einzelfällen durchaus plausibel, auch diese Strukturen als potenziell gewässerschädigend in die Umfeldbewertung einfließen zu lassen. Je nach Verfahrensinterpretation kann es daher zu teilweise sehr deutlichen Bewertungsunterschieden kommen.

Der Vergleich der Referenzkartierung und der Anwenderkartierung an denselben 100 Gewässerabschnitten ergab eine generell gute Robustheit des LAWA-VO-Verfahrens hinsichtlich der Abweichung von Bewertungsergebnissen. Insbesondere auf Ebene der Gesamtbewertung von Gewässerabschnitten treten überwiegend keine oder nur geringe Bewertungsunterschiede und nur in Ausnahmefällen deutliche Unterschiede ($RM = 0,96$) auf. Diese Übereinstimmung von Bewertungsergebnissen auf höchster Bewertungsebene verdeckt jedoch teilweise sehr deutlichen und zahlreichen Bewertungsunterschiede auf den darunterliegenden Ebenen der Haupt- und Einzelparameter. Auf Hauptparametersebene kommt es ca. in 20% der Fälle zu deutlichen Bewertungsunterschiede von mehr als 2 Strukturklassen ($RM = 0,71-0,87$). Als robust können die Hauptparameter des Sohlbereichs (HP-1 Laufentwicklung, HP-2 Längsprofil, HP-3 Sohlenstruktur) bezeichnet werden. Mäßig robust sind die Hauptparameter des Ufer- und Landbereichs (HP-4 Querprofil, HP-5 Uferstruktur, HP-6 Gewässerumfeld). Die Bewertungsunterschiede bzw. -robustheiten auf Ebene der Einzelparameter sind sehr heterogen ($RM = 0,48-0,97$).

Durch Einzelfallbetrachtung konnten vier Hauptursachen für deutliche Bewertungsunterschiede identifiziert werden. Aufgrund einer **abweichenden Typzuweisung** können bei typspezifischen Einzelparametern deutliche Bewertungsunterschiede auftreten, obwohl deren Ausprägungen ähnlich erfasst wurden. Bereits geringfügig unterschiedliche Abflussverhältnisse und Bewuchssituationen im Uferbereich zu verschiedenen Kartierungszeitpunkten können die **natürliche Variabilität** bestimmter Einzelparameter in einem Maße beeinflussen (z. B. Längsbänke, Strömungsdiversität, Uferbewuchs), dass es bei zu erheblichen Bewertungsabweichungen kommen kann. Neben einer grundsätzlichen, leichten und unvermeidbaren Subjektivität bei der visuellen Erfassung von Gewässerstrukturen bietet die Verfahrensanleitung des LAWA-VO-Verfahrens für einige Einzelparameter erheblichen **Interpretationsspielraum** bzgl. ihrer Bewertung. Je nach Auslegung („streng nach Vorschrift“ vs. „fluvial-morphologisch realistisch“) bewerten Anwender insbesondere die Einzelparameter, die sich auf isolierte Einzelstrukturen beziehen, teilweise unterschiedlich. Eine streng an die Verfahrensanleitung angelehnte Sichtweise geht davon aus, dass in jeder vom Menschen künstlich bzw. willkürlich erzeugten Betrachtungseinheit (Kartierungsabschnitt) eine mehr oder weniger hohe und genau vorgegebene Anzahl von besonderen Strukturen auftreten muss. Eine vielleicht realistischere Sichtweise lässt auch Abschnitte als natürlich gelten, die wenige oder keine besonderen Strukturen aufweisen, aber in einem kleineren Betrachtungsmaßstab durchaus Teil eines natürlichen Gewässersegments bilden (z. B. Kartierungsabschnitte in Talquerungsbereichen von Mäandertalgewässern mit natürlicher geringer Strukturvielfalt). Neben der willkürlichen Einteilung in starre Gewässerabschnitte wird bei dieser zweiten Sichtweise auch die willkürliche Definition, was als besondere Struktur gilt, eher kritisch gesehen. Ein weiterer Grund für deutliche Bewertungsunterschiede bei Einzelparametern, die Einzelstrukturen betreffen, ist die **Identifizierung von Abschnittsgrenzen** im Gelände. Bei ungünstigen Rahmenbedingungen (dichter Baumbestand, schlechter GPS-Empfang) können die vorgegebenen Abschnittsgrenzen nicht immer eindeutig bestimmt werden. Liegen Einzelstrukturen im Bereich der Abschnittsgrenzen und werden von Anwendern unterschiedlichen Gewässerabschnitten zugeordnet treten i. d. R. deutliche Bewertungsunterschiede bei den betreffenden Einzelparametern auf.

5.3 Inter-Version-Bias

Kernaussagen

Die Untersuchungen zum Inter-Version-Bias behandeln Bewertungsunterschiede, die durch die Anwendung verschiedener Versionen des LAWA-VO-Verfahrens verursacht werden. Es werden Bewertungsergebnisse der Versionen aus den Bundesländern Hessen (HESSEN-Version) und Baden-Württemberg (BAWÜ-Version) auf allen Bewertungsebenen (Gesamtbewertung, Hauptparameter, Einzelparameter) miteinander verglichen. Die Versionen unterscheiden sich verfahrenstechnisch in folgenden Punkten, die auch die potenziellen Ursachen für Bewertungsabweichungen darstellen:

- Unterschiedliche Indexdotierung der Einzelparameter
- Einzelparameterzusammenfassung bei der BAWÜ-Version
- Unterschiedliche Anzahl an Einzelparametern je Hauptparameter
- Unterschiedliche Bewertungsaggregation bei Mehrfachregistrierung von Ausprägungen
- Unterschiedliche Aggregation der Einzelparameterbewertungen hin zur Hauptparameter- und Gesamtbewertung (Teilfaktoren A1, A2, A3 und B des Inter-Rating-Bias)

In einem ersten Schritt werden Abweichungen auf Ebene der Gesamtbewertung identifiziert, die aufgrund aller o.g. Faktoren zustande kommen. In einem zweiten Schritt wird der Inter-Rating-Bias durch Anwendung der Aggregationsvariante-1 statt Aggregationsvariante-3 bei der HESSEN-Version eliminiert (vgl. dazu Kapitel 2.3). Übrig bleiben Bewertungsabweichungen, die durch die restlichen o. g. Faktoren verursacht werden. Auf den Ebenen der Haupt- bzw. Einzelparameter erfolgt die gleiche Vorgehensweise zur Eliminierung der Faktoren des Inter-Rating-Bias. Zusätzlich wird auf diesen Bewertungsebenen die Abweichungswirkung jedes verbleibenden Faktors isoliert und statistisch aufgearbeitet. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Auf Ebene der Gesamtbewertung ist die Verfahrensrobustheit gegenüber dem Inter-Version-Bias sehr hoch ($RM = 0,96$). Die Bewertungen der BAWÜ-Version fallen tendenziell positiver aus als die der HESSEN-Version.
- Auf Ebene der Hauptparameter variiert die Robustheit beträchtlich von „sehr gering“ (HP-1 Laufentwicklung: $RM = 0,28$) bis „hoch“ (HP-2 Längsprofil: $RM = 0,89$). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß auf Ebene der Hauptparameter $0,59$ (Std.-Abw.: $0,25$).
- Auf Ebene der Einzelparameter variiert die Robustheit deutlich von „sehr gering“ (EP-1.1 Laufkrümmung: $RM = 0,22$) bis „sehr hoch“ (EP-2.5 Strömungsdiversität bzw. EP-3.2 Substratdiversität: $RM = 0,996$). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß $0,74$ (Std.-Abw.: $0,27$).
- Hauptursachen für die Bewertungsabweichungen sind die unterschiedliche Anzahl an Einzelparametern der Versionen, die teilweise unterschiedliche Indexdotierung der Einzelparameter und die unterschiedliche Bewertungsaggregation bei Parametern mit Mehrfachregistrierung von Ausprägungsmerkmalen.

Die HESSEN-Version und die BAWÜ-Version des LAWA-VO-Verfahrens unterscheiden sich methodisch in den folgenden, bewertungsrelevanten Aspekten:

Klassierung der Hauptparameterbewertungen (vgl. dazu IRB-A1): In der HESSEN-Version werden die Indexwerte der Hauptparameterbewertungen, die sich aus der Aggregation der Einzelparameterbewertungen ergeben, zu Strukturklassen klassiert. Anschließend werden diese Strukturklassen-Werte zur Gesamtbewertung aggregiert (Aggregationsvariante-1k, vgl. dazu die Methodenbeschreibung in Kapitel 2.3 und die Abweichungswirkung dieses Faktors in Kapitel 5.1). In der BAWÜ-Version erfolgt keine Klassierung der Hauptparameter-Indexwerte. Die Indexwerte werden hier direkt zur Gesamtbewertung aggregiert. Da die Abweichungswirkung dieses Faktors bereits in Kapitel 5.1 behandelt wurde (Inter-Rating-Bias, Teilfaktor A1) wird beim Vergleich der Verfahrensversionen nur kurz auf die Abweichungswirkung dieses Faktors eingegangen.

Bewertung beidseitiger Einzel- und Hauptparameter (vgl. dazu IRB-A2 und IRB-A3): In der HESSEN-Version werden für jede der beiden Gewässerseiten getrennt die Einzelparameterbewertungen gemittelt und dieser Indexwert einer Strukturklasse zugeordnet. Die negativer bewertete Gewässerseite bestimmt die endgültige Hauptparameterbewertung (Aggregationsvariante-2, vgl. dazu die Methodenbeschreibung in Kapitel 2.3 und die Abweichungswirkung dieses Faktors in Kapitel 5.1). In der BAWÜ-Version werden zuerst die beiden Bewertungen zweiseitiger Einzelparameter gemittelt. Anschließend werden diese Werte durch erneute Mittelwertbildung zu einer Hauptparameterbewertung verrechnet. Da die Abweichungswirkung dieser Faktoren bereits in Kapitel 5.1 behandelt wurde (Inter-Rating-Bias, Teilfaktoren A2 und A3) wird in diesem Kapitel nur kurz auf die Abweichungswirkung dieses Faktors eingegangen.

Plausibilitätskontrolle durch Anwender (vgl. dazu IRB-B): In der HESSEN-Version prüfen die Anwender des Verfahrens die errechneten Hauptparameterbewertungen und passt diese gegebenenfalls an (Aggregations- bzw. Bewertungsvariante-3, vgl. dazu die Methodenbeschreibung in Kapitel 2.3 und die Abweichungswirkung dieses Faktors in Kapitel 5.1). Bei der BAWÜ-Version entfällt diese Plausibilitätskontrolle. Da die Abweichungswirkung dieses Faktors bereits in Kapitel 5.1 behandelt wurde (Inter-Rating-Bias, Teilfaktor B), wird in diesem Kapitel nur kurz auf die Abweichungswirkung dieses Faktors eingegangen.

Anzahl der Einzelparameter: Die Anzahl der zu bewertenden Einzelparameter der BAWÜ-Version ist gegenüber der Anzahl der HESSEN-Version deutlich reduziert. Während die HESSEN-Version 26 Einzelparameter berücksichtigt, werden bei der BAWÜ-Version nur 15 Einzelparameter bewertet. In der vorliegenden Arbeit werden die sog. Schadparameter nicht berücksichtigt, wodurch sich die Parameterzahl bei beiden Versionen zusätzlich reduziert (HESSEN-Version: 19 Einzelparameter; BAWÜ: 10 Einzelparameter). Bei bestimmten Gewässertypen beruht die Hauptparameterbewertung der BAWÜ-Version teilweise nur auf einem Einzelparameter (z. B. Hauptparameter *Querprofil* → Einzelparameter *Breitenerosion*) wohingegen die Anzahl der Einzelparameter, die in die Hauptparameterbewertung der HESSEN-Version einfließen, deutlich höher ist (z. B. Hauptparameter *Querprofil* → Einzelparameter *Profiltyp*, *Profiltiefe*, *Breitenerosion*, *Breitenvarianz*). Durch diese

Parameterreduzierung kann es auf Ebene der Hauptparameter zu extremen Bewertungsabweichungen kommen (vgl. dazu das Fallbeispiel bzgl. des *HP-1 Laufentwicklung* am Ende dieses Kapitels).

Zusammenfassung mehrerer Einzelparameter zu einem Einzelparameter: Vier Einzelparameter der BAWÜ-Version stellen Aggregationen aus zwei Einzelparametern der HESSEN-Version dar (vgl. dazu Anlage II). Bei diesen Parametern werden jeweils zwei gewässerstrukturelle Aspekte gleichzeitig erfasst und mit einer Bewertung belegt. Dies betrifft die BAWÜ-Parameter *EP-4.1 Sohlzustand*, der sich aus den Parametern *Sohlverbau* und *Besondere Sohlstrukturen* zusammensetzt, *EP-5.2 Uferzustand*, der sich aus den Parametern *Uferverbau* und *Besondere Uferstrukturen* zusammensetzt, *EP-2.5 Strömungsdiversität/Tiefenvarianz*, bei dem die Parameter *Strömungsdiversität* und *Tiefenvarianz* gemeinsam bewertet werden sowie *EP-6.1 Flächennutzung*, der sich aus den Parametern *Flächennutzungen* und *Schädliche Umfeldstrukturen* zusammensetzt. Die Teilparameter des Parameters *EP-2.5 Strömungsdiversität/Tiefenvarianz* werden zwar getrennt bewertet, die endgültige Bewertung des Parameters wird aber durch die negativere der beiden Teilbewertungen bestimmt. Bei den Parametern *EP-4.1 Sohlzustand* und *EP-5.2 Uferzustand* sind die Schadstrukturen (Sohlverbau bzw. Uferverbau) bereits in die Parameterausprägungen integriert (z. B. „ungesichert, ohne Böschungsvarianz“ als Ausprägungsmöglichkeit des Parameters *Sohlzustand*). Durch die Zusammenfassung mehrerer Einzelparameter bei der BAWÜ-Version kann es zu deutlichen Bewertungsabweichungen kommen (vgl. dazu das Fallbeispiel bzgl. des Hauptparameters *HP-5 Uferstruktur* am Ende dieses Kapitels).

Indexdotierung (typunspezifisch): In der Regel gleichen sich die Indexdotierungen der Parameterausprägungen typunspezifischer Einzelparameter der beiden Verfahrensversionen. In einigen Fällen weichen die Indexdotierungen geringfügig um eine Strukturklasse voneinander ab (siehe dazu Anlage III). Eine Ausnahme stellt jedoch die Bewertung der Parameterausprägung „Saumstreifen > 50%“ des Einzelparameters *EP-6.2 Gewässerrandstreifen* dar. Hier unterscheiden sich die Bewertungen der HESSEN-Version (Strukturklasse 5) und der BAWÜ-Version (Strukturklasse 3) um zwei Strukturklassen. In der Regel führen diese Indexunterschiede aber zu keinen nennenswerten Abweichungen auf Ebene der Hauptparameter.

Indexdotierung (typspezifisch): Die HESSEN-Version weist eine sehr differenzierte Typisierung der Gewässer in insgesamt elf morphologische Typen auf, die sich aus Kombinationen von fünf Taltypen und fünf Substrattypen ergeben (vgl. dazu Tabelle 2-2). Die BAWÜ-Version unterscheidet zwar fünf Krümmungs- bzw. Lauftypen und sechs Taltypen (vgl. dazu den Kartierbogen der BAWÜ-Version in Anlage I), für die gewässertyp-spezifische Indexdotierung werden diese Typen aber nur in zwei Kategorien eingeordnet: Flachlandgewässer und alle übrigen Taltypen. Diese unterschiedliche Vorgehensweise kann bei einigen Einzelparametern u.U. zu zahlreichen und sehr deutlichen Bewertungsunterschieden führen. Zudem ist bei der BAWÜ-Version die Anzahl der Ausprägungen einzelner Parameter gegenüber der Anzahl bei der HESSEN-Version reduziert. So sind beispielsweise die Ausprägungen „mäßig geschwungen“, „stark geschwungen“ und „geschlängelt“ des Einzelparameters *EP-1.1 Laufkrümmung* der HESSEN-Version bei der BAWÜ-Version zur Ausprägung „gewunden“ zusammengefasst (siehe hierzu Anlage II). Durch diese Generalisierung

bei der BAWÜ-Version kann es je nach Taltyp zu Bewertungsaufwertungen von bis zu 3 Strukturklassen gegenüber der HESSEN-Version kommen (vgl. dazu Tabelle 5-31).

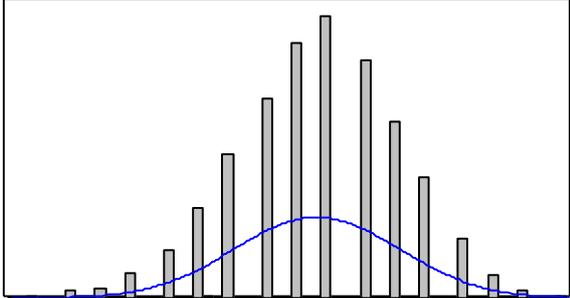
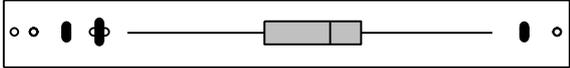
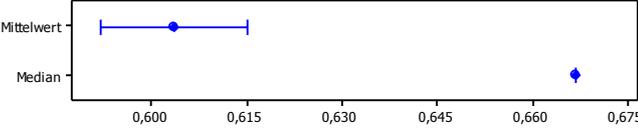
Mehrfachregistrierung von Ausprägungsmerkmalen bestimmter Einzelparameter: Bei einigen Einzelparametern sind bei beiden Versionen Mehrfachregistrierungen von Ausprägungsmerkmalen möglich (z. B. Uferbewuchs). Während bei der HESSEN-Version in diesen Fällen immer das Merkmal mit der negativsten Bewertung die endgültige Einzelparameterbewertung bestimmt, wird diese bei der BAWÜ-Version über eine gewichtete Mittelwertbildung aller Merkmalsbewertungen errechnet: Alle Bewertungen der Merkmale mit einem Anteil im Kartierungsabschnitt von 10–50% werden zunächst gemittelt. Anschließend wird aus diesem Wert und dem doppelt gewichteten Wert des dominanten Merkmals mit einem Anteil > 50% im Kartierungsabschnitt erneut ein Mittelwert gebildet. Dieser Wert stellt die endgültige Bewertung des Einzelparameters dar. Diese unterschiedlichen Vorgehensweisen können zu deutlichen Bewertungsabweichungen führen, wie das Fallbeispiel des Hauptparameters *HP-5 Uferstruktur* am Ende dieses Kapitels zeigt.

Diese acht methodischen Unterschiede stellen die potenziellen Abweichungsfaktoren zwischen Bewertungen der HESSEN-Version und der BAWÜ-Version dar. Die Bewertungsunterschiede, die durch die ersten drei genannten Faktoren verursacht werden (Teilfaktoren des Inter-Rating-Bias), werden im Folgenden gemeinsam wirkend auf Ebene der Gesamtbewertung und Hauptparameter dargestellt. Die einzelnen Teilfaktoren wurden bereits in den Untersuchungen zum Inter-Rating-Bias quantifiziert (vgl. dazu Kapitel 5.1) und werden deshalb an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt. Der Fokus dieses Kapitels liegt auf den restlichen Abweichungsfaktoren des Inter-Version-Bias.

Die Ergebnisse des Vergleichs der Verfahrensversionen HESSEN und BAWÜ auf Ebene der **Gesamtbewertung** sind in Tabelle 5-27 dargestellt. Bei diesem Vergleich wirken alle o. g. potenziellen Abweichungsfaktoren (inkl. den Teilfaktoren des Inter-Rating-Bias). Der mittlere Abweichung des Gesamtindex beträgt 0,60 (Std. Abw.: 0,42). Die Indextdifferenzen sind relativ gleichmäßig zwischen dem Minimum -0,93 und dem Maximum 1,83 annähernd normalverteilt. Die linksschiefe Verteilung der Abweichungen weist auf eine tendenziell positivere Bewertung durch die BAWÜ-Version hin. Diese Aufwertungstendenz durch die BAWÜ-Version wird sehr deutlich durch das Ergebnis des Wilcoxon-Tests bestätigt.

Nach Klassierung der Indexwerte weichen die Bewertungen in 43% der Fälle nicht voneinander ab, in 53% der Fälle kommt es zu geringen Abweichungen um eine Strukturklasse. Die Anzahl (N = 193) bzw. der Anteil (4%) der deutlichen Abweichungen um zwei Strukturklassen ist für die höchste Aggregationsebene (Gesamtbewertung) sehr groß. Die Verteilung der Strukturklassendifferenzen zeigt eine eindeutige aufwertende Tendenz durch die BAWÜ-Version. Nur 4% aller Abweichungen sind negativ, also Abwertungen durch die BAWÜ-Version, 96% der Abweichungen stellen Aufwertungen durch die BAWÜ-Version dar. Die Verfahrensrobustheit gegenüber dem Inter-Version-Bias ist auf Ebene der Gesamtbewertung als „sehr groß“ zu bezeichnen (RM = 0,96), dennoch ist der Anteil der deutlichen Abweichungen mit 4% relativ groß.

Tabelle 5-27: Statistische Auswertung des Inter-Version-Bias auf Ebene der Gesamtbewertung.

| Inter-Version-Bias – Version-HESSEN vs. Version-BAWÜ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|-------------|-------|-------------|-------|------------|---------|--------|---------|---------|---------|-------------|-----------|----------|----------|--------|--------|---------|-------------|----------------|---------|--------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|--|--|--------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|
| Zusammenfassende Statistik auf Ebene der Gesamtbewertung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung</td> </tr> <tr> <td>A-Quadrat</td> <td style="text-align: right;">34,47</td> </tr> <tr> <td>p-Wert <</td> <td style="text-align: right;">0,005</td> </tr> <tr> <td>Mittelwert</td> <td style="text-align: right;">0,60349</td> </tr> <tr> <td>StdAbw</td> <td style="text-align: right;">0,41966</td> </tr> <tr> <td>Varianz</td> <td style="text-align: right;">0,17611</td> </tr> <tr> <td>Schiefe</td> <td style="text-align: right;">-0,231090</td> </tr> <tr> <td>Kurtosis</td> <td style="text-align: right;">0,036566</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td style="text-align: right;">4991</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td style="text-align: right;">-0,93333</td> </tr> <tr> <td>Erstes Quartil</td> <td style="text-align: right;">0,33333</td> </tr> <tr> <td>Median</td> <td style="text-align: right;">0,66667</td> </tr> <tr> <td>Drittes Quartil</td> <td style="text-align: right;">0,83333</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td style="text-align: right;">1,83333</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Mittelwert</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">0,59184 0,61513</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für Median</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">0,66667 0,66667</td> </tr> <tr> <td colspan="2">95%-Konfidenzintervall für StdAbw</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">0,41158 0,42806</td> </tr> </table> | Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | A-Quadrat | 34,47 | p-Wert < | 0,005 | Mittelwert | 0,60349 | StdAbw | 0,41966 | Varianz | 0,17611 | Schiefe | -0,231090 | Kurtosis | 0,036566 | N | 4991 | Minimum | -0,93333 | Erstes Quartil | 0,33333 | Median | 0,66667 | Drittes Quartil | 0,83333 | Maximum | 1,83333 | 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | 0,59184 0,61513 | 95%-Konfidenzintervall für Median | | | 0,66667 0,66667 | 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | 0,41158 0,42806 |
| Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-Quadrat | 34,47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p-Wert < | 0,005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | 0,60349 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| StdAbw | 0,41966 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varianz | 0,17611 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiefe | -0,231090 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kurtosis | 0,036566 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 4991 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | -0,93333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erstes Quartil | 0,33333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Median | 0,66667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drittes Quartil | 0,83333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum | 1,83333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Mittelwert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,59184 0,61513 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für Median | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,66667 0,66667 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervall für StdAbw | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,41158 0,42806 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95%-Konfidenzintervalle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittlerer Abweichungsbetrag = 0,64 (Std.-Abw. = 0,37) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Σ –</th> <th style="text-align: center;">-2</th> <th style="text-align: center;">-1</th> <th style="text-align: center;">0</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: right;">Σ +</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: right;">126</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">126</td> <td style="text-align: center;">2143</td> <td style="text-align: center;">2529</td> <td style="text-align: center;">193</td> <td style="text-align: right;">2722</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">4%</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,5 %</td> <td style="text-align: center;">43,0 %</td> <td style="text-align: center;">50,5 %</td> <td style="text-align: center;">4,0 %</td> <td style="text-align: right;">96 %</td> </tr> </tbody> </table> | Σ – | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | Σ + | 126 | - | 126 | 2143 | 2529 | 193 | 2722 | 4% | | 2,5 % | 43,0 % | 50,5 % | 4,0 % | 96 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Σ – | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | Σ + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 126 | - | 126 | 2143 | 2529 | 193 | 2722 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4% | | 2,5 % | 43,0 % | 50,5 % | 4,0 % | 96 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robustheitsmaß | 0,96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geringe Abweichungen | | 2655 (53%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deutliche Abweichungen | | 193 (4%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <i>Negative & positive Summenanteile bezogen auf Anzahl aller Abw. Anteile geringer und deutlicher Abw. bezogen auf Gesamtzahl der Paare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signifikanz (Wilcoxon-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau | Positive Rangsumme | Negative Rangsumme | W | Asymp. Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Index | 10.937.469,00 | 232.432,00 | -57,203 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klasse | 3.889.648,00 | 167.328,00 | -47,488 | < 0,001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichung: signifikant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abweichungstendenz durch Inter-Version-Bias: aufwertend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korrelation (Spearman-Test) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spearman's Rho | Index | 0,882 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Klasse | 0,795 (p < 0,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

In einem zweiten Schritt werden die Bewertungsunterschiede auf Ebene der Gesamtbewertung zwischen der HESSEN-Version und der BAWÜ-Version mit und ohne den Faktor IRB dargestellt (Tabelle 5-28). Bei Vergleich-1 kommt die Aggregationsvariante-3 der HESSEN-Version zur Anwendung, die die Abweichungswirkung des Inter-Rating-Bias enthält. Bei Vergleich-2 bildet die Aggregationsvariante-1 die Berechnungsgrundlage der Gesamtbewertung gem. HESSEN-Version. Dabei werden die Bewertungen ohne den Abweichungsfaktor IRB ermittelt (vgl. dazu Kapitel 2.3). Somit werden die Bewertungsunterschiede bei Vergleich-2 ausschließlich durch die Abweichungsfaktoren *Anzahl der Einzelparameter*, *Parameterzusammenfassung*, *Indexdotierung* und *Mehrfachregistrierung* verursacht.

Der direkte Vergleich der Bewertungsabweichungen mit und ohne die Abweichungswirkung des Inter-Rating-Bias zeigt deutlich, dass die Ergebnisse der BAWÜ-Version stärker von der HESSEN-Version in der Variante-3 (mit IRB) abweichen als von der Variante-1 (ohne IRB). Der Anteil der Bewertungspaare ohne Abweichungen erhöht sich um ca. 7 % von 43 % (mit IRB) auf 50 % (ohne IRB). Der Anteil der deutlichen Aufwertungen durch die BAWÜ-Version reduziert sich deutlich von 4 % (mit IRB) auf 1,3 % (ohne IRB). Dementsprechend erhöht sich das Robustheitsmaß von 0,96 (mit IRB) auf 0,99 (ohne IRB). Die Verteilung der Abwertungen (4 %) und Aufwertungen (96 %) bleibt gleich: Die sehr deutliche Aufwertungstendenz der BAWÜ-Version ist auch ohne den Einfluss des Inter-Rating-Bias gegeben.

Tabelle 5-28: Vergleich des Inter-Version-Bias mit und ohne den Einfluss des Inter-Rating-Bias.

| Inter-Version-Bias – HESSEN vs. BAWÜ | | [Gesamtbewertung] | | | | | | |
|--|------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | |
| | | -1 | 0 | 1 | 2 | | | |
| Vergleich-1: HESSEN (Variante-3) vs. BAWÜ mit Inter-Rating-Bias | | 126 2,5% | 2143 43,0% | 2529 50,5% | 193 4,0% | | | |
| Vergleich-2: HESSEN (Variante-1) vs. BAWÜ ohne Inter-Rating-Bias | | 89 1,8% | 2533 50,7% | 2306 46,2% | 63 1,3% | | | |
| Statistik (basierend auf Klassenabweichungen) | | | | | | | | |
| Ver- gleich | RM | Gerin- ge Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\sum -$ ^b | $\sum +$ ^b | MW ^c Std. Abw | S. Rho ^d | Tendenz ^d |
| 1 | 0,96 | 53 % | 4 % | 4 % | 96 % | 0,64 (0,37) | 0,80** | aufwertend** |
| 2 | 0,99 | 48 % | 1,3 % | 4 % | 96 % | 0,47 (0,29) | 0,81** | aufwertend** |

a) Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare.
 b) Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare.
 c) Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungsbeträge.
 d) Signifikant (**) bei $p < 0,01$ (Abweichungstendenz basierend auf Wilcoxon-Testergebnis).

Tabelle 5-30 führt die gemeinsame Abweichungswirkung aller Teilfaktoren (inkl. des Inter-Rating-Bias) auf Ebene der **Hauptparameter** auf. Alle Hauptparameter haben einen geringen bzw. sehr geringen Anteil an Bewertungspaaren, die keine Abweichung aufweisen (6,1–39,3%). Der Anteil der deutlichen Abweichungen um mehr als eine Strukturklasse ist bei den Hauptparametern HP-1, HP-4, HP-5 und HP-6 mit 40,3% bis 72,5% extrem hoch. Ebenfalls auffällig ist die sehr hohe Anzahl an extremen Bewertungsabweichungen bei den Hauptparametern *HP-1 Laufentwicklung* und *HP-4 Querprofil*. Ursächlich hierfür ist das Zusammenspiel aus deutlich unterschiedlicher Einzelparameterzahl (HESSEN: 4 Einzelparameter je Hauptparameter; BAWÜ: 1 Einzelparameter je Hauptparameter) und einer sehr unterschiedlichen typspezifischen Indexdotierung der Einzelparameter *EP-1.1 Laufkrümmung* und *EP-4.4 Breitenvarianz*. Am Ende dieses Kapitels werden anhand von Fallbeispielen die Ursachen für diese extremen Bewertungsabweichungen erläutert.

Die jeweiligen Anteile der positiven und negativen Abweichungen je Hauptparameter und die Testergebnisse des Wilcoxon-Tests weisen auf eindeutige Abweichungstendenzen hin. Mit Ausnahme des HP-2 und HP-4 fallen die Bewertungen der BAWÜ-Version tendenziell positiver aus als die Bewertungen der HESSEN-Version.

In Tabelle 5-29 wird der Einfluss des Inter-Rating-Bias auf die Bewertungsrobustheit der Hauptparameter isoliert (ΔRM). Der Inter-Rating-Bias hat insgesamt betrachtet einen relativ geringen Einfluss auf die Bewertungsabweichungen auf Ebene der Hauptparameter. Bei drei Hauptparametern (HP-1, HP-2 und HP-4) bewirkt er eine geringfügige Verbesserung der Bewertungsrobustheit. Bei drei Hauptparametern (HP-3, HP-5 und HP-6) führt die Abweichungswirkung des Inter-Rating-Bias zu einer Verschlechterung des Robustheitsmaßes. Am deutlichsten ist diese Verschlechterung bei den beidseitigen Hauptparametern (HP-5 und HP-6), da hier neben den Teilfaktoren IRB-A1 und IRB-B zusätzlich die Teilfaktoren IRB-A2 und IRB-A3 zur Geltung kommen, die bei den übrigen Hauptparametern keine Rolle spielen.

Tabelle 5-29: Wirkung der IVB-Teilfaktoren auf die Bewertungsrobustheit der Hauptparameter.

| Hauptparameter | Robustheitsmaß RM (mit IRB) | ΔRM ($RM_{mitIRB} - RM_{ohneIRB}$) | Robustheitsmaß RM (ohne IRB) |
|----------------------|--------------------------------|---|---------------------------------|
| HP-1 Laufentwicklung | 0,28 | -0,05 | 0,23 |
| HP-2 Längsprofil | 0,89 | -0,02 | 0,87 |
| HP-3 Sohlenstruktur | 0,85 | +0,02 | 0,87 |
| HP-4 Querprofil | 0,39 | -0,05 | 0,34 |
| HP-5 Uferstruktur | 0,51 | +0,13 | 0,64 |
| HP-6 Gewässerumfeld | 0,60 | +0,15 | 0,75 |

Tabelle 5-30: Inter-Version-Bias auf Hauptparameter-Ebene.

| Inter-Version-Bias – HESSEN vs. BAWÜ | | | | | | | | | | | [Hauptparameter] | |
|---|----|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|-----------|
| Abweichungswirkung aller Teilfaktoren (inkl. Inter-Rating-Bias) | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | | |
| HP | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | | | | 8 0,2 % | 34 0,7 % | 303 6,1 % | 1029 20,8 % | 1722 34,7 % | 1291 26,0 % | 473 9,5 % | 97 2,0 % | 1 0,02 |
| 2 | | 1 0,02 % | 85 1,7 % | 451 9,0 % | 1907 38,2 % | 1963 39,3 % | 579 11,6 % | 5 0,1 % | | | | |
| 3 | | | | | 23 0,5 % | 1398 28,0 % | 2827 56,6 % | 690 13,8 % | 50 1,0 % | 3 0,1 % | | |
| 4 | | 186 3,7 % | 1205 24,1 % | 1629 32,6 % | 1264 25,3 % | 496 10,0 % | 187 3,8 % | 19 0,4 % | 5 0,1 % | | | |
| 5 | | | | 3 0,06 % | 60 1,2 % | 609 12,2 % | 1868 37,4 % | 1855 37,2 % | 557 11,2 % | 38 0,8 % | 1 0,02 % | |
| 6 | | | | | 82 1,6 % | 692 13,9 % | 2208 44,2 % | 1354 27,1 % | 640 12,8 % | 15 0,3 % | | |

Gesamtanzahl der Bewertungspaare für Hauptparameter HP-1 = 4958.
Gesamtanzahl der Bewertungspaare je Hauptparameter HP-2 bis HP-6 = 4991.

| Statistik (basierend auf Klassenabweichungen) | | | | | | | | |
|---|------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| HP | RM | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\sum -$ ^b | $\sum +$ ^b | MW ^c Std. Abw | S. Rho ^d | Tendenz ^d |
| 1 | 0,28 | 21,4 % | 72,5 % | 1 % | 99 % | 2,17 (1,12) | 0,52** | aufwertend** |
| 2 | 0,89 | 49,8 % | 10,9 % | 81 % | 19 % | 0,73 (0,70) | 0,65** | abwertend** |
| 3 | 0,85 | 57,1 % | 14,9 % | 1 % | 99 % | 0,88 (0,67) | 0,87** | aufwertend** |
| 4 | 0,39 | 29,1 % | 61,0 % | 95 % | 5 % | 1,83 (1,03) | 0,55** | abwertend** |
| 5 | 0,51 | 38,6 % | 49,2 % | 1 % | 99 % | 1,50 (0,87) | 0,80** | aufwertend** |
| 6 | 0,60 | 45,9 % | 40,3 % | 2 % | 98 % | 1,40 (0,89) | 0,75** | aufwertend** |

a) Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare.
b) Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare.
c) Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungsbeträge.
d) Signifikant (**) bei $p < 0,01$ (Abweichungstendenz basierend auf Wilcoxon-Testergebnis)

Die Bewertungsabweichungen zwischen der HESSEN-Version und der BAWÜ-Version auf Ebene der Einzelparameter (Tabelle 5-31 und Tabelle 5-32) sind auf folgende Abweichungsfaktoren zurückzuführen:

- Unterschiedliche (typspezifische) Indexdotierung
- Zusammenfassung von Einzelparametern bei der BAWÜ-Version
- Abweichende Bewertungsaggregation bei Parametern mit Mehrfachregistrierung

Bei den statistischen Auswertungen des Einzelparameters EP-1.1 Laufkrümmung sind diejenigen Bewertungspaare nicht berücksichtigt, bei denen eine der beiden Versionen diesen Parameter aufgrund typspezifischer Indexdotierung nicht berücksichtigt. Als Fallbeispiel solch einer Konstellation wird auf die Betrachtung des Hauptparameters *HP-1 Laufentwicklung* am Ende dieses Kapitels verwiesen. Bei den folgenden Beschreibungen der Bewertungsrobustheit und Abweichungsursachen sind für die beidseitigen Parameter die Teilfaktoren IRB-A2 und IRB-A3 des Inter-Rating-Bias nicht berücksichtigt.

