

Ermittlung der morphologischen Entwicklungsfähigkeit der Fließgewässer Hessens

- Endbericht -

Juni 2012

Auftraggeber:

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Auftragnehmer:

Roman Hugo eco-lo-gis - Arbeitsgemeinschaft für ökologische Studien und GIS-gestützte Datenauswertung

Bearbeitung:

R. Hugo

unter Mitarbeit von
C. Kinsinger und R. Assmann

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Zielsetzung	6
2	Grundlagen der Methodenentwicklung	6
2.1	Vorbemerkung / inhaltlich-fachliche Rahmenbedingungen.....	6
2.2	Bisherige Arbeiten	7
3	Methode zur Ermittlung der morphologischen Gewässerentwicklungsfähigkeit in Hessen	13
3.1	Vorhandene Datengrundlagen	13
3.2	Methodik	15
3.2.1	Grundlagen	15
3.2.2	Entwicklungsfreudigkeit	16
3.2.3	Entwicklungspotenzial	26
3.2.4	Gesamtbewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit	40
4	Ergebnisse	41
5	Diskussion der Ergebnisse	53
5.1	Gewässerentwicklungsfähigkeit und Zielvorgaben der FFH-Gebiete	53
5.2	Gewässerentwicklungsfähigkeit und morphologische Umweltziele	55
5.2.1	Statistische Auswertung und Schlussfolgerungen für das Erreichen der morphologischen Umweltziele.....	55
5.2.2	Bewertung auf Ebene der Wasserkörper und Detailanalyse auf 100-Meter-Abschnitts-Niveau	58
5.2.3	Beispiel zur Festlegung von Maßnahmenbereichen auf Basis der Datenauswertung	62
6	Rangierung der Maßnahmen nach WRRL	63
6.1	Konzeption der Rangierung von Maßnahmen - Prioritätszuweisung.....	63
6.1.1	Maßnahmengruppe 1 – „Bereitstellung von Flächen“	64
6.1.2	Maßnahmengruppe 2 - „Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen“	65
6.1.3	Maßnahmengruppe 1 und 2 - Zusammenführung der Ergebnisse der Prioritätszuweisung	69
6.2	Statistische Auswertung der Maßnahmenarten.....	70
6.3	Lokalisierung prioritärer Bereiche	70
6.4	Gewässerentwicklungsfähigkeit in der Praxis	73
7	Zusammenfassung.....	76
8	Literatur.....	81
9	Anhang	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stand der Konzeptionen zur Ermittlung der eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit-Parameterauswahl.	12
Tabelle 2: Angeforderte Daten – Verfügbarkeit und Bedeutung für die methodische Umsetzung.	13
Tabelle 3: Parametersystem der Gewässerstrukturgütekartierung (nach LAWA, 1996, 1999).	14
Tabelle 4: Parameter zur Berechnung der Abflussdynamik.	17
Tabelle 5: Klassifizierung der Abflussdynamik.	18
Tabelle 6: Parameter zur Berechnung der Strömungsleistung.	18
Tabelle 7: Klassifizierung der Strömungsleistung.	19
Tabelle 8: Parameter zur Bewertung der Ufererodierbarkeit.	19
Tabelle 9: Bodenarten und Einstufung der Ablösbarkeit nach Einschätzung der Autoren; 1=sehr gering, 5 = sehr hoch.	20
Tabelle 10: Zuordnung des Grobbodenanteils zum Bodenerodierbarkeitsfaktor K (K Faktor, Quelle: DIN 19708) (<i>Ks: Grobbodenabhängiger Anteil des K-Faktors</i>).	21
Tabelle 11: Ablösbarkeit der Substrattypen nach Einschätzung der Autoren; 1=sehr gering, 5 = sehr hoch	22
Tabelle 12: Klassifizierung der Ablösbarkeit des Ober- oder Unterbodens über Durchwurzelungsgrad (Prozentanteil des „Uferbewuchs“).	22
Tabelle 13: Klassifizierung der Ufererodierbarkeit.	22
Tabelle 14: Parameter zur Bewertung der Geschiebeführung.	23
Tabelle 15: Klassifizierung der Geschiebeführung.	24
Tabelle 16: Einflussgrößen und deren Gewichtung zur Berechnung der Entwicklungsfreudigkeit.	24
Tabelle 17: Einstufung der Entwicklungsfreudigkeit.	25
Tabelle 18: GESIS-Datenbasis zur Bewertung des Entwicklungspotenzials.	28
Tabelle 19: Transformationstabelle LAWA-Wertzuordnung zur Parameterbewertung GEF-relevanter Parameter.	29
Tabelle 20: Parametergewichtung zur Berechnung des Regenerationswiderstands.	30
Tabelle 21: Malusgewichtung des Sohlenverbaus .	30
Tabelle 22: Einstufung des Regenerationswiderstandes.	31
Tabelle 23: Parametergewichtung zur Berechnung der Flächenverfügbarkeit.	31
Tabelle 24: zu prüfende Restriktionen nach ATKIS-Objektkatalog.	32

Tabelle 25: Bewertung der Restriktionen im Gewässerumfeld.	33
Tabelle 26: Möglichkeiten zur Bewertung der Umfeldvernetzung.	33
Tabelle 27: Einstufung der Flächenverfügbarkeit.	34
Tabelle 28: Parameter zur Berechnung der Linearen Restriktion.	35
Tabelle 29: Einstufung der Malusabwertung bei Rückstau bzw. Längsfixierung durch Querverbau und Längsfixierung durch Verrohrung sowie Geschieberückhalt durch Querverbau und Stillgewässer.	35
Tabelle 30: Bewertung der Laufkrümmung in Abhängigkeit von Lateralerosion und Profiltiefe für Gewässer in der freien Landschaft.	37
Tabelle 31: Bewertung der Breitenentwicklung in Abhängigkeit von Uferbewuchs und Lateralerosion.	37
Tabelle 32: Einstufung der Prozessdynamik.	38
Tabelle 33: Klassifizierung des Entwicklungspotentials.	40
Tabelle 34: Klassifizierung der Gewässerentwicklungsfähigkeit.	40
Tabelle 35: Erhaltungsziele am Beispiel des FFH-Gebiets „5617-303 Usa zwischen Wernborn und Ober-Mörlen“, Quelle: FFH-Gutachten zur Grunddatenerfassung (2005).	54
Tabelle 36: Bewertungsvergleich Gewässerentwicklungsfähigkeit (Gesamtbewertung) und Abweichungsklassen.	58
Tabelle 37: Klassifikationsschema der Prioritätsstufen der „Maßnahmenarten WRRL“ in Hessen; Wertstufen der Gewässerentwicklungsfähigkeit.	63
Tabelle 38: Rangierung der Maßnahmenarten der Gruppe 1 und 2 (erste Ziffer der Codierung entspricht Zuordnung zur Maßnahmengruppe); GEF-Wertstufe nach Tabelle 37.	65
Tabelle 39: Prioritätsstufen der Maßnahmenarten nach Maßnahmengruppe 1 und 2; die Einstufung der Priorität muss innerhalb der Skala nach Tabelle 37 liegen.	69
Tabelle 40: Ermittlung prioritärer Bereiche für Gewässerschauen und Entwicklungsplanung.	72
Tabelle 41: Beispiel zur Aggregierung einer Priorität zur Auswahl von Vorrangstrecken.	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel zu den unterschiedlichen Bewertungsansätzen „Funktionaler Ansatz“ - „Indexsystem“ Vergleich der Bewertung am Beispiel der Laufkrümmung. A= Aue- und Muldental, F=Flachlandtal, S=Sohlenkerbtal, M=Mäandertal, K=Kerbtal.	15
Abbildung 2: Diagramm zur Differenzierung von Bodenarten Abhängigkeit der Korngröße (nach Richter, G. 1998), verändert	Abbildung 3: Ablösbarkeit in 20
Abbildung 4: Ermittlung der Entwicklungsfreudigkeit unter Berücksichtigung der vorhandenen Datengrundlagen in Hessen (- = ungenügende oder stark verallgemeinernde Datengrundlage, 0 = Datengrundlage mit Defiziten, + = gute Datengrundlage).	25
Abbildung 5: Entwicklungspotenzial nach Nutzungsanspruch und anthropogener Sicherheitsanforderung in Abhängigkeit zu Gewässerlage und Abfluss, GE = Gewässerentwicklung.	27
Abbildung 6: Bewertungsverfahren des morphologischen Entwicklungspotenzials. A= Auswertungsebene 1, B= Auswertungsebene 2, C= Auswertungsebene 3.	39
Abbildung 7: Prozentuale Anteile der Wertstufen der Parameter der Gewässerentwicklungsfähigkeit (Ordinate: %-Anteile, Abszisse: Gef-Wertstufe).	42
Abbildung 8: Bewertung der Abflussdynamik hessischer Fließgewässer.	43
Abbildung 9: Bewertung der Strömungsleistung (W/m^2) hessischer Fließgewässer.	44
Abbildung 10: Bewertung der Ufererodierbarkeit hessischer Fließgewässer.	45
Abbildung 11: Bewertung der Geschiebeführung hessischer Fließgewässer.	46
Abbildung 12: Bewertung der Entwicklungsfreudigkeit hessischer Fließgewässer.	47
Abbildung 13: Bewertung des Regenerationswiderstandes hessischer Fließgewässer.	48
Abbildung 14: Bewertung der Flächenverfügbarkeit hessischer Fließgewässer.	49
Abbildung 15: Bewertung der Prozessdynamik hessischer Fließgewässer.	50
Abbildung 16: Bewertung des Entwicklungspotenzials hessischer Fließgewässer.	51
Abbildung 17: Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit (Gesamtbewertung) hessischer Fließgewässer.	52
Abbildung 18: Faktorenanalyse auf Basis der übergeordneten Parameter nach Gewässerentwicklungsfähigkeit, zusammenfassender Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit und Abweichungsklassen am Beispiel ausgewählter Gewässersysteme.	57
Abbildung 19: Prozentklassen der „sehr guten“ und „guten“ Abweichungsklassen in den einzelnen Wasserkörpern.	59
Abbildung 20: Prozentklassen der 100-Meter-Abschnitte mit „sehr hoher“ und „hoher“ Wertstufe in den einzelnen Wasserkörpern.	60
Abbildung 21: Beispiel zur Maßnahmenpriorität (Bezug Wasserkörper) und räumlicher Zuordnung der Maßnahmen (100-Meter-Abschnitte).	61

Abbildung 22: Extensive Gewässerunterhaltung. Totholzelemente werden bei verfügbarer Fläche im Gewässerumfeld zur Entwicklungssteuerung im Gewässer belassen. 68

Abbildung 23: Statistik zur Verteilung der GEF-Bewertung auf einzelnen Maßnahmen der Gruppe 1 und 2; Maßnahmcodierung „M_x“ nach Tabelle 38. 71

Abbildung 24: Im Eschbach (Taunus) kann für die Gewässerabschnitte der Entwicklungsstadien 2 und 3 aufgrund der Abflusssituation und der Geschiebeführung das Planungsziel „Sohlanhebung“ anvisiert werden. 74

1 Veranlassung und Zielsetzung

Für eine nachhaltige, zeitnahe und erfolgreiche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) soll die Ermittlung der gewässermorphologischen Entwicklungsfähigkeit der hessischen Fließgewässer einen sachdienlichen Beitrag leisten.

Ziel ist es, Gewässerstrecken zu identifizieren, an denen mittel- bis langfristig möglichst kostengünstige Maßnahmen zur Förderung der Eigenentwicklung durchgeführt werden können. Das bereits vorliegende Maßnahmenprogramm der Wasserrahmenrichtlinie und die Zielstellung wassergebundener FFH-Gebiete sollen dabei in einem besonderen Maße berücksichtigt werden.

Aspekte zur Beurteilung von Entwicklungsprozessen sind einerseits die dynamischen Veränderungen morphologischer Strukturen in naturnahen Gewässer und andererseits die Entwicklung strukturveränderter Gewässer zu naturnahen Verhältnissen.