EP-1.1 Laufkrümmung (Bewertungsrobustheit: sehr gering; $RM = 0,22$): Die sehr zahlreichen geringen und deutlichen Abweichungen kommen ausschließlich aufgrund einer unterschiedlichen **typspezifischen Indexdotierung** der Parameterausprägungen zustande. Die HESSEN-Version stuft die Laufkrümmung in sieben verschiedene Krümmungsintensitäten ein, die BAWÜ-Version fasst diese zu vier Ausprägungen bzw. Indexdotierungen zusammen. Zudem weicht die Indexdotierung gleicher Ausprägungen bei bestimmten korrespondierenden morphologischen Typen um bis zu drei Strukturklassen voneinander ab (z. B.: „gestreckt“ bei Taltyp *Auetal* (HESSEN) → Strukturklasse 6 vs. „gestreckt“ bei Laufform *gewunden, unverzweigt* (BAWÜ) → Strukturklasse 3).

EP-2.5 Strömungsdiv. / EP-2.6 Tiefenvar. (Bewertungsrobustheit: sehr groß; $RM = 0,99$): Dieser Parameter stellt bei der BAWÜ-Version eine **Zusammenfassung aus zwei Parametern** der HESSEN-Version dar. Die negativere Teilbewertung bestimmt die zusammengefasste Bewertung. Dadurch treten im Vergleich zur Mittelwertbildung der HESSEN-Version nur keine oder abwertende Abweichungen der Bewertung auf. Die jeweiligen Teilparameter weisen sehr geringe Abweichungsanteile und eine sehr hohe Bewertungsrobustheit ($RM_{EP-2.5} = 1,00$ resp. $RM_{EP-2.6} = 0,97$) auf. Abweichungen treten in Ausnahmefällen durch eine leicht **unterschiedliche typspezifische Indexdotierung** auf.

EP-3.2 Substratdiversität (Bewertungsrobustheit: sehr groß; $RM = 0,996$): Die äußerst geringe Anzahl an Abweichungen wird bei diesem Parameter durch eine leicht unterschiedliche **typspezifische Indexdotierung** der BAWÜ-Version gegenüber der HESSEN-Version verursacht.

EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen (Bewertungsrobustheit: mäßig; $RM = 0,77$): Die zahlreichen und teilweise sehr deutlichen Aufwertungen durch die BAWÜ-Version werden zum einen durch die zusätzliche Berücksichtigung des Parameters Sohlverbau (**Parameterzusammenfassung**) bei der BAWÜ-Version und zum anderen durch die abweichende **Bewertungsaggregation** von mehreren Parameterausprägungen verursacht: In die Bewertung der BAWÜ-Version wird die Parameterausprägung „kein Sohlverbau“ positiv bewertet, in der HESSEN-Version wird diese Ausprägung nicht berücksichtigt. In der BAWÜ-Version ist bei diesem Parameter zudem eine Mehrfachregistrierung von Parameterausprägungen möglich, die über eine gewichtete Mittelwertbildung zu endgültigen Parameterbewertung verrechnet werden. Bei der HESSEN-Version wird ausschließlich die Anzahl besonderer Sohlstrukturen im Kartierungsabschnitt bewertet.

EP-4.4 Breitenvarianz (Bewertungsrobustheit: sehr gering; RM = 0,43): Bei diesem Parameter kommt es zu zahlreichen, zumeist deutlich negativeren Bewertungen bei der BAWÜ-Version gegenüber der HESSEN-Version. Ursache hierfür ist, dass bei der HESSEN-Version die **Indexdotierung** auf dem typspezifischen Sohlsubstrat basiert. Hier fallen insbesondere bei den Typen mit fein-lehmigen Substrat die Dotierungen sehr moderat aus (z. B.: „geringe Breitenvarianz“: Strukturklasse 3). Die BAWÜ-Version unterscheidet bei der Indexdotierung nur zwischen Taltypen. Eine geringe Breitenvarianz wird dabei mit Strukturklasse 4 oder 6 bewertet.

EP-5.1 Uferbewuchs (Bewertungsrobustheit: groß; RM = 0,86): Die überwiegend aufwertenden Abweichungen zwischen der HESSEN-Version und der BAWÜ-Version basieren auf der unterschiedlichen Erfassung und Bewertung der Parameterausprägungen (**Mehrfachregistrierung**). Bei der HESSEN-Version wird stets nur der dominante Gehölz- und Krautbewuchs erfasst. Die negativer bewertete Ausprägung bestimmt die Parameterbewertung. Bei der BAWÜ-Version werden alle Bewuchsformen anteilig (10-50%, > 50%) erfasst. In die Bewertung fließen die Teilbewertungen aller Ausprägungen durch Mittelwertbildung. Die dominante Bewuchsform (Anteil > 50%) wird doppelt gewichtet.

EP-5.3 Besondere Uferstrukturen (Bewertungsrobustheit: gering; RM = 0,51): Die Ursachen für die zahlreichen geringen und deutlichen Bewertungsabweichungen entsprechen denen des Einzelparameters *EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen* (**Parameterzusammenfassung, Bewertungsaggregation bei Mehrfachregistrierung**). In der BAWÜ-Version wird zusätzlich der Parameter *Uferverbau* berücksichtigt und auch dann bewertet, wenn kein Uferverbau vorhanden ist. Dies verursacht i. d. R. Bewertungsaufwertung durch die BAWÜ-Version.

EP-6-1 Flächennutzung (Bewertungsrobustheit: groß; RM = 0,90): Bei diesem Parameter kommt es zu wenigen, aber teilweise sehr deutlichen Abwertungen und zu zahlreichen, überwiegend geringen Aufwertungen durch die BAWÜ-Version. Die Ursache für beide Abweichungstendenzen ist die unterschiedliche **Bewertungsaggregation** der mehrfach registrierten Parameterausprägungen. In der HESSEN-Version können zwar alle vorkommenden Flächennutzungsarten erfasst werden, bewertet wird aber nur die mit der negativsten Indexdotierung. Die Bewertungsaggregation der BAWÜ-Version entspricht der unter EP-5.1 beschriebenen Methodik. Diese unterschiedliche Vorgehensweise führt i. d. R. zu Aufwertungen durch die BAWÜ-Version. Im Zusammenspiel mit der **Berücksichtigung beider Gewässerseiten durch Mittelwertbildung** der linken und rechten Bewertung kann es aber bei deutlich unterschiedlich ausgeprägten Flächennutzungen in Ausnahmefällen zu extremen Abwertungen durch die BAWÜ-Version kommen.

EP-6.2 Gewässerrandstreifen (Bewertungsrobustheit: mäßig; RM = 0,75): Neben einer leicht abweichenden **typspezifischen Indexdotierung** (Ausprägung „Saumstreifen, vollständig“ → HESSEN: Strukturklasse 5 vs. BAWÜ: Strukturklasse 3) ist die oben mehrfach beschriebene unterschiedliche **Bewertungsaggregation von Mehrfachausprägungen** ursächlich für die zahlreichen geringen und deutlichen Aufwertungen durch die BAWÜ-Version.

Tabelle 5-31: Inter-Version-Bias auf Einzelparameter-Ebene.

| Anzahl und Anteile der Strukturklassenabweichungen | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|---|
| EP | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1.1 | | | | | | 62 1,5% | 889 20,8% | 2007 47,1% | 1306 30,6% | | |
| 2.5/2.6 | | | | 43 0,9% | 891 17,9% | 4057 81,3% | | | | | |
| 2.5 | | | | | 531 10,6% | 4452 89,2% | 8 0,2% | | | | |
| 2.6 | | | | 133 2,7% | 802 16,1% | 4039 80,9% | 17 0,3% | | | | |
| 3.2 | | | | | | 4892 98,0% | 79 1,6% | 20 0,4% | | | |
| 3.4 | | | | | | 1311 26,3% | 2536 50,8% | 462 9,3% | 616 12,3% | 66 1,3% | |
| 4.4 | | | 168 3,4% | 2663 53,4% | 250 5,0% | 1890 37,9% | | 20 0,4% | | | |
| 5.1 | | | | 77 1,5% | 387 7,8% | 692 13,9% | 3199 64,1% | 500 10,0% | 136 2,7% | | |
| 5.3 | | | | | 30 0,6% | 913 18,3% | 1623 32,5% | 1111 22,3% | 1314 26,3% | | |
| 6.1 | 2 <0,1% | 1 <0,1% | 12 0,3% | 87 2,0% | 426 10,0% | 1187 27,8% | 2240 52,5% | 306 7,2% | 3 0,1% | | |
| 6.2 | | | | | | 2577 51,6% | 1172 23,5% | 1109 22,2% | 127 2,5% | 6 0,1% | |

Tabelle 5-32: Statistik des Inter-Version-Bias auf Einzelparameter-Ebene.

| EP | Robustheitsmaß | Geringe Abw. ^a | Deutliche Abw. ^a | $\sum -$ ^b | $\sum +$ ^b | Tendenz |
|---------|----------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| 1.1 | 0,22 | 21 % | 78 % | - | 100 % | aufwertend |
| 2.5/2.6 | 0,99 | 18 % | 1 % | 100 % | - | abwertend |
| 2.5 | 1,00 | 11 % | - | 99 % | 1 % | abwertend |
| 2.6 | 0,97 | 16 % | 3 % | 98 % | 2 % | abwertend |
| 3.2 | 0,996 | 2 % | 0,4 % | - | 100 % | aufwertend |
| 3.4 | 0,77 | 51 % | 23 % | - | 100 % | aufwertend |
| 4.4 | 0,43 | 5 % | 57 % | 99 % | 1 % | abwertend |
| 5.1 | 0,86 | 72 % | 14 % | 11 % | 89 % | aufwertend |
| 5.3 | 0,51 | 33 % | 49 % | 1 % | 99 % | aufwertend |
| 6.1 | 0,90 | 63 % | 10 % | 17 % | 83 % | aufwertend |
| 6.2 | 0,75 | 23 % | 25 % | - | 100 % | aufwertend |

a) Anteile der geringen und deutlichen Abweichungen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Bewertungspaare.
 b) Anteile der negativen und positiven Abweichungen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der abweichenden Bewertungspaare.
 Typspezifische Parameter sind violett markiert.

Tabelle 5-33 fasst die Bewertungsrobustheit der Haupt- und Einzelparameter gegenüber dem Inter-Version-Bias zusammen. Die Reduzierung der Einzelparameter bei der BAWÜ-Version hat im Fall des HP-1 nahezu keine Auswirkung. Bei den Hauptparametern HP-2 und HP-4 ist die Abweichungswirkung der **Parameterreduzierung** deutlich erkennbar aus der Differenz der Robustheitsmaße auf Haupt- und Einzelparameterebene. Im Folgenden werden Fallbeispiele für deutliche Bewertungsabweichungen für alle sechs Hauptparameter dargestellt.

Tabelle 5-33: Robustheit der Haupt- und Einzelparameter gegenüber dem Inter-Version-Bias

| Robustheitsmaß der Haupt- parameter | Einzelparameter Bezeichnung und Kennzahl der jeweiligen Verfahrensversion | | Robustheitsmaß der Einzelparameter |
|--|---|--|--|
| | HESSEN-Version | BAWÜ-Version | |
| | | | |
| HP-1 Laufentwicklung RM: 0,23 | 1.1 Laufkrümmung | 1.1 Laufform | 0,22 |
| | 1.2 Krümmungserosion | (1.2 Krümmungserosion) | Bei BAWÜ-Version nur in Ausnahmefällen bewertet. |
| | 1.3 Längsbänke | - | - |
| | 1.4 Bes. Laufstrukturen | - | - |
| HP-2 Längsprofil RM: 0,87 | 2.4 Querbänke | - | - |
| | 2.5 Strömungsdiversität | 2.5 Strömungsdiversität / Tiefenvarianz | 1,00 |
| | 2.6 Tiefenvarianz | | 0,97 |
| HP-3 Sohlenstruktur RM: 0,87 | (3.1 Sohlsubstrat) | - | Bei HESSEN-Version nur in Ausnahmefällen bewertet. |
| | 3.2 Substratdiversität | 4.2 Substratdiversität | 0,996 |
| | 3.4 Bes. Sohlstrukturen | 4.1 Sohlzustand | 0,77 |
| HP-4 Querprofil RM: 0,34 | 4.1 Profiltyp | - | - |
| | 4.2 Profiltiefe | - | - |
| | 4.3 Breitenerosion | - | - |
| | 4.4 Breitenvarianz | 3.1 Breitenvarianz | 0,43 |
| HP-5 Uferstruktur RM: 0,64 | 5.1 Uferbewuchs | 5.1 Uferbewuchs | 0,86 |
| | 5.3 Bes. Uferstrukturen | 5.2 Uferzustand | 0,51 |
| HP-6 Gewässerumfeld RM: 0,75 | 6.1 Flächennutzung | 6.1 Flächennutzung | 0,90 |
| | 6.2 Gew.-Randstreifen | 6.2 Gew.-Randstreifen | 0,75 |
| | 6.3 Schäd. Umfeldstrukturen | - | Bei BAWÜ-Version in EP- 6.1 <i>Flächennutzung</i> integriert. |

Diese Seite ist für eine verbesserte Lesbarkeit der folgenden Ausführungen freigehalten.

Hauptparameter **HP-1 Laufentwicklung** (Beispiel: Abschnitt 219-36; Gewässer: Ningserbach)

Hauptparameterbewertung: Nach der HESSEN-Version ist in diesem Fall der Hauptparameter HP-1 Laufentwicklung mit der Strukturklasse 7 bewertet, nach der BAWÜ-Version erhält derselbe Kartierungsabschnitt die Strukturklasse 1. Im Zuge der Plausibilitätskontrolle der HESSEN-Version fand keine Bewertungsanpassung durch den Anwender statt. Die Hauptparameterbewertung unterscheidet sich um 6 Strukturklassen.

Typisierung: Der Abschnitt ist gem. HESSEN-Version dem morphologischen Typ KT_g (Kerbtalgewässer, grobmaterialreich), gem. BAWÜ-Version dem Taltyp K (Kerbtal) und dem Krümmungstyp/Laufstyp G (gestreckt, unverzweigt) zugeordnet.

Einzelparameterbewertung: Die HESSEN-Version berücksichtigt bei diesem morphologischen Typ (KT_g) nur die Einzelparameter EP-1.3 Längsbänke und EP-1.4 Besondere Laufstrukturen. Eine Bewertung der Einzelparameter EP-1.1 Laufkrümmung und EP-1.2 Krümmungserosion ist gem. Verfahrensanleitung der HESSEN-Version nicht sinnvoll, da dieser Gewässertyp aufgrund der Talform (Kerbtal) i. d. R. natürlicherweise einen gestreckten Verlauf ohne Krümmungserosion aufweist. Die BAWÜ-Version hingegen berücksichtigt grundsätzlich nur die Einzelparameter EP-1.1 und EP-1.2, den zweitgenannten Parameter zudem nur, wenn die Laufform begradigt oder geradlinig ist. Bei beiden Versionen erfolgt die Aggregation der Einzelparameter über Mittelwertbildung.

Abweichungsursachen: Die Ursachen für diese extreme Abweichung sind die reduzierte Parameterzahl der BAWÜ-Version und die typspezifische Indexdotierung des Einzelparameters EP-1.1. Die BAWÜ-Version bewertet die natürliche bzw. typische Ausprägung der Laufkrümmung stets mit Strukturklasse 1, unabhängig davon ob die maximal mögliche Krümmungsintensität durch die Talform vorgegeben ist. Bei der HESSEN-Version entfällt die Bewertung der Laufkrümmung, wenn diese von der Talform maßgeblich eingeschränkt ist (Mäandertal und Kerbtal).

Bewertungsdokumentation: Tabelle 5-34

Fotodokumentation: Abbildung 5-18

Tabelle 5-34: Beispiel für Abweichung des HP-1 (Laufentwicklung) aufgrund des IVB: Einzelparameter- und Hauptparameterbewertungen des Abschnitts 219_36 (Gewässer: Ningserbach).

| Einzelparameter | Ausprägung | Bewertung gem. HESSEN-Version | Bewertung gem. BAWÜ-Version |
|---|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| EP-1.1 Laufkrümmung | gestreckt | - | 1 |
| EP-1.2 Krümmungserosion | vereinzelt schwach | - | - |
| EP-1.3 Längsbänke | keine | 7 | - |
| EP-1.4 Besondere Laufstrukturen | keine | 7 | - |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) | | 7 (7,0) | 1 (1,0) |
| Anwenderbewertung (nach Plausibilitätskontrolle) | | 7 | - |



Abbildung 5-18: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-1 (Laufentwicklung) durch IVB – Gewässer: Ningserbach, Kartierungsabschnitt 219_36, Blick gegen Fließrichtung (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter **HP-2 Längsprofil** (Beispiel: Abschnitt 342-17; Gewässer: Koulbich)

Hauptparameterbewertung: Nach der berechneten Bewertung der HESSEN-Version ist der Hauptparameter HP-2 Längsprofil dieses Abschnitts mit der Strukturklasse 2 bewertet. Im Zuge der Plausibilitätskontrolle der HESSEN-Version wurde die berechnete Bewertung durch den Anwender um eine Klasse zur Strukturklasse 1 aufgewertet. Nach der BAWÜ-Version erhält derselbe Kartierungsabschnitt die Strukturklasse 4. Die Hauptparameterbewertung unterscheidet sich um 3 Strukturklassen.

Typisierung: Der Abschnitt ist gem. HESSEN-Version dem morphologischen Typ AT_fs (Mulden- und Auetalgewässer, feinmaterialreich – Sand), gem. BAWÜ-Version dem Taltyp A (Aue- und Muldentalgewässer, allgemein) und dem Krümmungstyp/Lauftyp W (gewunden, unverzweigt) zugeordnet.

Einzelparameterbewertung: Grundsätzlich werden bei den Untersuchungen bzgl. des IVB nur Abschnitte berücksichtigt, die keine anthropogenen Bauwerke aufweisen, womit die Einzelparameter EP-2.1 Querbauwerke, EP-2.2 Verrohrung, EP-2.3 Rückstau und EP-2.7 Ausleitung entfallen (Tabelle 5-35). Die HESSEN-Version berücksichtigt bei diesem morphologischen Typ die Einzelparameter EP-2.4 Querbänke nur, wenn keine Querbänke vorhanden sind. Des Weiteren werden bei der HESSEN-Version die Einzelparameter EP-2.5 Strömungsdiversität und EP-2.6 Tiefenvarianz berücksichtigt. Die BAWÜ-Version berücksichtigt die beiden letztgenannten Parameter, die in dieser Version zu einem Parameter Strömungsdiversität/Tiefenvarianz zusammengefasst sind. Die Aggregation der Einzelparameterbewertungen erfolgt bei der HESSEN-Version über einfache Mittelwertbildung, bei der BAWÜ-Version fließt nur die negativere der beiden Teilbewertungen des zusammengefassten Parameters EP-2.5/EP-2.6 in die Hauptparameterbewertung ein.

Abweichungsursachen: Die Ursachen für diese sehr deutliche Abweichung sind die die Parameterzusammenfassung der Einzelparameter EP-2.5 und EP-2.6 unter ausschließlicher Berücksichtigung der negativeren Bewertung, die abweichende Indexdotierung des Einzelparameter sowie die Bewertungsanpassung durch den Anwender der HESSEN-Version.

Bewertungsdokumentation: Tabelle 5-35

Fotodokumentation: Abbildung 5-19

Tabelle 5-35: Beispiel für Abweichung des HP-2 (Längsprofil) aufgrund des IVB: Einzelparameter- und Hauptparameterbewertungen des Abschnitts 342_17 (Gewässer: Koulbich)

| Einzelparameter | Ausprägung | Bewertung gem. HESSEN-Version | Bewertung gem. BAWÜ-Version |
|---|------------|-------------------------------|-----------------------------|
| EP-2.4 Querbänke | mehrere | - | - |
| EP-2.5 Strömungsdiversität | mäßig | 3 | 4 |
| EP-2.6 Tiefenvarianz | groß | 1 | 2 |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) | | 2 (2,0) | 4 (4,0) |
| Anwenderbewertung (nach Plausibilitätskontrolle) | | 1 | - |



Abbildung 5-19: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-2 (Längsprofil) durch IVB – Gewässer: Koulbich, Kartierungsabschnitt 342_17, Blick gegen Fließrichtung (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter **HP-3 Sohlstruktur** (Beispiel: Abschnitt 570-10; Gewässer: Gaesbach)

Hauptparameterbewertung: Nach der HESSEN-Version ist in diesem Fall der Hauptparameter HP-3 Sohlstruktur mit der Strukturklasse 6 bewertet. Im Zuge der Plausibilitätskontrolle der HESSEN-Version wurde die berechnete Bewertung vom Anwender um eine Klasse zu Strukturklasse 5 aufgewertet. Nach der BAWÜ-Version erhält derselbe Kartierungsabschnitt die Strukturklasse 3. Die Hauptparameterbewertung unterscheidet sich um 2 Strukturklassen.

Typisierung: Der Abschnitt ist gem. HESSEN-Version dem morphologischen Typ AT_g (Mulden- und Auetalgewässer, grobmaterialreich), gem. BAWÜ-Version dem Taltyp Ak (Aue- und Muldentalgewässer, kiesig) und dem Krümmungstyp/Lauftyp W (gewunden, unverzweigt) zugeordnet.

Einzelparameterbewertung: Der Hauptparameter setzt sich zusammen aus den Einzelparametern EP-3.1 Sohlsubstrat (BAWÜ-Version: Info Sohlenssubstrat), EP-3.2 Substratdiversität (BAWÜ-Version: EP-4.2 Substratdiversität) und EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen (BAWÜ-Version: EP-4.1 Sohlzustand). Der Einzelparameter EP-3.1 Sohlsubstrat wird bei der HESSEN-Version nur dann bewertet, wenn unnatürliches Sohlsubstrat (z.B. offener Sohlverbau mit Wasserbausteinen) vorhanden ist. In der BAWÜ-Version wird dieser Parameter grundsätzlich nur nachrichtlich erfasst. Die Einzelparameter EP-3.3 Sohlverbau und EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen werden bei der BAWÜ-Version zusammengefasst als EP-4.1 Sohlzustand erfasst und bewertet. Zusätzlich werden in der BAWÜ-Version unter dem Parameter Sohlzustand auch einzelne Ausprägungen berücksichtigt, die in der HESSEN-Version den Einzelparametern EP-1.3 Längsbänke und EP-1.4 Besondere Laufstrukturen zugeordnet sind.

Abweichungsursachen: Ursachen für die deutliche Abweichung sind die Parameterzusammenfassung sowie die Berücksichtigung des Schadparameters EP-3.3 Sohlverbau in der BAWÜ-Version, obwohl kein Sohlverbau vorhanden ist. Die verbale Zustandsbeschreibung des Parameters Sohlzustand ist in diesem Beispiel „ungesichert, geringe Sohlvarianz“ und wird mit Strukturklasse 3 bewertet. Bei der ursprünglichen LAWA-VO-Version und der HESSEN-Version fließt der Parameter EP-3.3 Sohlverbau nur in die Bewertung ein, wenn die Schadstruktur Sohlverbau vorhanden ist und diese zu einer Abwertung des Hauptparameters führt.

Bewertungsdokumentation: Tabelle 5-36

Fotodokumentation: Abbildung 5-20

Tabelle 5-36: Beispiel für Abweichung des HP-3 (Sohlstruktur) aufgrund des IVB: Einzelparameter- und Hauptparameterbewertungen des Abschnitts 570_10 (Gewässer: Gaesbach).

| Einzelparameter | Ausprägung | Bewertung gem. HESSEN-Version | Bewertung gem. BAWÜ-Version |
|---|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| EP-3.1 Sohlsubstrat | natürliche Substrate | - | - |
| EP-3.2 Substratdiversität | mäßig | 4 | 4 |
| EP-3.3 Sohlverbau | kein | - | 3 |
| EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen | keine | 7 | |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) | | 6 (5,5) | 3 (3,5) |
| Anwenderbewertung (nach Plausibilitätskontrolle) | | 5 | - |



Abbildung 5-20: Beispiel für Bewertungsabweichung des Hauptparameters HP-3 – Gewässer: Gaesbach, Kartierungsabschnitt: 570-10, Blick gegen Fließrichtung (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter **HP-4 Querprofil** (Beispiel: Abschnitt 13-158; Gewässer: Attert)

Hauptparameterbewertung: Nach der HESSEN-Version ist in diesem Fall der Hauptparameter HP-4 Querprofil mit der Strukturklasse 3 bewertet. Im Zuge der Plausibilitätskontrolle fand keine Bewertungsanpassung durch den Anwender statt. Nach der BAWÜ-Version erhält derselbe Kartierungsabschnitt die Strukturklasse 7. Die Hauptparameterbewertung unterscheidet sich um 4 Strukturklassen.

Typisierung: Der Abschnitt ist gem. HESSEN-Version dem morphologischen Typ AT_g (Mulden- und Auetalgewässer, grobmaterialreich), gem. BAWÜ-Version dem Taltyp Ak (Aue- und Muldentalgewässer, kiesig) und dem Krümmungstyp/Lauftyp W (gewunden, unverzweigt) zugeordnet.

Einzelparameterbewertung: Der Hauptparameter setzt sich zusammen aus den Einzelparametern EP-4.1 Profiltyp (BAWÜ-Version: Info Profiltyp), EP-4.2 Profiltiefe (BAWÜ-Version: Info Profiltiefe), EP-4.3 Breitenerosion (BAWÜ-Version: kein entsprechender Parameter), EP-4.4 Breitenvarianz (BAWÜ-Version: EP-3.1 Breitenvarianz) und EP-4.5 Durchlass/Brücke (BAWÜ-Version: EP-3.2 Durchlässe/Brücken). Der Schadparameter EP-4.5 Durchlass/Brücke wird bei der Untersuchung des IVB nicht berücksichtigt. Die Parameter Profiltyp und Profiltiefe werden bei der BAWÜ-Version nur nachrichtlich erfasst und nicht bewertet. Bei Gewässerabschnitten ohne Brücken oder Durchlässe setzt sich die Bewertung dieses Hauptparameters bei der HESSEN-Version aus dem Mittelwert der drei Wertparameter Profiltyp, Profiltiefe und Breitenvarianz zusammen. Die BAWÜ-Version berücksichtigt in solchen Fällen nur den Parameter Breitenvarianz.

Abweichungsursache: Die Ursache für die extreme Abweichung von 4 Strukturklassen ist die sehr starke Reduzierung der Parameterzahl bei der BAWÜ-Version. Hier geht man davon aus, dass die gewässerökologische Qualität des Querprofils einzig durch die Breitenvariabilität erfassbar und bewertbar ist. Hintergrund ist die Annahme, dass die restlichen Einzelparameter des Hauptparameters HP-4 Querprofil redundante Informationen liefern, da die Ausprägungen dieser Parameter stark mit der Ausprägung der Breitenvarianz korrelieren. Dokumentierte, wissenschaftliche Begründungen dieser These werden in der Verfahrensanleitung der BAWÜ-Version nicht aufgeführt.

Bewertungsdokumentation: Tabelle 5-37

Fotodokumentation: Abbildung 5-21

Tabelle 5-37: Beispiel für Abweichung des HP-4 (Querprofil) aufgrund des IVB: Einzelparameter- und Hauptparameterbewertungen des Abschnitts 13_158 (Gewässer: Attert).

| Einzelparameter | Ausprägung | Bewertung gem. HESSEN-Version | Bewertung gem. BAWÜ-Version |
|---|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| EP-4.1 Profiltyp | annähernd Naturprofil | 2 | - |
| EP-4.2 Profiltiefe | mäßig tief | 4 | - |
| EP-4.3 Breitenerosion | schwach | 1 | - |
| EP-4.4 Breitenvarianz | keine | 7 | 7 |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) | | 3 (3,5) | 7 (7,0) |
| Anwenderbewertung (nach Plausibilitätskontrolle) | | 3 | - |



Abbildung 5-21: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-4 (Querprofil) durch IVB – Gewässer: Attert, Kartierungsabschnitt 13_158, Blick gegen Fließrichtung (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter **HP-5 Uferstruktur** (Beispiel: Abschnitt 12-492; Gewässer: Eisch)

Hauptparameterbewertung: Nach der HESSEN-Version ist der Hauptparameter HP-5 Uferstruktur mit der Strukturklasse 7 bewertet. Die Bewertung wird durch die negativer bewertete Gewässerseite bestimmt. Weder für das linke noch das rechte Ufer fand im Zuge der Plausibilitätskontrolle eine Anpassung der berechneten Bewertung durch den Anwender statt. Nach der BAWÜ-Version erhält derselbe Kartierungsabschnitt die Strukturklasse 2. Diese Bewertung ergibt sich aus dem Mittelwert beider Gewässerseiten. Die Hauptparameterbewertung unterscheidet sich um 5 Strukturklassen.

Typisierung: Der Abschnitt ist gem. HESSEN-Version dem morphologischen Typ AT_fs (Mulden- und Auetalgewässer, feinmaterialreich – Sand), gem. BAWÜ-Version dem Taltyp A (Aue- und Muldentalgewässer, allgemein) und dem Krümmungstyp/Laufstyp W (gewunden, unverzweigt) zugeordnet.

Einzelparameterbewertung: Der Hauptparameter setzt sich zusammen aus den Einzelparametern EP-5.1 Uferbewuchs, EP-5.2 Uferverbau und EP-5.3 Besondere Uferstrukturen. Die BAWÜ-Version fasst die Parameter Uferverbau und Besondere Uferstrukturen zum Parameter EP-5.2 Uferzustand zusammen.

Die Aggregation der Einzelparameter zur Hauptparameterbewertung unterscheidet sich deutlich zwischen den beiden Versionen. Bei der HESSEN-Version wird unter dem Einzelparameter EP-5.1 Uferbewuchs zwischen Gehölzen und Krautvegetation unterschieden und beide Vegetationstypen getrennt erfasst und bewertet. Dabei wird für jeden der beiden Vegetationstypen nur das dominierende Merkmal erfasst (Einfachregistrierung). Die negativere der beiden Bewertungen bestimmt die Einzelparameterbewertung. Dieser Schritt erfolgt für beide Gewässerseiten getrennt. Anschließend wird nur die negativere Bewertung (Strukturklasse) der beiden Gewässerseiten als Hauptparameterbewertung übernommen. Die BAWÜ-Version gruppiert die Parameterausprägungen nicht in Gehölze und Krautvegetation, es findet jedoch eine Mehrfachregistrierung statt bei der alle vorkommenden Vegetationstypen entsprechend ihres Anteils im Kartierungsabschnitt (> 50%, 10–50%) erfasst werden. Für die Berechnung des Hauptparameterindex werden zuerst die Einträge mit einem Anteil von 10–50% gemittelt. Aus diesem Mittelwert und der doppelt gewichteten Bewertung der der dominanten Ausprägung (Anteil > 50%) wird die Hauptparameterbewertung für beide Gewässerseiten getrennt berechnet. Für die abschließende Hauptparameterbewertung wird der Mittelwert der beiden Gewässerseiten in die entsprechende Strukturklasse eingeordnet.

Abweichungsursachen: Die Ursachen für die extreme Bewertungsabweichung sind die unterschiedliche Aggregation der Gewässerseiten, die unterschiedliche Aggregation der Ausprägungen von Einzelparametern mit Mehrfachbenennungen (EP-5.1) sowie die Parameterzusammenfassung der Parameter Besondere Uferstrukturen und Uferverbau zu Uferzustand bei der BAWÜ-Version.

Bewertungsdokumentation: Tabelle 5-38

Fotodokumentation: Abbildung 5-22

Tabelle 5-38: Beispiel für Abweichung des HP-5 (Uferstruktur) aufgrund des IVB: Einzelparameter- und Hauptparameterbewertungen des Abschnitts 12_492 (Gewässer: Eisch).

| Einzelparameter | Ausprägung | | Bewertung gem. HESSEN- Version | | Bewertung gem. BAWÜ-Version | |
|---|--|--|--------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| | links | rechts | links | rechts | links | rechts |
| EP-5.1 Uferbewuchs | <i>Ufergehölze:</i> keine <i>Krautvegetation:</i> keine, naturbedingt | <i>Ufergehölze:</i> bodenständiger Wald <i>Krautvegetation:</i> keine, naturbedingt | 7 | 1 | 4,0 | 1,0 |
| EP-5.2 Uferverbau | - | - | - | - | | |
| EP-5.3 Bes. Uferstrukturen | keine | mehrere | 7 | 2 | 4 | 1 |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) – links / rechts | | | 7 (7,0) | 1 (1,5) | 4 (4,0) | 1 (1,0) |
| Anwenderbewertung (nach Plausibilitätskontrolle) | | | 7 | 1 | - | - |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) – aggregiert | | | 7 (7,0) | | 2 (2,5) | |



Abbildung 5-22: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-5 (Uferstruktur durch IVB) – Gewässer: Eisch, Kartierungsabschnitt 12_492, Blick gegen Fließrichtung (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

Hauptparameter **HP-6 Gewässerumfeld** (Beispiel: Abschnitt 246-65; Gewässer: Schlenner)

Hauptparameterbewertung: Nach der HESSEN-Version ist in diesem Fall der Hauptparameter HP-6 Gewässerumfeld mit der Strukturklasse 6 bewertet. Die Bewertung wird durch die negativer bewertete Gewässerseite bestimmt. Für keine der beiden Seiten fand eine Bewertungsanpassung durch den Anwender im Rahmen der Plausibilitätskontrolle statt. Nach der BAWÜ-Version erhält derselbe Kartierungsabschnitt die Strukturklasse 2. Diese Bewertung ergibt sich aus dem Mittelwert der Bewertungen beider Gewässerseiten. Die Hauptparameterbewertung unterscheidet sich um 4 Strukturklassen.

Typisierung: Der Abschnitt ist gem. HESSEN-Version dem morphologischen Typ ST_g (Sohlenkerbtalgewässer, grobmaterialreich), gem. BAWÜ-Version dem Taltyp S (Sohlenkerbtalgewässer) und dem Krümmungstyp/Lauftyp W (gewunden, unverzweigt) zugeordnet.

Einzelparameterbewertung: Dieser Hauptparameter fasst die Einzelparameter EP-6.1 Flächennutzung, EP-6.2 Gewässerrandstreifen und EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen (BAWÜ-Version: keine Entsprechung; die Ausprägungen dieses Parameters sind in Einzelparameter EP-6.1 integriert). Bei allen Parametern findet eine Mehrfachregistrierung von Merkmalsausprägungen statt. Die Aggregation auf Einzelparameter-Ebene und die Aggregation der Gewässerseiten entspricht der im vorausgehenden Fallbeispiel zum Hauptparameter HP-5 beschriebenen Vorgehensweise. Der Einzelparameter EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen (Schadparameter) fließt bei der HESSEN-Version nur in die Bewertung des Hauptparameters ein, wenn er eine abwertende Wirkung hat.

Abweichungsursachen: Die Ursachen für die extreme Bewertungsabweichung auf Ebene des Hauptparameters sind die unterschiedliche Aggregation der Gewässerseiten und die unterschiedliche Aggregation der Ausprägungen von Einzelparametern mit Mehrfachbenennungen.