Jedes morphologisch veränderte Fließgewässer besitzt ein spezifisches Potenzial für eine eigendynamische Entwicklung. Wesentliche Unterschiede bestehen allerdings in Hinblick auf den Faktor „Zeit“. Insbesondere die naturräumlichen, geologischen und hydromorphologischen Charakteristika der Fließgewässer müssen hinreichend gewürdigt werden, um prognostisch belastbare Aussagen bezüglich der Eigenentwicklung ableiten zu können. Von zentraler Bedeutung ist neben der Häufigkeit und Dauer bordvoller Abflusssituationen die Erosionskraft, welche Abhängigkeiten zu Strömungsleistung (Wirkungskomplex der Einflussgrößen Gefälle, Gewässerbreite und Abflusshöhe) und Erodierbarkeit der Uferbereiche zeigt.

Darüber hinaus müssen Entwicklungsrestriktionen, die aus anthropogenen Nutzungsansprüchen und Anforderungen der Verkehrs- und Hochwassersicherheit resultieren, bei der Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit Berücksichtigung finden. Insbesondere Begradigung, Gerinnebetteneinengung und Verbaumaßnahmen im und am Gewässer schränken die Eigendynamik der Fließgewässer in einem besonderen Maße ein.

2 Grundlagen der Methodenentwicklung

2.1 Vorbemerkung / inhaltlich-fachliche Rahmenbedingungen

Um die Gewässerentwicklungsfähigkeit für hessische Fließgewässer zu bewerten, wurden vom Auftraggeber folgende Rahmenbedingungen vorgegeben:

Methodenentwicklung

- Ziel der zu entwickelnden Methode ist es nicht, den aktuell vorhandenen morphologischen Zustand der Gewässer zu bewerten, sondern ihre Fähigkeit, sich eigendynamisch zu entwickeln. Die Methode soll dabei aufbauend auf bereits vorliegenden Untersuchungen und Veröffentlichungen konzipiert, mit Hilfe des eigenen Expertenwissens verfeinert und an hessische Verhältnisse angepasst werden.
- Die Gewässerentwicklungsfähigkeit soll unter Beachtung der naturräumlichen und geomorphologischen Entwicklungsvoraussetzungen sowie der vorhandenen Schadparameter

abgeleitet werden. Als relevante Faktoren gelten dabei Laufkrümmung, Ausbaugrad, Abfluss und Abflussdynamik, Flächenverfügbarkeit im Gewässerumfeld, Ufergehölzbestand, lateralerosive Prozesse, Profiltiefe/Sohlerosion und die ökologische Durchgängigkeit (hydromorphologischer Aspekt, Rückstaueffekte und Geschiebeführung).

- Die Projektbearbeitung ist auf Basis bereits vorhandener Daten durchzuführen. Erste Ergebnisse sind stichprobenhaft gemeinsam mit der Expertengruppe Biologie/Struktur zu überprüfen und zu plausibilisieren. Die konzeptionelle Ausarbeitung wird in mehreren Arbeitssitzungen abgestimmt.
- Die Ergebnisdarstellung soll auf einer fünfstufigen Skala entsprechend EG-WRRL erfolgen und die Ergebnisse sollen statistisch geprüft und ausgewertet werden.

Selektion von Gewässerstrecken und fachliche Begründung von Maßnahmen

- Ein zentrales Ziel des Projektes ist es, anhand der Ergebnisse der Gewässerentwicklungsfähigkeit Gewässerstrecken herauszustellen, an denen geeignete und vor allem kostengünstige Maßnahmen zur Förderung der Eigenentwicklung getroffen werden können.
- Bei der Auswahl der Gewässerstrecken sind die je nach Gewässertyp und Fischregion bereits festgelegte morphologische Umweltziele zu berücksichtigen. Es ist zu prüfen, ob sich die gemäß den spezifischen morphologischen Umweltzielen bereits ermittelten guten und sehr guten Strecken eines Wasserkörpers mit den Eignungsstrecken für die eigendynamische Gewässerentwicklung decken. Weiterhin soll geprüft werden, ob sich die Bereiche für die eigendynamische Gewässerentwicklung trittsteinmäßig über einen Wasserkörper verteilen.
- Die Zielstellungen von wassergebundenen FFH-Gebieten sind zu berücksichtigen.

2.2 Bisherige Arbeiten

Folgende Studien fanden in Hinblick auf die Konzeption der Gewässerentwicklungsfähigkeit Verwendung:

- das Konzept der integrierten Gewässerentwicklung - Einstufung der Entwicklungsfähigkeit von Gewässern nach KERN (2000),
- das Konzept zur Ermittlung und Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit saarländischer Fließgewässer als Grundlage für die Erstellung von Bewirtschaftungsplänen zur Erreichung des „guten Zustands“ nach Vorgabe der EG-WRRL, welches im Auftrag des Ministeriums für Umwelt des Saarlandes am Lehrstuhl für Physikalische Geographie der Universität des Saarlandes entwickelt wurde (LÖFFLER ET AL. 2006),

- die Konzepte der AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE, AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE und AGENCE DE L'EAU RHÔNE-MÉDITERRANÉE-CORSE zur Ermittlung des Entwicklungskorridors von Fließgewässern im Hinblick auf eine naturgemäße Entwicklung (ADAM ET AL. 2007, und andere),
- das Konzept von CHARRIER, P. (2011), welches einen Ansatz zur Ermittlung des Flächenbedarfs in Hinblick auf die naturgemäße Gewässerentwicklung für saarländische Fließgewässer liefert,
- das Konzept der Kosten-Wirksamkeitsanalyse für Gewässerstrukturmaßnahmen in Hessen, welches vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe entwickelt wurde (HILLENBRAND ET AL. 2001),
- das Konzept zur Beurteilung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper in Sachsen-Anhalt, welches im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt von „biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH“ entwickelt wurde (LANDESBETRIEBES FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT DES LANDES SACHSEN-ANHALT 2010).

Bei der Festlegung von Maßnahmen wurden zur Orientierung folgende Veröffentlichungen und Untersuchungen herangezogen:

- Eigendynamische Entwicklungsfähigkeit verschiedener wassergebundener FFH Gebiete (KORTE et al. 2002, 2004, 2005a, 2005b, 2006a, 2006b, 2006c, 2007, 2008a, 2008b, SCHNEIDER et al. 2003),
- Rahmenkonzept Kinzigrenaturierung, welches vom Auenzentrum Hessen in Auftrag des Regierungspräsidiums Darmstadt erstellt wurde (SCHWARZER et al. 1998),
- Pilotprojekt Modau, welches vom Regierungspräsidium Darmstadt beauftragt und von der Technischen Universität in Darmstadt sowie dem Büro für Gewässerökologie bearbeitet wurde (REGIERUNGSPRÄSIDIUM DARMSTADT 2007).

Die Charakteristika dieser Veröffentlichungen werden im Folgenden kurz vorgestellt, ausführliche Beschreibungen finden sich in den jeweiligen, zum Teil unveröffentlichten Projektberichten.

Integrierte Gewässerentwicklung - Einstufung der Entwicklungsfähigkeit von Gewässern (Kern 2000)

In dem Ansatz von KERN (2000) wird die aktuelle Entwicklungsfähigkeit eines Gewässers aus der Gegenüberstellung von natürlichem Entwicklungspotential und Regenerationswiderstand ermittelt.

Das „natürliche Entwicklungspotential“ wird anhand der Strömungsgeschwindigkeit, dem Ufermaterial sowie der Geschiebeführung bewertet, die hierarchisch, entsprechend ihrer Dimension, in die Bewertung einfließen. Die Gewichtung der einzelnen Parameter ergibt sich nach Methodenprüfung im Gelände und Literaturlauswertungen.

Der „Regenerationswiderstand“ beschreibt den Grad der Störung des Gewässers durch Ausbau, Rückstau, Verrohrung, Laufkrümmung und Profiltiefe sowie Störungen des Abfluss- und Geschieberegimes. Die einzelnen Parameter werden aus der Strukturgütekartierung abgeleitet. Der Regenerationswiderstand wird ebenfalls in einem hierarchischen System ermittelt, wobei ausbaubedingte Störungen durch Rückstau und Verrohrung den anderen Störungseinflüssen übergeordnet und somit stärker gewichtet werden.

Die Einstufung der aktuellen Entwicklungsfähigkeit erfolgt analog der Strukturgütekartierung in einer sieben- (Regenerationswiderstand und Entwicklungspotential) bzw. zehnstufigen (Entwicklungsfähigkeit) Skala.

Die Abschnittsbildung erfolgt vornehmlich auf der Grundlage von Konfluenzen, so dass die Abschnittslänge teilweise über 2000 Meter beträgt.

Strecken inner- wie außerorts werden nach demselben Schema bewertet. Es erfolgt keine Differenzierung der Bewertung aufgrund der Gewässergröße. Bei den Parametern Ufermaterial sowie Geschiebeart und -führung werden der morphologische Taltyp und der Naturraum, bei den Parametern Laufkrümmung und Profiltiefe nur der morphologische Taltyp berücksichtigt.

Ermittlung und Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit saarländischer Fließgewässer als Grundlage für die Erstellung von Bewirtschaftungsplänen zur Erreichung des „guten Zustands“ nach Vorgabe der EG-WRRL (Löffler et al. 2006)

Die Methode zur Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit im Saarland wurde mit dem Ziel entwickelt, die Eigendynamik von Gewässerteilstrecken zu bewerten. Die dadurch erhaltenen homogenen Abschnitte dienen als Grundlage für die Maßnahmenplanung im Zuge der WRRL-Bewirtschaftungsplanung.

Bewertet wird deshalb nicht der aktuelle morphologische Zustand, sondern die aktuelle Möglichkeit des Gewässerabschnittes, einen guten Zustand gemäß WRRL zu erreichen. Der Fokus der Methode liegt in der Erfassung bzw. Bewertung sogenannter „Schadparameter“, wie etwa Begradigung, Ausbau und fehlende Flächenverfügbarkeit.

Ein wichtiges Kriterium ist dabei die unterschiedliche Bewertung von Gewässerstrecken der offenen Landschaft sowie Gewässer in Ortslagen. Innerhalb der Ortslagen kommt der Verrohrung bzw. der morphologischen und biologischen Durchgängigkeit, die auch durch den Strukturreichtum/Natürlichkeitsgrad der Sohle bewertet wird, eine hohe Bedeutung zu. Außerorts spielt neben Laufkrümmung und Verbau vor allem die Flächenverfügbarkeit im Gewässerumfeld eine wesentliche Rolle. Der Bestand an Ufergehölzen, lateralesosive Prozesse, Profilübertiefung sowie vorhandene Durchgängigkeitsstörungen sind weitere Parameter, die die Bewertung beeinflussen.

In der freien Landschaft wird zudem der morphologische Taltyp bei der Bewertung berücksichtigt. Entsprechend der talmorphologischen Eigenheiten werden z.B. die Laufkrümmung und Profilübertiefung je nach Taltyp unterschiedlich stark gewichtet.

Die bewerteten Abschnitte können eine Länge zwischen 200 Meter und 1000 Meter, bei großen Gewässern auch 2000 Meter erreichen. Die Abschnittsbildung erfolgt in erster Linie auf Basis der

Homogenität der Umfeldnutzung, in einem zweiten Schritt können zusätzliche Kriterien wie bspw. der Wechsel im Bestand an Ufergehölzen oder Veränderungen der Laufkrümmung zur einer weiteren Unterteilung des Abschnitts führen.

Die Einstufung der Entwicklungsfähigkeit erfolgt entsprechend des allgemeingültigen EG-WRRL-Klassifikationsschemas in einer fünfstufigen Skala.

Ermittlung des Entwicklungskorridors von Fließgewässern im Hinblick auf eine naturgemäße Entwicklung (ADAM ET AL. 2007)

Für die Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) wurden Kriterien ermittelt, die die Wirksamkeit von umzusetzenden Maßnahmen im Rahmen von Gewässerrenaturierungen bewerten. Neben der Strömungsleistung standen Fragen der Ufererodierbarkeit und der Geschiebeleistung im Vordergrund.

Ermittlung des Flächenbedarfs in Hinblick auf die naturgemäße Gewässerentwicklungen für saarländische Fließgewässer (CHARRIER et al. im Druck)

In der Studie wurde eine Methode zur Prognose der potenziellen lateralen Gewässerbeweglichkeit für saarländische Fließgewässer entwickelt. Faktoren, die die laterale Entwicklungsfähigkeit bestimmen, sind Abfluss, Gefälle, Bodenzusammensetzung im Uferbereich und Ufergehölze. Als Ergebnis konnten Kategorien verschiedener Entwicklungspotenziale für den zeitlichen Rahmen von 10 Jahren festgelegt werden.

Kosten-Wirksamkeitsanalyse für Gewässerstrukturmaßnahmen in Hessen (Hillenbrand et al. 2001)

Ziel dieses Projektes, welches vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe entwickelt wurde, war es, Renaturierungsansätze in Bezug auf ihre Effektivität und Kosten-Wirksamkeit zu bewerten, um somit die wirtschaftlichsten Maßnahmen zur Verbesserung der hydromorphologischen Gewässerstruktur zu erzielen.

Für die Wirkung von Renaturierungsmaßnahmen, insbesondere für die Geschwindigkeit und den Ablauf morphologischer Prozesse, ist dabei die „Entwicklungsfreudigkeit“ von Gewässern von besonderem Interesse. Die Entwicklungsfreudigkeit wird in diesem Projekt durch die breitenspezifische Strömungsleistung, die Abflussdynamik, die Erosionsresistenz des Ufers sowie die Intensität des Feststoff- bzw. Geschiebetransportes beschrieben.

Die Autoren führen aus, dass sich der Ablauf morphologischer Prozesse nur schwer prognostizieren lässt. Anhand der oben genannten Faktoren sei dennoch eine tendenzielle Einschätzung möglich.

Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades des hydrologischen Regimes der OWK (Fließgewässer und Seen) gemäß EU-WRRL im Land Sachsen-Anhalt (Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt 2010)

Die Bewertung der hydrologischen Zusammenhänge stützt sich auf eine Methode, die auf der Beurteilung der anthropogen verursachten „Überprägung“ natürlicher Einflussfaktoren auf Flüsse und Seen beruht.

Dabei wurde davon ausgegangen, dass für Fließgewässer der Abflussprozess die maßgebliche Größe des Wasserhaushalts ist. Der Abflussprozess wird dabei von der Landbedeckung, den Gewässerstrukturen, dem Grundwasser, der Lage und Beschaffenheit von Auen und Seen und dem Wasserdargebot beeinflusst.

Im Konzept wurde angenommen, dass Flüsse in einer natürlichen bzw. naturnahen Umgebung wie Wäldern oder Mooren auch ein natürliches Abflussverhalten aufweisen. Je stärker dagegen das Fließgewässer in seinem natürlichen Abflussgeschehen (bspw. durch Begradigung, Kanalisierung, Überbauung in Siedlungsbereichen) beeinträchtigt ist, desto schlechter wird auch die Bewertung.

Als Ergebnis wurde festgestellt, dass Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts von Oberflächenwasserkörpern in der Regel umkehrbar sind und durch gezielte Maßnahmen im Umfeld der Gewässer oder an den Gewässern selbst eine Entwicklung hin zu einem guten Zustand bzw. zu einem guten Potenzial möglich ist.

Methode FFH-GDE Hessen

In Hessen wurde in den vergangenen Jahren eine Grunddatenerfassung (GDE) wassergebundener FFH-Gebiete durchgeführt. Ziel war es, den Erhaltungszustand der Lebensraumtypen und Anhang II-Arten zu dokumentieren, zu bewerten sowie Maßnahmen zu ihrer Sicherung und Entwicklung vorzuschlagen. Gleichzeitig dienen die Studien als Grundlage für die von behördlicher Seite zu erstellenden Managementpläne. Bei der Festlegung von Maßnahmen wurde in verschiedenen FFH-Projekten ausdrücklich die eigendynamische Entwicklung berücksichtigt.

Rahmenkonzept Kinzigrenaturierung

Im Rahmenkonzept Kinzigrenaturierung wurde die Integration verschiedener hessischer Richtlinien bezüglich der Entwicklung naturnaher Fließgewässer umgesetzt. Dabei sollte eine ökologische Bewertung größerer und zusammenhängender Gewässerabschnitte unter Einbeziehung von Daten erfolgen, die nicht nur das Gewässerbett, sondern auch die Überschwemmungsgebiete sowie verschiedene faunistische Artengruppen umfassen. Die Methodik wurde an einer Fließstrecke von 1.100 km Länge entwickelt. Grundlagen der Maßnahmenableitung stellten die Erfassung und Bewertung der Naturnähe bzw. eventuell vorhandener Belastungen oder Funktionsstörungen des Wasserkörpers, des Gewässerbett- und Uferbereichs sowie des Überschwemmungsgebietes dar. Darüber hinaus wurden durch die Auswertung des Vorkommens von faunistischen Zeigerarten und ihrer Ansprüche an den jeweiligen Lebensraum bewertungsrelevante Informationen zusammengestellt, die ebenfalls zu Maßnahmenempfehlungen führten.

Pilotprojekt Modau - Bereich Oberflächengewässer – Entwurf eines Bewirtschaftungsplans im Sinne der EU-WRRL für das Einzugsgebiet der Modau (Regierungspräsidium Darmstadt 2007)

In diesem Projekt wurde für ein kleines Einzugsgebiet die Maßnahmenplanung entsprechend der EU-WRRL erprobt und ein Bewirtschaftungsplan erstellt. Um den guten ökologischen Zustand der Gewässer zu erreichen, wurde der Zusammenhang zwischen der morphologischen Ausstattung und der Fischzönose untersucht. Auf dieser Basis konnten morphologische Mindestanforderungen (Bezug GESIS-Strukturkartierung) in Hinblick auf die Leitfischarten abgeleitet werden.

Zusammenfassung der Konzeption zur Gewässerentwicklungsfähigkeit einzelner Studien

Tabelle 1: Stand der Konzeptionen zur Ermittlung der eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit-Parameterauswahl.

Parameter	Entwicklungsfreudigkeit				Entwicklungspotenzial			
	Abfluss-dynamik	Ström.-leistung	Uferero-dierbarkeit.	Geschiebe-führung	Regenerations-widerstand	Flächen-verfügbar.	Lineare Restrikt.	Prozess-dynamik
Kürzel	AD	SL	UB	GF	RW	FV	LR	PD
GEF Hessen	X	X	X	X	X	X	X	X
GEF Nahe (RLP))*1		X	X	X	X		X	X
GEF Saar-land)*2					X	X	X	X
Agence de l'Eau Seine-Normandie)*3		X	X	X				
Charrier et al.)*4		X	X	X				
Studie Fraunhofer)*5	X	X	X	X				
FFH-GDE)*6					X		X	X

)*1 KERN (2000): Integrierte Gewässerentwicklung - Einstufung der Entwicklungsfähigkeit von Gewässern

)*2 LÖFFLER et al. (2006): Ermittlung und Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit saarländischer Fließgewässer

)*3 ADAM et al.(2007): Agence de l'Eau Seine-Normandie - Ermittlung des Entwicklungskorridors von Fließgewässern im Hinblick auf eine naturgemäße Entwicklung

)*4 CHARRIER et al. Im Druck: Ermittlung des Flächenbedarfs in Hinblick auf die naturgemäße Gewässerentwicklungen für saarländische Fließgewässer

)*5 HILLENBRAND et al. 2001: Kosten-Wirksamkeitsanalyse für Gewässerstrukturmaßnahmen in Hessen

)*6 KORTE et al. (2002, 2004-2008), SCHNEIDER et al. (2003): FFH-GDE verschiedener wassergebundener FFH-Gebiete

3 Methode zur Ermittlung der morphologischen Gewässerentwicklungsfähigkeit in Hessen

3.1 Vorhandene Datengrundlagen

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über vorhandene Datenbanken und ihrer Datenverfügbarkeit bzw. –verwendbarkeit.

Tabelle 2: Angeforderte Daten – Verfügbarkeit und Bedeutung für die methodische Umsetzung.

Datenbanken	Datenqualität Datenverfügbarkeit
Abweichungsklassen (morphologische Kennlinie)	hinreichend
ATKIS-Objektarten	hinreichend
Biozönotische Gewässertypen	hinreichend
Bodendaten	in Teilbereichen lückig (Ortslagen)
Daten zum Abfluss (HQ1, HQ2, MQ, MNQ)	hinreichend, jedoch keine flächendeckenden Daten zu Dauer und Häufigkeit HQ2
Fischregionen	hinreichend
Gefälledaten	hinreichend nach geringem Überarbeitungsbedarf
Geländemodell DRM25	hinreichend
Gewässerbreite	zu geringem Teil unvollständig bzw. fehlerhaft; hinreichend nach geringem Überarbeitungsbedarf
Gewässerkundliches Flächenverzeichnis	hinreichend
Gewässerstrukturgütedaten / GESIS-Daten	hinreichend
Kanaltrassen im gewässerangrenzenden Bereich (100 Meter Band)	nicht verfügbar
Landnutzung ATKIS	hinreichend
Layer Naturräume (KLAUSING)	hinreichend
Maßnahmenkatalog	hinreichend
Maßnahmen	hinreichend
Morphologische Taltypen	nicht verfügbar, nach GESIS unzureichend
Oberflächenwasserkörper, linien- und flächenhaft	hinreichend
Orthophotos	hinreichend
Strukturmaßnahmen WRRL	hinreichend
TK50, TK100	hinreichend
Überschwemmungsgebiete	hinreichend
Wanderhindernisse (Datenbank)	hinreichend
Wasserabhängige FFH-Gebiete	hinreichend
WRRL-Gewässernetz	hinreichend

Eine der wichtigsten Basisdaten zur Ableitung der Entwicklungsfähigkeit hessischer Fließgewässer stellen die GESIS-Daten dar. Aus diesem Grund wird im Folgenden das Prinzip der Datenerhebung der GESIS-Daten (Strukturgütekartierung) kurz erläutert.

Die Strukturgütekartierung in Hessen

Grundlage für die Erfassung und Bewertung der Gewässerstrukturgüte ist ein von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erarbeiteter Verfahrensvorschlag zur Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland (LAWA 1996, 1999).

Die morphologische Gestalt der Fließgewässer wird durch verschiedene Parameter bzw. deren Merkmalsausprägung erfasst (vgl. Tabelle 3). Dabei werden sowohl Wert- (z.B. Laufkrümmung, Strömungsdiversität, Ufergehölz) als auch Schadstrukturen (z.B. Querbauwerke, Ufer- und Sohlenverbau, Flächennutzung) kartiert. Die grau hervorgehobenen Parameter nach Tabelle 3 werden für die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit in Hessen genutzt.

Tabelle 3: Parametersystem der Gewässerstrukturgütekartierung (nach LAWA, 1996, 1999).

Hauptparameter	Indexsystem (Einzelparame-ter)	funktionale Einheiten
1. Laufentwicklung	Laufkrümmung Krümmungserosion Längsbänke besondere Laufstrukturen	Krümmung Beweglichkeit
2. Längsprofil	Querbauwerke Rückstau Verrohrungen Querbänke Strömungsdiversität Tiefenvarianz	natürliche Längsprofilelemente anthropogene Wanderbarrieren
3. Querprofil	Profiltyp Profiltiefe Breitenerosion Breitenvarianz Durchlässe	mittlere Profiltiefe Breitenentwicklung Profilform
4. Sohlenstruktur	Sohlensubstrat Sohlenverbau Substratdiversität besondere Sohlenstrukturen	Art/Verteilung der Substrate Sohlenverbau
5. Uferstruktur	Uferbewuchs Uferverbau besondere Uferstrukturen	Uferausprägung Uferbewuchs Uferverbau
6. Gewässerumfeld	Flächennutzung Gewässerrandstreifen schädliche Umfeldstrukturen	Uferstreifen Vorland

Die Erfassungs- und Bewertungsmethodik vereint zwei Verfahren, das indexdotierte System sowie die Bewertung nach funktionalen Einheiten.