Bewertungsdokumentation: Tabelle 5-39

Fotodokumentation: Abbildung 5-23

Tabelle 5-39: Beispiel für Abweichung des HP-6 (Gewässerumfeld) aufgrund des IVB: Einzelparameter- und Hauptparameterbewertungen des Abschnitts 246_65 (Gewässer: Schlenner).

| Einzelparameter | Ausprägung | | Bewertung gem. HESSEN-Version | | Bewertung gem. BAWÜ-Version | |
|---|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| | links | rechts | links | rechts | links | rechts |
| EP-6.1 Flächennutzung | bodenständiger Wald (vollständig) | Grünland (> 50%) Brache (10–50%) | 1 | 4 | 1,0 | 2,3 |
| EP-6.2 Gewässerrandstreifen | Gewässerrandstreifen (vollständig) | kein (> 50%) Saumstreifen (10–50%) | 1 | 7 | 1,0 | 5,7 |
| EP-6.3 Schädliche Umfeldstrukturen | keine | keine | - | - | - | - |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) – links / rechts | | | 1 (1,0) | 6 (5,5) | 1 (1,0) | 4 (4,0) |
| Anwenderbewertung (nach Plausibilitätskontrolle) | | | 1 | 6 | - | - |
| Hauptparameterbewertung: Klasse (Index) – aggregiert | | | 6 (6,0) | | 2 (2,5) | |



Abbildung 5-23: Beispiel für Bewertungsabweichung von HP-6 (Gewässerumfeld) durch IVB – Gewässer: Schlenner, Kartierungsabschnitt 246_65, Blick gegen Fließrichtung (Foto: Planungsbüro Zumbroich, 2014).

5.4 Ergebniszusammenfassung

Das LAWA-VO-Verfahren ist auf der höchsten Aggregationsebene der Bewertungen (**Gesamtbeurteilung**) sehr robust gegenüber allen drei untersuchten Abweichungsfaktoren (Tabelle 5-40). Auf dieser Ebene haben unterschiedliche Aggregations- bzw. Bewertungsvarianten des Verfahrens (Inter-Rating-Bias) nahezu keinen Einfluss auf das Bewertungsergebnis ($RM_{IRB-GB} = 0,99$). Nur vereinzelt treten deutliche Bewertungsabweichungen zwischen Anwendern (Inter-Assessor-Bias) und Verfahrensversionen (Inter-Version-Bias) auf ($RM_{IAB-GB} = 0,96$; $RM_{IVB-GB} = 0,96$).

Auf Ebene der **Hauptparameter** ist der Einfluss der Abweichungsfaktoren sehr unterschiedlich. Während die Verfahrensrobustheit gegenüber dem Inter-Rating-Bias je Hauptparameter groß bis sehr groß ist (RM_{IRB-HP} : 0,88–1,00), ist sie gegenüber dem Inter-Assessor-Bias (RM_{IAB-HP} : 0,71–0,87) sowie gegenüber dem Inter-Version-Bias (RM_{IVB-HP} : 0,28–0,89) deutlich geringer und variiert beträchtlich. Insbesondere der Inter-Version-Bias hat auf dieser Bewertungsebene eine sehr starke Abweichungswirkung.

Die Bewertungsebene der **Einzelparameter** ist aus verfahrenstechnischen Gründen nicht vom Inter-Rating-Bias betroffen. Die Abweichungswirkung des Inter-Assessor-Bias (RM_{IAB-EP} : 0,45–0,97) und des Inter-Version-Bias (RM_{IVB-EP} : 0,22–0,996) nimmt gegenüber den höheren Bewertungsebenen deutlich zu. Die Bewertungsrobustheit der Schadparameter ist dabei wesentlich höher als die der Wertparameter. Besonders betroffen vom Inter-Assessor-Bias ($RM \leq 0,65$) sind die Parameter Breitenerosion, Krümmungserosion, Gewässerrandstreifen, Besondere Uferstrukturen, Profiltyp, Profiltiefe und Besondere Sohlstrukturen. In Bezug auf den Inter-Version-Bias weisen die Parameter Laufkrümmung, Breitenvarianz und Besondere Uferstrukturen eine geringe bzw. sehr geringe Bewertungsrobustheit ($RM \leq 0,65$) auf.

Tabelle 5-40: Zusammenfassung der Verfahrensrobustheit auf allen Bewertungsebenen.

| Abweichungsfaktor | Robustheitsmaß (RM) & Robustheit (Klasse) | | |
|---------------------|---|-----------------------------------|---|
| | Gesamtbewertung (GB) | Hauptparameter (HP) | Einzelparameter (EP) |
| Inter-Rating-Bias | 0,99 sehr groß | 0,88–1,00 groß bis sehr groß | - |
| Inter-Assessor-Bias | 0,96 sehr groß | 0,71–0,87 mäßig bis groß | 0,45–0,97 sehr gering bis sehr groß |
| Inter-Version-Bias | 0,96 sehr groß | 0,28–0,89 sehr gering bis groß | 0,22–0,996 sehr gering bis sehr groß |

Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen zwei zentrale Abweichungstendenzen:

- Die Verfahrensrobustheit nimmt unabhängig vom Abweichungsfaktor mit zunehmender Bewertungsdifferenzierung (Gesamtbewertung → Hauptparameter → Einzelparameter) ab.
- Die Verfahrensrobustheit ist gegenüber dem Inter-Version-Bias am geringsten. Robuster ist das Verfahren gegenüber dem Inter-Assessor-Bias und deutlich robuster gegenüber dem Inter-Rating-Bias.

Unterschiedliche Aggregations- bzw. Bewertungsvarianten (**Inter-Rating-Bias**) haben nur auf die beidseitigen Hauptparameter HP-5 Uferstruktur und HP-6 Gewässerumfeld eine deutliche Abweichungswirkung. Hier verursachen unterschiedliche Aggregationsvarianten beider Gewässerseiten teilweise deutliche Abweichungen, die in einem Robustheitsmaß von 0,93 für HP-5 und 0,88 für HP-6 resultieren (Teilfaktor IRB-A3). Ausschlaggebend für deutliche Bewertungsabweichungen ist in diesem Zusammenhang die ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite gegenüber einer aus beiden Seiten gemittelten Bewertung.

Die Klassierung von Hauptparameter-Indexwerten (Teilfaktor IRB-A1) und die gewässerseitengetrennte Aggregation von Einzelparametern (Teilfaktor IRB-A2) haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Bewertungsergebnisse. Zumeist resultieren die durch diese beiden Teilfaktoren verursachten Unterschiede auf der Indexskala in keiner oder in einer geringfügigen Abweichung auf der Skala der Strukturklassen.

Durch die Bewertungsanpassung durch Anwender im Rahmen der Plausibilitätskontrolle (Teilfaktor IRB-B) kommt es in ca. 1 % der Fälle zu deutlichen Abweichungen von 2 bis 4 Strukturklassen zwischen der berechneten Bewertung und der Anwenderbewertung. Hauptursachen für diese Abweichungen sind die Indexdotierungen einiger Einzelparameter (*EP-1.1 Laufkrümmung* und *EP-6.1 Flächennutzung* bei Mäandertalgewässern; *EP-1.4 Besondere Laufstrukturen*, *EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen* und *EP-5.3 Besondere Uferstrukturen* bei allen morphologischen Typen), eine nicht repräsentative Bewertung unterschiedlicher Uferbewuchstypen innerhalb heterogener Kartierungsabschnitte (*EP-5.1 Uferbewuchs*) und eine relativ geringe abwertende Wirkung von Schadstrukturen bei der Parameteraggregation (insbesondere *EP-2.1 Querbauwerke*). Diese Eigenschaften in der Methodik bei der berechneten Bewertung führen oftmals zu Bewertungsanpassungen durch die Anwender, wodurch es zu deutlichen Bewertungsabweichung zwischen den beiden Bewertungsvarianten kommen kann.

Weitaus größer sind die Bewertungsabweichungen zwischen Anwendern (**Inter-Assessor-Bias**) auf den Ebenen der Hauptparameter und Einzelparameter. Besonders betroffen sind hier die Hauptparameter der Gewässerbereiche *Ufer* und *Land*. Je nach Auslegung der Verfahrensanleitung passen Anwender die rechnerisch ermittelten Bewertungen basierend auf ihrer fachkundigen Einschätzung an. Ein Bewertungsverfahren wie das LAWA-VO-Verfahren, bei dem die Erfassung von Strukturelementen innerhalb starrer Abschnittslängen erfolgt und das von einer genau definierten Anzahl an Einzelstrukturen je Abschnitt im Naturzustand ausgeht, kann nicht jede potentiell mögliche

Gewässersituation standardisiert abbilden. In solchen Fällen entscheidet der Anwender über die Bewertung, die seiner fachkundigen Einschätzung nach die tatsächliche Situation am besten widerspiegelt. Diese Einschätzung kann u. U. von Anwender zu Anwender abweichen (siehe dazu auch Kapitel 6).

Die Robustheit der Einzelparameter gegenüber dem Inter-Assessor-Bias ist sehr unterschiedlich und reicht von sehr geringer Robustheit (*EP-3.4 Besondere Soblenstrukturen*: $RM = 0,45$) zu sehr hoher Robustheit (*EP-2.2 Verrohrungen*: $RM = 0,97$). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß der Einzelparameter gegenüber dem Inter-Assessor-Bias 0,72 (Std.-Abw.: 0,15). Hauptursachen für die Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern sind eine unterschiedliche morphologische Typisierung von Kartierungsabschnitten, die Identifizierung von Abschnittsgrenzen im Gelände, eine gewisse natürliche Variabilität bestimmter Einzelparameter und der Interpretationsspielraum bei der Auslegung der Verfahrensanleitung.

Die größten Abweichungen der Haupt- und Einzelparameterbewertungen treten bei unterschiedlichen Verfahrensversionen auf (**Inter-Version-Bias**). Auf Ebene der Hauptparameter variiert die Robustheit beträchtlich von „sehr gering“ (*HP-1 Laufentwicklung*: $RM = 0,28$) zu „hoch“ (*HP-2 Längsprofil*: $RM = 0,89$). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß gegenüber dem Inter-Version-Bias auf der Ebene der Hauptparameter 0,59 (Std.-Abw.: 0,25).

Auf Ebene der Einzelparameter variiert die Robustheit gegenüber dem Inter-Version-Bias ebenfalls stark von „sehr gering“ (*EP-1.1 Laufkrümmung*: $RM = 0,22$) bis „sehr hoch“ (*EP-2.5 Strömungsdiversität* bzw. *EP-3.2 Substratdiversität*: $RM = 1,00$). Im Mittel beträgt das Robustheitsmaß gegenüber dem Inter-Version-Bias auf Ebene der Einzelparameter 0,74 (Std.-Abw.: 0,27). Hauptursachen für Bewertungsabweichungen sind die unterschiedliche Anzahl an Einzelparametern der Versionen, die teilweise unterschiedliche Indexdotierung von Einzelparametern und die unterschiedliche Aggregationsmethodik bei Parametern mit Mehrfachregistrierung von Ausprägungsmerkmalen.

Unter Berücksichtigung aller Teiluntersuchungen und aller Bewertungsebenen können folgende Punkte als **Hauptursachen** für eine verringerte Verfahrensrobustheit genannt werden:

- Zusammenfassung mehrerer Zustandsausprägungen eines Parameters
- (Typspezifische) Indexdotierung der Zustandsausprägungen einiger Einzelparameter
- Morphologische Typisierung von Kartierungsabschnitten

Die Bedeutung dieser Ursachen bzgl. der Aussagekraft und der Anwendungsmöglichkeiten der Bewertungsergebnisse des LAWA-VO-Verfahrens werden im folgenden Kapitel diskutiert.

6 Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Bewertungsrobustheit des LAWA-VO-Verfahrens je nach Abweichungsfaktor und Bewertungsebene unterschiedlich stark beeinflusst wird. Bewertungsunterschiede zwischen Verfahrensversionen sind wesentlich größer als zwischen Anwendern oder Aggregations- bzw. Bewertungsvarianten des Verfahrens. Die Bewertungsrobustheit nimmt mit zunehmendem Detailgrad (Gesamtbewertung–Hauptparameter–Einzelparame-ter) tendenziell ab.

Inter-Rating-Bias: Die Abweichungswirkung des Inter-Rating-Bias und seinen Teilfaktoren ist relativ gering verglichen mit der der anderen beiden untersuchten Faktoren. Sie basiert im Wesentlichen auf den unterschiedlichen Aggregations- und Bewertungsvarianten, die das LAWA-VO-Verfahren anbietet. Eine der Grundannahmen des Verfahrens ist, dass alle 26 Einzelparame-ter die gleiche gewässerökologische Relevanz haben. Darauf aufbauend werden die ordinal skalierten Bewertungen (Strukturklassen) dieser Einzelparame-ter gleichberechtigt durch arithmetische Mittelwertbildung zu Hauptparameterbewertungen und letztlich zur Gesamtbewertung aggregiert. Die mathematischen Unzulänglichkeiten, die mit dieser Vorgehensweise einhergehen, wurden bereits während der Entwicklungsphase des Verfahrens thematisiert (Zumbroich, Müller et al. 1999).

Welche Auswirkungen jedoch im Einzelnen die Klassierung von Indexwerten (IRB-A1), die gewässerseiten-getrennte Berechnung von Parameterbewertungen (IRB-A2) und die ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite (IRB-A3) auf die Verfahrensrobustheit haben, wurde damals und bis heute nicht wissenschaftlich untersucht bzw. nicht veröffentlicht. Zwar wird in einigen Studien beispielsweise auf die verringerte Genauigkeit der Bewertungen durch die Klassierung von Indexwerten (Scheifhacken, Haase et al. 2012) oder auf unverhältnismäßig negative Bewertungen bei ausschließlicher Berücksichtigung der negativer bewerteten Gewässerseite (DVWK 1997) hingewiesen, wissenschaftliche Untersuchungen dieser Aspekte bzw. Quantifi-zierungen dieser Aussagen wurden aber nicht geliefert.

Die (nicht wissenschaftlich belegte) Aussage in der Verfahrensanleitung der BAWÜ-Version, dass sich die Plausibilitätskontrolle und ggf. die Anpassung der berechneten Bewertung durch Anwender in der Praxis als entbehrlich herausgestellt hat (LUBW 2010), kann auf Basis der Untersuchungen bzgl. des Teilfaktors IRB-B nicht bestätigt werden. Zum einen kommt es in zahlreichen Fällen zu geringen Bewertungsabweichungen aufgrund des Teilfaktors IRB-B, was auf unpassende Indexdo-tierungen hinweist. Zum anderen kommt es – zwar nur in Ausnahmefällen – zu deutlichen Bewertungsabweichungen, aber gerade in diesen Fällen, in denen die starren Vorgaben des Verfahrens eine realistische Bewertung besonderer Gewässersituationen unmöglich machen, ist eine Bewertungsanpassung durch die Anwender unverzichtbar für eine fachlich korrekte Bewertung.

Inter-Assessor-Bias: Veröffentlichte, wissenschaftliche Arbeiten zu Bewertungsunterschieden zwischen Anwendern hydromorphologischer Verfahren (Inter-Assessor-Bias) sind sehr rar. Die meisten Untersuchungen zur visuell-qualitativen Einschätzung von Fließgewässern behandeln subjektive Wahrnehmungsunterschiede von Laien bzgl. Kriterien wie Sicherheit, Schönheit oder Natürlichkeit (Herzog 1985; Meitner 2004; Mutz, Piégay et al. 2006; Junker & Buchecker 2008; Bulut & Yilmaz 2009; Huang 2009; Bulut, Karahan et al. 2010). Nur vereinzelt werden standardisierte Verfahren in Hinblick auf Bewertungsabweichungen zwischen Anwendern untersucht (Hannaford, Barbour et al. 1997). Verschiedene Verfahren lassen sich zudem nur schwer bzgl. des Inter-Assessor-Bias vergleichen, da sie sich zumeist sehr deutlich in Anzahl und Art der Parameter und Erfassungsmethodik unterscheiden und somit eine Betrachtung der Bewertungsunterschiede aufgrund abweichender Zustandserfassungen nicht möglich ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeiten bzgl. des Inter-Assessor-Bias können deshalb nur in Bezug auf zwei andere Arbeit des Autors der vorliegenden Arbeit diskutiert werden (Meier 2015; Meier, Ribbe et al. 2015).

Der Fokus liegt dabei weniger auf Abweichungen in Folge unterschiedliche Typzuweisungen durch die Anwender, sondern vielmehr auf Abweichungen bei der Erfassung der Zustandsmerkmale von Einzelparametern. Grundsätzlich ist die große Variabilität des Robustheitsmaßes bzgl. des Inter-Assessor-Bias auf Ebene der Einzelparameter – also auf der Zustandserfassungsebene – auffallend ($RM = 0,45-0,97$). Bei ca. einem Drittel der Einzelparameter (8 von 26 Parametern) weicht jede zweite bis dritte Anwenderbewertung um mehr als eine Strukturklasse voneinander ab. Alleine drei der acht o.g. Parameter mit sehr geringer bzw. geringer Bewertungsrobustheit lassen sich dem Hauptparameter Querprofil (HP-4) zuordnen: Profiltyp ($RM_{EP-4.1} = 0,58$), Profiltiefe ($RM_{EP-4.2} = 0,53$) und Breitereosion ($RM_{EP-4.3} = 0,65$). Neben der Breitereosion ist zudem die Erfassung der Krümmungserosion anfällig für Anwenderabweichungen ($RM_{EP-1.2} = 0,65$). Eine anwenderübergreifend einheitliche Erfassung von Einzelstrukturen im Sohlbereich ($RM_{EP-3.4} = 45$) und im Uferbereich ($RM_{EP-5.3} = 0,61$) ist ebenfalls nicht gegeben. Im Landbereich ist die Erfassung des Gewässerrandstreifens ($RM_{EP-6.2} = 0,62$) deutlich unterschiedliche zwischen den Anwendern.

Ein Vergleich der Robustheitsmaße mit den Ergebnissen einer Befragung von 36 Anwendern des LAWA-VO-Verfahrens bzgl. ihrer Einschätzung der Erfassungsschwierigkeit von Einzelparametern (Meier 2015) zeigt eine relativ hohe Übereinstimmung (Abbildung 6-1): Parameter, die häufig als leicht zu erfassen eingestuft werden, weisen i. d. R. auch einen geringen Anteil an Bewertungsabweichungen zwischen Anwendern auf. Dieser Vergleich gibt gute Hinweise für gezielte Anwenderschulungen, insbesondere in Bezug auf diejenigen Parameter, die überwiegend als leicht zu erfassen eingeschätzt werden, aber eine relativ geringes Robustheitsmaß aufweisen (z. B. EP-1.4 Besondere Laufstrukturen, EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen, EP-5.3 Besondere Uferstrukturen und EP-6.1 Flächennutzung).

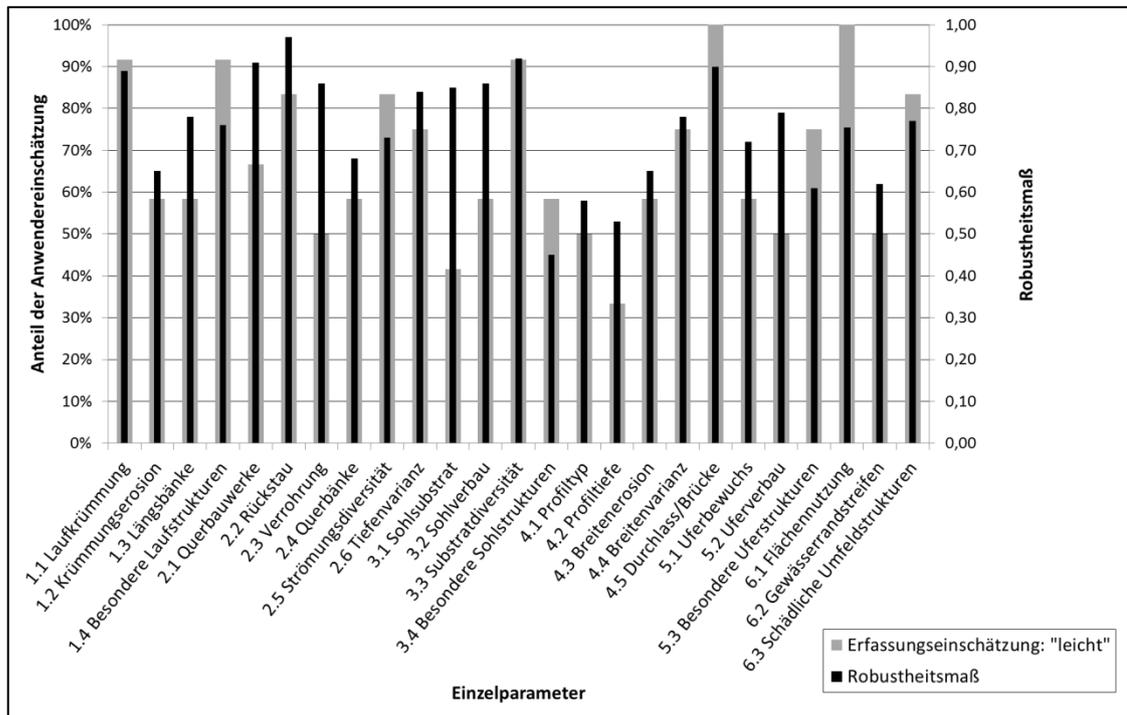


Abbildung 6-1: Vergleich der Erfassungsschwierigkeit und des Robustheitsmaßes – Verglichen wird der Anteil der Anwender (N = 36) einer Umfrage, die die Erfassung der Einzelparameter mit leicht angeben und dem tatsächlich gemessenen Unterschied von Anwenderbewertungen in Form des Robustheitsmaßes. (Quelle: Meier, 2015).

Ein weiterer Vergleich zwischen den in der vorliegenden Arbeit errechneten Robustheitsmaßen und den Werten aus einer Untersuchung am Flehbach in Nordrhein-Westfalen (Meier, Ribbe et al. 2015) zeigt ebenfalls eine gute Übereinstimmung (Abbildung 6-2). Die Korrelation der Robustheitsmaße beider Untersuchungen auf Ebene der Einzelparameter ist mit $r = 0,68$ ($p < 0,01$) recht hoch. Die Werte gehen jedoch bei einzelnen Parametern deutlich auseinander. Auffallend hierbei ist, dass die Gruppe der Einzelparameter mit sehr hohem Robustheitsmaß in beiden Untersuchungen (in der Abbildung umrandet) fast nur aus Parametern der Hauptparameter des Sohlbereichs besteht. Auch diese Abbildung gibt gute Hinweise darauf, welche Einzelparameter in Schulungen verstärkt behandelt werden sollten (z. B. EP-3.4 Besondere Sohlstrukturen, EP-6.2 Gewässerrandstreifen, EP-6.1 Flächennutzung, EP-5.3 Besondere Uferstrukturen und EP-4.2 Profiltiefe). Darüber hinaus können geringe Robustheitsmaße in beiden Untersuchungen auf Unzulänglichkeiten in den Parameterbeschreibungen der Verfahrensanleitung hinweisen.

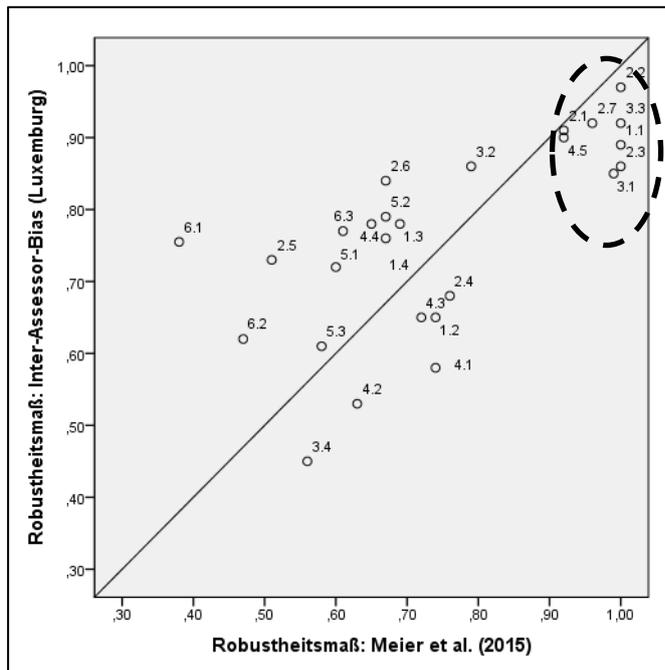


Abbildung 6-2: Gegenüberstellung der Robustheitsmaße zweier Studien – Die Beschriftung stellt die Einzelparameternummerierung dar.

Inter-Version-Bias: Im Vergleich zu Bewertungsunterschieden zwischen dem LAWA-VO-Verfahren und anderen europäischen Verfahren fallen die Abweichungen zwischen den untersuchten Versionen HESSEN und BAWÜ (Inter-Version-Bias) jedoch deutlich geringer aus: Während das Robustheitsmaß auf Ebene der Gesamtbewertung beim Vergleich des LAWA-VO-Verfahrens mit der englischen RHS-Methode (Raven, Boon et al. 1998) und der französischen Verfahren SEQ-MP (Agences de l'Eau 1998) im Bereich zwischen $RM = 0,64$ und $RM = 0,84$ liegt (Raven, Holmes et al. 2002), ist die Verfahrensrobustheit beim Vergleich der o. g. Versionen erwartungsgemäß sehr groß ($RM = 0,96$).

Ähnlich verhält es sich bei einem Vergleich der Bewertungsunterschiede der Verfahrensversionen (Spearman's Rho = 0,80) und den Bewertungsunterschieden zwischen dem LAWA-VO-Verfahren und dem ukrainischen Verfahren UA-FS (Spearman's Rho = 0,51) aus (Scheifhacken, Haase et al. 2012). Die Feststellung von Weiß, Matouskova et al. (2008), dass Verfahren mit geringer Anzahl an Parametern und Parameterausprägungen dieselben Gewässerstrukturen tendenziell positiver bewerten, als Verfahren mit höherem Detailgrad, konnte durch die Untersuchungen bzgl. des Inter-Version-Bias bestätigt werden: Die BAWÜ-Version mit ihrer reduzierten Parameterzahl liefert tendenziell positivere Bewertungen als die HESSEN-Version.

Eine wesentliche Ursache, die zu Bewertungsabweichungen zwischen den untersuchten Verfahrensversionen führt, ist die zusammenfassende Bewertung mehrerer Zustandsausprägungen eines Parameters. Darunter sind an dieser Stelle sowohl diejenigen Parameter zu verstehen, die eine Mehrfachregistrierung von Parameterausprägungen erlauben, als auch die Parameter, die beidseitig

erfasst werden. In beiden Fällen bieten sich zwei grundlegend unterschiedliche Vorgehensweisen der Bewertungszusammenfassung:

- Es wird nur die negativste Teilbewertung (Parameterausprägung, Gewässerseite) als endgültige Parameterbewertung berücksichtigt (LAWA-VO-Verfahren, HESSEN-Version).
- Es werden alle Teilbewertungen durch eine (gewichtete) Mittelwertbildung in die endgültige Parameterbewertung mit einbezogen (BAWÜ-Version).

Wie widersprüchlich die Ergebnisse beider Varianten sein können, lässt sich an einem fiktiven Beispiel verdeutlichen. Betrachtet wird der Einzelparameter Gewässerrandstreifen (EP-6.2) von zwei aufeinanderfolgenden Gewässerabschnitten A und B (Abbildung 6-3). Zunächst wird nur die rechte Gewässerseite berücksichtigt. In Abschnitt A nimmt die Parameterausprägung „Wald“ auf dieser Seite 85% der Abschnittslänge ein (Strukturklasse 1), 15% des Abschnitts weisen aufgrund der Grünlandnutzung weder einen Gewässerrandstreifen noch einen Saumstreifen auf (Strukturklasse 6). Abschnitt B hat auf 45% seiner Länge keinen Gewässerrand- oder Saumstreifen (Strukturklasse 6). Die restlichen 55% verfügen über einen Saumstreifen (Strukturklasse 5).

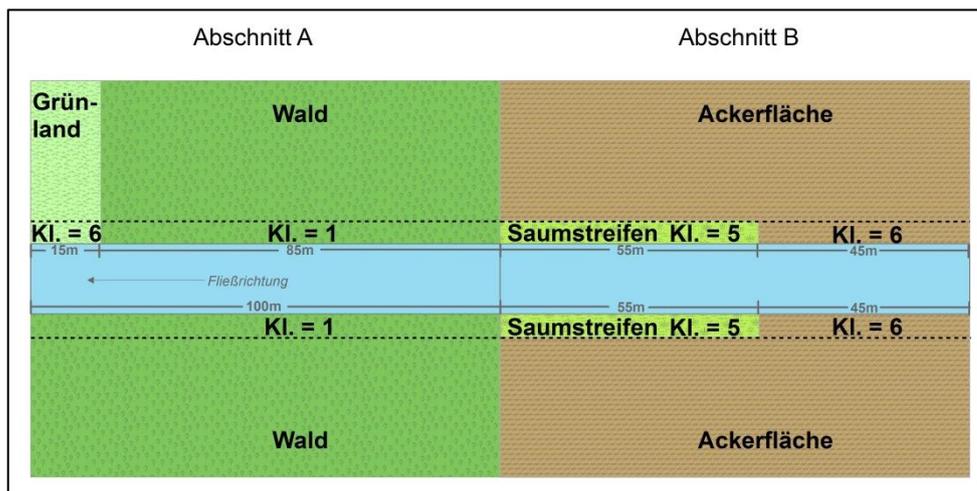


Abbildung 6-3: Fiktives Beispiel für Parameterausprägungen des EP-6.2 - Die unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Aggregation der Parameterausprägungen des Gewässerrandstreifens (gestrichelt Linie markiert den Saumstreifen) führen zu teilweise extremen Bewertungsunterschieden zwischen der HESSEN- und BAWÜ-Variante (Erläuterung dazu im Text).

Nach dem ursprünglichen LAWA-VO-Verfahren und der HESSEN-Version wird der Einzelparameter Gewässerrandstreifen (EP-6.2) für Abschnitt A mit Strukturklasse 6 bewertet, Abschnitt B erhält ebenfalls die Strukturklasse 6, da jeweils nur die negativste Teilbewertung berücksichtigt wird. Nach der BAWÜ-Version, die eine gewichtete Mittelwertbildung vornimmt, erhält Abschnitt A die Strukturklasse 3 ($\varnothing(1,1,6) = 2,7 \rightarrow$ Strukturklasse 3), Abschnitt B die Strukturklasse 5 ($\varnothing(5,5,6) = 5,3 \rightarrow$ Strukturklasse 5), wobei die dominante Parameterausprägung jeweils doppelt gewichtet wird.

Die Bewertungen der beiden Vorgehensweisen gehen noch weiter auseinander, wenn beide Gewässerseiten berücksichtigt werden. Die zweite (linke) Gewässerseite des Abschnitts A ist vollständig mit Wald bestanden. Die beiden Gewässerseiten des Abschnitts B sind identisch. Nach Aggregation der Bewertungen beider Gewässerseiten erhält Abschnitt A gem. LAWA-VO-Verfahren und HESSEN-Variante die Strukturklasse 6 für EP-6.2, da bei beidseitigen Parametern nur die negativere Bewertung berücksichtigt wird. Abschnitt B erhält ebenso die Strukturklasse 6. Nach der BAWÜ-Variante erhält Abschnitt A die Strukturklasse 2 und Abschnitt B die Strukturklasse 5, da hier die endgültige Bewertung des EP-6.2 aus dem Mittelwert der beiden Gewässerseiten errechnet wird.

Die Bewertungszusammenfassung des LAWA-VO-Verfahrens bzw. der HESSEN-Version ist sozusagen „blind“ gegenüber 185 m von insgesamt 200 m Uferlinie, die in Hinblick auf den Einzelparameter Gewässerrandstreifen (EP-6.2) den Idealzustand (Strukturklasse 1) aufweist; „gesehen“ werden nur die 15 m ohne Randstreifen (Strukturklasse 6). Im Resultat wird bewertungstechnisch kein Unterschied zwischen Abschnitt A und B gemacht. Beide Abschnitte werden in Bezug auf den Zustand des Gewässerrandstreifens als *sehr stark verändert* eingestuft.

Neben Bewertungsabweichungen zwischen Verfahrensversionen, die unterschiedliche Vorgehensweisen bzgl. der Bewertungszusammenfassung verfolgen, kann es in solchen Fällen zudem zu Bewertungsabweichungen zwischen Anwendern im Rahmen der Plausibilitätskontrolle kommen. Anwender, die streng nach Verfahrensanleitung kartieren, übernehmen die berechneten Bewertungen. Anwender, die die Zielsetzung des LAWA-VO-Verfahrens so interpretieren, dass sich die Strukturgüte eines Kartierungsabschnitts aus allen Teilbereichen – sowohl den defizitären als auch den qualitativ hochwertigen – zusammensetzt, passen berechnete Bewertungen an, wenn sie ihnen aus gewässerökologischer Sicht nicht plausibel erscheinen.

Die Vorgehensweise der ausschließlichen Berücksichtigung der negativsten Bewertung bei der Zusammenfassung mehrerer Zustandsausprägungen widerspricht der primären Zielsetzung der Bewertung der Strukturgüte nach dem LAWA-VO-Verfahren. Ziel ist die möglichst objektive Zustandserfassung unter Berücksichtigung aller positiven und negativen Teilaspekte. Die Vernachlässigung aller Teilaspekte bei Parametern mit Mehrfachregistrierung bis auf den am negativsten bewerteten steht im deutlichen Gegensatz zur o. g. Zielsetzung des Verfahrens.

In diesem Zusammenhang sei auf einen Widerspruch des LAWA-VO-Verfahrens bzgl. der Mehrfachregistrierung und der zugrundeliegenden Leitbilder hingewiesen. Bei Einzelparameter Flächennutzung (EP-6.1) sind sog. Nicht-Waldvegetationstypen wie Moore, Pionierflure sowie Röhricht- und Seggenriedflächen als natürliche bzw. naturnahe Zustände (Strukturklasse 1) akzeptiert. Bei Einzelparameter Uferbewuchs (EP-5.1) geht man jedoch davon aus, dass an jedem Gewässer, unabhängig vom morphologischen oder biozönotischen Fließgewässertyp, bodenständige Gehölze als Uferbewuchs vorhanden sein müssen. Zwar wird der Zustand „keine Gehölze, naturbedingt“ auch mit Strukturklasse 1 bewertet, bezieht sich aber nur auf den Fall, in dem wegen schwankenden Wasserständen und den damit verbundenen häufigen Überflutungen oder wegen zu starker Geschiebeflur keine Gehölze aufkommen können (LANUV-NRW 2012).

Im Vergleich zu anderen Europäischen Bewertungsverfahren ist die Leitbilddefinition des LAWA-VO-Verfahrens sehr restriktiv auf einen gewünschten natürlichen Gewässerzustand ausgelegt. Während das Verfahren ausschließlich bodenständigen Wald und die o.g. natürlichen aüentypischen Nichtwald-Vegetationen als natürlich und leitbildkonform erachtet, ist beispielsweise in Frankreich und Großbritannien auch (extensiv genutztes) Grünland als naturnahe Vegetation in Leitbilder integriert (Kamp, Binder et al. 2007). Die Begründung hierfür ist, dass durch solche Landnutzungsarten das dynamische Gleichgewicht und die laterale Durchgängigkeit des Fließgewässers nicht beeinträchtigt werden (Raven, Holmes et al. 2002). Thiem (2006) kritisiert in diesem Zusammenhang den sektoralen Leitbildgedanke des LAWA-VO-Verfahrens, der ausschließlich auf den hpnG fokussiert und kulturhistorische Aspekte stets negativ bewertet. Darüber hinaus verweist er auf das Biotopbildungspotenzial anthropogener Bauwerke wie Stauwehre und Sohlschwellen. Trotz ihrer negativen Wirkung auf die Durchgängigkeit können sie die Entstehung von Strukturerelementen (z.B. Anlandungen, Kolke, Uferbänke, Stillwasserbereiche) als Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen begünstigen.