Der wesentliche Unterschied in den beiden Bewertungsverfahren besteht darin, dass bei dem funktionalen Bewertungsansatz der Kartierer vor Ort über den Grad (Angabe in Prozent) der Naturnähe des Gewässers aufgrund des komplexen Gesamteindrucks entscheidet, wogegen bei dem Indexsystem der Kartierer lediglich die Merkmalsausprägung des Parameters erfasst und die Bewertung dieses Zustandes durch den vorgegebenen Indexwert erfolgt. Hierbei spielt die Zuordnung zu einem Taltyp und zur Gewässerbite die entscheidende Rolle (vgl. Abbildung 1).

<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>AF</th> <th>S</th> <th>MK</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mäandrierend</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>geschlängelt</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>stark geschwungen</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>mäßig geschwungen</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>schwach geschwungen</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>gestreckt</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>geradlinig</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		AF	S	MK	mäandrierend	1	1	x	geschlängelt	2	1	x	stark geschwungen	3	2	x	mäßig geschwungen	4	3	x	schwach geschwungen	5	4	x	gestreckt	6	5	x	geradlinig	7	7	x	<p>Laufkrümmung nach dem „Indexsystem“ (für Mäander- und Kerbtalgewässer wird die Laufkrümmung nicht bewertet)</p>
	AF	S	MK																														
mäandrierend	1	1	x																														
geschlängelt	2	1	x																														
stark geschwungen	3	2	x																														
mäßig geschwungen	4	3	x																														
schwach geschwungen	5	4	x																														
gestreckt	6	5	x																														
geradlinig	7	7	x																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Gutewert</th> <th>Prozent</th> <th>Ausprägung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100</td> <td>naturgemäße Krümmung</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>> 80</td> <td>weitgehend naturgemäße Krümmung</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>50 - 80</td> <td>überwiegend naturgemäße Krümmung</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30 - 50</td> <td>deutliche, jedoch anthropogen geprägte Krümmung</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10 - 30</td> <td>leichte Krümmung, überwiegend begradigt</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>< 10</td> <td>geringe Krümmung, weitgehend begradigt</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0</td> <td>keine Krümmung, völlig begradigt, schnurgerader Verlauf</td> </tr> </tbody> </table>	Gutewert	Prozent	Ausprägung	1	100	naturgemäße Krümmung	2	> 80	weitgehend naturgemäße Krümmung	3	50 - 80	überwiegend naturgemäße Krümmung	4	30 - 50	deutliche, jedoch anthropogen geprägte Krümmung	5	10 - 30	leichte Krümmung, überwiegend begradigt	6	< 10	geringe Krümmung, weitgehend begradigt	7	0	keine Krümmung, völlig begradigt, schnurgerader Verlauf	<p>Krümmung nach dem „Funktionalen Ansatz“</p>								
Gutewert	Prozent	Ausprägung																															
1	100	naturgemäße Krümmung																															
2	> 80	weitgehend naturgemäße Krümmung																															
3	50 - 80	überwiegend naturgemäße Krümmung																															
4	30 - 50	deutliche, jedoch anthropogen geprägte Krümmung																															
5	10 - 30	leichte Krümmung, überwiegend begradigt																															
6	< 10	geringe Krümmung, weitgehend begradigt																															
7	0	keine Krümmung, völlig begradigt, schnurgerader Verlauf																															

Abbildung 1: Beispiel zu den unterschiedlichen Bewertungsansätzen „Funktionaler Ansatz“ - „Indexsystem“ Vergleich der Bewertung am Beispiel der Laufkrümmung. A= Aue- und Muldental, F=Flachlandtal, S=Sohlenkerbtal, M=Mäandertal, K=Kerbtal.

3.2 Methodik

3.2.1 Grundlagen

In Anlehnung an KERN (2000), LÖFFLER et al. (2006), HILLENBRAND et al. (2001), ADAM et al (2007) und CHARRIER et al. (im Druck) wird eine Methode zur Bewertung der **morphologischen Gewässerentwicklungsfähigkeit** in Hessen (**GEF-Hessen**) entwickelt.

Sie lässt sich durch folgende Merkmale charakterisieren:

- 1) Die Methode basiert auf der integrierenden Bewertung einer „natürlichen“ und einer „restriktiven“ Komponente:
 - **Die Entwicklungsfreudigkeit (EF)** bewertet abfluss- und erosionsindizierende Merkmalskombinationen.
 - **Das Entwicklungspotenzial (EP)** beurteilt Restriktionswirkungen, Nutzungsansprüche und Entwicklungsindikatoren des Gewässers.

Diese beiden Hauptkomponenten werden anhand verschiedener Parameter bewertet (vgl. Kapitel 3.2.2 bis 3.2.3). Die Gesamtbewertung der morphologischen Gewässerentwicklungsfähigkeit (**GEF**) wird durch Mittelwertbildung der beiden Hauptkomponenten berechnet.

- 2) Die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit erfolgt in Abhängigkeit zur Gewässergröße und Lage (freie Landschaft oder Ortslage), insofern die Datengrundlage eine Differenzierung zulässt (vgl. Kapitel 3.2.3).
- 3) Die Bewertung stützt sich auf bereits vorhandene Daten (vgl. Tabelle 2), die Methodik wird aber im Gelände auf ihre Plausibilität überprüft und die Ergebnisse werden statistisch plausibilisiert.
- 4) Die Klassifizierung erfolgt entsprechend der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) fünfstufig, die GESIS-Daten müssen hierfür von dem siebenstufigen in ein fünfstufiges System transformiert werden (vgl. Tabelle 19).
- 5) Die Bewertungsergebnisse aller übergeordneten Parameter der Gewässerentwicklungsfähigkeit werden in den GIS-Projekten dargestellt.

3.2.2 Entwicklungsfreudigkeit

Folgende Einflussgrößen („übergeordnete Parameter“ ÜP) sind für die Entwicklungsfreudigkeit (EF) eines Fließgewässers von entscheidender Bedeutung (vgl. KERN 2000, HILLENBRAND ET AL. 2001, ADAM ET AL. 2007):

- Abflusssdynamik
- Strömungsleistung
- Ufererodierbarkeit
- Geschiebeführung

Diese vier Einflussgrößen lassen sich über verschiedene Parameter bzw. Parameterkombinationen bewerten. Die vorhandene Datenlage (flächendeckende Verfügbarkeit und Datenqualität) bestimmt dabei, welche der Parameter bzw. -kombinationen zur Bewertung der jeweiligen Einflussgröße verwendet werden können und wie stark gewichtet die übergeordneten Parameter letztendlich in die Ermittlung der Entwicklungsfreudigkeit eingehen. Das Berechnungsverfahren der Entwicklungsfreudigkeit wird am Ende des Kapitels diskutiert.

Den übergeordneten Parametern sind nachfolgend tabellarisch Einzelparameter (EP) zugeordnet. In der Spalte „Datengrundlage Hessen“ wird angegeben, ob dieser Parameter in Hessen landesweit verfügbar ist, in der Spalte „Bemerkung“ sind weitere Hinweise (Datenqualität, Literaturgrundlage, u.a.) aufgelistet.

Abflussdynamik

Parameterauswahl

Die Abflussdynamik kann durch verschiedene Einzelparameter beschrieben werden (vgl. KERN 2000, HILLENBRAND ET AL. 2001):

Tabelle 4: Parameter zur Berechnung der Abflussdynamik.

Abflussdynamik (ÜP)		
Einzelparameter (EP)	Datengrundlage Hessen	Bemerkung
Häufigkeit und Dauer HQ	eingeschränkt verfügbar	bestimmender Faktor der Abflussdynamik
Verhältnis HQ ₂ zu MNQ	verfügbar über Layer „pv_flver“ (Abflussdaten)	je größer, desto höher die Dynamik
Geschwindigkeit der Abflusszu-/abnahme	nicht verfügbar	vgl. HILLENBRAND ET AL. (2001)

In Hessen kann die Abflussdynamik lediglich über das *Verhältnis HQ₂ zu MNQ* (alternativ MQ) bewertet werden. Der Verhältniswert (REL_{DYN}) liefert innerhalb der Gebietskulisse der hessischen Fließgewässer eine rein vergleichende Einstufung der Abflusstypen (keine Aussagekraft des numerischen Absolutwertes) und somit eine indirekte Indikation der hydrologischen Dynamik. Hinsichtlich des entscheidenden Faktors „Häufigkeit und Dauer“ des Hochwassers dagegen existiert für die hessische Gebietskulisse zurzeit keine hinreichende Datengrundlage.

Die Berechnung der relativen Abflussdynamik erfolgt nach folgender Gleichung

—, wobei

REL _{Dyn}	relative Abflussdynamik
HQ ₂	zweijähriges Hochwasser
MNQ	mittlerer Niedrigwasserabfluss

Klassifizierung

Die relative Abflussdynamik wird in fünf Klassen eingeteilt, der Wertebereich reicht dabei für Hessen von 5 bis 2969; je größer der Wert ist, desto höher ist die Abflussdynamik.

Tabelle 5: Klassifizierung der Abflussdynamik.

Rel. Abflussdynamik	> 400	> 150 - 400	> 80 - 150	> 30 - 80	> 0 - 30
Indexwerte	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr hoch	hoch	mäßig	niedrig	sehr niedrig

Strömungsleistung

Parameterauswahl

Die breitenspezifische Strömungsleistung definiert das Potenzial eines Gewässers für lateralerosive Prozesse; die Größe kann nach FERGUSEN (1987) über die folgenden drei Parameter ermittelt werden:

Tabelle 6: Parameter zur Berechnung der Strömungsleistung.

Strömungsleistung (ÜP)		
Einzelparameter (EP)	Datengrundlage Hessen	Bemerkung
Gewässerbreite	verfügbar über Layer „grunddaten“	Datenbestand zum Teil lückig, zum Teil auch fehlerhaft. Korrekturen werden durchgeführt
bordvoller Abfluss HQ ₂	verfügbar über Layer „pv_flver“ und „Hessen_GFV“	zweijähriges Hochwasser in Anlehnung an KERN (2000), vgl. auch SCHERLE (1999)
Gefälle	verfügbar über Layer „Hessen_GFV“	

In Hessen sind alle Einflussgrößen zur Berechnung der Strömungsleistung flächendeckend vorhanden. Die Daten wiesen zunächst in Teilbereichen Mängel bzw. Ungenauigkeiten auf, konnten jedoch durch Überarbeitungsschritte ausreichend korrigiert werden (Verweis Anlage 1). Demzufolge wird die Strömungsleistung bei der Berechnung der Entwicklungsfähigkeit entsprechend ihrer zentral entwicklungssteuernden Bedeutung relativ hoch gewichtet (vgl. Tabelle 16).

Die Berechnung der Strömungsleistung erfolgt nach folgender Gleichung (FERGUSEN 1987):

$$\omega = \rho g Q_{bv} l / B_{bv} \text{ (W/m}^2\text{)}, \text{ wobei}$$

- ω Strömungsleistung
- ρ Dichte des Wassers ($\rho=100 \text{ kps}^2/\text{m}^4$)
- g Erdbeschleunigung ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)
- Q_{bv} bordvoller Abfluss (m^3/s)
- l Wasserspiegelgefälle (m/m)
- B_{bv} Gerinnebreite (m)

Klassifizierung

Die Klassifizierung der breitenspezifischen Strömungsleistung erfolgt nach KERN (2000) in fünf Klassen.

Tabelle 7: Klassifizierung der Strömungsleistung.

Strömungsleistung (W/m ²)	> 30	>10 – 30	>3 – 10	>1 - 3	0 - 1
Indexwerte	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr hoch	hoch	mäßig	niedrig	sehr niedrig

Ufererodierbarkeit

Parameterauswahl

Der Erosionsprozess in den Uferbereichen von Fließgewässern kann über drei verschiedene, in Tabelle 8 gelistete, Parameter bzw. Parameterkombinationen abgeschätzt werden (vgl. KERN 2000, HILLENBRAND ET AL. 2001). Die Bewertung der Uferbeschaffenheit erlaubt dabei Rückschlüsse über die Dimension der Lateralerosion.

Tabelle 8: Parameter zur Bewertung der Ufererodierbarkeit.

Ufererodierbarkeit (ÜP)		
Einzelparameter (EP)	Datengrundlage Hessen	Bemerkung
Ufermaterial/Bodenart	indirekt verfügbar über Layer „Bodenarten“ sowie Sohlensubstrat nach GESIS	Die hohe bodenkundliche Auflösung dieser Einflussgröße wird lediglich durch den Maßstabsbezug (1:50.000) leicht eingeschränkt. Die Eignung des Einzelparameters wird als sehr hoch eingestuft.
Durchwurzelungsgrad	Indirekt verfügbar über GESIS-Parameter „Uferbewuchs“	
Uferhöhe, Stratifikation	Indirekt verfügbar über Tiefen-Breitenverhältnis der GESIS-Daten sowie Layer „Bodenarten“	Abschätzung der Stratifikation ist nicht möglich, allerdings existieren Angaben zum Skelettanteil für Ober- und Unterboden.

Während ADAM et al. (2007) eine Kartierung der Uferbeschaffenheit (Bodenart, Stratifikation) vorsehen, liefert der Ansatz nach KERN (2000) eine Einstufung des Ufermaterials nach Naturräumen und Taltypen (Verweis Anlage 2, Seite 85). Die Bewertung des naturgegebenen

Entwicklungspotenzials¹ erfolgt bei ihm in einer dreistufigen Skala auf Basis der Korngrößen. Da diese Konzeption ebenso wie der Ansatz von HILLENBRAND ET AL. (2001) nach Einschätzung der Autoren als zu stark vereinfacht eingestuft wird, wird als Alternativverfahren folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

1. Schritt: Bewertung der Bodenarten

Auf Basis der Bodendaten (bodenkundlicher Layer im Maßstabsbezug 1:50.000) wird die „Ablösbarkeit“ des Ufermaterials (nicht Erodierbarkeit nach DIN 19708), getrennt nach Ober – und Unterboden bewertet.

Die Abschätzung der Uferhöhe ist dabei indirekt über das Tiefen-Breitenverhältnis der Gewässer möglich. Je nach der Profiltiefe wird die Ablösbarkeit folgendermaßen bewertet (vgl. auch

Tabelle 9).

- | | |
|--|---|
| 1) Die Profiltiefe ist sehr flach oder flach | Bewertung der Ablösbarkeit über Oberboden |
| 2) Die Profiltiefe ist mäßig tief | Bewertung durch Mittelwertbildung Ober- plus Unterboden |
| 3) Die Profiltiefe ist tief oder sehr tief | Bewertung der Ablösbarkeit über Unterboden |

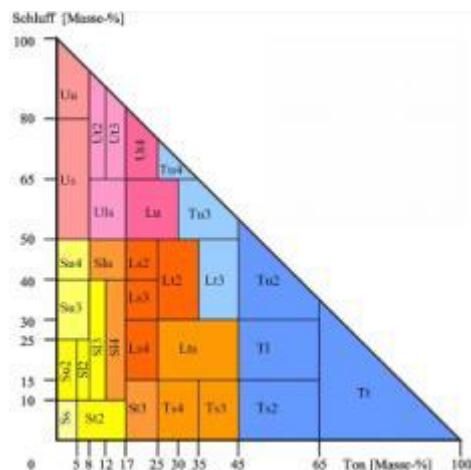


Abbildung 2: Diagramm zur Differenzierung von Bodenarten²

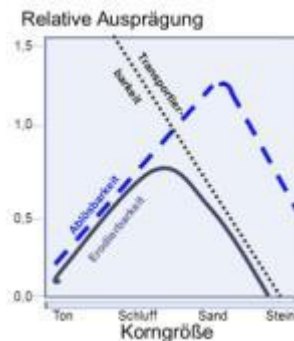


Abbildung 3: Ablösbarkeit in Abhängigkeit der Korngröße (nach Richter, G. 1998), verändert

Tabelle 9: Bodenarten und Einstufung der Ablösbarkeit nach Einschätzung der Autoren; 1=sehr gering, 5 = sehr hoch.

¹ Begriff nach KERN (2000), entspricht dem Begriff Entwicklungsfähigkeit dieser Studie

² aus: www.wikipedia.de

Bodenart	Ablösbarkeit	Bodenart	Ablösbarkeit
Ls2	4,00	Su2	5,00
Ls3	4,00	Su3	5,00
Ls4	4,00	Su4	5,00
Lt2	4,00	Tl	1,00
Lt3	1,00	Ts2	1,25
Lts	2,00	Ts3	1,50
Lu	3,00	Ts4	1,75
mS	-	Tt	1,00
mSfs	-	Tu2	1,50
mSgs	-	Tu3	1,25
Sl2	5,00	Tu3	1,25
Sl3	4,75	Tu4	1,00
Sl4	4,50	Uls	3,25
Slu	4,50	Us	3,50
Se	5,00	Ut2	3,50
St2	5,00	Ut3	3,25
St3	4,00	Ut4	3,00
		Uu	3,00

2. Schritt

Im zweiten Schritt wird der Grobbodenanteil am Oberboden berücksichtigt. Das im ersten Schritt erzielte Ergebnis wird in Analogie mit dem DIN-Verfahren der Ermittlung der Bodenerosion mit dem Ks-Faktor multipliziert (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Zuordnung des Grobbodenanteils zum Bodenerodierbarkeitsfaktor K (K Faktor, Quelle: DIN 19708) (Ks: Grobbodenabhängiger Anteil des K-Faktors).

Grobbodenanteil des Oberbodens		Grobdodenbedeckung Flächenanteil in %	Ks
Volumenanteil in %	Kurzzeichen		
< 2	x1, g1, gr1	< 2	1,00
2 bis < 10	x2, g2, gr2	2 bis < 10	0,87
10 bis < 25	x3, g3, gr3	10 bis < 25	0,64
25 bis > 50	x4, g4, gr4	25 bis > 50	0,39
50 bis < 75	x5, g5, gr5	50 bis < 75	0,19
>= 75	X, G, Gr	>= 75	0,10

3. Schritt

Nachfolgend wird die „Ablösbarkeit“ im Bereich der Gewässersohle nach Tabelle 11 bewertet. Die Ablösbarkeit fließt mit einem Drittel in die Berechnung der Uferbeschaffenheit ein.

Tabelle 11: Ablösbarkeit der Substrattypen nach Einschätzung der Autoren; 1=sehr gering, 5 = sehr hoch

Code GESIS Substrat	Ablösbarkeit
Schlick, Schlamm , natürlich	
Ton, Lehm	1
Sand	5
Kies und Schotter , natürlich	4
Schotter , natürlich	3
Schotter und Steine , natürlich	3
Blöcke, Schotter und Steine , natürlich	2
reines Blockwerk , natürlich	1
anstehender Fels , natürlich	1

4. Schritt

Im letzten Schritt wird anhand des Durchwurzelungsgrades (Prozentanteil des „Uferbewuchs“) in Anlehnung an CHARRIER (2011) die Ablösbarkeit des Ober- oder Unterbodens bewertet (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Klassifizierung der Ablösbarkeit des Ober- oder Unterbodens über Durchwurzelungsgrad (Prozentanteil des „Uferbewuchs“).

Uferbewuchs	
Bewertung GESIS-Daten „Funktionaler Ansatz“	Malusvergabe
1 bis 2	30 Prozentpunkte
3	20 Prozentpunkte
4	10 Prozentpunkte
5 bis 7	Kein Malus

Klassifizierung

Die Klassifizierung der Ufererodierbarkeit erfolgt in fünf Klassen.

Tabelle 13: Klassifizierung der Ufererodierbarkeit.

Ufererodierbarkeit	4,2 - 5	3,4 – <4,2	2,6 – <3,4	1,8 – <2,6	1 – <1,8
Indexwerte	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr hoch	hoch	mäßig	niedrig	sehr niedrig

Geschiebeführung

Parameterauswahl

Die Geschiebeführung kann wie in KERN (2000) und HILLENBRAND ET AL. (2001) diskutiert über folgende vier Einzelparameter beschrieben werden.

Tabelle 14: Parameter zur Bewertung der Geschiebeführung.

	Geschiebeführung (ÜP)	
Einzelparameter (EP)	Datengrundlage Hessen	Bemerkung
Geschiebeart	nur indirekt verfügbar über GESIS-Daten „Art und Verteilung der Sohlensubstrate“	Ist ggf. sehr indirekt über Verfahren nach KERN (2000) ableitbar oder über die Auswertung der Sohlensubstrate nach Funktionaler Einheit GESIS
Breitenvarianz	verfügbar über GESIS-Daten	
Längsbänke	verfügbar über GESIS-Daten	In GESIS ist lediglich die Anzahl, aber keine Dimension der Längsbänke angegeben; die Kartiererergebnisse sind außerdem abhängig vom Wasserstand
Bes. Laufstrukturen	verfügbar über GESIS-Daten	

Aufgrund der vorhandenen Datenlage ist eine direkte Ableitung dieser Einflussgröße nur eingeschränkt möglich. Die Geschiebeführung wird über die Wirkung der Einzelparameter nach Tabelle 14 auf die Transportleistung eines Gewässers (Erosions- und Akkumulationsprozesse) abgeschätzt. Die Parameterauswahl basiert auf einem Einteilungsverfahren nach SCHERLE (1999) und HILLENBRANDT & LIEBERT (2001), deren Klassifikation tabellarisch in der Anlage (Verweis Anlage 4, Seite 86) dargestellt ist. Die Autoren weisen explizit auf die gewässerentwicklungssteuernde Wirkung der Parameter „Längsbänke“ und „Besondere Laufstrukturen“ hin. Darüber hinaus gingen die Ergebnisse der Modellentwicklung des Feststoffhaushaltes des Gewässersystems Nahe/Rheinland-Pfalz in die Berechnung ein (vgl. KUBINIOK ET AL. 2012). Die Transportleistung als bestimmende Einflussgröße der Geschiebeführung wurde dabei über multivariat-statistische Auswertungen simuliert. Durch Regressions- und Faktorenanalysen wurden Abhängigkeiten zwischen „relativer Abflussdynamik“, „Strömungsleistung“ einerseits und der Parametergruppe „Sohlenstruktur“ (Hauptparameter 4 nach Strukturgüte) und dem Einzelparameter „Breitenvarianz“ andererseits nachgewiesen. Der Einzelparameter „Breitenvarianz“ besitzt erhebliche Auswirkungen auf die breitenspezifische Strömungsleistung und den Geschiebetransport; insbesondere der Wechsel von Laufverengung und Laufweitung verstärkt die Erosionskraft.

Klassifizierung

Die Klassifizierung der Geschiebeführung erfolgt in fünf Klassen, wobei eine Umrechnung der GESIS-Wertstufen nach Mittelwertbildung der in Tabelle 14 aufgeführten Parameter nach Tabelle 19 erfolgte.

Tabelle 15: Klassifizierung der Geschiebeführung.

Geschiebeführung	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Indexwerte	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr hoch	hoch	mäßig	niedrig	sehr niedrig

Die Berechnung der Entwicklungsfreudigkeit

Bei der Berechnung der Entwicklungsfreudigkeit wird der besonderen Stellung der breitenspezifischen Strömungsleistung als bestimmender Faktor der Entwicklungsfähigkeit Rechnung getragen. Im Vergleich zu den anderen übergeordneten Parametern wird die Gewichtung dieser Größe verdoppelt.

Tabelle 16: Einflussgrößen und deren Gewichtung zur Berechnung der Entwicklungsfreudigkeit.