Eine weitere Ursache für Bewertungsabweichungen durch den Inter-Version-Bias ist die (typspezifische) Indexdotierung der Einzelparameter (insbesondere die der Hauptparameter HP-1 Laufentwicklung und HP-6 Gewässerumfeld). Hiermit ist nicht die Abweichung der Indexdotierung verschiedener Verfahrensversionen um ein oder zwei Strukturklassen gemeint. Ursächlich für teilweise extreme Bewertungsunterschiede zwischen Verfahrensversionen und zwischen Anwendern derselben Version sind vielmehr folgende Aspekte:

- Bewertung der Laufkrümmung (EP-1.1) bei Talformen, die die Intensität der Laufkrümmung natürlicherweise stark einschränken (BAWÜ).
- Grundsätzliche Bewertung der Schadstrukturen Uferverbau und Sohlenverbau (auch bei Nicht-Vorhandensein der jeweiligen Schadstrukturen) (BAWÜ).
- Typspezifische Reduzierung der Einzelparameteranzahl, insbesondere bei den Hauptparametern Laufentwicklung (HP-1) und Gewässerumfeld (HP-6) (HESSEN).

Eine Grundannahme des ursprünglichen LAWA-VO-Verfahrens ist, dass bestimmte Parameter aufgrund ihrer eingeschränkten Bewertbarkeit bei bestimmten morphologischen Typen generell nicht berücksichtigt werden sollten. Ein Beispiel stellt der Einzelparameter Laufkrümmung (EP-1.1) dar, der bei den Talformen *Mäandertal* und *Kerbtal* in der ursprünglichen Verfahrensversion nicht bewertet wird. Die BAWÜ-Version hingegen definiert auch für diese Talformen einen Referenzzustand. Entspricht der Ist-Zustand in einem Kartierungsabschnitt diesem Referenzzustand wird die Strukturklasse 1 vergeben.

Ähnlich verhält es sich bei der BAWÜ-Version mit dem Sohlzustand und Uferzustand. Ist kein Sohlverbau bzw. Uferverbau vorhanden, beeinflusst das die Bewertung dieser Parameter positiv. Beim ursprünglichen LAWA-VO-Verfahren und der HESSEN-Version wird der Zustand „kein

Verbau“ weder positiv noch negativ bewertet. Schadstrukturen fließen grundsätzlich nur in die Bewertung mit ein, wenn es dadurch zu einer Bewertungsabwertung kommt.

Der dritte Aspekt (Reduzierung der Einzelparameteranzahl) kann u. U. zu einer so starken Parameterreduzierung führen, dass die daraus resultierende Bewertung auf Ebene der Hauptparameter fachlich nicht mehr nachvollziehbar bzw. unplausibel ist. Betroffen sind hiervon insbesondere die Hauptparameter Laufentwicklung (HP-1) und Gewässerumfeld (HP-6) in Bezug auf die Talformen *Mäandertal* und *Kerbtal*. Kleine Fließgewässer in Kerbtälern können natürlicherweise eine geringe Anzahl an Längsbänken (EP-1.3) und besonderen Laufstrukturen (EP-1.4) aufweisen. Da bei diesen Talformen die Einzelparameter Laufkrümmung (EP-1.1) und Krümmungserosion (EP-1.2) nicht berücksichtigt werden, kann die berechnete Hauptparameterbewertung daher unverhältnismäßig negativ ausfallen, wenn sie nur auf den Bewertungen der Einzelparameter EP-1.3 und EP-1.4 basiert.

Laut Verfahrensanleitung hat das Gewässerumfeld (EP-6.1) bei Kerbtal- und Mäandertalgewässern keinen bewertungsrelevanten Einfluss auf die Gewässerstruktur; dieser Einzelparameter wird hier nicht bewertet. Die Hauptparameterbewertung basiert bei diesen Taltypen ausschließlich auf dem Einzelparameter Gewässerrandstreifen (EP-6.2), wenn zudem keine schädlichen Umfeldstrukturen (EP-6.3) vorhanden sind. Auch hier kann die Hauptparameterbewertung aus gewässerökologischer Sicht äußerst unplausibel sein, wenn sie nur auf einem einzigen Einzelparameter (EP-6.2) basiert. Angenommen, die Abschnitte A und B des Beispiels in Abbildung 6-3 liegen in einer Talquerungsstrecke eines Mäandertals, dann entspräche die Bewertung des Hauptparameters HP-6 die des Einzelparameters Gewässerrandstreifen (EP-6.2). Aus fachlicher Sicht ist die daraus resultierende Strukturklasse 6 des HP-6 für beide Abschnitte A und B fachlich nicht nachzuvollziehen. Insbesondere in Talquerungsstrecken von Mäandertalgewässern ist von einem Einfluss der Flächennutzung auf die Strukturgüte auszugehen. Im o. g. Beispiel ist es für die Bewertung der Strukturgüte nicht unerheblich, ob sich im unmittelbaren Gewässerumfeld bodenständige Waldgebiete oder intensiv genutzte Ackerflächen befinden.

Neben den o. g. Ursachen für Bewertungsabweichungen ist die korrekte morphologische Typisierung von Kartierungsabschnitten von zentraler Bedeutung für die Bewertungsrobustheit des Verfahrens. Durch fehlerhafte Zuweisungen der Talform und des dominanten Sohlsubstrats im Referenzzustand kann es zu weitreichenden Bewertungsunterschieden kommen. Der Schulung der Anwender des LAWA-VO-Verfahrens bzgl. der morphologischen Typisierung von Kartierungsabschnitten und der Auswertung geologischer, geomorphologischer und bodenkundlicher Grundlagendaten im Vorfeld von Kartierungskampagnen kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Gewässerstrukturdaten, wie sie das LAWA-VO-Verfahren liefert, stellen eine bedeutende Informationsquelle für unterschiedlichste wasserwirtschaftliche Fragestellungen dar. Je differenzierter Gewässerstrukturen jedoch erfasst werden, je unterschiedlicher die zugrundeliegenden Bewertungsintentionen sind und je vielfältiger die Ansprüche an die Bewertungsergebnisse sind, desto wahrscheinlicher ist die Bewertungsunsicherheit solch eines Verfahrens, das im Wesentlichen auf fachkundigen Einschätzungen seiner Anwender beruht.

Die folgenden Aussagen bzgl. der Anwendbarkeit der Bewertungsergebnisse des LAWA-VO-Verfahrens basieren auf der Interpretation der Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Arbeit.

Für die Berichterstattung im Zuge der EG-WRRL sind die Bewertungsergebnisse des Verfahrens grundsätzlich geeignet, da hierbei im Wesentlichen die Gesamtbewertungen von Kartierungsabschnitten zu Bewertungen von Oberflächenwasserkörpern aggregiert werden. Dennoch lassen sich folgende Tendenzen aus den Untersuchungsergebnissen ableiten:

- Verfahrensversionen ohne eine Plausibilitätskontrolle durch die Anwender erzeugen tendenziell negativere Bewertungen als Versionen mit einer Plausibilitätskontrolle.
- Verfahrensversionen mit einem reduzierten Parametersatz erzeugen tendenziell positivere Bewertungen als Versionen, die den vollständigen Parametersatz des ursprünglichen LAWA-VO-Verfahrens oder einen erweiterten Parametersatz verwenden.
- Verfahrensversionen, die bei der Bewertungsaggregation beide Gewässerseiten berücksichtigen, erzeugen tendenziell positivere Hauptparameter- und Gesamtbewertungen als Versionen, die ausschließlich die negativer bewertete Gewässerseite berücksichtigen.

Für detaillierte Beschreibungen der hydromorphologischen Qualität auf Ebene der Hauptparameter sind die Bewertungsergebnisse nur bedingt geeignet, wenn dabei unterschiedliche Verfahrensversionen zur Anwendung kommen. Dies ist insbesondere bei länderübergreifenden Gewässern von Bedeutung, bei denen die betroffenen Bundesländer unterschiedliche Versionen einsetzen.

Für eine Maßnahmenplanung bzw. -priorisierung sind Strukturgütedaten nur eingeschränkt einsetzbar, wenn sie von verschiedenen Anwendern oder mit Hilfe unterschiedlicher Versionen erhoben wurden. Solche Planungen und Priorisierungen basieren im Wesentlichen auf der Auswertung von Strukturgütedaten auf Ebene der Einzelparameter. Da deren Bewertung teilweise sehr anfällig für Abweichungen zwischen Anwendern und Verfahrensversionen ist, muss bei solchen Planungen stets die daraus resultierende Variabilität bzw. Unsicherheit der Bewertungen berücksichtigt werden.

Für eine Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen ist das LAWA-VO-Verfahren nur bedingt geeignet, da die hydromorphologischen Veränderungen aufgrund solcher Maßnahmen i. d. R. nur über lange Zeiträume und in einer Detailschärfe zu erfassen sind, für die das LAWA-VO-Verfahren nicht konzipiert ist.

Die vorliegende Arbeit schließt die Wissenslücke bzgl. der Bewertungsrobustheit des LAWA-VO-Verfahrens. Es konnten die Ursachen für Bewertungsabweichungen identifiziert und die Abweichungswirkung dieser Faktoren auf unterschiedlichen Bewertungsebenen quantifiziert werden. Mit Hilfe der neu eingeführten Vergleichsgröße des Robustheitsmaßes kann die Bewertungssicherheit von Parametern miteinander verglichen werden. Zudem ist im Sinne einer Sensitivitätsanalyse die Empfindlichkeit von Bewertungen unterschiedlicher Aggregationsebenen (Einzelparameter, Hauptparameter, Gesamtbewertung) bzgl. bestimmter Abweichungsfaktoren quantifizierbar. Die Arbeit leistet somit einen Beitrag zur Qualitätssicherung des LAWA-VO-Verfahrens.

7 Zusammenfassung

Hintergrund und Problembeschreibung

Gewässerstrukturdaten über den hydromorphologischen Zustand von Fließgewässern, wie sie das Vor-Ort-Verfahren der Bund- und Ländergemeinschaft Wasser (LAWA-VO-Verfahren) liefert, stellen eine bedeutende Informationsquelle für unterschiedlichste wasserwirtschaftliche Fragestellungen dar. Insbesondere seit der Ratifizierung der Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) werden Gewässerstrukturdaten als Grundlage für Anwendungen wie Wasserkörperbewertung, Defizitanalyse sowie Planung und Erfolgskontrolle von Renaturierungen eingesetzt. Aktuelle Bestrebungen gehen sogar so weit, das Verfahren um gewässerökologische Detailuntersuchungen wie die Bewertung von Kolmationsprozessen oder die Bestimmung der Habitatqualität bzgl. biologischer WRRL-Qualitätskomponenten zu erweitern.

Vor dem Hintergrund dieser Ansprüche stellt sich die Frage, was das LAWA-VO-Verfahren als visuelles Schnellverfahren überhaupt in Sachen Bewertungsrobustheit leisten kann. Je differenzierter Gewässerstrukturen analysiert werden und je unterschiedlicher die zugrundeliegenden Bewertungsintentionen sind, desto wahrscheinlicher ist die Bewertungsunsicherheit solch eines Verfahrens, das im Wesentlichen auf fachkundigen Einschätzungen seiner Anwender beruht. Im Rahmen dieser Einschätzungen erheben die Anwender während einer Kartierung im Gelände hydromorphologische Zustandsmerkmale von Gewässerabschnitten anhand von Einzelparametern. Die Erfassung dieser Zustandsmerkmale erfolgt dabei durch eine visuelle Begutachtung. Die Einzelparameter werden anhand eines Abgleichs mit vordefinierten, gewässertyp-spezifischen Referenzzuständen bewertet und nach vorgegebenen Aggregationsregeln zu Hauptparameterbewertungen und letztlich zu einer Gesamtbewertung für jeden Kartierungsabschnitt zusammengefasst. Das Verfahren lässt dabei unterschiedliche Aggregationsvarianten zu und ermöglicht eine zusätzliche Plausibilitätskontrolle durch die Anwender, die in begründeten Fällen die automatisch berechneten Bewertungen ändern können. Darüber hinaus sind verschiedene Verfahrensversionen im Einsatz, die sich teilweise bzgl. Parameterzahl und Bewertungsmethodik unterscheiden.

Zielsetzung

Bewertungsabweichungen können auftreten durch unterschiedliche Berechnungs- bzw. Aggregationsvarianten des Verfahrens (engl. *rating*), durch unterschiedliche Anwender (engl. *assessor*) und durch unterschiedliche Verfahrensversionen (engl. *version*). Derzeit liegen keine veröffentlichten, wissenschaftlichen Untersuchungen bzgl. der Bewertungssicherheit bzw. Verfahrensrobustheit gegenüber diesen potenziellen Abweichungsfaktoren vor. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, diese Wissenslücke um die Bewertungsrobustheit des LAWA-VO-Verfahrens zu schließen. Systematische Bewertungsabweichungen (engl. *bias*) werden quantifiziert und Abweichungsursachen aufgrund unterschiedlicher Aggregationsvorschriften des Verfahrens (Inter-Rating-Bias), verschiedener Anwender (Inter-Assessor-Bias) und unterschiedlicher Verfahrensversionen (Inter-Version-Bias) identifiziert.

Methoden

Als zentrales Maß für Bewertungsabweichungen wird das Robustheitsmaß (RM) eingeführt. Das Robustheitsmaß der Einzelparameter, Hauptparameter und der Gesamtbewertung quantifiziert die Abweichungswirkung der o.g. Faktoren und ermöglicht damit eine nachvollziehbare Identifizierung von Abweichungsursachen. Als Datengrundlage für die Untersuchungen dienen Strukturgütedaten der berichtspflichtigen Fließgewässer des Großherzogtums Luxemburg mit einer Gesamtlänge von 1.227 km (11.292 Kartierungsabschnitte). Diese Daten wurden im Rahmen einer Kartierungskampagne in den Jahren 2013 und 2014 erhoben. Die Untersuchungen der Abweichungsfaktoren beruhen im Wesentlichen auf paarweisen Vergleichen von Bewertungsergebnissen an denselben Kartierungsabschnitten:

- Inter-Rating-Bias: Anwendung unterschiedlicher Berechnungs- bzw. Aggregationsvarianten
- Inter-Assessor-Bias: Doppelkartierungen durch unterschiedliche Anwender
- Inter-Version-Bias: Anwendung von zwei unterschiedlichen Verfahrensversionen

Diese Bewertungspaare werden auf signifikante Abweichungen (Bewertungsdifferenzen) sowie auf die Häufigkeit und das Ausmaß dieser Differenzen untersucht. Die Untersuchungen erfolgen schrittweise ausgehend von der höchsten Aggregationsebene des LAWA-VO-Verfahrens (Gesamtbewertung der Strukturgüte eines Gewässerabschnitts) über die Zwischenstufe der Hauptparameter bis zur untersten Bewertungsebene der Einzelparameter. Zum einen lassen sich durch diese Vorgehensweise Aussagen zur Robustheit des Verfahrens auf allen Bewertungsebenen treffen, zum anderen kann dadurch die Wirkung der Abweichungsfaktoren – ausgehend von der untersten Bewertungsebene bis hin zur Gesamtbewertung – nachvollzogen werden. Nicht zuletzt ermöglicht diese Vorgehensweise die Ursachenermittlung der Bewertungsabweichung.

Ergebnisse

Im Folgenden bezeichnet eine deutliche Bewertungsabweichung eine Differenz von zwei oder mehr Strukturklassen auf der verfahrenseigenen siebenstufigen Klassifizierung der Strukturgüte (Klassen 1 bis 7). Eine geringe Abweichung stellt eine Differenz von einer Strukturklasse dar.

Aufgrund unterschiedlicher Berechnungs- bzw. Aggregationsvarianten (**Inter-Rating-Bias**) treten auf Ebene der Gesamtbewertung bei 25 % der Bewertungspaare geringe Abweichungen auf. Nur in extremen Ausnahmefällen (0,02 %) kommt es zu deutlichen Abweichungen um zwei Klassen. In 75% der Fälle treten keine Abweichungen auf. Auf Ebene der Hauptparameter sind nur die beidseitigen Parameter (linkes und rechtes Ufer bzw. Gewässerumfeld) von deutlichen Abweichungen betroffen, die Einzelparameter sind aus verfahrenstechnischen Gründen nicht vom Inter-Rating-Bias betroffen. Es konnten vier Ursachen für Bewertungsabweichungen identifiziert werden: die Klassierung der aggregierten Einzelparameterbewertungen auf Ebene der Hauptparameter statt der Verwendung der berechneten Dezimalwerte, die gewässerseiten-getrennte Aggregation der beidseitigen Einzelparameter zu Hauptparameterbewertungen statt einer gewässerseiten-übergreifenden Aggregation, die ausschließliche Berücksichtigung der negativer bewerteten

beidseitigen Hauptparameter statt Mittelwertbildung aus beiden Gewässerseiten und die Anwenderbewertung im Rahmen einer Plausibilitätskontrolle statt der berechneten Bewertungen.

Bewertungsabweichungen, die durch unterschiedliche Anwender hervorgerufen werden (**Inter-Assessor-Bias**), treten auf Ebene der Gesamtbewertung in 53% auf, wobei es sich dabei in 49% um geringe und in 4% um deutliche Abweichungen handelt. In 47% treten keine Abweichungen auf. Die Bewertungsrobustheit der Hauptparameter gegenüber dem Inter-Assessor-Bias ist mäßig bis hoch, die der Einzelparameter variiert beträchtlich. Hauptursachen für die Bewertungsunterschiede zwischen Anwendern sind eine unterschiedliche Typisierung von Kartierungsabschnitten, die natürliche Variabilität bestimmter Einzelparameter wie Strömungsdiversität, Längsbänke oder Uferbewuchs und der Interpretationsspielraum bei der Auslegung der Verfahrensanleitung.

Verglichen wurden die Verfahrensversionen aus Hessen und Baden-Württemberg (**Inter-Version-Bias**). In 43% kommt es zu keinen, in 53% zu geringen und in 4% zu deutlichen Bewertungsabweichungen. Eine Bewertungsaufwertung durch die Version aus Baden-Württemberg tritt etwa 22-mal häufiger auf als eine Abwertung gegenüber der hessischen Version. Die Bewertungsrobustheit der Haupt- und Einzelparameter gegenüber dem Inter-Version-Bias variiert beträchtlich. Die Hauptursachen für die Bewertungsabweichungen zwischen den beiden Versionen sind die reduzierte Parameteranzahl der baden-württembergischen Version gegenüber der hessischen Version, teilweise unterschiedliche Bewertungsvorgaben von Einzelparameter-Ausprägungen und die abweichenden Aggregationsvorschriften von Parametern und Parameterausprägungen.

Das LAWA-VO-Verfahren ist gegenüber den o. g. Abweichungsfaktoren auf der höchsten Aggregationsebene der Bewertungen (Gesamtbewertung) sehr robust. Mit zunehmender Differenzierung in unterschiedliche hydromorphologische Zustandsmerkmale (Hauptparameter und Einzelparameter) sinkt die Bewertungssicherheit teilweise sehr deutlich. Insgesamt betrachtet übt der Inter-Version-Bias die größte Abweichungswirkung aus, gefolgt vom Inter-Assessor-Bias. Die Abweichungswirkung des Inter-Rating-Bias ist auf Ebene der Gesamtbewertung relativ gering, kann aber auf Ebene der Hauptparameter zu beträchtlichen Bewertungsunterschieden führen.

Schlussfolgerungen

Im Ergebnis liefert die Arbeit wissenschaftlich fundierte Aussagen über die Verlässlichkeit, die Vergleichbarkeit und letztlich über die Anwendbarkeit der Bewertungsergebnisse des LAWA-VO-Verfahrens für gewässerökologische Fragestellungen. Die vorliegende Arbeit schließt somit die Wissenslücke bzgl. der Bewertungsrobustheit dieses Verfahrens. Es konnten die Ursachen für Bewertungsabweichungen identifiziert und die Abweichungswirkung dieser Faktoren auf unterschiedlichen Bewertungsebenen quantifiziert werden. Mit Hilfe der neu eingeführten Vergleichsgröße des Robustheitsmaßes kann die Bewertungssicherheit mehrerer Parameter bzgl. bestimmter Abweichungsfaktoren miteinander verglichen werden. Zudem ist im Sinne einer Sensitivitätsanalyse die Empfindlichkeit der Einzel- und Hauptparameter sowie der Gesamtbewertung bzgl. bestimmter Abweichungsfaktoren quantifizierbar. Die Arbeit leistet somit einen Beitrag zur Qualitätssicherung des LAWA-VO-Verfahrens.

8 Abstract

Context and Problem Description

Structural water quality data about the hydromorphological status of streams, as provided by the on-site assessment method of the German Working Group on water issues (LAWA-OS method), serves as an important source of information for a wide range of water management issues. Particularly since the ratification of the European Water Framework Directive (EC-WRRL), structural water quality data is used extensively in various applications such as water body assessment, deficit analysis and planning or monitoring of restoration projects. Current efforts even strive towards expanding the method to conducting detailed investigations on river ecology, including the assessment of colmation processes or determining habitat characteristics with respect to WFD biological quality elements.

Considering all these demands, the question about the assessment robustness of the LAWA-OS method arises. Besides a range of undisputed advantages of a visual rapid assessment tool like the LAWA-OS method, it also offers several limitations. Indeed, experiences show that the more differentiated hydromorphological structures are analysed and the more different the underlying valuation intentions are, the more likely is the assessment uncertainty of such a method, which is mainly based on expert evaluation of the assessors. Within this evaluation framework, the assessors register the hydromorphological conditions of a river section based on single parameters. The registration of these conditions is carried out by a visual inspection. The individual parameters are assessed on the basis of a comparison with pre-defined, river-type-specific reference conditions. According to predetermined aggregation rules these single parameter assessment scores are summarized to main parameter scores and ultimately combined into one overall score for each stream section. The method thereby offers different aggregation options and allows for an additional quality control by the assessor who can modify the automatically generated score if circumstances so dictate. In addition, several versions of the LAWA-OS method are currently used, which may vary in the number of parameters and the rating procedure.

Objective

Hence, assessment variation may occur due to different calculation or aggregation rules (Inter-Rating-Bias), due to different users (Inter-Assessor-Bias) or due to different versions (Inter-Version-Bias). Despite the potential discrepancies induced by the aforementioned limitations, to date, there are no published scientific studies available regarding the LAWA-OS method's assessment robustness against potential deviation factors. Therefore, the main objective of this work is to close the knowledge gap regarding the assessment robustness of the LAWA-OS method. Systematic assessment deviations are quantified and the underlying causes of the Inter-Rating-Bias, the Inter-Assessor-Bias and the Inter-Version-Bias are identified.

Methodology

As a key measure of assessment deviations, the Robustness Indicator (RI) is introduced. The Robustness Indicator quantifies the effect of the above mentioned biases on the single parameters, the main parameters and the overall score and thereby enables the identification of deviation causes. The data basis for these investigations is the structural quality data for registered rivers and creeks of the Grand Duchy of Luxembourg with a total length of 1,227 km (11,292 mapping sections). This data was collected as part of a mapping campaign in the years 2013 and 2014. The investigations of the assessment deviation factors are essentially based on pairwise comparison of assessment results for identical stream sections:

- Inter-Rating-Bias: application of different calculation and aggregation rules
- Inter-Assessor-Bias: double mapping by different assessors
- Inter-Version-Bias: application of two different versions of the LAWA-OS method

The assessment pairs are tested for significant deviations (difference between assessments of a same section) as well as for the frequency and extent of these discrepancies. The investigations are carried out gradually, starting from the highest level of aggregation (overall score of the structural quality of a stream section) to the intermediate level of the main parameters and finally to the lowest assessment level of the single parameters. On the one hand, this approach allows for quantifying the method's robustness on all assessment levels. On the other hand, the effect of the biases starting from the lowest level to the overall score can be traced. Last but not least, this approach enables determining the causes of the assessment deviations.

Results

Herein, major assessment deviations are referred to as differences of two or more quality classes on the method's intrinsic seven-stage classification of structural quality (classes 1 to 7). A minor deviation represents a difference of one quality class.

Due to differing calculation and aggregation rules (**Inter-Rating-Bias**) minor deviations occur for 25% of the assessment pairs on the level of the overall score. Only in exceptional cases (0.02%) the Inter-Rating-Bias leads to major deviations. In 75% of cases no deviations occur. On the main parameter level, only the two-sided parameters (left and right river bank or floodplain, respectively) are subject to major deviations. The single parameter level is not affected by the Inter-Rating-Bias due to procedural reasons. Four different causes for assessment deviations can be identified: the classification of the aggregated single parameters scores at the level of the main parameters instead of using the calculated decimal values, the separate aggregation of the two-sided single parameters instead of the overarching aggregation across both sides, the exclusive consideration of the lowest score of the two-sided main parameters instead of averaging the scores of both sides and the consideration of the assessor's scores from a plausibility test instead of the calculated scores.

Deviations on the level of the overall score caused by different assessors (**Inter-Assessor-Bias**) occur in 53% of the compared assessment pairs (minor deviations: 49%; major deviations: 4%). In 47% no deviations occur. The assessment robustness of the main parameters in relation to the Inter-Assessor-Bias is moderate to high. For the single parameters the assessment robustness varies considerably. Main causes of assessment deviations between assessors are the differences in specifying the underlying morphological river type, the natural variability of single parameters like flow diversity, banks or riparian vegetation, and the room for interpretation of the method's manual.

The LAWA-OS method's versions of the German federal states of Hesse and Baden-Wuerttemberg are compared (**Inter-Version-Bias**). Results show no deviation in 43%, minor deviations in 53% and major deviation in 4% on the overall score level. The method's version of Baden-Wuerttemberg provides higher scores 22 times more frequently than lower scores compared to the scores of the Hessian version. The assessment robustness of the main and single parameters with respect to the Inter-Version-Bias varies considerably. The main causes of the score differences between the two versions are the reduced number of single parameters of the Baden-Wuerttemberg version compared to the Hessian version, partly different score definitions of single-parameter values and different aggregation rules of parameters and parameter values.

The LAWA-OS method's robustness against the investigated biases is very high for the overall score level. With increasing differentiation of hydromorphological characteristics (main parameters and single parameters) the method's assessment robustness decreases considerably. In summary, the Inter-Rating-Bias exerts the largest deviation effect on the assessment results, followed by the Inter-Assessor-Bias. The deviation effect of the Inter-Rating-Bias is relatively low at the level of overall score, but can lead to substantial differences on the assessment level of the main parameters.

Conclusions

The work in hand provides scientifically based outputs in relation to the reliability and comparability, and consequently in relation the applicability of the assessment results of the LAWA-OS method for river ecology issues. Consequently, the present study fills the knowledge gap regarding the assessment robustness of this method. The causes of assessment deviations are identified and the deviating effect of these causes is quantified at different assessment levels. With help of the newly introduced Robustness Indicator, the assessment robustness of different parameters is compared quantitatively. In addition and for the purpose of a sensitivity analysis, the effect of the different deviation factors is quantified for the single and main parameters and the overall score, respectively. In this regard, the work in hand is a unique contribution to the quality control of the LAWA-OS method, and provides valuable insights for practitioners and policy makers.

9 Literatur

- ABELL, R., M. L. THIEME, C. REVENGA, M. BRYER, M. KOTTELAT, N. BOGUTSKAYA, B. COAD, N. MANDRAK, S. C. BALDERAS, W. BUSSING, M. L. J. STIASSNY, P. SKELTON, G. R. ALLEN, P. UNMACK, A. NASEKA, R. NG, N. SINDORF, J. ROBERTSON, E. ARMIGO, J. V. HIGGINS, T. J. HEIBEL, E. WIKRAMANAYAKE, D. OLSON, H. L. LÓPEZ, R. E. REIS, J. G. LUNDBERG, M. H. SABAJ PÉREZ & P. PETRY (2008). "Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation." *BioScience* 58(5): 403-414.
- ACUÑA, V., J. R. DÍEZ, L. FLORES, M. MELEASON & A. ELOSEGI (2013). "Does it make economic sense to restore rivers for their ecosystem services?" *Journal of Applied Ecology* 50(4): 988-997.
- ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS (1995). *Naturräumliche Gliederung Luxemburgs: Ausweisung ökologischer Regionen für den Waldbau*. LUXEMBOURG: ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS DE LUXEMBOURG.
- AGENCES DE L'EAU (1998). *SEQ Physique: A System for the Evaluation of the Physical Quality of Watercourses*, Agences de l'Eau & Ministère de l'Environnement, 15 pp.
- AHNERT, F. (1996). *Einführung in die Geomorphologie*, UTB GmbH.
- ALCON, F., J. MARTIN-ORTEGA, J. BERBEL & M. D. DE MIGUEL (2012). "Environmental benefits of reclaimed water: An economic assessment in the context of the Water Framework Directive." *Water Policy* 14(1): 148-159.
- ALLEN, T. F. H. & T. B. STARR (1982). *Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity*, University of Chicago Press.
- ANDERSON, J. A. (1984). "Regression and Ordered Categorical Variables." *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 46(1): 1-30.
- AQUINO DA SILVA, A. G., V. E. AMARO, K. STATTEGGER, K. SCHWARZER, H. VITAL & B. HEISE (2015). "Spectral calibration of CBERS 2B multispectral satellite images to assess suspended sediment concentration." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 104: 53-62.
- AZAR, J. G., P. PARASIEWICZ, C. ALONSO-GONZÁLEZ & D. G. DE JALÓN (2011). "Physical habitat assessment in the Tajuña river (Spain) by means of the MesoHABSIM approach." *Limnetica* 30(2): 379-392.
- BALESTRINI, R., M. CAZZOLA & A. BUFFAGNI (2004). "Characterising hydromorphological features of selected Italian rivers: A comparative application of environmental indices." *Hydrobiologia* 516(1-3): 365-379.
- BARAK, B. & D. KATZ (2015). "Valuing instream and riparian aspects of stream restoration - A willingness to tax approach." *Land Use Policy* 45: 204-212.
- BARBOUR, M. T., J. GERRITSEN, B. D. SNYDER & J. B. STRIBLING (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U. S. E. P. AGENCY. Washington, D.C.
- BARTUSSECK, S. M. (2008). *Ein regelbasiertes Entscheidungsunterstützungssystem für Maßnahmen zur Gewässerstrukturverbesserung*, Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (Dissertation).
- BEECHIE, T. J., D. A. SEAR, J. D. OLDEN, G. R. PESS, J. M. BUFFINGTON, H. MOIR, P. RONI & M. M. POLLOCK (2010). "Process-based principles for restoring river ecosystems." *BioScience* 60(3): 209-222.
- BELLETTI, B., M. RINALDI, A. D. BUIJSE, A. M. GURNELL & E. MOSSELMAN (2014). "A review of assessment methods for river hydromorphology." *Environmental Earth Sciences* 73(5): 2079-2100.
- BENDA, L., N. L. POFF, D. MILLER, T. DUNNE, G. REEVES, G. PESS & M. POLLOCK (2004). "The network dynamics hypothesis: How channel networks structure riverine habitats." *BioScience* 54(5): 413-427.
- BENJANKAR, R., F. KOENIG & D. TONINA (2013). "Comparison of hydromorphological assessment methods: Application to the Boise River, USA." *Journal of Hydrology* 492: 128-138.
- BERTOLDI, W., M. WELBER, A. M. GURNELL, L. MAO, F. COMITI & M. TAL (2015). "Physical modelling of the combined effect of vegetation and wood on river morphology." *Geomorphology* 246: 178-187.

- BFG (2001). Strukturgüte-Kartierverfahren für Wasserstraßen, Fleischhacker, T.; Kern, K. (Bearbeiter). BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.). Koblenz, S. 44.
- BIRK, S., W. BONNE, A. BORJA, S. BRUCET, A. COURRAT, S. POIKANE, A. SOLIMINI, W. VAN DE BUND, N. ZAMPOUKAS & D. HERING (2012). "Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive." *Ecological Indicators* 18(1): 31-41.
- BIRK, S. & T. POTTGIESSER (2014). Steckbriefe der Fließgewässertypen des Großherzogtums Luxemburg, Administration de la Gestion de l'Eau (Auftraggeber).
- BLIEM, M. & M. GETZNER (2012). "Willingness-to-pay for river restoration: Differences across time and scenarios." *Environmental Economics and Policy Studies* 14(3): 241-260.
- BMU (2012). Die Wasserrahmenrichtlinie - Eine Zwischenbilanz der Maßnahmenprogramme 2012, BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit der Bundesrepublik Deutschland, Berlin.
- BÖHMER, J., C. RAWER-JOST, A. ZENKER, C. MEIER, C. K. FELD, R. BISS & D. HERING (2004). "Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: Development of a multimetric invertebrate based assessment system." *Limnologia* 34(4): 416-432.
- BONA, F., E. FALASCO, S. FENOGLIO, L. IORIO & G. BADINO (2008). "Response of macroinvertebrate and diatom communities to human-induced physical alteration in mountain streams." *River Research and Applications* 24(8): 1068-1081.
- BOON, P. J. (2000). "The development of integrated methods for assessing river conservation value." *Hydrobiologia* 422-423: 413-428.
- BOON, P. J., N. T. HOLMES & P. J. RAVEN (2010). "Developing standard approaches for recording and assessing river hydromorphology: The role of the European Committee for Standardization (CEN)." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20(SUPPL. 1): S55-S61.
- BOSTELMANN, R., U. BRAUKMANN, E. BRIEM, G. HUMBORG, I. NADOLNY, A. NESS, K. SCHEURLEN, G. SCHMIDT, K. STREIB & U. WEIBEL (1993). Fließgewässertypologie: Ergebnisse interdisziplinärer Studien an naturnahen Fließgewässern und Auen in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt Buntsandstein-Odenwald und Oberrheinebene, Ecomed.
- BOZZETTI, M. & U. H. SCHULZ (2004). "An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazil." *Hydrobiologia* 529(1): 133-144.
- BRAUKMANN, U. (1997). Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie: Zoocoenological and saprobiological contributions to a general regional of brooks, Schweizerbart.
- BRAUN, M., T. ZUMBROICH, P. LANGE, S. KLEMENJAK, G. MEIER & I. NIEHNHAUS (2009). HYDRA - Monitoring water courses with TerraSAR-X and Rapideye satellite imagery in support of the EU Water Framework Directive. 3rd Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Land Use and Land Cover, Bonn, Germany.
- BREDERVELD, R. J., S. C. JÄHNIG, A. W. LORENZ, S. BRUNZEL & M. B. SOONS (2011). "Dispersal as a limiting factor in the colonization of restored mountain streams by plants and macroinvertebrates." *Journal of Applied Ecology* 48(5): 1241-1250.
- BRIEM, E. (2003). Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.
- BRIEM, E. (2003). Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. - ATV-DVWK Arbeitsbericht. Hennef: Mappe mit Textband, Steckbriefe, Kurzfassung, 4 Karten.
- BRIERLEY, G., K. FRYIRS, N. COOK, D. OUTHET, A. RAINE, L. PARSONS & M. HEALEY (2011). "Geomorphology in action: Linking policy with on-the-ground actions through applications of the River Styles framework." *Applied Geography* 31(3): 1132-1143.
- BRIERLEY, G. J. & K. A. FRYIRS (2005). *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*, Blackwell Pub.
- BRIERLEY, G. J. & K. A. FRYIRS (2008). *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*, Blackwell Publishing.
- BROOKS, T. M., R. A. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA, J. GERLACH, M. HOFFMANN, J. F. LAMOREUX, C. G. MITTERMEIER, J. D. PILGRIM & A. S. L. RODRIGUES (2006). "Global biodiversity conservation priorities." *Science* 313(5783): 58-61.

- BRUNKE, M. (2008). "Hydromorphological indicators for the ecological status of fish inhabiting the lower trout region in streams in the North-German lowlands." *Hydromorphologische Indikatoren für den ökologischen Zustand der Fischfauna der unteren Forellenregion im norddeutschen Tiefland* 52(5): 234-244.
- BRUNOTTE, E., E. DISTER, D. GÜNTHER-DIRINGER, U. KOENZEN & D. MEHL (2009). *Flussauen in Deutschland - Erfassung und Bewertung des Auenzustandes*, Schriftenreihe "Naturschutz und Biologische Vielfalt" - Band 87, Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- BUFFAGNI, A. & J. L. KEMP (2003). "Looking beyond the shores of the United Kingdom: Addenda for the application of River Habitat Survey in Southern European rivers." *Journal of Limnology* 61(2): 199-214.
- BULUT, Z., F. KARAHAN & I. SEZEN (2010). "Determining visual beauties of natural waterscapes: A case study for tortum valley (Erzurum/Turkey)." *Scientific Research and Essays* 5(2): 170-182.
- BULUT, Z. & H. YILMAZ (2009). "Determination of waterscape beauties through visual quality assessment method." *Environmental Monitoring and Assessment* 154(1-4): 459-468.
- CAMPANA, D., E. MARCHESE, J. I. THEULE & F. COMITI (2014). "Channel degradation and restoration of an Alpine river and related morphological changes." *Geomorphology* 221: 230-241.
- CAPUTO, A., L. FAHRMEIR, R. KÜNSTLER, S. LANG, I. PIGEOT-KÜBLER & G. TUTZ (2008). *Arbeitsbuch Statistik*, Springer Berlin Heidelberg.
- CARBONNEAU, P. & H. PIÉGAY (2012). *Fluvial Remote Sensing for Science and Management*, Wiley.
- CARPENTER, K. E. (1927). "Faunistic ecology of some Cardiganshire streams." *Journal of Ecology* 15: 33-54.
- CARPENTER, S. R., S. G. FISHER, N. B. GRIMM & J. F. KITCHELL (1992). "Global change and freshwater ecosystems." *Annual Review of Ecology and Systematics* 23(1): 119-139.
- CARPENTER, S. R., E. H. STANLEY & M. J. VANDER ZANDEN (2011). *State of the world's freshwater ecosystems: Physical, chemical, and biological changes*. *Annual Review of Environment and Resources*. 36: 75-99.
- CEN (2002). *A Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*. CEN TC 230/WG 2/TG 5: N32: 21 pp.
- CHARLTON, R. (2008). *Fundamentals of fluvial geomorphology*, Routledge.
- CHURCH, M. (2002). "Geomorphic thresholds in riverine landscapes." *Freshwater Biology* 47(4): 541-557.
- CHURCH, M. & R. I. FERGUSON (2015). "Morphodynamics: Rivers beyond steady state." *Water Resources Research* 51(4): 1883-1897.
- CLARKE, S. J., L. BRUCE-BURGESS & G. WHARTON (2003). "Linking form and function: Towards an eco-hydromorphic approach to sustainable river restoration." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13(5): 439-450.
- COUCEIRO, S. R. M., N. HAMADA, B. R. FORSBERG, T. P. PIMENTEL & S. L. B. LUZ (2012). "A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil." *Ecological Indicators* 18(1): 118-125.
- DANA, J. (1850). "On denudation in the Pacific." *American Journal of Science* 2(9): 48-62.
- DAVIS, W. M. (1899). *The geographical cycle*. In: Schumm (1977), 21-44.
- DAVY-BOWKER, J. & M. T. FURSE (2006). "Hydromorphology - Major results and conclusions from the STAR project." *Hydrobiologia* 566(1): 263-265.
- DIN (1987). *Partikelgrößenanalyse: Siebanalyse - Durchführung*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN 66165-2.
- DIN (1987). *Schlamm und Sedimente: Probenahme von Sedimenten*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN 38414-11.
- DIN (1992). *Hydrologie; Grundbegriffe (Hydrology; basic terms)*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN 4049.
- DIN (2004). *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M) – Teil 1: Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern (M 1)*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN 38410-1.

- DIN (2005). Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Beurteilung hydromorphologischer Eigenschaften von Fließgewässern; Deutsche Fassung EN 14614:2004, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN EN 14614.
- DIN (2010). Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Beurteilung von Veränderungen der hydromorphologischen Eigenschaften von Fließgewässern; Deutsche Fassung EN 15843:2010, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN EN 15843.
- DIN (2012). Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen in der Geodäsie - Teil 3: Gewässervermessung, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN German Institute for Standardization. DIN 18709-3.
- DODKINS, I., B. RIPPEY, T. J. HARRINGTON, C. BRADLEY, B. N. CHATHAIN, M. KELLY-QUINN, M. MCGARRIGLE, S. HODGE & D. TRIGG (2005). "Developing an optimal river typology for biological elements within the Water Framework Directive." *Water Research* 39(15): 3479-3486.
- DOLL, B. A., G. D. JENNINGS, J. SPOONER, D. L. PENROSE & J. L. USSET (2015). "Evaluating the geomorphological condition of restored streams using visual assessment and macroinvertebrate metrics." *Journal of the American Water Resources Association* 51(1): 68-83.
- DOLLAR, E. S. J., C. S. JAMES, K. H. ROGERS & M. C. THOMS (2007). "A framework for interdisciplinary understanding of rivers as ecosystems." *Geomorphology* 89(1-2 SPEC. ISS.): 147-162.
- DUDGEON, D. (2008). *Tropical stream ecology*, Academic Press.
- DUDGEON, D., A. H. ARTHINGTON, M. O. GESSNER, Z. I. KAWABATA, D. J. KNOWLER, C. LÉVÊQUE, R. J. NAIMAN, A. H. PRIEUR-RICHARD, D. SOTO, M. L. J. STIASSNY & C. A. SULLIVAN (2006). "Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges." *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81(2): 163-182.
- DVWK (1997). Entwicklung eines Kartier- und Bewertungsverfahrens für Gewässerlandschaften mittlerer Fließgewässer und Anwendung als Planungsinstrument am Beispiel der Muld, DVWK-Materialine 3/1997, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Bonn, 356 S.
- DWA (2015). Grundlagen morphologischer Phänomene in Fließgewässern (Merkblatt DWA-M 526), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA).
- DYNESIUS, M. & C. NILSSON (1994). "Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world." *Science* 266(5186): 753-762.
- EA (2003). *River Habitat Survey in Britain and Ireland - Field Survey Guidance Manual: 2003 Version*, Environmental Agency.
- EAWAG (1998). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Oekomorphologie Stufe F (flächendeckend)*, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz Schweiz.
- EC (2000). "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water." *Official Journal of the European Communities* 327: 1-72.
- EEA (2012). *European waters - assessment of status and pressures*, European Environmental Agency, Report 8/2012.
- EISNER, A., S. WIEPRECHT & M. SCHNEIDER (2005). "Linking fish habitat modeling and sediment transport in running waters." *Sichuan Daxue Xuebao (Gongcheng Kexue Ban)/Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition)* 37(SUPPL.): 52-56.
- ELOSEGI, A., J. DíEZ & M. MUTZ (2010). "Effects of hydromorphological integrity on biodiversity and functioning of river ecosystems." *Hydrobiologia* 657(1): 199-215.
- ELOSEGI, A. & S. SABATER (2013). "Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: A review and suggestions for assessing ecological impacts." *Hydrobiologia* 712(1): 129-143.
- ERBA, S., A. BUFFAGNI, N. HOLMES, M. O'HARE, P. SCARLETT & A. STENICO (2006). "Preliminary testing of River Habitat Survey features for the aims of the WFD hydro-morphological assessment: An overview from the STAR Project." *Hydrobiologia* 566(1): 281-296.
- FELD, C. K. (2004). "Identification and measure of hydromorphological degradation in Central European lowland streams." *Hydrobiologia* 516(1-3): 69-90.

- FELD, C. K., J. P. SOUSA, P. M. DA SILVA & T. P. DAWSON (2010). "Indicators for biodiversity and ecosystem services: Towards an improved framework for ecosystems assessment." *Biodiversity and Conservation* 19(10): 2895-2919.
- FERNÁNDEZ, D., J. BARQUÍN & P. J. RAVEN (2011). "A review of river habitat characterisation methods: Indices vs. characterisation protocols." *Limnetica* 30(2): 217-234.
- FERREIRA, J., J. PÁDUA, S. J. HUGHES, R. M. CORTES, S. VARANDAS, N. HOLMES & P. RAVEN (2011). "Adapting and adopting River Habitat Survey: Problems and solutions for fluvial hydromorphological assessment in Portugal." *Limnetica* 30(2): 263-272.
- FERRÉOL, M., A. DOHET, H. M. CAUCHIE & L. HOFFMANN (2005). "A top-down approach for the development of a stream typology based on abiotic variables." *Hydrobiologia* 551(1): 193-208.
- FISHER, S. G., J. B. HEFFERNAN, R. A. SPONSELLER & J. R. WELTER (2007). "Functional ecomorphology: Feedbacks between form and function in fluvial landscape ecosystems." *Geomorphology* 89(1-2 SPEC. ISS.): 84-96.
- FLENER, C., M. VAAJA, A. JAAKKOLA, A. KROOKS, H. KAARTINEN, A. KUKKO, E. KASVI, H. HYYPPÄ, J. HYYPPÄ & P. ALHO (2013). "Seamless mapping of river channels at high resolution using mobile LiDAR and UAV-photography." *Remote Sensing* 5(12): 6382-6407.
- FRIEDRICH, G. & J. LACOMBE (1992). *Ökologische Bewertung von Fließgewässern*, Fischer.
- FRISSELL, C. A., W. J. LISS, C. E. WARREN & M. D. HURLEY (1986). "A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context." *Environmental Management* 10(2): 199-214.
- FRYRS, K. A. & G. J. BRIERLEY (2012). *Geomorphologic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*, John Wiley & Sons, Ltd.
- FUSTER, R., C. ESCOBAR, G. LILLO & A. DE LA FUENTE (2014). "Construction of a typology system for rivers in Chile based on the European Water Framework Directive (WFD)." *Environmental Earth Sciences*.
- GARCÍA, A., K. JORDE, E. HABIT, D. CAAMAÑO & O. PARRA (2011). "Downstream environmental effects of dam operations: Changes in habitat quality for native fish species." *River Research and Applications* 27(3): 312-327.
- GELLERT, G., S. BEHRENS & M. RASCHKE (2012). "The return of degraded stream ecosystems by using positive impacts from near-natural sections: A new practical guide for restorations." *Water and Environment Journal*.
- GELLERT, G., T. POTTSIESSER & T. EULER (2014). "Assessment of the structural quality of streams in Germany - Basic description and current status." *Environmental Monitoring and Assessment* 186(6): 3365-3378.
- GERSON ARAUJO, F., I. FICHBERG, B. C. TEIXEIRA PINTO & M. GALVAO PEIXOTO (2003). "A Preliminary Index of Biotic Integrity for Monitoring the Condition of the Rio Paraíba do Sul, Southeast Brazil." *Environmental Management* 32(4): 516-526.
- GILVEAR, D. J. (1999). "Fluvial geomorphology and river engineering: Future roles utilizing a fluvial hydrosystems framework." *Geomorphology* 31(1-4): 229-245.
- GOEBEL, H. (2006). *Entwicklung einer Benchmarking-Methode für die Bewertung der Verbesserung von Gewässerstrukturen an Fließgewässern*, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München. *Mitteilungen Heft 96 / 2006* (Dissertation), S. 202.
- GOSTNER, W., M. ALP, A. J. SCHLEISS & C. T. ROBINSON (2013). "The hydro-morphological index of diversity: A tool for describing habitat heterogeneity in river engineering projects." *Hydrobiologia* 712(1): 43-60.
- GRZYBOWSKI, M. & Z. ENDLER (2012). "Ecomorphological evaluation of the Lyna River along the Kotowo-Ardapy section." *Quaestiones Geographicae* 31(1): 51-65.
- GÜNERALP, I., A. M. FILIPPI & B. HALES (2014). "Influence of river channel morphology and bank characteristics on water surface boundary delineation using high-resolution passive remote sensing and template matching." *Earth Surface Processes and Landforms* 39(7): 977-986.
- HAASE, P., D. HERING, S. C. JÄHNIG, A. W. LORENZ & A. SUNDERMANN (2013). "The impact of hydromorphological restoration on river ecological status: A comparison of fish, benthic invertebrates, and macrophytes." *Hydrobiologia* 704(1): 475-488.

- HAASE, R. & U. NOLTE (2008). "The invertebrate species index (ISI) for streams in southeast Queensland, Australia." *Ecological Indicators* 8(5): 599-613.
- HACK, H. P. (2010). Durchgängigkeit und Habitatmodellierung von Fließgewässern: Wiederherstellen der Durchgängigkeit, Funktionskontrolle von Wanderhilfen, Habitats und ihre Beschreibung, Bauhaus-Universität.
- HAINES, A. T., B. L. FINLAYSON & T. A. MCMAHON (1988). "A global classification of river regimes." *Applied Geography* 8(4): 255-272.
- HANNAFORD, M. J., M. T. BARBOUR & V. H. RESH (1997). "Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat." *Journal of the North American Benthological Society* 16(4): 853-860.
- HARRISON, P. A., M. VANDEWALLE, M. T. SYKES, P. M. BERRY, R. BUGTER, F. DE BELLO, C. K. FELD, U. GRANDIN, R. HARRINGTON, J. R. HASLETT, R. H. G. JONGMAN, G. W. LUCK, P. M. DA SILVA, M. MOORA, J. SETTELE, J. P. SOUSA & M. ZOBEL (2010). "Identifying and prioritising services in European terrestrial and freshwater ecosystems." *Biodiversity and Conservation* 19(10): 2791-2821.
- HARVEY, A. M. (2002). "Effective timescales of coupling within fluvial systems." *Geomorphology* 44(3-4): 175-201.
- HARVEY, G. L., A. M. GURNELL & N. J. CLIFFORD (2008). "Characterisation of river reaches: The influence of rock type." *Catena* 76(1): 78-88.
- HAUER, C., G. MANDLBURGER & H. HABERSACK (2009). "Hydraulically related hydro-morphological units: Description based on a new conceptual mesohabitat evaluation model (MEM) using LiDAR data as geometric input." *River Research and Applications* 25(1): 29-47.
- HAUER, C., G. UNFER, M. TRITTHART, E. FORMANN & H. HABERSACK (2011). "Variability of mesohabitat characteristics in riffle-pool reaches: Testing an integrative evaluation concept (FGC) for MEM-application." *River Research and Applications* 27(4): 403-430.
- HERING, D., A. BORJA, J. CARSTENSEN, L. CARVALHO, M. ELLIOTT, C. K. FELD, A. S. HEISKANEN, R. K. JOHNSON, J. MOE, D. PONT, A. L. SOLHEIM & W. V. DE BUND (2010). "The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future." *Science of the Total Environment* 408(19): 4007-4019.
- HERING, D., C. MEIER, C. RAWER-JOST, C. K. FELD, R. BISS, A. ZENKER, A. SUNDERMANN, S. LOHSE & J. BÖHMER (2004). "Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: Selection of candidate metrics." *Limnologica* 34(4): 398-415.
- HERITAGE, G. L., M. E. CHARLTON & S. O'REGAN (2001). "Morphological classification of fluvial environments: An investigation of the continuum of channel types." *Journal of Geology* 109(1): 21-33.
- HERZOG, T. R. (1985). "A cognitive analysis of preference for waterscapes." *Journal of Environmental Psychology* 5(3): 225-241.
- HIGGINS, J. V., M. T. BRYER, M. L. KHOURY & T. W. FITZHUGH (2005). "A freshwater classification approach for biodiversity conservation planning." *Conservation Biology* 19(2): 432-445.
- HOLLAND, R. A., F. EIGENBROD, P. R. ARMSWORTH, B. J. ANDERSON, C. D. THOMAS, A. HEINEMEYER, S. GILLINGS, D. B. ROY & K. J. GASTON (2011). "Spatial covariation between freshwater and terrestrial ecosystem services." *Ecological Applications* 21(6): 2034-2048.
- HOLZAPFEL, P., B. WAGNER, B. ZEIRINGER, W. GRAF, P. LEITNER, H. HABERSACK & C. HAUER (2014). "Using habitat modeling in the integrative assessment of peak and residual flows in the context of water power use." *Osterreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 66(5-6): 179-189.
- HORTON, R. E. (1945). "Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology." *Bulletin of the Geological Society of America* 56: 275-370.
- HOWARD, A. D. (1980). Thresholds in river regimes, In: Coates, D.R. and Vitek, J.D., eds., *Thresholds in Geomorphology*, London: Allan & Unwin, pp. 227-258.
- HUANG, S. C. L. (2009). "The validity of visual surrogates for representing waterscapes." *Landscape Research* 34(3): 323-335.
- HUET, M. (1959). "Profiles and biology of western European streams as related to fish management." *Transactions of the American Fisheries Society* 88: 155-163.

- HUGHES, R. M., A. T. HERLIHY & P. R. KAUFMANN (2010). "An evaluation of qualitative indexes of physical habitat applied to agricultural streams in ten U.S. States." *Journal of the American Water Resources Association* 46(4): 792-806.
- HYNES, H. B. N. (1970). *The ecology of running waters*, University of Toronto Press.
- HYNES, H. B. N. (1975). "The stream and its valley." *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen* 19: 1-15.
- ILLIES, J. (1961). "Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer." *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 46(2): 205-213.
- ILLIES, J. (1978). *Limnofauna Europaea*, Gustav Fischer Verlag, Weinheim.
- ILLIES, J. (1978). *Limnofauna Europaea: Eine Zusammenstellung aller die europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie. A checklist of the animals inhabiting European inland waters, with accounts of their distribution and ecology (except protozoa)*, Fischer.
- IVKOVIC, K. M. (2009). "A top-down approach to characterise aquifer-river interaction processes." *Journal of Hydrology* 365(3-4): 145-155.
- JÄHNIG, S. C., K. BRABEC, A. BUFFAGNI, S. ERBA, A. W. LORENZ, T. OFENBÖCK, P. F. M. VERDONSCHOT & D. HERING (2010). "A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers." *Journal of Applied Ecology* 47(3): 671-680.
- JÄHNIG, S. C., A. LORENZ & D. HERING (2008). "Hydromorphological parameters indicating differences between single- and multiple-channel mountain rivers in Germany, in relation to their modification and recovery." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18(7): 1200-1216.
- JANUSCHKE, K., S. BRUNZEL, P. HAASE & D. HERING (2011). "Effects of stream restorations on riparian mesohabitats, vegetation and carabid beetles." *Biodiversity and Conservation* 20(13): 3147-3164.
- JANUSCHKE, K., S. C. JÄHNIG, A. W. LORENZ & D. HERING (2014). "Mountain river restoration measures and their success(ion): Effects on river morphology, local species pool, and functional composition of three organism groups." *Ecological Indicators* 38(0): 243-255.
- JENKINS, M. (2003). "Prospects for Biodiversity." *Science* 302(5648): 1175-1177.
- JENSEN, A. M., T. HARDY, M. MCKEE & Y. CHEN (2011). Using a multispectral autonomous unmanned aerial remote sensing platform (AggieAir) for riparian and wetlands applications. 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2011, Vancouver, BC.
- JIANG, H., X. HUANG & W. LI (2012). "Ecological water demand of fish in flow reducing reach based on physical habitat simulation." *Shuili Fadian Xuebao/Journal of Hydroelectric Engineering* 31(5): 141-147.
- JUNGWIRTH, M. (2003). *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*, Facultas-Verlag.
- JUNK, W. J., P. B. BAYLEY & R. E. SPARKS (1989). "The flood pulse concept in river-floodplain systems." In: *Proceedings of the International Large River Symposium* (ed. D.P. Dodge), pp. 110-127, Vol. 106. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, ON.
- JUNKER, B. & M. BUCHECKER (2008). "Aesthetic preferences versus ecological objectives in river restorations." *Landscape and Urban Planning* 85(3-4): 141-154.
- KAIL, J., J. ARLE & S. C. JÄHNIG (2012). "Limiting factors and thresholds for macroinvertebrate assemblages in European rivers: Empirical evidence from three datasets on water quality, catchment urbanization, and river restoration." *Ecological Indicators* 18(1): 63-72.
- KAIL, J. & D. HERING (2009). "The influence of adjacent stream reaches on the local ecological status of central european mountain streams." *River Research and Applications* 25(5): 537-550.
- KAIL, J., S. C. JÄHNIG & D. HERING (2009). "Relation between floodplain land use and river hydromorphology on different spatial scales - a case study from two lower-mountain catchments in Germany." *Fundamental and Applied Limnology* 174(1): 63-73.
- KAMP, U., W. BINDER & K. HÖLZL (2007). "River habitat monitoring and assessment in Germany." *Environmental Monitoring and Assessment* 127(1): 209-226.
- KEMP, J. L., D. M. HARPER & G. A. CROSA (1999). "Use of 'functional habitats' to link ecology with morphology and hydrology in river rehabilitation." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9(1): 159-178.

- KERN, K. (1994). Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung: geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern, Springer.
- KOENIG, F. (2011). Methode zur hydromorphologischen und soziokulturellen Bewertung urbaner Fließgewässer, Fakultät für Bauingenieur-, Geo und Umweltwissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie (Dissertation), Karlsruhe.
- KOENZEN, U. (2005). Fluss- und Stromauen in Deutschland - Typologie und Leitbilder, *Angewandte Landschaftsökologie* 65: 327 S.
- KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1908). *Ökologie der pflanzlichen Saprobien*, Bornträger, Berlin.
- KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1909). "Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung." *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2: 126-152.
- KONDOLF, G. M. & M. LARSON (1995). "Historical channel analysis and its application to riparian and aquatic habitat restoration." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 5(2): 109-126.
- KONDOLF, G. M. & H. PIÉGAY (2005). *Tools in Fluvial Geomorphology*, John Wiley & Sons.
- KÜHTREIBER, J. (1934). Die Plecopterenfauna Nordtirols, *Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck* 44: 1-219.
- KUO, C. W., G. BRIERLEY & Y. H. CHANG (2015). "Monitoring channel responses to flood events of low to moderate magnitudes in a bedrock-dominated river using morphological budgeting by terrestrial laser scanning." *Geomorphology* 235: 1-14.
- LALLIAS-TACON, S., F. LIÉBAULT & H. PIÉGAY (2012). Braided channel morphological changes derived from a combined analysis of multirate airborne LiDAR and archive aerial photographs. *International Conference on Fluvial Hydraulics, River Flow 2012*, San Jose.
- LALLIAS-TACON, S., F. LIÉBAULT & H. PIÉGAY (2014). "Step by step error assessment in braided river sediment budget using airborne LiDAR data." *Geomorphology* 214: 307-323.
- LAMNEK, S. & C. KRELL (2010). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch*, Beltz.
- LANE, S. N. & K. S. RICHARDS (1997). "Linking river channel form and process: Time, space and causality revisited." *Earth Surface Processes and Landforms* 22(3): 249-260.
- LANGHANS, S. D., J. LIENERT, N. SCHUWIRTH & P. REICHERT (2013). "How to make river assessments comparable: A demonstration for hydromorphology." *Ecological Indicators* 32: 264-275.
- LANUV-NRW (2012). *Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen: Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer - LANUV Arbeitsblatt Nr. 18*, Pottgiesser, T.; Müller, A. (Bearbeiter) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 214 S.
- LAWA (2000). *Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland: Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer - Empfehlung*, Linnenweber, C., Friedrich, G. & Lacombe, J. (Bearbeiter). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Hrsg.), Schwerin, 186 S.
- LAWA (2002). *Empfehlung Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland: Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer*, Friedrich, G.; Glaser, D.; Koenzen, U.; Lacombe, J.; Meyer-Höltzl, S.; Müller, A. & Zumbroich, T. (Bearbeiter). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Hrsg.), Schwerin, 151 S.
- LAWA (2004). *Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland - Übersichtsverfahren. Empfehlung Oberirdische Gewässer*, Bauer, M.; Binder, W.; Friedrich, G.; Henker, J.; Kairies, E.; Kraier, W.; Leuckel, C.; Meyer-Höltzl, S.; Sommer, M. & Teltcher, M. (Bearbeiter). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Hrsg.), 27 S.
- LAWA (2012). *LAWA-Verfahrensempfehlung "Gewässerstrukturgütekartierung - Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer*, [unveröff. Entwurf], Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Hrsg.).
- LAWA (2014). *LAWA-Verfahrensempfehlung "Gewässerstrukturgütekartierung - Verfahren für mittelgroße und große Fließgewässer*, [unveröff. Entwurf], Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Hrsg.).
- LEGLEITER, C. J. (2012). "Remote measurement of river morphology via fusion of LiDAR topography and spectrally based bathymetry." *Earth Surface Processes and Landforms* 37(5): 499-518.
- LEOPOLD, L. B. (1954). "Studies of river morphology." *Science* 119(3088): 326-327.
- LEOPOLD, L. B. & T. MADDOCK (1953). *The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications: Quantitative Measurement of Some of the Hydraulic Factors that Help*

- to Determine the Shape of Natural Stream Channels: Depth, Width, Velocity, and Suspended Load, and how They Vary with Discharge as Simple Power Functions ; Their Interrelations are Described by the Term "hydraulic Geometry", U.S. Government Printing Office.
- LEOPOLD, L. B. & M. O'BRIEN MARCHAND (1968). "On the Quantitative Inventory of the Riverscape." *Water Resources Research* 4(4): 709-717.
- LEOPOLD, L. B., M. G. WOLMAN & J. P. MILLER (1964). *Fluvial processes in geomorphology*, Dover Publications.
- LEOPOLD, L. B., M. G. WOLMAN & J. P. MILLER (1995). *Fluvial processes in geomorphology*, Dover Publications.
- LEOPOLD, L. B., M. G. WOLMAN & G. SURVEY (1957). *River channel patterns: braided, meandering, and straight: Physiographic and hydraulic studies of rivers*, U.S. G.P.O.
- LEYER, I. & K. WESCHE (2008). *Multivariate Statistik in der Ökologie: Eine Einführung*, Springer Berlin Heidelberg.
- LÖFFLER, E., R. HIRSCH & C. KISINGER (2003). *Gewässertypenatlas für das Großherzogtum Luxemburg (River type atlas for the Grand Duchy of Luxembourg)*. Saarland University on behalf of Servies de la Gestion de l'Eau - Ministère de l' Intérieur du Luxembourg.
- LORENZ, A. W., T. KORTE, A. SUNDERMANN, K. JANUSCHKE & P. HAASE (2012). "Macrophytes respond to reach-scale river restorations." *Journal of Applied Ecology* 49(1): 202-212.
- LOZÁN, J. L. & H. KAUSCH (2007). *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler*, Hamburg.
- LUA (1998). *Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung - Merkblatt 14*, Friedrich, G.; Glacer, D.; Hesse, K.-J.; Lacombe, J.; Meyer-Höltzl, S.; Müller, A.; Zumbroich, T. (Bearbeiter). Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen - LUA (Hrsg.), Essen: 160 S.
- LUA (2001). *Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung. Anleitung für die Kartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer - Merkblatt 26*, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): 151 S.
- LUBW (2010). *Gewässerstrukturkartierung in Baden-Württemberg: Feinverfahren (3. Auflage)*, Stelzer, A.; König, F.; Heimler, J.; Hollerbach, A., Appel, S.; Schneider-Ritter, U.; Keller, N.; Hübner, R.; Albercht, A.; Kiefer, E.M.; Steger, I.; Kappler, S.; Reuschenbach, M. (Bearbeiter) .Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg - LUBW (Hrsg.). Karlsruhe: 61 S.
- LUCIUS, M. (1952). "Übersicht über die Geologie Luxemburgs." *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*: Band 103, Hannover.
- MADDOCK, I. (1999). "The importance of physical habitat assessment for evaluating river health." *Freshwater Biology* 41(2): 373-391.
- MALMQVIST, B. & S. RUNDLE (2002). "Threats to the running water ecosystems of the world." *Environmental Conservation* 29(2): 134-153.
- MANGELSDORF, J. & K. SCHEURMANN (1980). *Flussmorphologie: Ein Leitfadens für Naturwissenschaftler und Ingenieure*, Oldenbourg.
- MANNERS, R. B., A. C. WILCOX, L. KUI, A. F. LIGHTBODY, J. C. STELLA & L. S. SKLAR (2015). "When do plants modify fluvial processes? Plant-hydraulic interactions under variable flow and sediment supply rates." *Journal of Geophysical Research F: Earth Surface* 120(2): 325-345.
- MAYRING, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: eine Anleitung zu qualitativem Denken*, Beltz.
- MEIER, G. (2015). *Operator perception of assessment difficulties regarding the parameters of the German hydromorphological field survey (unveröffentlicht, in Bearbeitung)*.
- MEIER, G., L. RIBBE & T. ZUMBROICH (2015). *Gewässerstrukturkartierung in Deutschland: Variabilität der Bewertungsergebnisse*. Posterpräsentation, Tag der Hydrologie 2015, Bonn.
- MEIER, G., T. ZUMBROICH & J. ROEHRIG (2013). "Hydromorphological assessment as a tool for river basin management: The German field survey method." *Journal of Natural Resources and Development* 3: 14-26.
- MEIER, G., T. ZUMBROICH, J. ROEHRIG & M. SOUVIGNET (2012). "Application of the radiating effect concept to implement measures stipulated by the European Water Framework Directive." *Water Science and Technology* 66(12): 2793-2799.

- MEITNER, M. J. (2004). "Scenic beauty of river views in the Grand Canyon: Relating perceptual judgments to locations." *Landscape and Urban Planning* 68(1): 3-13.
- MELLES, S. J., N. E. JONES & B. SCHMIDT (2012). "Review of theoretical developments in stream ecology and their influence on stream classification and conservation planning." *Freshwater Biology* 57(3): 415-434.
- MICHEZ, A., H. PIÉGAY, F. TOROMANOFF, D. BROGNA, S. BONNET, P. LEJEUNE & H. CLAESSENS (2013). "LiDAR derived ecological integrity indicators for riparian zones: Application to the Houille river in Southern Belgium/Northern France." *Ecological Indicators* 34: 627-640.
- MOGHADDAS, N. H., R. JALILVAND & H. R. SOLOKI (2013). "The investigation of the Sistan River morphology using Rosgen classification." *Indian Journal of Science and Technology* 6(2): 55-60.
- MONTGOMERY, D. R. & J. M. BUFFINGTON (1997). "Channel-reach morphology in mountain drainage basins." *Bulletin of the Geological Society of America* 109(5): 596-611.
- MORENO, J. L., C. NAVARRO & J. DE LAS HERAS (2006). "Abiotic ecotypes in south-central Spanish rivers: Reference conditions and pollution." *Environmental Pollution* 143(3): 388-396.
- MOULTON, T. P. & K. M. WANTZEN (2006). "Conservation of tropical streams - Special questions or conventional paradigms?" *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16(7): 659-663.
- MOUTON, A. M., M. SCHNEIDER, J. DEPESTELE, P. L. M. GOETHALS & N. DE PAUW (2007). "Fish habitat modelling as a tool for river management." *Ecological Engineering* 29(3): 305-315.
- MOYA, N., R. M. HUGHES, E. DOMÍNGUEZ, F. M. GIBON, E. GOITIA & T. OBERDORFF (2011). "Macroinvertebrate-based multimetric predictive models for evaluating the human impact on biotic condition of Bolivian streams." *Ecological Indicators* 11(3): 840-847.
- MUEHLBAUER, J. D., S. F. COLLINS, M. W. DOYLE & K. TOCKNER (2014). "How wide is a stream? Spatial extent of the potential "stream signature" in terrestrial food webs using meta-analysis." *Ecology* 95(1): 44-55.
- MÜHLMANN, H. & R. MAUTHNER-WEBER (2010). Leitfaden zur hydromorphologischen Zustandserhebung von Fließgewässern, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- MUTZ, M., H. PIÉGAY, K. J. GREGORY, D. BORCHARDT, M. REICH & K. SCHMIEDER (2006). "Perception and evaluation of dead wood in streams and rivers by German students." *Limnologica* 36(2): 110-118.
- MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA & J. KENT (2000). "Biodiversity hotspots for conservation priorities." *Nature* 403(6772): 853-858.
- NAIMAN, R. J. & H. DÉCAMPS (1997). "The ecology of interfaces: Riparian zones." *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 621-658.
- NAIMAN, R. J., D. G. LONZARICH, T. J. BEECHIE & S. C. RALPH (1992). "General principles of classification and the assessment of conservation potential in rivers." In: *River Conservation and Management* (Eds P.J. Boon, P. Calow & G.E. Petts), pp. 111–123. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK.
- NANSON, G. C. & J. C. CROKE (1992). "A genetic classification of floodplains." *Geomorphology* 4(6): 459-486.
- NANSON, G. C. & A. DAVID KNIGHTON (1996). "Anabranching rivers: Their cause, character and classification." *Earth Surface Processes and Landforms* 21(3): 217-239.
- NEWSON, M., D. SEAR & C. SOULSBY (2012). "Incorporating hydromorphology in strategic approaches to managing flows for salmonids." *Fisheries Management and Ecology*.
- NEWSON, M. D. (2002). "Geomorphological concepts and tools for sustainable river ecosystem management." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12(4): 365-379.
- NEWSON, M. D. & A. R. G. LARGE (2006). "'Natural' rivers, 'hydromorphological quality' and river restoration: A challenging new agenda for applied fluvial geomorphology." *Earth Surface Processes and Landforms* 31(13): 1606-1624.
- NEWSON, M. D. & C. L. NEWSON (2000). "Geomorphology, ecology and river channel habitat: Mesoscale approaches to basin-scale challenges." *Progress in Physical Geography* 24(2): 195-217.
- NILSSON, C., C. A. REIDY, M. DYNESIUS & C. REVENGA (2005). "Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems." *Science* 308(5720): 405-408.

- ORR, H. G., A. R. G. LARGE, M. D. NEWSON & C. L. WALSH (2008). "A predictive typology for characterising hydromorphology." *Geomorphology* 100(1-2): 32-40.
- OTTO, A. (1991). Grundlagen einer morphologischen Typologie der Bäche, In: Larsen, P. (Hrsg.) Beiträge zur naturnahen Umgestaltung von Fließgewässern. Mitt. Inst. Wasserbau u. Kulturtechnik 180, Universität Karlsruhe, 1-94.
- OTTO, A. & U. BRAUKMANN (1983). Gewässertypologie im ländlichen Raum, Landwirtschaftsverlag.
- PARASIEWICZ, P. (2001). "MesoHABSIM: A concept for application of instream flow models in river restoration planning." *Fisheries* 26(9): 6-13.
- PARASIEWICZ, P. (2007). "Arena: The Mesohabsim model revisited." *River Research and Applications* 23(8): 893-903.
- PARASIEWICZ, P., J. G. RUBIAL, M. M. SÁNCHEZ & D. G. DE JALÓN LASTRA (2009). "MesoHABSIM: Una herramienta eficaz para la gestión de ríos y cuencas fluviales (MesoHABSIM: An effective tool for river and watershed management)." *Tecnología del Agua* 29(309): 20-27.
- PARDO, I., C. GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. G. WASSON, R. OWEN, W. VAN DE BUND, M. KELLY, C. BENNETT, S. BIRK, A. BUFFAGNI, S. ERBA, N. MENGIN, J. MURRAY-BLIGH & G. OFENBÖECK (2012). "The European reference condition concept: A scientific and technical approach to identify minimally-impacted river ecosystems." *Science of the Total Environment* 420: 33-42.
- PARSONS, M. & M. C. THOMS (2007). "Hierarchical patterns of physical-biological associations in river ecosystems." *Geomorphology* 89(1-2 SPEC. ISS.): 127-146.
- PARSONS, M., M. C. THOMS & R. H. NORRIS (2002). Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol, Monitoring River Health Initiative Technical Report. 22.
- PATT, H., P. JÜRGING & W. KRAUS (2010). Naturnaher Wasserbau: Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern, Springer-Verlag GmbH.
- POOLE, G. C. (2002). "Fluvial landscape ecology: Addressing uniqueness within the river discontinuum." *Freshwater Biology* 47(4): 641-660.
- POOLE, G. C. (2010). "Stream hydrogeomorphology as a physical science basis for advances in stream ecology." *Journal of North American Benthological Society* 29: 12-25.
- POTTGIESSER, T. & M. SOMMERHÄUSER (2004). Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen - Steckbriefe und Anhang, Umweltbundesamt (UBA).
- POTTGIESSER, T. & M. SOMMERHÄUSER (2008). Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen - Steckbriefe und Anhang, Umweltbundesamt (UBA).
- POWELL, J. W. (1875). "Exploration of the Colorado River of the West and its Tributaries." Washington, DC: Government Printing Office, 291 p.
- RAVEN, P. J., P. J. BOON, F. H. DAWSON & A. J. D. FERGUSON (1998). "Towards an integrated approach to classifying and evaluating rivers in the UK." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8(4): 383-393.
- RAVEN, P. J., N. T. HOLMES, I. P. VAUGHAN, F. H. DAWSON & P. SCARLETT (2010). "Benchmarking habitat quality: Observations using River Habitat Survey on near-natural streams and rivers in northern and western Europe." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20(SUPPL. 1): S13-S30.
- RAVEN, P. J., N. T. H. HOLMES, P. CHARRIER, F. H. DAWSON, M. NAURA & P. J. BOON (2002). "Towards a harmonized approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: A qualitative comparison of three survey methods." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12(4): 405-424.
- RENSCHLER, C. S., M. W. DOYLE & M. THOMS (2007). "Geomorphology and ecosystems: Challenges and keys for success in bridging disciplines." *Geomorphology* 89(1-2 SPEC. ISS.): 1-8.
- RIMET, F., L. ECTOR, H. M. GAUCHIE & L. HOFFMANN (2004). "Regional distribution of diatom assemblages in the headwater streams of Luxembourg." *Hydrobiologia* 520(1-3): 105-117.
- RINALDI, M., N. SURIAN, F. COMITI & M. BUSSETTINI (2013). "A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI)." *Geomorphology* 180-181: 96-108.