Entwicklungsfreudigkeit	
Übergeordneter Parameter (ÜP)	Gewichtung
Abflusssdynamik ³	20%
Strömungsleistung ²	40%
Ufererodierbarkeit ²	20%
Geschiebeführung	20%

Die Berechnung der Entwicklungsfreudigkeit erfolgt auf Basis folgender Gleichung

$$EF = (0,2 \cdot AD + 0,4 \cdot SL + 0,2 \cdot UE + 0,2 \cdot GF) / 4, \text{ wobei}$$

EF = Entwicklungsfreudigkeit
 AD = Abflusssdynamik
 SL = Strömungsleistung
 UE = Ufererodierbarkeit
 GF = Geschiebeführung

³ Die Indexwerte der übergeordneten Parameter „Abflusssdynamik“, „Strömungsleistung“ und „Ufererodierbarkeit“ werden durch eine Umkehrregression rechnerisch angepasst

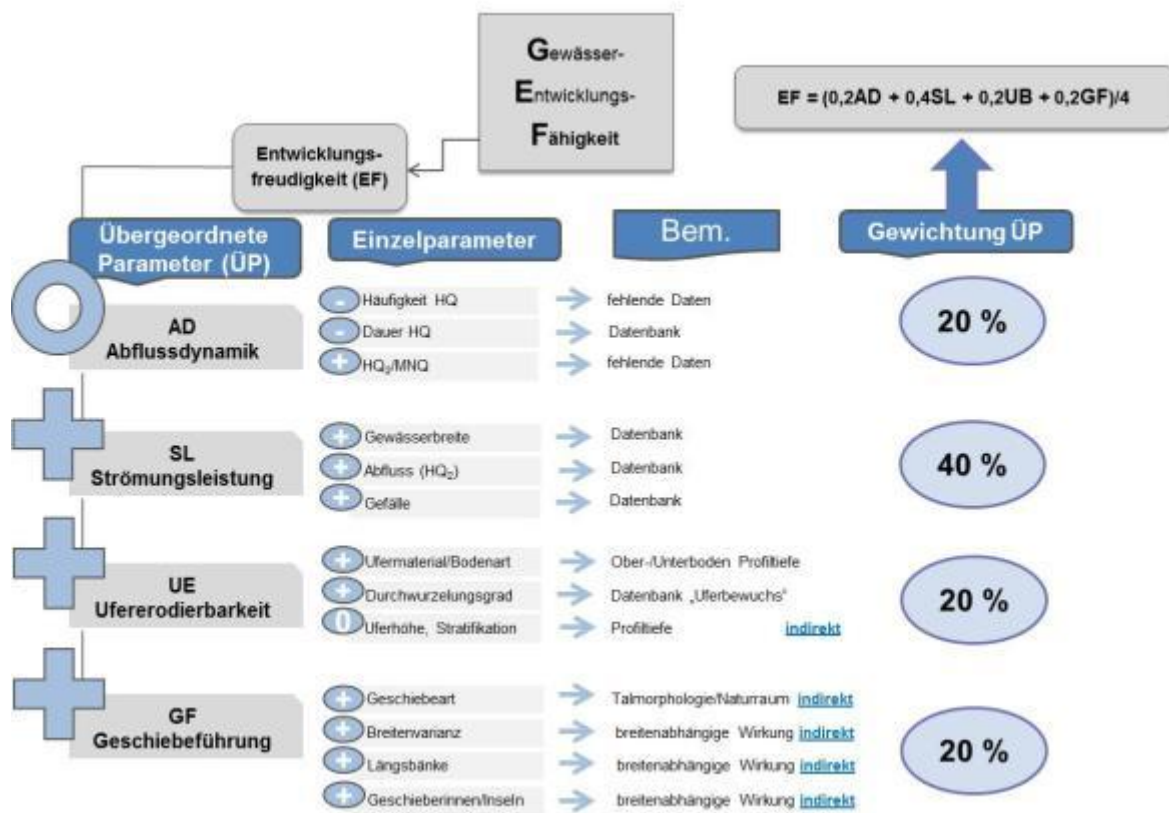


Abbildung 4: Ermittlung der Entwicklungsfreudigkeit unter Berücksichtigung der vorhandenen Datengrundlagen in Hessen (- = ungenügende oder stark verallgemeinernde Datengrundlage, 0 = Datengrundlage mit Defiziten, + = gute Datengrundlage).

Klassifizierung

Die Entwicklungsfreudigkeit wird wie folgt in 5 Klassen eingestuft:

Tabelle 17: Einstufung der Entwicklungsfreudigkeit.

Entwicklungsfreudigkeit (Indexwerte)	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr hoch	hoch	mäßig	niedrig	sehr niedrig

3.2.3 Entwicklungspotenzial

Vorbemerkungen

Das Entwicklungspotential (EP) beschreibt die aktuell vorhandenen Möglichkeiten des Gewässers, sich in Abhängigkeit zur anthropogenen Restriktionswirkung naturgemäß zu entwickeln (vgl. KERN 2000, LÖFFLER ET AL. 2006).

Als relevante Faktoren gelten nach Ansicht vorgenannter Autoren Beschränkungen des naturnahen Krümmungsverhaltens, Ausbaugrad, Flächenverfügbarkeit im Gewässerumfeld, Ufergehölzbestand, lateraleserosive Prozesse, Profiltiefe/Sohlerosion und die lineare Durchgängigkeit (biologischer Bezug). Diese Faktoren werden in der vorliegenden Methode abgewandelt zu den folgenden vier Einflussgrößen (übergeordnete Parameter) zusammengefasst (vgl. Abbildung 6, Seite 39).

- der Regenerationswiderstand, welcher durch die Beweglichkeit, Profilform sowie Ufer- und Sohlenverbau) beschrieben wird.
- die Flächenverfügbarkeit, welche die Umfeldnutzung im Gewässerrandbereich bzw. Unterhaltungsmaßnahmen bewertet.
- die lineare Restriktion, welche den Einfluss von Querverbauungen, Verrohrungen und Stillgewässern auf Rückstaueffekte sowie die Geschiebedurchgängigkeit beschreiben.
- die Prozessdynamik, welche das Wirkungsgefüge von Begradigung bzw. Laufkrümmung, Breitenentwicklung, Profiltiefe, Uferbewuchs sowie Lateralerosion und Abflussänderungen betrachtet.

Der Wert dieser vier Einflussgrößen ergibt sich aus der differenzierten Betrachtung einzelner morphologischer Kenngrößen (sog. Einzelparameter), die in einem besonderen Maße einschränkende Wirkungen für die Entwicklung eines Fließgewässers indizieren. Der Regenerationswiderstand, die Flächenverfügbarkeit und die lineare Restriktion stellen dabei die Haupteinflussgrößen der Restriktionswirkung dar, während die Ermittlung der Prozessdynamik als „aktuell eigendynamischer“ Entwicklungsschritt eines Fließgewässers in die Bewertung eingeht. Welche Parameter zur Berechnung der Einflussgrößen genutzt werden und in welcher Intensität sie in die Berechnung einfließen, wird in den folgenden Kapiteln dargelegt.

Der Einfluss vorgenannter Einzelparameter variiert in Abhängigkeit zu Größe des Fließgewässers und seiner Lage, d.h. davon, ob das Gewässer in der freien Landschaft oder innerhalb einer Ortslage fließt (vgl. LÖFFLER ET AL. 2006). Während in der freien Landschaft die Gewässerentwicklung weitestgehend möglich ist, schränken in Ortslagen Hochwasserschutz sowie Siedlungsbebauung die freie Dynamik ein. Ebenso können bei großen Fließgewässern Nutzungsansprüche und auch Hochwasserschutzvorkehrungen die Entwicklungsmöglichkeiten begrenzen. Um diesen Unterschieden gerecht zu werden, wird das Entwicklungspotenzial differenziert für diese Fälle berechnet (vgl. Abbildung 5). Die Unterteilung in kleine, mittelgroße und große Gewässer wird dabei in Anlehnung an die biozönotischen Gewässertypen in Hessen vorgenommen. Die Einteilung erfolgt dadurch primär auf Grundlage der Abflussverhältnisse (Größe der Einzugsgebiete).

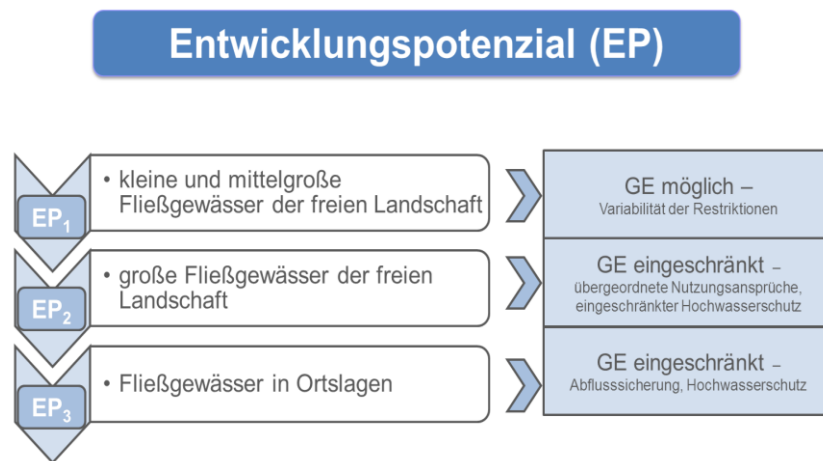


Abbildung 5: Entwicklungspotenzial nach Nutzungsanspruch und anthropogener Sicherheitsanforderung in Abhängigkeit zu Gewässerlage und Abfluss, GE = Gewässerentwicklung.

Der morphologische Gewässertyp klassifiziert potenziell natürliche Formen der Laufentwicklung (gestreckt – verzweigt – gewunden); zudem liefert die Typologie wichtige Informationen zu Erosions- und Akkumulationsvorgängen und ist somit von grundlegender Bedeutung für die Entwicklungsfähigkeit eines Gewässers (vgl. KERN 2000, LÖFFLER ET AL. 2006). Für die hessischen Gewässer ist diese Information zu undifferenziert vorhanden, so dass dieser Parameter bei keiner der Einflussgrößen hinreichend berücksichtigt werden kann⁴.

Datengrundlage

Die Bewertung des Entwicklungspotenzials basiert primär auf der Erfassung der Gewässerstrukturgüteparameter des GESIS-Datenbestands (Parameter zur Bewertung des Regenerationswiderstandes, Flächenverfügbarkeit über Gewässerrandstreifen, lineare Restriktionen als „Länge der Verrohrung“ sowie der Prozessdynamik). Die Beeinträchtigung anthropogener Nutzungen im Gewässerumfeld wird ergänzend zur Auswertung der GESIS-Daten auf Basis des aktuellen ATKIS-Datenbestandes ermittelt.

Die Beurteilung der linearen Restriktionswirkung von Querbauwerken wird durch die Auswertung der Wanderhindernis-Datenbank (Datenerhebung 2007/08) ergänzt. In der Wanderhindernis-Datenbank des Landes Hessen sind alle Bauwerke (Abstürze, Sohlgleiten, Sohleschwellen, Rampen, Wehre, Verrohrungen, Durchlässe, Teiche im Hauptschluss) an den hessischen Gewässern⁵ erfasst und neben vielen weiteren Informationen wie Bauart, Zustand, Umfeld sind auch die Durchwanderbarkeit für Fische und Makrozoobenthos sowie die Substratdurchgängigkeit bewertet. Die Datenbank liefert darüber hinaus wichtige Informationen zum Geschieberückhalt.

⁴ Bei der Erfassung der morphologischen Taltypen in Hessen wurde keine Unterscheidung zwischen Auen- und Muldentälern sowie zwischen Kerb- und Sohlenkerbtalgewässern vorgenommen. Sohlenkerbtäler sind daher bisweilen als Muldentäler gekennzeichnet.

⁵ In erster Linie sind die Wanderhindernisse an den WRRL-pflichtigen Gewässern erfasst worden. In einem zweiten Schritt wurden auch in Absprache mit dem Auftraggeber kleinere Nebengewässer kartiert, wenn sie fischbiologisch oder gewässerökologisch von besonderem Interesse waren.

Zudem erfolgt bei der Bewertung der Prozessdynamik naturnaher Fließgewässer eine Inwertsetzung anthropogen bedingter Veränderung des Abflussverhaltens durch Abgleich des potentiell-natürlichen Hochwasserabflusses mit der anthropogen veränderten Hochwassersituation.