- ROPER, B. B., J. M. BUFFINGTON, E. ARCHER, C. MOYER & M. WARD (2008). "The role of observer variation in determining Rosgen stream types in northeastern Oregon mountain streams." *Journal of the American Water Resources Association* 44(2): 417-427.
- ROSENZWEIG, S., I. QUICK, N. CRON, F. KÖNIG, S. SCHRIEVER, S. VOLLMER, C. SVENSON & D. GRÄTZ (2012). 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.
- ROSGEN, D. L. (1994). "A classification of natural rivers." *Catena* 22(3): 169-199.
- ROSGEN, D. L. (1996). Applied river morphology, Wildland Hydrology.
- ROUX, C., A. ALBER, M. BERTRAND, L. VAUDOR & H. PIÉGAY (2014). "'FluvialCorridor': A new ArcGIS toolbox package for multiscale riverscape exploration." *Geomorphology*.
- SCHABER-SCHOOR, G. (2007). Kleine Gewässerläufe im Wald - Grundlagen für den Erhalt und die Entwicklung naturnaher Bachläufe in bewirtschafteten Wäldern, Culterra - Verlag des Instituts der Landespflege der Universität Freiburg, Vol. 49 (Dissertation).
- SCHABER-SCHOOR, G. & H. RINDERSPACHER (2006). Anleitung zur Gewässerstrukturkartierung nach dem Verfahren Einzelstruktur-Kartierung an Fließgewässern im Wald (EStruka-FVA). BfG-Bericht Nr. 1657, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abt. Landespflege, Freiburg.
- SCHAICH, H. (2009). "Local residents' perceptions of floodplain restoration measures in Luxembourg's Syr Valley." *Landscape and Urban Planning* 93(1): 20-30.
- SCHAICH, H., J. KARIER & W. KONOLD (2012). "Rivers, regulation and restoration: land use history of floodplains in a peri-urban landscape in Luxembourg, 1777 - 2000." *European Countryside* 3(4): 241-264.
- SCHEIFHACKEN, N., U. HAASE, L. GRAM-RADU, R. KOZOVYI & T. U. BERENDONK (2012). "How to assess hydromorphology? A comparison of Ukrainian and German approaches." *Environmental Earth Sciences* 65(5): 1483-1499.
- SCHINDLER, H. (2004). Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz, Institut für Naturwissenschaften der Universität Koblenz-Landau, Abt. Biologie (Dissertation).
- SCHINEGGER, R., C. TRAUTWEIN, A. MELCHER & S. SCHMUTZ (2012). "Multiple human pressures and their spatial patterns in European running waters." *Water and Environment Journal* 26(2): 261-273.
- SCHMEDITJE, U., M. SOMMERHÄUSER, U. BRAUKMANN, E. BRIEM, P. HAASE & D. HERING (2001). Grundlage für die Erarbeitung der wichtigsten biozönotisch relevanten Fließgewässertypen im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie (Typentabelle), (unveröffentl.).
- SCHMITT, L., G. MAIRE, P. NOBELIS & J. HUMBERT (2007). "Quantitative morphodynamic typology of rivers: A methodological study based on the French Upper Rhine basin." *Earth Surface Processes and Landforms* 32(11): 1726-1746.
- SCHMITT, R., S. BIZZI & A. CASTELLETTI (2014). "Characterizing fluvial systems at basin scale by fuzzy signatures of hydromorphological drivers in data scarce environments." *Geomorphology* 214: 69-83.
- SCHUMM, S. A. (1967). "Meander wavelength of alluvial rivers." *Science* 157(3796): 1549-1550.
- SCHUMM, S. A. (1972). River Morphology. Stroudsburg, Penn.
- SCHUMM, S. A. (1977). The fluvial system, John Wiley.
- SCHUMM, S. A. (2003). The fluvial system, Blackburn Press.
- SCHUMM, S. A. & R. W. LICHTY (1965). "Time, space, and causality in geomorphology." *American Journal of Science* 263(2): 110-119.
- SCHWENDEL, A. C., I. C. FULLER & R. G. DEATH (2012). "Assessing DEM interpolation methods for effective representation of upland stream morphology for rapid appraisal of bed stability." *River Research and Applications* 28(5): 567-584.
- SEAR, D., M. NEWSON, C. HILL, J. OLD & J. BRANSON (2009). "A method for applying fluvial geomorphology in support of catchment-scale river restoration planning." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19(5): 506-519.

- SHELLEY, J. E., C. B. YOUNG & B. M. MCENROE (2010). The Rosgen Rosetta stone: Translating Rosgen terminology. World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change, Providence, RI.
- SHREVE, R. L. (1966). "Statistical Law of stream numbers." *Journal of Geology* 74: 17-37.
- SIMON, A., M. DOYLE, M. KONDOLF, F. D. SHIELDS JR, B. RHOADS, G. GRANT, F. FITZPATRICK, K. JURACEK, M. MCPHILLIPS & J. MACBROOM (2005). How well do the rosgen classification and associated "natural channel design" methods integrate and quantify fluvial processes and channel response? 2005 World Water and Environmental Resources Congress, Anchorage, AK.
- SIMON, A., M. DOYLE, M. KONDOLF, F. D. SHIELDS JR, B. RHOADS & M. MCPHILLIPS (2007). "Critical evaluation of how the Rosgen classification and associated "natural channel design" methods fail to integrate and quantify fluvial processes and channel response." *Journal of the American Water Resources Association* 43(5): 1117-1131.
- SÍPEK, V., M. MATOUSKOVÁ & M. DVORÁK (2010). "Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods." *Environmental Monitoring and Assessment* 169(1-4): 309-319.
- SNELDER, T., J. B. ORTIZ, D. BOOKER, N. LAMOUREUX, H. PELLA & U. SHANKAR (2012). "Can bottom-up procedures improve the performance of stream classifications?" *Aquatic Sciences* 74(1): 45-59.
- SOLARI, L., M. VAN OORSCHOT, B. BELLETTI, D. HENDRIKS, M. RINALDI & A. VARGAS-LUNA (2015). "Advances on Modelling Riparian Vegetation-Hydromorphology Interactions." *River Research and Applications*.
- SORANNO, P. A., K. SPENCE CHERUVELIL, K. E. WEBSTER, M. T. BREMIGAN, T. WAGNER & C. A. STOW (2010). "Using landscape limnology to classify freshwater ecosystems for multi-ecosystem management and conservation." *BioScience* 60(6): 440-454.
- STEINMANN, P. (1907). Die Tierwelt der Gebirgsbäche, eine faunistisch-biologische Studie, Inauguraldissertation... von Paul Steinmann, Druckerei F. Vanbuggenhoudt.
- STEINMANN, P. (1915). *Praktikum der Süßwasserbiologie. Teil 1: Die Organismen des fließenden Wassers, Bornträger, Berlin.*
- STOTT, T. (2010). "Fluvial geomorphology." *Progress in Physical Geography* 34(2): 221-245.
- STOTT, T. (2011). "Fluvial geomorphology 2008-2009." *Progress in Physical Geography* 35(6): 810-830.
- STOTT, T. (2013). "Review of research in fluvial geomorphology 2010-2011." *Progress in Physical Geography* 37(2): 248-258.
- STRAHLER, A. N. (1957). "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology." *Am. Geophys. Union Trans.* 38: 913-920.
- SZOSZKIEWICZ, K., A. BUFFAGNI, J. DAVY-BOWKER, J. LESNY, B. H. CHOJNICKI, J. ZBIERSKA, R. STANISZEWSKI & T. ZGOLA (2006). "Occurrence and variability of River Habitat Survey features across Europe and the consequences for data collection and evaluation." *Hydrobiologia* 566(1): 267-280.
- TAMMINGA, A., C. HUGENHOLTZ, B. EATON & M. LAPOINTE (2015). "Hyperspatial Remote Sensing of Channel Reach Morphology and Hydraulic Fish Habitat Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV): A First Assessment in the Context of River Research and Management." *River Research and Applications* 31(3): 379-391.
- TAMMINGA, A. D., B. C. EATON & C. H. HUGENHOLTZ (2015). "UAS-based remote sensing of fluvial change following an extreme flood event." *Earth Surface Processes and Landforms*.
- TAVZES, B., G. URBANIC & M. J. TOMAN (2006). "Biological and hydromorphological integrity of the small urban stream." *Physics and Chemistry of the Earth* 31(17): 1062-1074.
- THIEM, K. (2006). Die historische Landschaftsanalyse als Methode für die Fließgewässerbewertung am Beispiel des Münstertals im Schwarzwald, Culterra - Schriftreihe des Insituts für Landespflege der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Vol. 46 (Dissertation).
- THIENEMANN, A. (1912). "Der Bergbach des Sauerlandes - Faunistisch-biologische Untersuchungen." *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 4: 1-125.
- THIENEMANN, A. (1936). Alpine Chironomiden (Ergebnisse von Untersuchungen in der Gegend von Garmisch-Partenkirchen, *Arch. Hydrobiol.* 30: 167-262.
- THIENEMANN, A. (1954). *Chironomus: Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden, E. Schweizerbart.*

- THOMS, M. C. & M. PARSONS (2003). "Identifying spatial and temporal patterns in the hydrological character of the Condamine-Balonne River, Australia, using multivariate statistics." *River Research and Applications* 19(5-6): 443-457.
- THORNE, C. R., R. D. HEY & M. D. NEWSON (1997). *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management*, John Wiley.
- THORNE, R. S. J. & W. P. WILLIAMS (1997). "The response of benthic macroinvertebrate to pollution in developing countries: A multimetric system of bioassessment." *Freshwater Biology* 37(3): 671-686.
- THORP, J. H., J. E. FLOTEMERSCH, B. S. WILLIAMS & L. A. GABANSKI (2013). "Critical Role for hierarchical geospatial analyses in the design of fluvial research, assessment, and management." *Environmental Monitoring and Assessment*: 1-16.
- THORP, J. H., M. C. THOMS & M. D. DELONG (2006). "The riverine ecosystem synthesis: Biocomplexity in river networks across space and time." *River Research and Applications* 22(2): 123-147.
- THORP, J. H., M. C. THOMS & M. D. DELONG (2008). *The riverine ecosystem synthesis: toward conceptual cohesiveness in river science*, Academic Press.
- VANDENBERGHE, J. (1995). "Timescales, climate and river development." *Quaternary Science Reviews* 14(6): 631-638.
- VANNOTE, R. L., G. W. MINSHALL, K. W. CUMMINS, J. R. SEDELL & C. E. CUSHING (1980). "The river continuum concept." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37(1): 130-137.
- VAUGHAN, I. P., M. DIAMOND, A. M. GURNELL, K. A. HALL, A. JENKINS, N. J. MILNER, L. A. NAYLOR, D. A. SEAR, G. WOODWARD & S. J. ORMEROD (2009). "Integrating ecology with hydromorphology: A priority for river science and management." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19(1): 113-125.
- VERDONSCHOT, P. F. M. (2009). "Impact of hydromorphology and spatial scale on macroinvertebrate assemblage composition in streams." *Integrated Environmental Assessment and Management* 5(1): 97-109.
- VERDONSCHOT, R. C. M., K. DIDDEREN & P. F. M. VERDONSCHOT (2012). "Importance of habitat structure as a determinant of the taxonomic and functional composition of lentic macroinvertebrate assemblages." *Limnologica* 42(1): 31-42.
- VEZZA, P., P. PARASIEWICZ, O. CALLES, M. SPAIRANI & C. COMOGLIO (2014). "Modelling habitat requirements of bullhead (*Cottus gobio*) in Alpine streams." *Aquatic Sciences* 76(1): 1-15.
- VEZZA, P., P. PARASIEWICZ, M. ROSSO & C. COMOGLIO (2012). "Defining minimum environmental flows at regional scale: Application of mesoscale habitat models and catchments classification." *River Research and Applications* 28(6): 717-730.
- VÖRÖSMARTY, C. J., P. B. MCINTYRE, M. O. GESSNER, D. DUDGEON, A. PRUSEVICH, P. GREEN, S. GLIDDEN, S. E. BUNN, C. A. SULLIVAN, C. R. LIERMANN & P. M. DAVIES (2010). "Global threats to human water security and river biodiversity." *Nature* 467(7315): 555-561.
- WADDLE, T. J. (2012). *PHABSIM for Windows user's manual and exercises*. Open-File Report 2001-340. Fort Collins, CO, U.S. Geological Survey: 288 pp.
- WARD, J. V. (1997). "Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation." *Biological Conservation* 83(3): 269-278.
- WARD, J. V. & J. A. STANFORD (1983). "Serial discontinuity concept of lotic ecosystems." In: *Dynamics of Lotic Systems* (Eds T.D. Fontaine & S.M. Bartell), pp 29-42. Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI.
- WARD, J. V., K. TOCKNER, D. B. ARSCOTT & C. CLARET (2002). "Riverine landscape diversity." *Freshwater Biology* 47(4): 517-539.
- WARD, J. V., K. TOCKNER, U. UEHLINGER & F. MALARD (2001). "Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration." *River Research and Applications* 17(4-5): 311-323.
- WARD, T. A., K. W. TATE, E. R. ATWILL, D. F. LILE, D. L. LANCASTER, N. MCDOUGALD, S. BARRY, R. S. INGRAM, H. A. GEORGE, W. JENSEN, W. E. FROST, R. PHILLIPS, G. G. MARKEGARD & S. LARSON (2003). "A comparison of three visual assessments for riparian and stream health." *Journal of Soil and Water Conservation* 58(2): 83-88.

- WAWRZYNIAK, V., H. PIÉGAY, P. ALLEMAND, L. VAUDOR & P. GRANDJEAN (2013). "Prediction of water temperature heterogeneity of braided rivers using very high resolution thermal infrared (TIR) images." *International Journal of Remote Sensing* 34(13): 4812-4831.
- WEBER, C., W. GÖGGEL & S. LANGHANS (2008). "Aufwertungen in Fließgewässern planen: Die Methode "Ökomorphologie Stufe S" " *Fachzeitschrift des Verein für Ingenieurbioogie* 2008(3): 4-8.
- WEBSTER, J. R. & B. C. PATTEN (1979). "Effects of watershed perturbation on stream potassium and calcium dynamics." *Ecological Monographs* 49: 51-72.
- WEIB, A., M. MATOUSKOVA & J. MATSCHULLAT (2008). "Hydromorphological assessment within the EU-Water Framework Directive-trans-boundary cooperation and application to different water basins." *Hydrobiologia* 603(1): 53-72.
- WIEPRECHT, S., A. EISNER & M. NOACK (2006). *Modeling approach to simulate habitat dynamics*, Lisbon.
- WILCOXON, F. (1945). "Individual Comparisons by Ranking Methods." *Biometrics Bulletin* 1(6): 80-83.
- WILDING, T. K., B. BLEDSOE, N. L. POFF & J. SANDERSON (2014). "Predicting habitat response to flow using generalized habitat models for trout in Rocky Mountain streams." *River Research and Applications* 30(7): 805-824.
- WILKINSON, J., J. MARTIN, P. J. BOON & N. T. H. HOLMES (1998). "Convergence of field survey protocols for SERCON (System for Evaluating Rivers for Conservation) and RHS (River Habitat Survey)." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8(4): 579-596.
- WILLIAMS, B. S., E. D'AMICO, J. H. KASTENS, J. H. THORP, J. E. FLOTEMERSCH & M. C. THOMS (2013). "Automated riverine landscape characterization: GIS-based tools for watershed-scale research, assessment, and management." *Environmental Monitoring and Assessment* 185(9): 7485-7499.
- WILLIAMS, B. S., E. D'AMICO, J. H. KASTENS, J. H. THORP, J. E. FLOTEMERSCH & M. C. THOMS (2013). "Automated riverine landscape characterization: GIS-based tools for watershed-scale research, assessment, and management." *Environmental Monitoring and Assessment*: 1-15.
- WU, C. C. & P. H. WANG (2014). *River rejuvenation for a sediment-laden torrent from the viewpoint of river morphology*. 7th International Conference on Fluvial Hydraulics, RIVER FLOW 2014, Lausanne, CRC Press/Balkema.
- ZERBE, S. & G. WIEGLEB (2008). *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*, Spektrum Akademischer Verlag.
- ZERNITZ, E. R. (1932). "Drainage patterns and their significance." *Journal of Geology* 40: 498-521.
- ZUMBROICH, T. (2008). "Strukturkartierung - Multifunktionalität ohne Grenzen? (engl.: Structure mapping - All-rounder without limits?)." *Wasser und Abfall* 10(3): 32-36.
- ZUMBROICH, T., A. MÜLLER & G. FRIEDRICH (1999). *Strukturgüte von Fließgewässern: Grundlagen und Kartierung*, Springer.

Anhang I: Erhebungsbögen der HESSEN- und BAWÜ-Versionen

Quellen:

LANUV-NRW (2012). Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen: Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer – LANUV Arbeitsblatt Nr. 18, Pottgiesser, T.; Müller, A. (Bearbeiter) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 214 S.

LUBW (2010). Gewässerstrukturkartierung in Baden-Württemberg: Feinverfahren (3. Auflage), Stelzer, A.; König, F.; Heimler, J.; Hollerbach, A., Appel, S.; Schneider-Ritter, U.; Keller, N.; Hübner, R.; Albercht, A.; Kiefer, E.M.; Steger, I.; Kappler, S.; Reuschenbach, M. (Bearbeiter) Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – LUBW (Hrsg.). Karlsruhe: 61 S.

Erhebungsbogen Version Baden-Württemberg (BAWÜ) – Seite 1 von 2

Gewässerstrukturkartierung

Erhebungsbogen Feinverfahren BW

Gewässernummer

Gewässer-ID

Gewässername

Anfang R-Wert

Anfang H-Wert

Ende R-Wert

Ende H-Wert

geschätzte Abschnittslänge (m)

Erhebungsdatum

Bearbeiter

Fein-Abschnitts-Nr.

0.3 Sonderfall

verrohrt

künstlich

kein Sonderfall

0.1 Abschnittslänge

Breite: < 1 m 50 m

Breite: 1-5 m 100 m

Breite: 5-10 m 200 m

Breite: 10-40 m 500 m

Breite: > 40 m 1000 m

0.2 Krümmungstyp / Lauftyp

mäandrierend M

gewunden, unverzweigt W

gewunden, verzweigt WW

gestreckt, unverzweigt G

gestreckt, verzweigt GV

0.4 Prägende Nutzung

keine

HW-Schutz L

HW-Schutz R

Urbanisierung L

Urbanisierung R

Wasserkraft

Landwirtschaft L

Landwirtschaft R

Sonstige

0.5 Taltyp

Kerb-, Klammalgebwasser K

Sohlenkerbtalgebwasser S

Mäandertalgebwasser M

Aue-, Muldentalgebwasser allgemein A

Aue-, Muldentalgebwasser kiesig Ak

Flachlandgebwasser F

0.6 Bemerkung

0.7 Daten wie vorheriger Abschnitt

ja nein

1. Laufentwicklung

1.1 Lauform

| | Krümmungstyp / Lauftyp | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | M | W | WW | G | GV |
| mäandrierend (M) | <input type="checkbox"/> |
| gewunden, unverzweigt (W) | <input type="checkbox"/> |
| gewunden, verzweigt (WW) | <input type="checkbox"/> |
| gestreckt, unverzweigt (G) | <input type="checkbox"/> |
| gestreckt, verzweigt (GV) | <input type="checkbox"/> |
| begradigt / geradlinig | <input type="checkbox"/> |

1.2 Krümmungserosion

| Lauf M, WWV, G/GV | Lauf begradigt / geradlinig |
|---|-----------------------------|
| häufig stark <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| vereinzelt stark <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| häufig schwach <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| vereinzelt schwach <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| keine <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| naturbedingt keine <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2. Längsprofil

2.1 Durchgängigkeit / Querbauwerke

Anzahl Bauwerke

| | Anzahl Bauwerke | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | durchgängig | nicht durchgängig |
| Sohlenbauwerke, inkl. Abstürze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Regelungsbauwerke (RBW) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| RBW mit Wasserkraftanlage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Talsperre, HRB | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.2 Rückstau

Durchgängigkeit Kartierabschnitt

100 %

> 50 %

10-50 %

< 10 %

kein

kein natürliches Hindernis

2.3 Ausleitung

100 %

> 50 %

10-50 %

< 10 %

unschädlich

keine

2.4 Verrohrung

mit Sediment

glatt

bis 5 %

5-20 %

> 20 %

keine

2.5 Strömungsdiversität / Tiefenvarianz

| Strömungsdiversität | Tiefenvarianz |
|---|--------------------------|
| sehr groß <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| groß <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| mäßig <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| gering <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| keine <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

3. Querprofil

3.1 Breitenvarianz

sehr groß

groß

mäßig

gering

keine

Info Profiltyp

> 50 %

10-50 %

Naturprofil

Renaturierungsprofil

verfallendes Ausbauprofil

asymmetrisches Ausbauprofil

symmetrisches Ausbauprofil

Profil mit Bühnen/Leitwerken

Erosionsprofil

3.2 Durchlässe / Brücken

mit Sediment

glatt

Lauf verengt

Ufer unterbrochen

strukturell nicht schädlich

keine Durchlässe/Brücken

Info Profiltiefe

> 50 %

10-50 %

sehr flach (< 1:10)

flach (1,6 bis 1:10)

mäßig tief (1,4 bis 1:6)

tief (1,3 bis 1:4)

sehr tief (> 1:3)

nicht feststellbar

Erhebungsbogen Version Baden-Württemberg (BAWÜ) – Seite 2 von 2

| 4. Sohlenstruktur | <h3>4.1 Sohlenzustand</h3> <p>Flächenanteile</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th></th> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> <th>< 10 %</th> </tr> <tr> <td>natürliche / naturnahe Sohlenstruktur</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ungesichert, geringe Sohlenvarianz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ungesichert, <u>ohne</u> Sohlenvarianz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sohlenverbau mit Sedimentauflage</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>lückiger Sohlenverbau</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>geschlossener Sohlenverbau</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">nicht feststellbar <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | > 50 % | 10-50 % | < 10 % | natürliche / naturnahe Sohlenstruktur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ungesichert, geringe Sohlenvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ungesichert, <u>ohne</u> Sohlenvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sohlenverbau mit Sedimentauflage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | lückiger Sohlenverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | geschlossener Sohlenverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | | | | <h3>Info Sohlensubstrat</h3> <p>Mengenanteile</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th></th> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> </tr> <tr> <td>Schlamm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ton, Lehm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sand</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Steine</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Blöcke</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Fels</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Torf</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">nicht feststellbar <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | > 50 % | 10-50 % | Schlamm | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ton, Lehm | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Kies | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Steine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Blöcke | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Fels | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Torf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---------|--------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---|--|--|--------|---------|--------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | > 50 % | 10-50 % | < 10 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | natürliche / naturnahe Sohlenstruktur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ungesichert, geringe Sohlenvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ungesichert, <u>ohne</u> Sohlenvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sohlenverbau mit Sedimentauflage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| lückiger Sohlenverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| geschlossener Sohlenverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | > 50 % | 10-50 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schlamm | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ton, Lehm | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kies | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Steine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Blöcke | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fels | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Torf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <h3>4.2 Substratdiversität</h3> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>sehr groß</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>groß</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>mäßig</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gering</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>keine</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">nicht feststellbar <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | sehr groß | <input type="checkbox"/> | groß | <input type="checkbox"/> | mäßig | <input type="checkbox"/> | gering | <input type="checkbox"/> | keine | <input type="checkbox"/> | nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sehr groß | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| groß | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mäßig | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gering | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht feststellbar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Uferstruktur | <h3>5.1 Uferbewuchs</h3> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">L</th> <th colspan="2">R</th> </tr> <tr> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> </tr> <tr> <td>Wald</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Galerie</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Röhricht</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gebüsch, Einzelgehölz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Krautfur, Hochstauden</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Wiese, Rasen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Forst</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Galerie</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gebüsch, Einzelgehölz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Verbau</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Erosion</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>naturbedingt</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | L | | R | | > 50 % | 10-50 % | > 50 % | 10-50 % | Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Röhricht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gebüsch, Einzelgehölz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Krautfur, Hochstauden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Wiese, Rasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Forst | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gebüsch, Einzelgehölz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Verbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Erosion | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <h3>5.2 Uferzustand</h3> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">L</th> </tr> <tr> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> <th>< 10 %</th> </tr> <tr> <td>natürliche / naturnahe Uferstruktur</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ungesichert, mit Böschungsvarianz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ungesichert, ohne Böschungsvarianz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gesichert mit Lebend-/Holzverbau</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gesichert, mit Lückensystem</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gesichert, ohne Lückensystem</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">R</th> </tr> <tr> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> <th>< 10 %</th> </tr> <tr> <td>natürliche / naturnahe Uferstruktur</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ungesichert, mit Böschungsvarianz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ungesichert, ohne Böschungsvarianz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gesichert mit Lebend-/Holzverbau</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gesichert, mit Lückensystem</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>gesichert, ohne Lückensystem</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | L | | | > 50 % | 10-50 % | < 10 % | natürliche / naturnahe Uferstruktur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ungesichert, mit Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ungesichert, ohne Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | gesichert mit Lebend-/Holzverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | gesichert, mit Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | gesichert, ohne Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | R | | | > 50 % | 10-50 % | < 10 % | natürliche / naturnahe Uferstruktur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ungesichert, mit Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ungesichert, ohne Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | gesichert mit Lebend-/Holzverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | gesichert, mit Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | gesichert, ohne Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | L | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | > 50 % | 10-50 % | > 50 % | 10-50 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Röhricht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gebüsch, Einzelgehölz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Krautfur, Hochstauden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wiese, Rasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Forst | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gebüsch, Einzelgehölz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erosion | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | L | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | > 50 % | 10-50 % | < 10 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natürliche / naturnahe Uferstruktur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ungesichert, mit Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ungesichert, ohne Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gesichert mit Lebend-/Holzverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gesichert, mit Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gesichert, ohne Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | > 50 % | 10-50 % | < 10 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natürliche / naturnahe Uferstruktur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ungesichert, mit Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ungesichert, ohne Böschungsvarianz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gesichert mit Lebend-/Holzverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gesichert, mit Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gesichert, ohne Lückensystem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Gewässerumfeld | <h3>6.1 Flächennutzung</h3> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">L</th> <th colspan="2">R</th> </tr> <tr> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> </tr> <tr> <td>Intakte Auenfläche</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Wald</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sukzession, Biotope</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Grünland</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ackerflächen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Baum-Monokultur</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Freizeit, Erholung, Park</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gärten</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bebauung</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Teichanlagen, See</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Straße, Bahn, Feldweg</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Abgrabung, Aufschüttung</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HW-Schutzbauwerke</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | L | | R | | > 50 % | 10-50 % | > 50 % | 10-50 % | Intakte Auenfläche | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sukzession, Biotope | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Grünland | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ackerflächen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Baum-Monokultur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Freizeit, Erholung, Park | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gärten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bebauung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Teichanlagen, See | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Straße, Bahn, Feldweg | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Abgrabung, Aufschüttung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | HW-Schutzbauwerke | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <h3>6.2 Gewässerrandstreifen</h3> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">L</th> <th colspan="2">R</th> </tr> <tr> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> <th>> 50 %</th> <th>10-50 %</th> </tr> <tr> <td>Randstreifen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Saumstreifen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Nutzung</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | L | | R | | > 50 % | 10-50 % | > 50 % | 10-50 % | Randstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Saumstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Nutzung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | L | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | > 50 % | 10-50 % | > 50 % | 10-50 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intakte Auenfläche | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sukzession, Biotope | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grünland | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ackerflächen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baum-Monokultur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Freizeit, Erholung, Park | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gärten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bebauung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teichanlagen, See | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Straße, Bahn, Feldweg | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abgrabung, Aufschüttung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HW-Schutzbauwerke | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | L | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | > 50 % | 10-50 % | > 50 % | 10-50 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Randstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Saumstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nutzung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Erhebungsbogen Version Nordrhein-Westfalen / Hessen (HESSEN) – Seite 1 von 4

| Erhebungsbogen | | Gewässerstrukturkartierung Nordrhein-Westfalen • Stand 2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|--|-------|--------------|------|-------|------|---------|-------|---------|----------|-------|----------|-----------|-------|-----------|------------|-------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------|------------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|---|
| Identifikation | Stammdaten | Gewässername Gewässerkennzahl Kartierabschnitt-ID Stationierung von / bis Aufl. Stationierungskarte Anfang (e32/n32) Ende (e32/n32) Bearbeitung Erhebungsdatum Anschlussbogen zu | Kartierstatus nicht kartiert, weil <input type="checkbox"/> geänderter Gewässerverlauf <input type="checkbox"/> Oberlauf verkürzt <input type="checkbox"/> geänderte Abschnittslänge <input type="checkbox"/> Baumaßnahme <input type="checkbox"/> Betretungsverbot <input type="checkbox"/> Stausee <input type="checkbox"/> sonstiges | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Länge des Kartierabschnitts <input type="checkbox"/> 100 m <input type="checkbox"/> 500 m <input type="checkbox"/> 1000 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typisierung | Fließgewässertyp | LAWA-Fließgewässertyp NRW-Fließgewässertyp Lauftyp Windungsgrad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sohlsubstrat im Referenzzustand | <input type="checkbox"/> Ton/Löss/Lehm <input type="checkbox"/> Sand <input type="checkbox"/> Kies <input type="checkbox"/> Schotter <input type="checkbox"/> Steine <input type="checkbox"/> Blöcke <input type="checkbox"/> anstehender Fels <input type="checkbox"/> organisches Substrat | Talform <input type="checkbox"/> Kerbtal <input type="checkbox"/> Sohlenkerbtal <input type="checkbox"/> Auetal <input type="checkbox"/> Muldental <input type="checkbox"/> Gewässer ohne Tal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Charakterisierung Ist-Zustand | Sohlbreite u. Abschnittslänge | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sohlbreite</th> <th>Länge</th> <th>obere Breite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><1 m</td> <td>100 m</td> <td><1 m</td> </tr> <tr> <td>1 - 2 m</td> <td>100 m</td> <td>1 - 2 m</td> </tr> <tr> <td>>2 - 5 m</td> <td>100 m</td> <td>>2 - 5 m</td> </tr> <tr> <td>>5 - 10 m</td> <td>100 m</td> <td>>5 - 10 m</td> </tr> <tr> <td>>10 - 20 m</td> <td>100 / 500 m</td> <td>>10 - 20 m</td> </tr> <tr> <td>>20 - 40 m</td> <td>500 / 1000 m</td> <td>>20 - 40 m</td> </tr> <tr> <td>>40 - 80 m</td> <td>1000 m</td> <td>>40 - 80 m</td> </tr> <tr> <td>>80 - 160 m</td> <td>1000 m</td> <td>>80 - 160 m</td> </tr> <tr> <td>>160 m</td> <td>1000 m</td> <td>>160 m</td> </tr> </tbody> </table> | Sohlbreite | Länge | obere Breite | <1 m | 100 m | <1 m | 1 - 2 m | 100 m | 1 - 2 m | >2 - 5 m | 100 m | >2 - 5 m | >5 - 10 m | 100 m | >5 - 10 m | >10 - 20 m | 100 / 500 m | >10 - 20 m | >20 - 40 m | 500 / 1000 m | >20 - 40 m | >40 - 80 m | 1000 m | >40 - 80 m | >80 - 160 m | 1000 m | >80 - 160 m | >160 m | 1000 m | >160 m | Einschnittstiefe <input type="checkbox"/> <0,2 m <input type="checkbox"/> 0,2 - 0,5 m <input type="checkbox"/> >0,5 - 1 m <input type="checkbox"/> >1 - 2 m <input type="checkbox"/> >2 - 3 m <input type="checkbox"/> >3 - 5 m <input type="checkbox"/> >5 m |
| | Sohlbreite | Länge | obere Breite | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <1 m | 100 m | <1 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 - 2 m | 100 m | 1 - 2 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >2 - 5 m | 100 m | >2 - 5 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >5 - 10 m | 100 m | >5 - 10 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >10 - 20 m | 100 / 500 m | >10 - 20 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >20 - 40 m | 500 / 1000 m | >20 - 40 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >40 - 80 m | 1000 m | >40 - 80 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >80 - 160 m | 1000 m | >80 - 160 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| >160 m | 1000 m | >160 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anthropogene Überprägung | <input type="checkbox"/> Schifffahrt <input type="checkbox"/> Wasserkraft <input type="checkbox"/> Hochwasserschutz <input type="checkbox"/> Fischzucht <input type="checkbox"/> Eingeschränkte Auenüberflutung <input type="checkbox"/> Eingeschränkte Laufentwicklung/Beweglichkeit <input type="checkbox"/> Eingeschränkte Querprofilbildung <input type="checkbox"/> Erhebliche Veränderung der Abflussverhältnisse <input type="checkbox"/> Fragmentarische Gewässerstrecke <input type="checkbox"/> Gewässer an Talrand verlegt <input type="checkbox"/> Gewässer in Hochlage | MW-Tiefe <input type="checkbox"/> <0,1 m <input type="checkbox"/> 0,1 - 0,3 m <input type="checkbox"/> >0,3 - 0,5 m <input type="checkbox"/> >0,5 - 1 m <input type="checkbox"/> >1 - 2 m <input type="checkbox"/> >2 m <input type="checkbox"/> nicht erkennbar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sonderfall | <input type="checkbox"/> Kleinstgewässer (K) <input type="checkbox"/> Renaturierungsstrecke <input type="checkbox"/> überwiegend verrohrt/überbaut (V) <input type="checkbox"/> vollständig verrohrt/überbaut (V) <input type="checkbox"/> Gewässer trocken (T) <input type="checkbox"/> Restwasserpool vorhanden (T) <input type="checkbox"/> Sohle nicht erkennbar <input type="checkbox"/> Gewässer gestaut (G) <input type="checkbox"/> Teich im Hauptschluss (G) | Gewässerlage <input type="checkbox"/> Ortslage <input type="checkbox"/> freie Landschaft | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Beschreibungen | Kurzbeschreibung Biol. Besonderheiten Besondere Strukturen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fotos | in Fließrichtung gegen Fließrichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anmerkungen und Bewertungsbegründung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Erhebungsbogen Version Nordrhein-Westfalen / Hessen (HESSEN) – Seite 2 von 4

| | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 1. Laufentwicklung | 1.1 Laufkrümmung (K, T) | <input type="checkbox"/> geradlinig <input type="checkbox"/> gestreckt <input type="checkbox"/> schwach geschwungen <input type="checkbox"/> mäßig geschwungen <input type="checkbox"/> stark geschwungen <input type="checkbox"/> geschlängelt <input type="checkbox"/> mäandrierend <input type="checkbox"/> unverzweigt <input type="checkbox"/> mit Nebengerinnen <input type="checkbox"/> verzweigt | 1.2 Krümmungserosion (T) | <input type="checkbox"/> naturbedingt keine <input type="checkbox"/> anthropogen keine <input type="checkbox"/> vereinzelt schwach <input type="checkbox"/> häufig schwach <input type="checkbox"/> vereinzelt stark <input type="checkbox"/> häufig stark | 1.3 Längsbänke | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> ein bis zwei <input type="checkbox"/> mehrere <input type="checkbox"/> viele <input type="checkbox"/> nicht erkennbar | Bewertung fkt. Einheiten |
| | 1.4 Besondere Laufstrukturen (K, T) | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Totholzverkläusung <input type="checkbox"/> Sturzbaum <input type="checkbox"/> Inselbildung <input type="checkbox"/> Laufweitung <input type="checkbox"/> Laufverengung <input type="checkbox"/> Laufgabelung <input type="checkbox"/> Altarm, Nebengerinne <input type="checkbox"/> Biberdamm | Bewertung fkt. Einheiten | | | | |
| 2. Längsprofil | 2.1 Querbauwerke (K, T) | <input type="checkbox"/> kein Querbauwerk Abstürze z. B. an Wehren <input type="checkbox"/> Absturz <input type="checkbox"/> Absturz mit Teilrampe <input type="checkbox"/> Absturz mit Fischwanderhilfe <input type="checkbox"/> Absturz mit Umgehungsgerinne Rampen und Gleiten <input type="checkbox"/> Grundschwelle <input type="checkbox"/> glatte Gleite <input type="checkbox"/> raue Gleite <input type="checkbox"/> glatte Rampe <input type="checkbox"/> raue Rampe <input type="checkbox"/> sonstige <input type="checkbox"/> QBW mit sohnahem Ablauf <input type="checkbox"/> Damm <input type="checkbox"/> Talsperre | 2.2 Verrohrung/ Überbauung (K, T) | <input type="checkbox"/> ohne Sed. <input type="checkbox"/> mit Sed. | 2.3 Rückstau (K) | <input type="checkbox"/> kein <input type="checkbox"/> <10 m <input type="checkbox"/> 10 - 50 m <input type="checkbox"/> >50 - 100 m <input type="checkbox"/> >100 - 250 m <input type="checkbox"/> >250 m | Bewertung fkt. Einheiten |
| | 2.01 Strömungsbilder | <input type="checkbox"/> glatt <input type="checkbox"/> geripfelt <input type="checkbox"/> leicht plätschernd <input type="checkbox"/> gewellt <input type="checkbox"/> kammförmig <input type="checkbox"/> überstürzend | 2.4 Querbänke | <input type="checkbox"/> naturbedingt keine <input type="checkbox"/> anthropogen keine <input type="checkbox"/> ein bis zwei <input type="checkbox"/> mehrere <input type="checkbox"/> viele <input type="checkbox"/> nicht erkennbar | 2.7 Ausleitung | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> <50 m <input type="checkbox"/> >50 - 100 m <input type="checkbox"/> >100 - 250 m <input type="checkbox"/> >250 - 500 m <input type="checkbox"/> >500 m | Bewertung fkt. Einheiten |
| | 2.05 Strömungsdiversität (K) | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> groß <input type="checkbox"/> sehr groß <input type="checkbox"/> zusätzl.: künstlich erhöht | 2.6 Tiefenvarianz | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> groß <input type="checkbox"/> sehr groß <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> zusätzl.: künstlich erhöht | Bewertung fkt. Einheiten | | |
| | 2.5 Strömungsdiversität (K) | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> groß <input type="checkbox"/> sehr groß <input type="checkbox"/> zusätzl.: künstlich erhöht | Bewertung fkt. Einheiten | | | | |
| Legende/Abkürzungsverzeichnis | | Strukturklasse | Indexspanne | | | | |
| nat. natürlich | | 1 | 1,0 - 1,7 | | | | |
| unnat. unnatürlich | | 2 | 1,8 - 2,6 | | | | |
| | | 3 | 2,7 - 3,5 | | | | |
| li in Fließrichtung links | | 4 | 3,6 - 4,4 | | | | |
| re in Fließrichtung rechts | | 5 | 4,5 - 5,3 | | | | |
| | | 6 | 5,4 - 6,2 | | | | |
| Sed. Sediment | | 7 | 6,3 - 7,0 | | | | |
| fkt. funktionale | | | | | | | |
| MW Mittelwasser | | | | | | | |
| g gerine Entfernung zum Gewässer | | | | | | | |
| m mittlere Entfernung zum Gewässer | | | | | | | |
| h große Entfernung zum Gewässer | | | | | | | |
| ☞ Mehrfachregistrierung | | | | | | | |
| ☞ Einfachregistrierung | | | | | | | |
| ☞ Anzahl erfassen (zählen) | | | | | | | |
| ∅ Mittelwert | | | | | | | |
| K Kleinstgewässer (zu kartierender Mindestdatensatz) | | | | | | | |
| V verrohrt/überbaut (zu kartierender Mindestdatensatz) | | | | | | | |
| T Gewässer trocken (zu kartierender Mindestdatensatz) | | | | | | | |
| G Gewässer gestaut/Teich im Hauptschluss (zu kartierender Mindestdatensatz) | | | | | | | |

Erhebungsbogen Version Nordrhein-Westfalen / Hessen (HESSEN) – Seite 3 von 4

| | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|----------------|------------------------------|---|--|
| 3. Sohlstruktur | 3.1 Sohlsubstrat (K, T) | nat. unnat. | dominierend untergeordnet | 3.2 Substratdiversität (K) | Bewertung pkt. Einheiten |
| | Mineralische Substrate | | | keine gering mäßig groß sehr groß nicht erkennbar | Art und Verteilung der Substrate (3.1, 3.2, 3.4, 3.01) |
| | Organische Substrate | | | 3.01 Bes. Sohlbelastungen (K) | Sohlverbau* (3.1, 3.3) |
| | 3.3 Sohlverbau >10 m (K, T) | | | 3.4 Besondere Sohlstrukturen (K) | Index |
| | | | | Klasse | * nur berücksichtigen, wenn dadurch keine Aufwertung erfolgt |
| 4. Querprofil | 4.1 Profiltyp (K, T) | | | 4.2 Profiltiefe (K, T) | Bewertung pkt. Einheiten |
| | 4.3 Breitereosion (T) | | | sehr flach flach mäßig tief tief sehr tief nicht erkennbar | Profilform (4.1) |
| | 4.4 Breitenvarianz (K, T) | | | keine gering mäßig groß sehr groß | Profiltiefe (4.2) |
| | 4.5 Durchlass/Brücke (K, T) | | | keine Durchlass/Brücke strukturell nicht schädlich natür. Ufer unterbrochen Lauf verengt | Breiten- entwicklung (4.3, 4.4) |
| | | | | | Index |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--------------------------|--|----|----|------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--|
| 5. Uferstruktur | 5.1 Uferbewuchs (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Kein Uferbewuchs</td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td>naturbedingt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>anthropogen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Gehölze</td> </tr> <tr> <td>keine, naturbedingt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>keine, anthropogen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>bodenständiger Wald</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>bodenständige Galerie</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>teilweise bodenständiger Wald oder Galerie</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nicht bodenständiger Wald, Nadelforst</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nicht bodenständige Galerie</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nicht bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>zusätzlich: junge Gehölzpflanzung</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Krautvegetation</td> </tr> <tr> <td>keine, naturbedingt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>keine, anthropogen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>naturnahe Krautvegetation</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Röhricht, Flutrasen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Krautflur, Hochstauden, Wiese</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Rasen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nitrophil. Hochstauden, Neophyten</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | Kein Uferbewuchs | | li | re | naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | anthropogen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gehölze | | | | keine, naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | keine, anthropogen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bodenständiger Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bodenständige Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | teilweise bodenständiger Wald oder Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht bodenständige Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | zusätzlich: junge Gehölzpflanzung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Krautvegetation | | | | keine, naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | keine, anthropogen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | naturnahe Krautvegetation | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Röhricht, Flutrasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Krautflur, Hochstauden, Wiese | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Rasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nitrophil. Hochstauden, Neophyten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5.3 Besondere Uferstrukturen (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td>keine Baumumlauf</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Prallbaum</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sturzbaum</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Holzansammlung</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Unterstand</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Natürl. Abbruchufer/ Nistwand/Steilwand</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | re | keine Baumumlauf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Prallbaum | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sturzbaum | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Holzansammlung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Unterstand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Natürl. Abbruchufer/ Nistwand/Steilwand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bewertung fkt. Einheiten naturreaumtypischer Bewuchs (5.1, 5.02) li <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> Uferverbau* (5.2) li <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> naturreaumtypische Ausprägung (5.3, 5.01) li <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li Index re <input type="checkbox"/> li Klasse re <input type="checkbox"/> |
| | Kein Uferbewuchs | | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| anthropogen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gehölze | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine, naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine, anthropogen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bodenständiger Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bodenständige Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| teilweise bodenständiger Wald oder Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht bodenständige Galerie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zusätzlich: junge Gehölzpflanzung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Krautvegetation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine, naturbedingt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine, anthropogen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| naturnahe Krautvegetation | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Röhricht, Flutrasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Krautflur, Hochstauden, Wiese | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nitrophil. Hochstauden, Neophyten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine Baumumlauf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prallbaum | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sturzbaum | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Holzansammlung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unterstand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Natürl. Abbruchufer/ Nistwand/Steilwand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.2 Uferverbau (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">vollständig</td> <td style="text-align: center;">10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m</td> <td style="text-align: center;">vollständig</td> <td style="text-align: center;">10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m</td> </tr> <tr> <td>kein Verbau</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Lebendverbau</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Steinschüttung/-wurf</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Holzverbau</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Böschungsrasen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Pflaster, Steinsatz, unverfugt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>wilder Verbau</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Beton, Mauerwerk, verfugt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Spundwand</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Leitwerk</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bühne</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | li | re | re | | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | kein Verbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Lebendverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Steinschüttung/-wurf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Holzverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Böschungsrasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Pflaster, Steinsatz, unverfugt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | wilder Verbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Beton, Mauerwerk, verfugt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Spundwand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Leitwerk | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bühne | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5.01 Besondere Uferbelastungen (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td>keine Hausmüll</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Grünabfall</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bauschutt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Erosion</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gewässerunterhaltung</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Trittschäden</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Einleitungen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Sunk und Schwall, Wellenschlag</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | re | keine Hausmüll | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Grünabfall | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bauschutt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Erosion | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gewässerunterhaltung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Trittschäden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Einleitungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sunk und Schwall, Wellenschlag | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5.02 Beschattung (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td>sonnig</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>halbschattig</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nicht erkennbar</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | re | sonnig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | halbschattig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | schattig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht erkennbar | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | li | li | re | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kein Verbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lebendverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Steinschüttung/-wurf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Holzverbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Böschungsrasen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pflaster, Steinsatz, unverfugt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wilder Verbau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Beton, Mauerwerk, verfugt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Spundwand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leitwerk | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bühne | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine Hausmüll | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grünabfall | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bauschutt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erosion | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gewässerunterhaltung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trittschäden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Einleitungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sunk und Schwall, Wellenschlag | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sonnig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| halbschattig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| schattig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht erkennbar | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Gewässerumfeld | 6.1 Flächennutzung (K, T, V, G) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">10-50 % >50 %</td> <td style="text-align: center;">10-50 % >50 %</td> </tr> <tr> <td>bodenständiger Wald</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Auenv egetation (exkl. Wald)</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Brache</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Grünland</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nicht bodenst. Wald, Nadelforst</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Acker, Sonderkultur</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Park, Grünanlage</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bebauung mit Freiflächen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bebauung ohne Freiflächen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>weitere schädli. Struktur gem.6.3</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | re | | 10-50 % >50 % | 10-50 % >50 % | bodenständiger Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Auenv egetation (exkl. Wald) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Brache | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Grünland | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht bodenst. Wald, Nadelforst | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Acker, Sonderkultur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Park, Grünanlage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bebauung mit Freiflächen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bebauung ohne Freiflächen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | weitere schädli. Struktur gem.6.3 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen (K, T, V, G) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">g m h</td> <td style="text-align: center;">g m h</td> </tr> <tr> <td>keine Abgrabung</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Anschüttung, Halde</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Müllablagerung, Deponie</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Fischteich im Nebenschluss</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Verkehrsflächen, befestigt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Verkehrsflächen, unbefestigt</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gehöft/Einzelbauwerk</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Hochwasserschutzbauwerk</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Rückhaltebecken</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>sonst. gewässerunvertr. Anlage</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | re | | g m h | g m h | keine Abgrabung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Anschüttung, Halde | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Müllablagerung, Deponie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Fischteich im Nebenschluss | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Verkehrsflächen, befestigt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Verkehrsflächen, unbefestigt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gehöft/Einzelbauwerk | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Hochwasserschutzbauwerk | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Rückhaltebecken | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | sonst. gewässerunvertr. Anlage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bewertung fkt. Einheiten Vorland (6.1, 6.3, 6.01) li <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> Gewässer-randstreifen (6.2) li <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li Index re <input type="checkbox"/> li Klasse re <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10-50 % >50 % | 10-50 % >50 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bodenständiger Wald | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Auenv egetation (exkl. Wald) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brache | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grünland | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nicht bodenst. Wald, Nadelforst | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acker, Sonderkultur | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Park, Grünanlage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bebauung mit Freiflächen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bebauung ohne Freiflächen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| weitere schädli. Struktur gem.6.3 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | g m h | g m h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine Abgrabung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anschüttung, Halde | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Müllablagerung, Deponie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fischteich im Nebenschluss | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verkehrsflächen, befestigt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verkehrsflächen, unbefestigt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gehöft/Einzelbauwerk | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hochwasserschutzbauwerk | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rückhaltebecken | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sonst. gewässerunvertr. Anlage | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.2 Gew.randstreifen (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">vollständig</td> <td style="text-align: center;">10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m</td> <td style="text-align: center;">vollständig</td> <td style="text-align: center;">10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m</td> </tr> <tr> <td>kein Saumstreifen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gewässerandstreifen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>flächig Wald/Sukzession</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | li | re | re | | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | kein Saumstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Gewässerandstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | flächig Wald/Sukzession | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6.01 Bes. Umfeldstruktur (K, T) | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">li</td> <td style="text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td>keine Felswand</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ausgepr. Terrassenkante</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>natürlicher Uferwall</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Flutmulde/Hochflutrinne</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Quelle</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Stehgewässer</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | li | re | keine Felswand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ausgepr. Terrassenkante | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | natürlicher Uferwall | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Flutmulde/Hochflutrinne | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Quelle | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Stehgewässer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | li | li | re | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | vollständig | 10-50 m >50-100 m >100-250 m >250-500 m >500 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kein Saumstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gewässerandstreifen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| flächig Wald/Sukzession | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | li | re | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine Felswand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ausgepr. Terrassenkante | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natürlicher Uferwall | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flutmulde/Hochflutrinne | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quelle | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stehgewässer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anhang II: Parametervergleich der HESSEN- und BAWÜ-Versionen

Grundlage des Vergleichs sind die folgenden Kartieranleitungen bzw. Verfahrensbeschreibungen:

LANUV-NRW (2012). Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen: Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer – LANUV Arbeitsblatt Nr. 18, Pottgiesser, T.; Müller, A. (Bearbeiter) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 214 S.

LUBW (2010). Gewässerstrukturkartierung in Baden-Württemberg: Feinverfahren (3. Auflage), Stelzer, A.; König, F.; Heimler, J.; Hollerbach, A., Appel, S.; Schneider-Ritter, U.; Keller, N.; Hübner, R.; Albercht, A.; Kiefer, E.M.; Steger, I.; Kappler, S.; Reuschenbach, M. (Bearbeiter) Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – LUBW (Hrsg.). Karlsruhe: 61 S.

Hauptparameter HP-1 Laufentwicklung

| Version | HESSEN-Version | BAWÜ-Version |
|------------------------|-------------------------------------|---|
| Einzelparameter | 1.1 Laufkrümmung | 1.1 Lauform |
| Ausprägungen | mäandrierend | mäandrierend |
| | geschlängelt | gewunden |
| | stark geschwungen | |
| | mäßig geschwungen | |
| | schwach geschwungen | gestreckt |
| | gestreckt | |
| geradlinig | | |
| Einzelparameter | 1.2 Krümmungserosion | 1.2 Krümmungserosion |
| Ausprägungen | häufig stark | häufig stark |
| | vereinzelt stark | vereinzelt stark |
| | häufig schwach | häufig schwach |
| | vereinzelt schwach | vereinzelt schwach |
| | naturbedingt keine | naturbedingt keine |
| | anthropogen keine | keine |
| Einzelparameter | 1.3 Längsbänke | Parameter nicht vorhanden |
| Ausprägungen | viele | Längsbänke werden bei Parameter "4.1 Sohlenzustand" berücksichtigt. |
| | mehrere | |
| | zwei | |
| | eine | |
| | Ansätze | |
| | keine | |
| Einzelparameter | 1.4 Besondere Laufstrukturen | Parameter nicht vorhanden |
| Ausprägungen | viele | Ausprägungen "Sturzbaum" und "Totholz" bei Parameter "4-1 Sohlenstruktur" berücksichtigt. |
| | mehrere | |
| | zwei | |
| | eine | |
| | Ansätze | |
| | keine | |

Hauptparameter HP-2 Längsprofil

| Version | HESSEN-Version | BAWÜ-Version |
|------------------------|---|--|
| Einzelparameter | 2.4 Querbänke | Parameter nicht vorhanden |
| Ausprägungen | viele | Der Begriff "Querbank" taucht in Kartieranleitung nicht auf. |
| | mehrere | |
| | zwei | |
| | eine | |
| | Ansätze | |
| | anthropogen keine naturbedingt keine | |
| Einzelparameter | 2.5 Strömungsdiversität | 2.5 Strömungsdiversität / Tiefenvarianz |
| Ausprägungen | sehr groß | Die Parameter "Strömungsdiversität" und "Tiefenvarianz" werden gemeinsam bewertet. Die Parameterausprägungen entsprechen denen der HESSEN-Parameter (HESSEN "sehr groß" = BAWÜ "sehr groß", usw.) Die schlechter bewertete Parameter bestimmt die endgültige Bewertung dieses zusammengesetzten Parameters. |
| | groß | |
| | mäßig | |
| | gering | |
| | keine | |
| Einzelparameter | 2.6 Tiefenvarianz | |
| Ausprägungen | sehr groß | Die schlechter bewertete Parameter bestimmt die endgültige Bewertung dieses zusammengesetzten Parameters. |
| | groß | |
| | mäßig | |
| | gering | |
| | keine | |

Hauptparameter HP-3 Sohlstruktur

| Version | HESSEN-Version | BAWÜ-Version | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------|
| Einzelparameter | 3.1 Sohlsubstrat | Sohlsubstrat | |
| | Mineralische Substrate | | |
| Ausprägungen | keine | nachrichtlich, ohne Bewertung | |
| | Schlick, Schlamm | | |
| | Ton/Löß/Lehm | | |
| | Sand | | |
| | Kies | | |
| | Schotter | | |
| | Steine | | |
| | Blöcke | | |
| | anstehender Fels | | |
| | Steinschüttungen (nicht naturraumtyp. Substrat) | | |
| | Steinschüttungen (naturraumtyp. Substrat) | | |
| | Sohlverbau | | |
| | nicht erkennbar | | |
| | Organische Substrate | | nicht berücksichtigt |
| | keine | | |
| | Algen | | |
| Fallaub/Getreibsel | | | |
| Totholz | | | |
| Makrophyten | | | |
| lebende Teile terrestrischer Pflanzen | | | |
| Feindetritus | | | |
| Torf | | | |
| nicht erkennbar | | | |
| Einzelparameter | 3.2 Substratdiversität | 4.2 Substratdiversität | |
| Ausprägungen | sehr groß | sehr groß | |
| | groß | groß | |
| | mäßig | mäßig | |
| | gering | gering | |
| | keine | keine | |
| Einzelparameter | 3.4 Besondere Sohlstrukturen | 4.1 Sohlzustand | |
| Ausprägungen | viele | natürliche / naturnahe Sohlenstruktur | |
| | mehrere | geringe Sohlenvarianz | |
| | zwei | | |
| | eine | | |
| | Ansätze | keine | |
| keine | | | |

Hauptparameter HP-4 Querprofil

| Version | HESSEN-Version | BAWÜ-Version |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Einzelparameter | 4.1 Profiltyp | Info Profiltyp |
| Ausprägungen | Naturprofil | nachrichtlich, ohne Bewertung |
| | annähernd Naturprofil | |
| | Erosionsprofil, variierend | |
| | Regelprofil, verfallend | |
| | Profil mit Bühnenausbau | |
| | Erosionsprofil, tief | |
| | Trapez, Doppeltrapez | |
| V-Profil, Kastenprofil | | |
| Einzelparameter | 4.2 Profiltiefe | Info Profiltiefe |
| Ausprägungen | sehr flach | nachrichtlich, ohne Bewertung |
| | flach | |
| | mäßig tief | |
| | tief | |
| | sehr tief | |
| Einzelparameter | 4.3 Breitenerosion | Parameter nicht vorhanden |
| Ausprägungen | stark | |
| | schwach | |
| | keine | |
| Einzelparameter | 4.4 Breitenvarianz | 3.1 Breitenvarianz |
| Ausprägungen | sehr groß | sehr groß |
| | groß | groß |
| | mäßig | mäßig |
| | gering | gering |
| | keine | keine |

Hauptparameter HP-5 Uferstruktur

| Version | HESSEN-Version | BAWÜ-Version |
|-----------------------------------|---|--|
| Einzelparameter | 5.1 Uferbewuchs | 5.1 Uferbewuchs |
| Ausprägungen | Kein Uferbewuchs, naturbedingt | Kein Uferbewuchs, naturbedingt |
| | Kein Uferbewuchs, anthropogen | kein Bewuchs, Erosion |
| | keine Gehölze, naturbedingt | Kein Uferbewuchs, naturbedingt |
| | keine Gehölze, anthropogen | kein Bewuchs, Erosion |
| | bodenständiger Wald | Wald |
| | bodenständige Galerie | Galerie |
| | teilweise bodenständiger Wald oder Galerie | Galerie |
| | bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | Gebüsch, Einzelgehölze |
| | nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | Forst |
| | nicht bodenständiger Galerie | Galerie, nicht standortgerecht |
| | nicht bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | Gebüsch, Einzelgehölze (nicht standortgerecht) |
| | keine Krautvegetation, naturbedingt | Kein Uferbewuchs, naturbedingt |
| | keine Krautvegetation, anthropogen | kein Bewuchs, Erosion |
| | naturnahe Krautvegetation | Krautflur, Hochstauden |
| | Röhricht, Flutrasen | Röhricht |
| Krautflur, Hochstauden, Wiese | Krautflur, Hochstauden | |
| Rasen | Wiese, Rasen | |
| nitrophile Hochstauden, Neophyten | Krautflur, Hochstauden | |
| Einzelparameter | 5.3 Besondere Uferstrukturen | 5.2 Uferzustand |
| Ausprägungen | viele | natürliche / naturnahe Uferstruktur |
| | mehrere | |
| | zwei | mit Böschungsvarianz |
| | eine | |
| | Ansätze | ohne Böschungsvarianz |
| | keine | |

Hauptparameter HP-6 Gewässerumfeld

| Version | HESSEN-Version | BAWÜ-Version |
|--------------------------------|--|---|
| Einzelparameter | 6.1 Flächennutzung | 6.1 Flächennutzung |
| Ausprägungen | bodenständiger Wald | Wald |
| | Auenvegetation (exkl. Wald) | Intakte Auenfläche |
| | Brache | Sukzession, Biotope |
| | Grünland | Grünland |
| | nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | Baum-Monokultur |
| | Acker, Sonderkulturen | Ackerflächen |
| | Park, Grünanlage | Freizeit, Erholung, Park |
| | Bebauung mit Freiflächen | Bebauung |
| Bebauung ohne Freiflächen | | |
| Einzelparameter | 6.2 Gewässerrandstreifen | 6.2 Gewässerrandstreifen |
| Ausprägungen | flächenhaft Wald/Sukzession | Randstreifen |
| | Gewässerrandstreifen | |
| | Saumstreifen | Saumstreifen |
| | Nutzung | Nutzung |
| Einzelparameter | 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen | 6.1 Flächennutzung (Fortsetzung) |
| Ausprägungen | Abgrabung | Abgrabung, Aufschüttung |
| | Anschüttung, Halde | |
| | Müllablagerung, Deponie | |
| | Fischteich im Nebenschluss | Teichanlagen, See |
| | Verkehrsflächen, befestigt | Straße, Bahn, Feldweg |
| | Verkehrsflächen, unbefestigt | |
| | Gehöft/Einzelbauwerk | Bebauung |
| | Hochwasserschutzbauwerk | |
| | Rückhaltebecken | HW-Schutzbauwerk |
| sonst. gewässerunvertr. Anlage | | |
| keine | nicht berücksichtigt | |

Anhang III: Indexdotierungen der HESSEN- und BAWÜ-Versionen

Quellen:

LANUV-NRW (2012). Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen: Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer – LANUV Arbeitsblatt Nr. 18, Pottgiesser, T.; Müller, A. (Bearbeiter) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 214 S.

LUBW (2010). Gewässerstrukturkartierung in Baden-Württemberg: Feinverfahren (3. Auflage), Stelzer, A.; König, F.; Heimler, J.; Hollerbach, A., Appel, S.; Schneider-Ritter, U.; Keller, N.; Hübner, R.; Albercht, A.; Kiefer, E.M.; Steger, I.; Kappler, S.; Reuschenbach, M. (Bearbeiter) Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – LUBW (Hrsg.). Karlsruhe: 61 S.

HESSEN-Version: Hauptparameter HP-1 Laufentwicklung

| Morphologische Typen | KT_g | ST_g | AT_g, OT_g | MT_g | ST_o, AT_o, OT_o | KT_fl, ST_fl | AT_fl, OT_fl | ST_fs | AT_fs, OT_fs |
|-------------------------------------|------|----------|------------|----------|------------------|--------------|--------------|----------|--------------|
| 1. Laufentwicklung | | | | | | | | | |
| 1.1 Laufkrümmung | | | | | | | | | |
| mäandrierend | x | 1 | 1 | x | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| geschlängelt | x | 1 | 2 | x | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| stark geschwungen | x | 2 | 3 | x | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| mäßig geschwungen | x | 3 | 4 | x | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| schwach geschwungen | x | 4 | 5 | x | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| gestreckt | x | 5 | 6 | x | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| geradlinig | x | 7 | 7 | x | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| unverzweigt | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| mit Nebengerinnen | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| verzweigt | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 1.2 Krümmungserosion | | | | | | | | | |
| | | gekrümmt | ungekrümmt | gekrümmt | ungekrümmt | gekrümmt | ungekrümmt | gekrümmt | ungekrümmt |
| häufig stark | x | 2 | 2 | 2 | 2 | x | x | x | x |
| vereinzelt stark | x | 2 | 3 | 2 | 3 | x | x | x | x |
| häufig schwach | x | 1 | 4 | 1 | 4 | x | x | x | x |
| vereinzelt schwach | x | 1 | 5 | 1 | 5 | x | x | x | x |
| naturbedingt keine | x | 1 | 1 | 1 | 1 | x | 1 | 1 | 1 |
| anthropogen keine | x | 7 | 7 | 7 | 7 | x | 7 | 7 | 7 |
| 1.3 Längsbänke | | | | | | | | | |
| viele | 1 | 1 | 1 | 1 | x | 1 | 1 | 1 | 1 |
| mehrere | 2 | 2 | 2 | 2 | x | 1 | 1 | 2 | 2 |
| zwei | 3 | 3 | 4 | 3 | x | 2 | 2 | 3 | 3 |
| eine | 4 | 4 | 5 | 4 | x | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Ansätze | 5 | 5 | 6 | 5 | x | 4 | 4 | 5 | 5 |
| keine | 7 | 7 | 7 | 7 | x | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 1.4 Besondere Laufstrukturen | | | | | | | | | |
| viele | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| mehrere | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| zwei | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| eine | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| Ansätze | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 |
| keine | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

HESSEN-Version: Hauptparameter HP-2 Längsprofil

| Morphologische Typen | KT_g | | ST_g | | AT_g, OT_g | | MT_g | | ST_o, AT_o, OT_o | | KT_fl, ST_fl | | AT_fl, OT_fl | | ST_fs | | AT_fs, OT_fs | |
|---------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 2. Längsprofil | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Querbauwerke | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| siehe gesonderte Tabelle | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 Verrohrung/Überbauung | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | mit Sediment | ohne Sediment | mit Sediment | ohne Sediment | mit Sediment | ohne Sediment | mit Sediment | ohne Sediment | mit Sediment | ohne Sediment | mit Sediment | ohne Sediment |
| <5 m | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 5-20 m | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 | 7 |
| >20-50 m | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 |
| >50 m | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| keine | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 2.3 Rückstau | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kein Rückstau | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| <10 m | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 10-50 m | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | |
| >50-100 m | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| >100-250 m | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| >250 m | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 2.4 Querbänke | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Meile | x | | 1 | | 1 | | 1 | | x | | x | | x | | x | | x | |
| mehrere | x | | 2 | | 2 | | 2 | | x | | x | | x | | x | | x | |
| zwei | x | | 4 | | 4 | | 4 | | x | | x | | x | | x | | x | |
| eine | x | | 5 | | 5 | | 5 | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Ansätze | 5 | | 6 | | 6 | | 6 | | x | | x | | x | | x | | x | |
| anthropogen keine | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| naturbedingt keine | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| nicht erkennbar | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 2.5 Strömungsdiversität | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sehr groß | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| groß | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| mäßig | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | |
| gering | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | |
| keine | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| künstlich erhöht | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 2.6 Tiefervarianz | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sehr groß | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| groß | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| mäßig | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 3 | | 2 | | 2 | | 3 | | 3 | |
| gering | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 4 | | 4 | | 5 | | 5 | |
| keine | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| nicht erkennbar | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| künstlich erhöht | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 2.7 Ausleitung | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| <50 m | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| >50-100 m | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| >100-250 m | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| >250-500 m | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| >500 m | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |

HESSEN-Version: Hauptparameter HP-3 Sohlenstruktur

| Morphologische Typen | KT_g | | ST_g | | AT_g, OT_g | | MT_g | | ST_o, AT_o, OT_o | | KT_fl, ST_fl | | AT_fl, OT_fl | | ST_fs | | AT_fs, OT_fs | |
|---|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | natürlich dominierend | unnatürlich |
| 3. Sohlstruktur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 Sohlsubstrat | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mineralische Substrate | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Schlack, Schlamm | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | x | x | x | x | 7 | x | 7 |
| Ton/Löß/Lehm | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | x | x | x | x | 7 | x | 7 |
| Sand | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | x | x | x |
| Kies | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 | x | 7 |
| Schotter | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Steine | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Blöcke | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| anstehender Fels | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Steinschüttungen (nicht naturraumtyp. Substrat) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Steinschüttungen (naturraumtyp. Substrat) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Sohlverbau | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| nicht erkennbar | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Organische Substrate | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| keine | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Algen | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Fallaub/Getreibeis | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Totholz | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Makrophyten | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| lebende Teile terrestrischer Pflanzen | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Feindetritus | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Torf | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| nicht erkennbar | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 3.2 Substratdiversität | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sehr groß | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| groß | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| mäßig | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| gering | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | |
| keine | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| nicht erkennbar | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| 3.3 Sohlverbau | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| siehe gesonderte Tabelle | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.4 Besondere Sohlstrukturen | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| vele | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| mehrere | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| zwei | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | |
| eine | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| Ansätze | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | |
| keine | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| nicht erkennbar | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |

HESSEN-Version: Hauptparameter HP-4 Querprofil

| Morphologische Typen | KT_g | ST_g | AT_g, OT_g | MT_g | ST_o, AT_o, OT_o | KT_fl, ST_fl | AT_fl, OT_fl | ST_fs | AT_fs, OT_fs | | | | |
|--|------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 4. Querprofil | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 Profiltyp | | | | | | | | | | | | | |
| Naturprofil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| annähernd Naturprofil | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| Erosionsprofil, variierend | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | |
| Regelprofil, verfallend | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| Profil mit Bühnenausbau | x | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | |
| Erosionsprofil, tief | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 3 | 6 | 6 | | | | |
| Trapez, Doppeltrapez | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | | |
| V-Profil, Kastenprofil | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | | |
| 4.2 Profiltiefe | | | | | | | | | | | | | |
| sehr flach | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | 1 | 1 | | | | |
| flach | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | x | x | 2 | 2 | | | | |
| mäßig tief | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | x | x | 4 | 4 | | | | |
| tief | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | x | x | 6 | 6 | | | | |
| sehr tief | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | x | x | 7 | 7 | | | | |
| nicht erkennbar | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | |
| 4.3 Breitenerosion | | | | | | | | | | | | | |
| | | sehr tief bis tief | mäßig tief bis sehr flach | sehr tief bis tief | mäßig tief bis sehr flach | sehr tief bis tief | mäßig tief bis sehr flach | sehr tief bis tief | mäßig tief bis sehr flach | sehr tief bis tief | mäßig tief bis sehr flach | sehr tief bis tief | mäßig tief bis sehr flach |
| stark | x | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | x | x | x | x | 3 | 3 |
| schwach | x | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | x | x | 5 | 1 |
| keine | x | 7 | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | x | x | 7 | 1 |
| 4.4 Breitenvarianz | | | | | | | | | | | | | |
| sehr groß | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| groß | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| mäßig | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| gering | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| keine | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 4.5 Durchlass/Brücke | | | | | | | | | | | | | |
| strukturell nicht schädlich | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Lauf verengt, mit Sediment | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Lauf verengt, ohne Sediment | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| natürl. Ufer unterbrochen, mit Sediment | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| natürl. Ufer unterbrochen, ohne Sediment | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| kein Durchlass/Brücke | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

HESSEN-Version: Hauptparameter HP-5 Uferstruktur

| Morphologische Typen | KT_g | ST_g | AT_g, OT_g | MT_g | ST_o, AT_o, OT_o | KT_fl, ST_fl | AT_fl, OT_fl | ST_fs | AT_fs, OT_fs |
|---|------|------|------------|------|------------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| 5. Uferstruktur | | | | | | | | | |
| 5.1 Uferbewuchs | | | | | | | | | |
| Kein Uferbewuchs, naturbedingt | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kein Uferbewuchs, anthropogen | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| keine Gehölze, naturbedingt | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| keine Gehölze, anthropogen | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| bodenständiger Wald | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| bodenständige Galerie | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| teilweise bodenständiger Wald oder Galerie | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| nicht bodenständiger Galerie | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| nicht bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| keine Krautvegetation, naturbedingt | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| keine Krautvegetation, anthropogen | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| naturnahe Krautvegetation | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Röhricht, Flutrasen | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Krautflur, Hochstauden, Wiese | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Rasen | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| nitrophile Hochstauden, Neophyten | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 5.2 Uferverbau | >10% | >10% | >10% | | >10% | >10% | >10% | >10% | >10% |
| siehe gesonderte Tabelle | | | | | | | | | |
| 5.3 Besondere Uferstrukturen | | | | | | | | | |
| Welle | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| mehrere | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| zwei | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| eine | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Ansätze | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 |
| keine | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