Folgende Strukturparameter des LAWA Vor-Ort-Verfahrens (vgl. auch Tabelle 3) gehen direkt in die Bewertung der übergeordneten Parameter ein:

Tabelle 18: GESIS-Datenbasis zur Bewertung des Entwicklungspotenzials.

Datengrundlage			
Einzelparameter (EP)	Datenherkunft	Bemerkung	Verwendung
Beweglichkeit	GESIS „Funktionale Einheit“	Die Beweglichkeit wird als Kombinationsparameter erfasst aus Krümmungserosion, Uferverbau und Profiltiefe sowie der Gerinnefixierung durch Ufergehölze	Berechnung der Einflussgröße Regenerationswiderstand
Profilform	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Regenerationswiderstand
Uferaus- bzw. -verbau	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Regenerationswiderstand
Sohlenverbau	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Regenerationswiderstand
Uferstreifen	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Flächenverfügbarkeit
Querbauwerke	„Wanderhinder- nisdatenbank“	Aspekt „Rückstau“ und „Geschieberückhalt“	Berechnung der Einflussgröße lineare Restriktion
Verrohrung	„Wanderhinder- nisdatenbank“, GESIS „Indexsystem“	Aspekt „Rückstau“ und „Geschieberückhalt“	Berechnung der Einflussgröße lineare Restriktion
Stillgewässer im Hauptschluss	„ATKIS- Datenbank“	Aspekt „Rückstau“ und „Geschieberückhalt“	Berechnung der Einflussgröße lineare Restriktion
Krümmung	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Prozessdynamik

Tabelle Fortsetzung

Breitenentwicklung	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Prozessdynamik
Mittlere Profiltiefe	GESIS „Funktionale Einheit“	Übernahme der Prozentklassen nach Transformation in fünfstufige Skala	Berechnung der Einflussgröße Prozessdynamik
Lateralerosion	GESIS „Indexsystem“	differenziert nach Krümmungs- und Breitenerosion	Berechnung der Einflussgröße Prozessdynamik
Uferbewuchs	GESIS „Funktionale Einheit“	Erfasst werden Gehölze und die standorttypische Vegetation in Prozentanteil des 100-Meter-Abschnitts	Berechnung der Einflussgröße Prozessdynamik

Da die GESIS-Daten nach LAWA siebenstufig bewertet sind, muss zur Verwendung der Daten eine Umrechnung in das geforderte fünfstufige Bewertungssystem erfolgen (vgl. folgende Tabelle).

Tabelle 19: Transformationstabelle LAWA-Wertzuordnung zur Parameterbewertung GEF-relevanter Parameter.

Transformationstabelle	
LAWA-Bewertung / GESIS-Daten	Bewertung GEF-relevanter Parameter
1 und 2	1
3	2
4	3
5	4
6 und 7	5

Regenerationswiderstand

Parameterauswahl und –gewichtung (vgl. Abbildung 6, Seite 39)

Der Regenerationswiderstand (RG) wird zum einen durch die vorhandene Beweglichkeit und Profilform des Fließgewässers berechnet (RG1). Zum anderen geht die Behinderung dieser Beweglichkeit durch Ufer- und Sohlenverbau (RG2) ein. Je nach Größe und Lage (innerorts / außerorts) des Gewässerabschnitts erfolgt dabei eine unterschiedlich starke Gewichtung der Einzelparameter oder die Parameterausprägung fließt als Malus in die Berechnung des Regenerationswiderstandes ein (vgl. Tabelle 20). Die Parametergewichtung wird durch Expertenwissen und Literaturstudium festgelegt und im Gelände anhand konkreter Beispiele plausibilisiert.

Tabelle 20: Parametergewichtung zur Berechnung des Regenerationswiderstands.

Regenerationswiderstand		
Einzelparameter (EP)	Gewichtung	Bemerkung
Beweglichkeit (= Krümmungserosion, Uferverbau und Profiltiefe)	50% bei großen Gewässern in der freien Landschaft 25% bei kleinen bis mittelgroßen Gewässern in der freien Landschaft 0% in Ortslagen	
Profilform	0% bei großen Gewässern in der freien Landschaft 25% bei kleinen bis mittelgroßen Gewässern in der freien Landschaft 50% in Ortslagen	
Uferverbau	50%, unabhängig von Lage und Gewässergröße	
Sohlenverbau	Malus (vgl. Tabelle 21)	Der Malus fließt nur in den errechneten Regenerationswiderstandswert des Uferverbaus ein

Sohlenverbau wirkt bei Fließgewässern mit Neigung zu Eintiefung nicht direkt negativ auf die Gewässerentwicklungsfähigkeit, da die Erosionskräfte dadurch in die Lateralbereiche verlagert werden. Aus diesem Grunde geht der Parameter in abgeschwächter Form in die Bewertung des Regenerationswiderstandes ein. Vorhandener Sohlenverbau wird als Malus von maximal 30 Prozentpunkten auf die Bewertung des Uferverbaus angerechnet.

Tabelle 21: Malusgewichtung des Sohlenverbaus .

Sohlenausbau (als Malus am Uferverbau)	
Bewertung GESIS-Daten „Funktionaler Ansatz“	Malusvergabe
1 bis 2	Kein Malus
3	10 Prozentpunkte
4	20 Prozentpunkte
5 bis 7	30 Prozentpunkte

Tabelle 22: Einstufung des Regenerationswiderstandes.

Regenerationswiderstand (Indexwerte)	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht

Flächenverfügbarkeit

Parameterauswahl und –gewichtung (vgl. Abbildung 6, Seite 39)

Die Flächenverfügbarkeit findet primär durch die Bewertung des Gewässerrandstreifens Eingang in die Konzeption, vorhandene Restriktionen im gesamten Gewässerumfeld (Bezug ATKIS-Flächenlayer) bewirken als Malus eine Verminderung des Wertes. Die Umfeldvernetzung der Fließgewässer mit der Talau in der freien Landschaft führt hingegen als Bonusfaktor zu einer Aufwertung.

Tabelle 23: Parametergewichtung zur Berechnung der Flächenverfügbarkeit.

	Flächenverfügbarkeit	
Einzelparameter (EP)	Gewichtung	Bemerkung
Bewertung des Uferstreifens	100%	Bezug: Nutzung und Unterhaltung nach „ Funktionalem Ansatz “, GIS
Bewertung vorhandener Restriktionen im Gewässerumfeld	Malus (vgl. Tabelle 25) Bezug Nutzung	Einstufung von Restriktionen (Gebäude, Freizeitanlagen und Verkehr) über ihre Entfernung zum Gewässer (vgl. Tabelle 25)
Bewertung der Umfeldvernetzung	Bonus (vgl. Tabelle 26) Bezug Nutzung	Erfolgt nur für Gewässer der freien Landschaft Einstufung über amtlich ausgewiesene Überschwemmungsgebiete

Bewertung der vorhandenen Restriktionen (Gebäude, Freizeitanlagen und Verkehr)

Folgende Parameter werden außerhalb der Ortslagen auf Entfernung zu Gewässern geprüft:

Tabelle 24: zu prüfende Restriktionen nach ATKIS-Objektkatalog.

ATKIS-Obj.	Kartenkatalog Basis DLM (OK-25) Star	15.03.2003		
2000 Siedlung	2100 Baulich geprägte Fläche		F	
		2102 Wohnplatz	P	
		2111 Wohnbaufläche	F	
		2112 Industrie und Gewerbefläche	F	
		2122 Deponie	F	
		2126 Kraftwerk	F	
		2129 Kläranlage, Klärwerk	F	
		2132 Gärtnerei	F	
		2133 Heizwerk	F	
		2134 Wasserwerk	F	
		2135 Abfallbehandlungsanlage	F	
		2200 Siedlungsfreiflächen	2201 Sportanlage	F
			2202 Freizeitanlage	F
	2211 Freilichttheater		F	
	2212 Freilichtmuseum		F	
	2213 Friedhof		F	
	2221 Stadion		F	
	2222 Sportplatz		F	
	2223 Schießstand		F	
	2224 Schwimmbad, Freibad		F	
	2225 Zoo		F	
	2227 Grünanlage		F	
	2228 Campingplatz		F	
2300 Bauwerke und sonstige Einrichtungen	2315 Gebäude	FP		
3000 Verkehr	3100 Straßenverkehr	3101 Straße	L	
		3102 Weg	L	
		3103 Platz	FP	
		3104 Straße (komplex)	K	
	3200 Schienenverkehr	3201 Schienenbahn	L	
		3204 Bahnkörper	FL	
		3205 Bahnstrecke	L	
	3300 Flugverkehr	3301 Flughafen	F	
		3302 Flugplatz, Landeplatz	FP	
		3303 Rollbahn	FL	
		3304 Vorfeld	F	
	3400 Schiffsverkehr	3401 Hafen	F	
		3402 Hafenbecken	F	
		3403 Schifffahrtslinie, Fährverkehr	L	
	3500 Anlagen und Bauwerke für Verkehr, Transport und Kommunikation	3501 Bahnhofsanlage	FP	
3502 Raststätte		F		
6000 Relief	6200 Besondere Geländeoberflächenformen	6201 Damm, Wall, Deich	FL	

Tabelle 25: Bewertung der Restriktionen im Gewässerumfeld.

	Entfernung restriktiver Flächen			
	Malus Bezug Nutzung und Unterhaltung			
kleine, mittlere und mittelgroße Gewässer	< 10m	10 - 20m	20 - 30m	
große Gewässer	< 20m	20 - 30m	30 - 50m	
Malus	30%	20%	10%	

Bewertung der Umfeldvernetzung

Die Umfeldvernetzung kann über verschiedene Wege in die Bewertung einfließen:

- Flächenausdehnung der Überschwemmungsbereiche; d.h. je nach der Flächenausdehnung des Überschwemmungsgebietes kann die Umfeldvernetzung unterschiedlich stark in die Berechnung der Flächenverfügbarkeit einfließen. Jedoch könnten bei diesem konzeptionellen Ansatz Besonderheiten der Talmorphologie, die den Überflutungsbereich natürlicherweise einengen, aufgrund fehlender Datengrundlage nicht entsprechend berücksichtigt werden.
- Ja-Nein-Kriterium; d.h. wenn ein Überschwemmungsgebiet gleich welcher Breite / Größe vorhanden ist, wird der Wert der Flächenverfügbarkeit aufgewertet, ansonsten bleibt er gleich. Dadurch wird ein morphologisch begrenzter (Bsp.: verengtes Tal) Überschwemmungsbereich nicht geringer gewertet als ein Überschwemmungsbereich in einer breiten Aue.

Tabelle 26: Möglichkeiten zur Bewertung der Umfeldvernetzung.

Bezug: Fließgewässer der freien Landschaft	Ausdehnung Überschwemmungsgebiete			Ja - Nein-Kriterium
	Bonus Bezug Nutzung und Unterhaltung			
Kleine, mittlere und mittelgroße Gewässer	< 10m	10 - 20m	20 - 30m	ja
große Gewässer	< 20	20 - 30m	30 - 50m	ja
Bonus	10%	20%	30%	20%

In hiesiger Konzeption wird zur Bewertung der Umfeldvernetzung das Vorgehen nach dem „Ja-Nein-Kriterium“ gewählt.

Tabelle 27: Einstufung der Flächenverfügbarkeit.

Flächenverfügbarkeit (Indexwerte)	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht

Lineare Restriktion

Durch die Einbeziehung der linearen Restriktion werden Entwicklungshemmnisse der Längsgliederung bewertet. Als lineare Restriktion gelten alle Querbauwerke, die in der Wanderhindernisdatabank erfasst sind, Verrohrungen, die sowohl in der Wanderhindernisdatabank als auch in den GESIS-Daten erfasst sind, sowie Stillgewässer im Hauptschluss. Die Stillgewässer werden dabei über den ATKIS-Datenbestand (Flächenlayer) erfasst.

Lineare Restriktionen wirken sich aufgrund von Rückstau sowie Einschränkung der Substratdurchgängigkeit negativ auf die morphologische Entwicklungsfähigkeit aus.