HESSEN-Version: Hauptparameter HP-6 Gewässerumfeld

| Morphologische Typen | KT_g | ST_g | AT_g, OT_g | MT_g | ST_o, AT_o, OT_o | KT_fl, ST_fl | AT_fl, OT_fl | ST_fs | AT_fs, OT_fs |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 6. Gewässerumfeld | | | | | | | | | |
| 6.1 Flächennutzung | | >50% | 10-50% | >50% | 10-50% | >50% | 10-50% | >50% | 10-50% |
| bodenständiger Wald | x | 1 | 1 | 1 | 1 | x | 1 | 1 | 1 |
| Auervegetation (exkl. Wald) | x | 1 | 1 | 1 | 1 | x | 1 | 1 | 1 |
| Brache | x | 2 | 2 | 2 | 2 | x | 2 | 2 | 2 |
| Grünland | x | 4 | 3 | 4 | 3 | x | 4 | 3 | 4 |
| nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | x | 6 | 5 | 5 | 4 | x | 5 | 4 | 5 |
| Acker, Sonderkulturen | x | 6 | 5 | 6 | 5 | x | 6 | 5 | 6 |
| Park, Grünanlage | x | 5 | 4 | 5 | 4 | x | 5 | 4 | 5 |
| Bebauung mit Freiflächen | x | 6 | 5 | 6 | 5 | x | 6 | 5 | 6 |
| Bebauung ohne Freiflächen | x | 7 | 6 | 7 | 6 | x | 7 | 6 | 7 |
| weitere schädliche Umfeldstruktur gemäß 6.3 | x | | | | | x | | | |
| 6.2 Gewässerrandstreifen | >50% | 10-50% | >50% | 10-50% | >50% | 10-50% | >50% | 10-50% | >50% |
| siehe gesonderte Tabelle | | | | | | | | | |
| 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen | geri mäß groß | geri mäß groß | geri mäß groß | geri mäß groß | geri mäß groß |
| Abgrabung | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Anschüttung, Halde | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Müllablagerung, Deponie | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Fischteich im Nebenschluss | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Verkehrsflächen, befestigt | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Verkehrsflächen, unbefestigt | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 5 3 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Gehöft/Einzelbauwerk | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| Hochwasserschutzbauwerk | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 | 7 5 3 |
| Rückhaltebecken | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| sonst. gewässerunvertr. Anlage | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 | 7 6 5 |
| keine | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

HESSEN-Version: Einzelparameter EP-2.1 Querbauwerke, EP-3.3 Sohlverbau, EP-5.2 Uferverbau, EP-6.2 Gewässerrandstreifen

| Morphologische Typen | KT_g, ST_g, AT_g, MT_g, OT_g | | | | ST_o, AT_o, OT_o, KT_fl, ST_fl, AT_fl, OT_fl, ST_fs, AT_fs, OT_fs | | | |
|--------------------------------|------------------------------|---------|----------|--------|---|---------|----------|--------|
| | <10cm | 10-30cm | 30-100cm | >100cm | <10cm | 10-30cm | 30-100cm | >100cm |
| 2.1 Querbauwerke | | | | | | | | |
| Absturz | x | 6 | 6 | 7 | x | 6 | 6 | 7 |
| Absturz mit Teilrampe | x | 5 | 5 | 6 | x | 5 | 5 | 6 |
| Absturz mit Fischwanderhilfe | x | 5 | 5 | 6 | x | 5 | 5 | 6 |
| Absturz mit Umgehungsgerinne | x | 4 | 4 | 5 | x | 4 | 4 | 5 |
| Absturz nach Verrohrung | x | 6 | 6 | 7 | x | 6 | 6 | 7 |
| Grundschwelle | | | | x | | | | x |
| glatte Gleite | | | | 6 | | | | 6 |
| raue Gleite | | | | 3 | | | | 3 |
| glatte Rampe | | | | 6 | | | | 6 |
| raue Rampe | | | | 4 | | | | 4 |
| QBW mit sohnahem Ablauf | | | | 4 | | | | 4 |
| Damm | | | | 7 | | | | 7 |
| Talsperre | | | | 7 | | | | 7 |
| kein Querbauwerk | | | | x | | | | x |
| 3.3 Sohlverbau | voll | 10-50% | 50-100% | | voll | 10-50% | 50-100% | |
| Steinschüttung, -stückung | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | | |
| Massivsohle mit Sediment | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | | |
| Massivsohle ohne Sediment | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | | |
| kein Sohlverbau | x | x | x | x | x | x | | |
| nicht erkennbar | x | x | x | x | x | x | | |
| 5.2 Uferverbau | voll | 10-50% | 50-100% | | voll | 10-50% | 50-100% | |
| Lebendverbau | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | | |
| Steinschüttung/Steinwurf | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | | |
| Holzverbau | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | | |
| Böschungsrasen | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | | |
| Pflaster, Steinsatz, unverfugt | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | | |
| wilder Verbau | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | | |
| Beton, Mauer, Pflaster | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | | |
| Spundwand | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | | |
| Leitwerk | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | | |
| Bühne | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | | |
| kein Uferverbau | x | x | x | x | x | x | | |
| 6.2 Gewässerrandstreifen | voll | 10-50% | 50-100% | | voll | 10-50% | 50-100% | |
| flächhaft Wald/Sukzession | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | | |
| Gewässerrandstreifen | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | | |
| Saumstreifen | 5 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | | |
| Nutzung | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | | |

BAWÜ-Version: Hauptparameter HP-1 Laufentwicklung

| 1. Laufentwicklung | | | | | |
|----------------------------|----------------------|---|----|-----------------------------|----|
| 1.1 Laufform | M | W | WV | G | GV |
| mäandrierend (M) | 1 | x | x | x | x |
| gewunden, unverzweigt (W) | 3 | 1 | 3 | x | x |
| gewunden, verzweigt (WV) | x | x | 1 | x | x |
| gestreckt, unverzweigt (G) | 5 | 3 | 5 | 1 | 3 |
| gestreckt, verzweigt (GV) | x | x | 5 | x | 1 |
| begradigt / geradlinig | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 1.2 Krümmungserosion | Lauf M, W, WV, G, GV | | | Lauf begradigt / geradlinig | |
| häufig stark | | x | | | 2 |
| vereinzelt stark | | x | | | 3 |
| häufig schwach | | x | | | 4 |
| vereinzelt schwach | | x | | | 5 |
| keine | | x | | | 7 |
| naturbedingt keine | | x | | | x |

BAWÜ-Version: Hauptparameter HP-2 Längsprofil

| 2. Längsprofil | | 2.2 Rückstau | | 2.3 Ausleitung | |
|---|-----------------------|--------------|-----------------------|----------------|---|
| 2.1 Durchgängigkeit / Querbauwerke | | | | | |
| kein Hindernis, frei fließend | x | 100% | 7 | 100% | 7 |
| Abschnitt durchgängig | 3 | >50% | 7 | >50% | 7 |
| Abschnitt nicht durchgängig | 7 | 10-50% | 5 | 10-50% | 5 |
| natürliches Hindernis | x | <10% | 3 | <10% | 3 |
| | | kein | x | unschädlich | x |
| | | | | kein | x |
| 2.4 Verrohrung | | | | | |
| | mit Sediment | glatt | | | |
| bis 5% | x | x | | | |
| 5-20% | 5 | 7 | | | |
| >20% | 6 | 7 | | | |
| keine | x | x | | | |
| 2.5 Strömungsdiversität / Tiefenvarianz | | | | | |
| | Strömungsdiversität | | Tiefenvarianz | | |
| | Taltyp K, S, M, A, Ak | Taltyp F | Taltyp K, S, M, A, Ak | Taltyp F | |
| sehr groß | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| groß | 2 | 1 | 2 | 1 | |
| mäßig | 4 | 3 | 4 | 3 | |
| gering | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| keine | 7 | 7 | 7 | 7 | |

BAWÜ-Version: Hauptparameter HP-3 Querprofil

| 3. Querprofil | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|--|
| 3.1 Breitenvarianz | Strömungsdiversität | | Tiefenvarianz | | |
| | Taltyp K, S, M, A, Ak | Taltyp F | Taltyp K, S, M, A, Ak | Taltyp F | |
| sehr groß | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| groß | 2 | 1 | 2 | 1 | |
| mäßig | 4 | 2 | 4 | 3 | |
| gering | 6 | 4 | 5 | 5 | |
| keine | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| 3.2 Durchlässe / Brücken | | | | | |
| | mit Sediment | | glatt | | |
| Lauf verengt | 6 | | x | | |
| Ufer unterbrochen | 5 | | 7 | | |
| strukturell nicht schädlich | | | x | | |
| keine Durchlässe/Brücken | | | x | | |

BAWÜ-Version: Hauptparameter HP-4 Sohlenstruktur

| 4. Sohlenstruktur | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------|------|
| 4.1 Sohlenzustand | Flächenanteil | | |
| | >50% | 10-50% | <10% |
| natürliche / naturnahe Sohlenstruktur | 1 | 1 | 1 |
| ungesichert, geringe Sohlenvarianz | 3 | 3 | 3 |
| ungesichert, ohne Sohlenvarianz | 4 | 4 | 4 |
| Sohlenverbau mit Sedimentauflage | 5 | 5 | 5 |
| lückiger Sohlenverbau | 6 | 6 | 6 |
| geschlossener Sohlenverbau | 7 | 7 | 7 |
| 4.2 Substratdiversität | | | |
| | Taltyp K, S, M, A, Ak | Taltyp F | |
| sehr groß | 1 | 1 | |
| groß | 2 | 1 | |
| mäßig | 4 | 2 | |
| gering | 5 | 4 | |
| keine | 7 | 7 | |

BAWÜ-Version: Hauptparameter HP-5 Uferstruktur

| 5. Uferstruktur | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|--------|------|
| 5.1 Uferbewuchs | Längenanteil | | |
| | >50% | 10-50% | |
| Wald | standortgerecht | 1 | 1 |
| Galerie | | 2 | 2 |
| Röhricht | | 2 | 2 |
| Gebüsch, Einzelgehölz | | 3 | 3 |
| Krautflur, Hochstauden | | 4 | 4 |
| Wiese, Rasen | | 6 | 6 |
| Forst | nicht standortgerecht | 5 | 5 |
| Galerie | | 5 | 5 |
| Gebüsch, Einzelgehölz | | 6 | 6 |
| Verbau | kein Bewuchs | 7 | 7 |
| Erosion | | 5 | 5 |
| naturbedingt | | 1 | 1 |
| | | | |
| 5.2 Uferzustand | | | |
| | Längenanteil | | |
| | >50% | 10-50% | <10% |
| natürliche / naturnahe Uferstruktur | 1 | 1 | 1 |
| ungesichert, mit Böschungsvarianz | 3 | 3 | 3 |
| ungesichert, ohne Böschungsvarianz | 4 | 4 | 4 |
| gesichert mit Lebend-/Holzverbau | 5 | 5 | 5 |
| gesichert, mit Lückensystem | 6 | 6 | 6 |
| gesichert, ohne Lückensystem | 7 | 7 | 7 |

BAWÜ-Version: Hauptparameter HP-6 Gewässerumfeld

| 6. Gewässerumfeld | | | | | |
|--------------------------|---------------|--------|--------------------------|--------------|--------|
| 6.1 Flächennutzung | Flächenanteil | | 6.2 Gewässerrandstreifen | Längenanteil | |
| | >50% | 10-50% | | >50% | 10-50% |
| Intakte Auenfläche | 1 | 1 | Randstreifen | 1 | 1 |
| Wald | 1 | 1 | Saumstreifen | 3 | 3 |
| Sukzession, Biotope | 1 | 1 | Nutzung | 7 | 7 |
| Grünland | 3 | 3 | | | |
| Ackerflächen | 5 | 5 | | | |
| Baum-Monokultur | 6 | 6 | | | |
| Freizeit, Erholung, Park | 6 | 6 | | | |
| Gärten | 6 | 6 | | | |
| Bebauung | 7 | 7 | | | |
| Teichanlagen, See | 7 | 7 | | | |
| Straße, Bahn, Feldweg | 7 | 7 | | | |
| Abgrabung, Aufschüttung | 7 | 7 | | | |
| HW-Schutzbauwerke | 7 | 7 | | | |

Anhang IV: Beispieldatensatz – Ausgefüllter Erhebungsbogen

Erhebungsbogen – Seite 1 von 4

| Erhebungsbogen | | Strukturkartierung Luxemburg | | • Stand 2014 | | |
|---|--|--|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Identifikation | Stammdaten | | Kartierstatus | | | |
| | Gewässername | Our | nicht kartiert | <input type="checkbox"/> | geänderter Gewässerverlauf | |
| | Gewässerkennzahl | 4 | weil | <input type="checkbox"/> | Oberlauf verkürzt | |
| | Kartierabschnitt-ID | 4_405 | | <input type="checkbox"/> | geänderte Abschnittslänge | |
| | Stationierung von / bis | 40500.0 / 40600.0 | | <input type="checkbox"/> | Baumaßnahme | |
| | Aufl. Stationierungskarte | Auflage 3 c | | <input type="checkbox"/> | Betretungsverbot | |
| | Anfang (E / N) | 76703.38 / 126122.88 | | <input type="checkbox"/> | Stausee | |
| | Ende (E / N) | 76782.26 / 126183.86 | | <input type="checkbox"/> | sonstiges | |
| | Bearbeitung | Meier | | | | |
| | Erhebungsdatum | 24.03.2014 | | | | |
| Anschlussbogen zu Nachkartierung | | 4_404 | Länge des Kartierabschnitts | | | |
| | | 0 | <input checked="" type="checkbox"/> | 100 m | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | 500 m | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | 1000 m | | |
| Typisierung | Fließgewässertyp | | | | | |
| | LAWA-Fließgewässertyp | Typ 5: Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche | | | | |
| | Laufstyp | unverzweigt | | | | |
| Windungsgrad | | gewunden (Windungsgrad 1,26 - 1,5) | | | | |
| Charakterisierung Ist-Zustand | Sohlsubstrat im Referenzzustand | | Talform | | | |
| | | Ton/Löss/Lehm | <input type="checkbox"/> | | Kerbtal | <input type="checkbox"/> |
| | | Sand | <input type="checkbox"/> | | Sohlenkerbtal | <input type="checkbox"/> |
| | | Kies | <input type="checkbox"/> | | Mäandertal | <input checked="" type="checkbox"/> |
| | | Schotter | <input checked="" type="checkbox"/> | | Auetal | <input type="checkbox"/> |
| | | Steine | <input type="checkbox"/> | | Muldental | <input type="checkbox"/> |
| | | Blöcke | <input type="checkbox"/> | | Gewässer ohne Tal | <input type="checkbox"/> |
| | | anstehender Fels | <input type="checkbox"/> | | | |
| | | organisches Substrat | <input type="checkbox"/> | | | |
| | Sohlbreite u. Abschnittslänge | | obere Breite | Einschnittstiefe | MW-Tiefe | |
| Sohlbreite | Länge | <1 m | <0,2 m | <0,1 m | <input type="checkbox"/> | |
| <1 m | 100 m | 1 - 2 m | 0,2 - 0,5 m | 0,1 - 0,3 m | <input type="checkbox"/> | |
| 1 - 2 m | 100 m | >2 - 5 m | >0,5 - 1 m | >0,3 - 0,5 m | <input type="checkbox"/> | |
| >2 - 5 m | 100 m | >5 - 10 m | >1 - 2 m | >0,5 - 1 m | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| >5 - 10 m | 100 m | >10 - 20 m | >2 - 3 m | >1 - 2 m | <input type="checkbox"/> | |
| >10 - 20 m | 100 / 500 m | >20 - 40 m | >3 - 5 m | >2 m | <input type="checkbox"/> | |
| >20 - 40 m | 500 / 1000 m | >40 - 80 m | >5 m | nicht erkennbar | <input type="checkbox"/> | |
| >40 - 80 m | 1000 m | >80 - 160 m | | | | |
| >80 - 160 m | 1000 m | >160 m | | | | |
| >160 m | 1000 m | | | | | |
| Anthropogene Überprägung | | Sonderfall | | | | |
| | Schifffahrt | <input type="checkbox"/> | | Kleinstgewässer (K) | <input type="checkbox"/> | |
| | Wasserkraft | <input type="checkbox"/> | | Renaturierungsstrecke | <input type="checkbox"/> | |
| | Hochwasserschutz | <input type="checkbox"/> | | überwiegend verrohrt/überbaut (V) | <input type="checkbox"/> | |
| | Fischzucht | <input type="checkbox"/> | | vollständig verrohrt/überbaut (V) | <input type="checkbox"/> | |
| | Eingeschränkte Auenüberflutung | <input type="checkbox"/> | | Gewässer trocken (T) | <input type="checkbox"/> | |
| | Eingeschränkte Laufentwicklung/Beweglichkeit | <input type="checkbox"/> | | Restwasserpool vorhanden (T) | <input type="checkbox"/> | |
| | Eingeschränkte Querprofilbildung | <input type="checkbox"/> | | Sohle nicht erkennbar | <input type="checkbox"/> | |
| | Erhebliche Veränderung der Abflussverhältnisse | <input type="checkbox"/> | | Gewässer gestaut (G) | <input type="checkbox"/> | |
| | Fragmentarische Gewässerstrecke | <input type="checkbox"/> | | Teich im Hauptschluss (G) | <input type="checkbox"/> | |
| | Gewässer an Talrand verlegt | <input type="checkbox"/> | | Ausleitung | <input type="checkbox"/> | |
| | Gewässer in Hochlage | <input type="checkbox"/> | | Gewässerlage | <input type="checkbox"/> | |
| | | | | Ortslage | <input type="checkbox"/> | |
| | | | | freie Landschaft | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Beschreibungen | | | | | | |
| Kurzbeschreibung | | | | | | |
| Biol. Besonderheiten | | | | | | |
| Besondere Strukturen | | | | | | |
| Fotos | | | | | | |
| in Fließrichtung | | 1 | gegen Fließrichtung | | | |
| Anmerkungen und Bewertungsbegründung | | | | | | |
| Fotos in Fließrichtung: 0; | | | | | | |

Erhebungsbogen – Seite 2 von 4

| | | | |
|---|---|--|--|
| Gewässername <input type="text" value="Our"/> | Gewässerkennzahl <input type="text" value="4"/> | Kartierabschnitt-ID <input type="text" value="4_405"/> | |
|---|---|--|--|

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|--|---|------------------------------------|--|---|-----------------------|------------------------|--|
| 1. Laufentwicklung | 1.1 Laufkrümmung (K, T) | 1.2 Krümmungserosion (T) | 1.3 Längsbänke | Bewertung fkt. Einheiten | | | | | |
| | geradlinig <input type="checkbox"/> | naturbedingt keine <input checked="" type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | Krümmung (1.1, 1.3, 1.4) 5 | | | | |
| | gestreckt <input type="checkbox"/> | anthropogen keine <input type="checkbox"/> | Ansätze <input checked="" type="checkbox"/> | | | Beweglichkeit (1.2, 4.2, 5.2) 2 | | | |
| | schwach geschwungen <input type="checkbox"/> | vereinzelt schwach <input type="checkbox"/> | eine (1) oder zwei (2) <input type="checkbox"/> | | | | Index 5 | | |
| | mäßig geschwungen <input checked="" type="checkbox"/> | häufig schwach <input type="checkbox"/> | mehrere <input type="checkbox"/> | | | | | Klasse 4 | |
| | stark geschwungen <input type="checkbox"/> | vereinzelt stark <input type="checkbox"/> | viele <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | geschlängelt <input type="checkbox"/> | häufig stark <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | mäandrierend <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | unverzweigt <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | mit Nebengerinnen <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| verzweigt <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | 1.4 Besondere Laufstrukturen (K, T) | | | | | | | | |
| | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | Totholzverklauung <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Sturzbaum <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Inselbildung <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Laufweitung <input type="checkbox"/> | eine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Laufverengung <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Laufgabelung <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Altarm, Nebengerinne <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| | Bibberdamm <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|------------------------------------|--|---|-----------------------|------------------------|--|
| 2. Längsprofil | 2.1 Querbauwerke (K,T) | 2.2 Verrohrung/Überbauung (K, T) | 2.3 Rückstau (K) | Bewertung fkt. Einheiten | | | | | |
| | kein Querbauwerk <input checked="" type="checkbox"/> | keine <input checked="" type="checkbox"/> | kein <input checked="" type="checkbox"/> | | natürliche Längsprofil- elemente (2.4, 2.5, 2.6) 3 | | | | |
| | Abstürze z. B. an Wehren <input type="checkbox"/> | <5 m <input type="checkbox"/> | <10 m <input type="checkbox"/> | | | anthropogene Wander- hindernisse (2.1, 2.2, 2.3, 2.7, 4.5) Malus-Addition 0 | | | |
| | Absturz <input type="checkbox"/> | 5 - 20 m <input type="checkbox"/> | 10 - 50 m <input type="checkbox"/> | | | | Index 3 | | |
| | Absturz mit Teilrampe <input type="checkbox"/> | >20 - 50 m <input type="checkbox"/> | >50 - 100 m <input type="checkbox"/> | | | | | Klasse 3 | |
| | Absturz mit Fischwanderhilfe <input type="checkbox"/> | >50 m <input type="checkbox"/> | >100 - 250 m <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | Absturz mit Umgehungsgerinne <input type="checkbox"/> | | >250 m <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | Absturz nach Verrohrung <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | Grundschwelle <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | glatte Gleite <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| raue Gleite <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| glatte Rampe <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| raue Rampe <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| QBW mit sohnlichem Ablauf <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Damm <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Talsperre <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | 2.4 Querbänke | 2.5 Strömungsdiversität (K) | 2.6 Tiefenvarianz | | | | | | |
| | naturbedingt keine <input checked="" type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | anthropogen keine <input type="checkbox"/> | gering <input type="checkbox"/> | gering <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | Ansätze <input type="checkbox"/> | mäßig <input checked="" type="checkbox"/> | mäßig <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | |
| | eine (1) oder zwei (2) <input type="checkbox"/> | groß <input type="checkbox"/> | groß <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | mehrere <input type="checkbox"/> | sehr groß <input type="checkbox"/> | sehr groß <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | viele <input type="checkbox"/> | zusätzl.: künstlich erhöht <input type="checkbox"/> | sehr groß <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | | | zusätzl.: künstlich erhöht <input type="checkbox"/> | | | | | | |

| | | |
|--|---|---|
| 2.01 Strömungsbilder | 2.5 Strömungsdiversität (K) | 2.6 Tiefenvarianz |
| glatt <input checked="" type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> |
| gerippt <input checked="" type="checkbox"/> | gering <input type="checkbox"/> | gering <input type="checkbox"/> |
| leicht plätschernd <input checked="" type="checkbox"/> | mäßig <input checked="" type="checkbox"/> | mäßig <input checked="" type="checkbox"/> |
| gewellt <input type="checkbox"/> | groß <input type="checkbox"/> | groß <input type="checkbox"/> |
| kammförmig <input type="checkbox"/> | sehr groß <input type="checkbox"/> | sehr groß <input type="checkbox"/> |
| überstürzend <input type="checkbox"/> | zusätzl.: künstlich erhöht <input type="checkbox"/> | nicht erkennbar <input type="checkbox"/> |
| | | zusätzl.: künstlich erhöht <input type="checkbox"/> |

| | | |
|---|-----------------------|--------------------|
| Legende/Abkürzungsverzeichnis | Strukturklasse | Indexspanne |
| nat. natürlich | 1 | 1,0 - 1,7 |
| unnat. unnatürlich | 2 | 1,8 - 2,6 |
| | 3 | 2,7 - 3,5 |
| li in Fließrichtung links | 4 | 3,6 - 4,4 |
| re in Fließrichtung rechts | 5 | 4,5 - 5,3 |
| | 6 | 5,4 - 6,2 |
| Sed. Sediment | 7 | 6,3 - 7,0 |
| fkt. funktionale | | |
| MW Mittelwasser | | |
| g geringe Entfernung zum Gewässer | | |
| m mittlere Entfernung zum Gewässer | | |
| h große Entfernung zum Gewässer | | |
| B Mehrfachregistrierung | | |
| A Einfachregistrierung | | |
| C Anzahl erfassen (keine, Ansätze, eine, zwei, mehrere, viele) | | |
| Ø Mittelwert | | |
| K Kleinstgewässer (zu kartierender Mindestdatensatz) | | |
| V verrohrt/überbaut (zu kartierender Mindestdatensatz) | | |
| T Gewässer trocken (zu kartierender Mindestdatensatz) | | |
| G Gewässer gestaut/Teich im Hauptschluss (zu kartierender Mindestdatensatz) | | |

Erhebungsbogen – Seite 3 von 4

| | | | |
|--|---|---|--|
| | Gewässername <input type="text" value="Our"/> | Gewässerkennzahl <input type="text" value="4"/> | Kartierabschnitt-ID <input type="text" value="4_405"/> |
|--|---|---|--|

| | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|---|
| 3. Sohlstruktur | 3.1 Sohlsubstrat (K, T) | nat. <input type="checkbox"/> unnat. <input type="checkbox"/> | 3.2 Substratdiversität (K) | Bewertung fkt. Einheiten Art und Verteilung der Substrate (3.1, 3.2, 3.4, 3.01) <input type="text" value="2"/> Sohlverbau* (3.1, 3.3) <input type="text" value="1"/> Index <input type="text" value="2"/> Klasse <input type="text" value="2"/> * nur berücksichtigen, wenn dadurch keine Aufwertung erfolgt | |
| | | dominierend <input type="checkbox"/> untergeordnet <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> groß <input checked="" type="checkbox"/> sehr groß <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | |
| | 3.01 Bes. Sohlbelastungen (K) | A B B | B | | |
| | Mineralische Substrate | keine <input type="checkbox"/> Schlick/Schlamm <input type="checkbox"/> Ton/Löss/Lehm (<6 µm) <input type="checkbox"/> Sand (>6 µm - 2 mm) <input checked="" type="checkbox"/> Kies (0,2 - 6 cm) <input checked="" type="checkbox"/> Schotter (6 - 10 cm) <input checked="" type="checkbox"/> Steine (10 - 30 cm) <input checked="" type="checkbox"/> Blöcke (>30 cm) <input checked="" type="checkbox"/> anstehender Fels <input checked="" type="checkbox"/> | keine <input checked="" type="checkbox"/> Hausmüll <input type="checkbox"/> Grünabfall <input type="checkbox"/> Bauschutt <input type="checkbox"/> Verockerung <input type="checkbox"/> Sandtreiben <input type="checkbox"/> Kolmatierung <input type="checkbox"/> Erosion <input type="checkbox"/> Gewässerunterhaltung <input type="checkbox"/> Trittschäden <input type="checkbox"/> Einleitungen <input type="checkbox"/> Düker <input type="checkbox"/> Buhnen/Leitwerke <1/3 <input type="checkbox"/> Buhnen/Leitwerke >1/3 <input type="checkbox"/> Fahrrinne <1/3 <input type="checkbox"/> Fahrrinne 1/3 - 2/3 <input type="checkbox"/> Fahrrinne >2/3 <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | |
| | Steinschüttungen (nicht naturraumtyp. Substrat) <input type="checkbox"/> Steinschüttungen (naturraumtyp. Substrat) <input type="checkbox"/> geschlossener Sohlverbau <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | Organische Substrate | Geschiebezugabe <input type="checkbox"/> Geschiebeentnahme <input type="checkbox"/> | | |
| | keine <input type="checkbox"/> Algen <input type="checkbox"/> Falllaub/Getreibsel <input type="checkbox"/> Totholz <input type="checkbox"/> Makrophyten <input checked="" type="checkbox"/> lebende Teile terrestrischer Pflanzen <input type="checkbox"/> Feindetritus <input type="checkbox"/> Torf <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | | | |
| | 3.3 Sohlverbau >10 m (K, T) | A B | 3.4 Besondere Sohlstrukturen (K) | | C |
| | kein Verbau <input checked="" type="checkbox"/> Steinschüttung, -stückung <input type="checkbox"/> Massivsohle mit Sediment <input type="checkbox"/> Massivsohle ohne Sediment <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | vollständig <input type="checkbox"/> 10-50 m <input type="checkbox"/> >50-100 m <input type="checkbox"/> >100-250 m <input type="checkbox"/> >250-500 m <input type="checkbox"/> >500 m <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> Pool/Stille <input type="checkbox"/> Schnelle/Rauschefläche/Riffle <input type="checkbox"/> Kolk/Tiefrinne <input type="checkbox"/> Kehrwasser <input type="checkbox"/> Kaskade <input type="checkbox"/> Totholz <input type="checkbox"/> Wurzelfläche <input type="checkbox"/> Makrophyten <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | keine <input type="checkbox"/> Ansätze <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> zwei <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> |

| | | | | | |
|---------------|---|---|--|---|---|
| 4. Querprofil | 4.1 Profiltyp (K, T) | A | 4.2 Profiltiefe (K, T) | A | Bewertung fkt. Einheiten Profiltiefe (4.1) <input type="text" value="2"/> Profiltiefe (4.2) <input type="text" value="2"/> Breitenentwicklung (4.3, 4.4) <input type="text" value="2"/> Index <input type="text" value="2"/> Klasse <input type="text" value="2"/> |
| | Naturprofil <input type="checkbox"/> annähernd Naturprofil <input checked="" type="checkbox"/> Erosionsprofil variierend <input type="checkbox"/> Erosionsprofil tief <input type="checkbox"/> Profil mit Bühnenausbau <input type="checkbox"/> Trapez/Doppeltrapez <input type="checkbox"/> V-Profil/Kastenprofil <input type="checkbox"/> | verfallendes Regelprofil <input type="checkbox"/> | sehr flach <input type="checkbox"/> flach <input checked="" type="checkbox"/> mäßig tief <input type="checkbox"/> tief <input type="checkbox"/> sehr tief <input type="checkbox"/> nicht erkennbar <input type="checkbox"/> | | |
| | 4.3 Breitenerosion (T) | A | 4.4 Breitenvarianz (K, T) | A | |
| | keine <input checked="" type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> | keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> mäßig <input checked="" type="checkbox"/> groß <input type="checkbox"/> sehr groß <input type="checkbox"/> | 4.5 Durchlass/Brücke (K, T) | B | |
| | | | kein Durchlass/Brücke <input checked="" type="checkbox"/> strukturell nicht schädlich <input type="checkbox"/> natürl. Ufer unterbrochen <input type="checkbox"/> Lauf verengt <input type="checkbox"/> | ohne Sed. <input type="checkbox"/> mit Sed. <input type="checkbox"/> | |

Erhebungsbogen – Seite 4 von 4

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| | Gewässername <input type="text" value="Our"/> | Gewässerkennzahl <input type="text" value="4"/> | Kartierabschnitt-ID <input type="text" value="4_405"/> | |
|--|---|---|--|--|

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|-------|--|--|--|-----------------------------|--|
| 5. Uferstruktur | 5.1 Uferbewuchs (K, T) | | | 5.3 Besondere Uferstrukturen (K, T) | | | Bewertung fkt. Einheiten | |
| | Kein Uferbewuchs | | | keine | | | | naturraum- typischer Bewuchs (5.1, 5.02) |
| | naturnbeding | | | keine | | | | |
| | anthropogen | | | keine | | | | Uferverbau* (5.2) |
| | Gehölze | | | keine | | | | |
| | keine, naturnbeding | | | keine | | | | naturraum- typische Ausprägung (5.3, 5.01) |
| | keine, anthropogen | | | keine | | | | |
| | bodenständiger Wald | | | keine | | | | li Index re |
| | bodenständige Galerie | | | keine | | | | |
| | teilweise bodenständiger Wald oder Galerie | | | keine | | | | li Klasse re |
| | bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | | | keine | | | | |
| | nicht bodenständiger Wald, Nadelforst | | | keine | | | | * nur berücksichtigen, wenn dadurch keine Aufwertung erfolgt |
| | nicht bodenständige Galerie | | | keine | | | | |
| | nicht bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölze | | | keine | | | | |
| | zusätzlich: junge Gehölzpflanzung | | | keine | | | | |
| Krautvegetation | | | keine | | | | | |
| keine, naturnbeding | | | keine | | | | | |
| keine, anthropogen | | | keine | | | | | |
| naturnahe Krautvegetation | | | keine | | | | | |
| Röhricht, Flutrasen | | | keine | | | | | |
| Krautflur, Hochstauden, Wiese | | | keine | | | | | |
| Rasen | | | keine | | | | | |
| nitrophil. Hochstauden, Neophyten | | | keine | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--|--|--|--------------------------------|--|--|--|-----------------------------|--|
| 6. Gewässerumfeld | 5.2 Uferverbau (K, T) | | | | 5.02 Beschattung (K, T) | | | | Bewertung fkt. Einheiten | |
| | kein Verbau | | | | sonnig | | | | | Vorland (6.1, 6.3, 6.01) |
| | Lebendverbau | | | | halbschattig | | | | | |
| | Steinschüttung/-wurf | | | | schattig | | | | | Gewässer- randstreifen (6.2) |
| | Holzverbau | | | | nicht erkennbar | | | | | |
| | Böschungsrasen | | | | | | | | | li Index re |
| | Pflaster, Steinsatz, unverfügt | | | | | | | | | |
| | wilder Verbau | | | | | | | | | li Klasse re |
| | Beton, Mauerwerk, verfügt | | | | | | | | | |
| | Spundwand | | | | | | | | | * nur berücksichtigen, wenn dadurch keine Aufwertung erfolgt |
| | Leitwerk | | | | | | | | | |
| | Bühne | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|---|--|--|--|-----------------------------|--|
| 6. Gewässerumfeld | 6.1 Flächennutzung (K, T, V, G) | | | | 6.3 Schädliche Umfeldstrukturen (K, T, V, G) | | | | Bewertung fkt. Einheiten | |
| | bodenständiger Wald | | | | keine | | | | | Vorland (6.1, 6.3, 6.01) |
| | Auenvvegetation (exkl. Wald) | | | | Abgrabung | | | | | |
| | Brache | | | | Anschüttung, Halde | | | | | Gewässer- randstreifen (6.2) |
| | Grünland | | | | Müllablagerung, Deponie | | | | | |
| | nicht bodenst. Wald, Nadelforst | | | | Fischteich im Nebenschluss | | | | | li Index re |
| | Acker, Sonderkultur | | | | Verkehrsflächen, befestigt | | | | | |
| | Park, Grünanlage | | | | Verkehrsflächen, unbefestigt | | | | | li Klasse re |
| | Bebauung mit Freiflächen | | | | Gehöft/Einzelbauwerk | | | | | |
| | Bebauung ohne Freiflächen | | | | Hochwasserschutzbauwerk | | | | | * nur berücksichtigen, wenn dadurch keine Aufwertung erfolgt |
| | weitere schädli. Struktur gem.6.3 | | | | Rückhaltebecken | | | | | |
| | | | | | sonst. gewässerunvertr. Anlage | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|
| 6. Gewässerumfeld | 6.2 Gew.randstreifen (K, T) | | | | 6.01 Bes. Umfeldstruktur (K, T) | | | | Bewertung fkt. Einheiten | |
| | kein | | | | keine | | | | | Vorland (6.1, 6.3, 6.01) |
| | Saumstreifen | | | | ausgepr. Terrassenkante | | | | | |
| | Gewässerrandstreifen | | | | natürlicher Uferwall | | | | | Gewässer- randstreifen (6.2) |
| | flächig Wald/Sukzession | | | | Flutmulde/Hochflutrinne | | | | | |
| | | | | | Quelle | | | | | li Index re |
| | | | | | Stehgewässer | | | | | |
| | | | | | | | | | | li Klasse re |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | * nur berücksichtigen, wenn dadurch keine Aufwertung erfolgt |
| | | | | | | | | | | |