Im Gegensatz zu allen anderen Einzelparametern besitzt dieser übergeordnete Parameter bei streng morphologischer Betrachtungsweise der Gewässerentwicklungsfähigkeit eine vornehmlich punktuelle Bedeutung. Gewässeraufwärts lässt ihre Wirksamkeit langsam nach, d.h. der Einfluss des Rückstaubereichs und die damit verbundene Beeinträchtigung dynamischer Prozesse nehmen mit der Entfernung zur Querverbauung ab.

Die Durchwanderbarkeit für Fische wird bei der Berechnung dieser Einflussgröße nicht berücksichtigt, da es sich hier rein um das morphologische Entwicklungspotenzial handelt.

Parameterauswahl und –gewichtung (vgl. Abbildung 6, Seite 39)

Querbauwerke, Verrohrungen sowie Stillgewässer, die einen Geschieberückhalt⁶ im Gewässer induzieren, fließen durch einen Malus negativ in die bisher ermittelte Berechnung des Entwicklungspotentials aus Regenerationswiderstand und Flächenverfügbarkeit ein. Querbauwerke können dabei einerseits zu einem Rückstau im Gewässer führen und andererseits eine Beeinträchtigung der Geschiebedurchgängigkeit bewirken. Diese beiden Auswirkungen sind in der Wanderhindernisdatabank separat erfasst und werden bei der Bewertung der linearen Restriktion einzeln betrachtet. Bei Stillgewässern im Hauptschluss ist immer gleichzeitig ein Rückstauereffekt sowie ein Geschieberückhalt vorhanden. Stillgewässer im Nebenschluss können nicht berücksichtigt werden, da hierfür keine entsprechende Datengrundlage vorliegt.

⁶ Geschieberückhalt im eigentlichen Wortsinn existiert nur bei wenigen Querbauwerken (Bsp.: Bauwerk nicht quer zur Fließrichtung); oftmals findet lediglich eine Einschränkung der Geschiebedurchgängigkeit statt

Der Malus richtet sich in Abhängigkeit von der Gewässergröße bei Rückstau und Längsfixierung nach der Länge des Rückstaubereiches bzw. der Länge der Verrohrung (vgl. Tabelle 29). Vorhandener Geschieberückhalt durch Querverbauung dagegen wird ebenso wie vorhandene Stillgewässer unabhängig von der Größe des Gewässers berücksichtigt, d.h. hier bewirkt die alleinige Tatsache, dass ein Geschieberückhalt existiert, die Anrechnung eines Malus.

Wenn mehrere lineare Restriktionen in einem Abschnitt vorhanden sind, wird nur diejenige mit dem größten negativen Einfluss (höchster Malus) berücksichtigt. Das bedeutet, dass das bisher ermittelte Entwicklungspotenzial maximal um 30 Prozentpunkte vermindert werden kann.

Tabelle 28: Parameter zur Berechnung der Linearen Restriktion.

		Lineare Restriktion	
Einzelparameter (EP)		Gewichtung	Bemerkung
Querbauwerke		pessimale Bewertung (vgl. Tabelle 29)	Bewertung des Rückstaus und der Geschiebedurchgängigkeit
Verrohrung		pessimale Bewertung (vgl. Tabelle 29)	Bewertung der Länge der Längsfixierung
Stillgewässer im Hauptschluss		pessimale Bewertung (vgl. Tabelle 29)	Bewertung des Rückstaus / Geschieberückhalts

Tabelle 29: Einstufung der Malusabwertung bei Rückstau bzw. Längsfixierung durch Querverbau und Längsfixierung durch Verrohrung sowie Geschieberückhalt durch Querverbau und Stillgewässer.

Malusabwertung bei Rückstau und Längsfixierung			
Rückstau und Längsfixierung durch Querverbau bei kleinen bis mittelgroßen Gewässern	< 15m	15 -50m	> 50m
Rückstau durch Querverbau bei großen Gewässern	15 - 50m	> 50m	bis zum nächsten Querbauwerk
Längsfixierung durch Verrohrung ⁷	< 5m	5 – 20m	> 20m
Geschiebehemmnis durch Querverbau			vorhanden
Rückstau/Geschieberückhalt durch Stillgewässer			vorhanden
Malus	10%	20%	30%

⁷ Verrohrungen sind i.d.R. nur bei kleinen bis mittelgroßen Gewässern vorhanden, so dass bei diesem Parameter keine Differenzierung nach Gewässergröße erfolgen muss.

Prozessdynamik

Unter dem übergeordneten Parameter Prozessdynamik werden entwicklungsrelevante Indikatoren eingeordnet, die rezente gewässerdynamische Prozesse in Kombination mit Strukturausprägungen (vgl. GESIS-Daten) bewerten.

Prozesse

- Lateralerosion (Krümmungs- und Breitenerosion)⁸
- Profileintiefung als „Mittlere Profiltiefe“
- anthropogene Beeinflussung des Abflussregimes

Strukturen

- Krümmung
- Breitenentwicklung
- Uferbewuchs

Parameterauswahl und –gewichtung (vgl. Abbildung 6, Seite 39)

Die Prozessdynamik wird in zwei Schritten erfasst:

- A Wirkungskomplex aus Krümmung, mittlerer Profiltiefe und Lateralerosion
- B Wirkungskomplex aus Breitenentwicklung, Uferbewuchs und Lateralerosion

A Bewertung der Laufkrümmung in Abhängigkeit von der Profiltiefe und vorhandener lateralerosiver Prozesse

Bei Fließgewässern mit weitgehend naturgemäßer Krümmung werden nach LAWA (1999) Tendenzen zur Krümmungserosion negativ bewertet; in diesen Bereichen geht man davon aus, dass eine übermäßige Lateralerosion als anthropogene Wirkung auf das Abflussverhalten anzusehen ist. In schwach- und ungekrümmten Bereichen dagegen dokumentiert vorhandene Krümmungserosion die Entwicklungsfähigkeit strukturell defizitärer Gewässerabschnitte. Dieser Bewertungsansatz nach LAWA (1999) wird mit der Inwertsetzung der Tiefenerosion kombiniert, um rezente eigendynamische Entwicklungstendenzen eines Fließgewässers explizit beurteilen zu können.

Die Gewässerübertiefung stellt eines der zentralen Probleme der Gewässerentwicklung dar. Insbesondere bei begradigten Gewässerstrecken bewirken Stoßbelastungen durch Siedlungswässer in Verbund mit Gerinneeinengung eine beschleunigte Eintiefung; die Tiefenerosion wirkt dadurch der Ausbildung struktureicher Fließgewässer entgegen. Aus diesem Grunde wird der anthropogen

⁸ Die Bewertung der Lateralerosion erfolgt nur für Auental-, Mäandertal-, Flachland-, Muldental- und Sohlenkerbtalgewässer, aber nicht für Kerbtalgewässer. Ebenfalls werden Bereiche mit einem Gefälle >40‰ nicht bewertet, da Fließgewässer gefällsbedingt Tendenzen zu ungekrümmter Laufentwicklung und Eintiefung bei entsprechend günstiger naturräumlicher Situation ausbilden können.

induzierte Prozess der Gewässereintiefung im Hinblick auf die Gewässerentwicklungsfähigkeit bei fehlender Krümmungs- und Breitenerosion negativ bewertet. Eingetiefte Gewässerabschnitte mit vorhandener Lateralerosion hingegen werden vergleichsweise positiv eingestuft.

Tabelle 30: Bewertung der Laufkrümmung in Abhängigkeit von Lateralerosion und Profiltiefe für Gewässer in der freien Landschaft.

Bewertung von Begradigung (Krümmungs- und/oder Breitenerosion) und Profiltiefe				
	gekrümmter Bereich Begradigung Funktionale Bewertung 1-3)		ungekrümmter Bereich Begradigung Funktionale Bewertung 4-7)	
	sehr tief oder tief	mäßig tief bis sehr flach	sehr tief oder tief	mäßig tief bis sehr flach
Profiltiefe				
Lateralerosion, stark	2	2	1	2
Lateralerosion, schwach	3	2	3	3
Lateralerosion, fehlend	4	1	5	4

B Bewertung der Breitenentwicklung in Abhängigkeit des Uferbewuchs und vorhandener lateralerosiver Prozesse

Die Breitenerosion wird bei einem naturnahen Tiefen-Breiten-Verhältnis negativ, bei übertieften Gewässern positiv bewertet. In beiden Fällen wird ein anthropogener Einfluss auf die Abflussmenge angenommen.

In anthropogen überformten Gewässern können ein- bis mehrreihige Ufergehölze lauffixierend wirken. Insbesondere bei Gerinneeingang unterbleibt eine naturgemäße Breitenentwicklung. Die Gewässer weisen deshalb nur eine geringe Struktur- und Nischendiversität auf.

Naturnahe Ausprägungsformen des Uferbewuchses werden dagegen sowohl in der freien Landschaft als auch in Siedlungsbereichen bei gekrümmter Laufentwicklung positiv beurteilt. In ungekrümmten Bereichen werden beidseitige durchgehende Gehölzsäume als Entwicklungshemmnis aufgefasst.

Tabelle 31: Bewertung der Breitenentwicklung in Abhängigkeit von Uferbewuchs und Lateralerosion.

Bewertung von Breitenentwicklung				
	Breitenentwicklung Funktionale Bewertung 1-3)		Breitenentwicklung Funktionale Bewertung 4-7)	
	Uferbewuchs Funktionale Bewertung 1-3	Uferbewuchs Funktionale Bewertung 4-7	Uferbewuchs Funktionale Bewertung 1-3	Uferbewuchs Funktionale Bewertung 4-7
Lateralerosion, stark	3	4	2	3
Lateralerosion, schwach	2	3	3	4
Lateralerosion, fehlend	1	2	4	5

Gesamtbewertung der Prozessdynamik

Der Wert der Prozessdynamik ergibt sich aus dem Mittelwert der berechneten Werte der Arbeitsschritte A und B.

Die Bewertung der Prozessdynamik wurde abschließend nach Ortskenntnis anhand konkreter Beispiele plausibilisiert. Dabei zeigte sich, dass lediglich in naturnahen Bereichen (ca. 5 % des Datensatzes) geringfügige Unschärfen entstehen; der Indexwert wurde hier zwischen 1,85 und 2,0 und demzufolge mit Wertstufe „2“ ermittelt, die erwartete Wertstufe „1“ oftmals nur knapp verfehlt. Demzufolge fokussiert der Bewertungsansatz der Prozessdynamik zu sehr die aktuelle Möglichkeit eines Gewässers, sich mit Hilfe seiner Eigendynamik unter den gegebenen Rahmenbedingungen in Richtung des „guten ökologischen Zustandes/Potenzials“ entwickeln zu können. Das Problem der Bewertung der naturnahen Dynamik wurde durch Einbeziehung eines ergänzenden Kriteriums gelöst. Insofern Naturnähe nach Gewässerstrukturgüte (Gesamtwert „1“) vorliegt, wird bei anthropogen unbeeinflusster Abflusssituation (realer Abfluss entspricht dem potenziell natürlichen) jede Ausprägungsform der Lateralerosion von „fehlend“ bis „stark“ als natürlich gewertet.

Tabelle 32: Einstufung der Prozessdynamik.

Prozessdynamik (Indexwerte)	1 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht

Gesamtbewertung des Entwicklungspotenzials

Das Bewertungsverfahren wird als hierarchisches System konzipiert (vgl. Abbildung 6, Seite 39)

Auswertungsebene 1

Die Auswertungsebene 1 ergibt sich aus dem Mittelwert der beiden Einflussgrößen *Regenerationswiderstand* und *Flächenverfügbarkeit*.

Der *Regenerationswiderstand* wird als Mittelwert der Parameter *Beweglichkeit* und *Profilform* einerseits sowie *Ufer-* und *Sohlenverbau* andererseits berechnet. Die Parameter *Beweglichkeit* und *Profilform* werden dabei in Abhängigkeit zur Lage (freie Landschaft und Ortslage) und Gewässergröße (klein – groß) unterschiedlich gewichtet. Vorhandener *Sohlenverbau* fließt als Malus mit einer Abwertung von max. 30% in die Bewertung des *Uferverbaus* ein.

Die *Flächenverfügbarkeit* wird in erster Linie über den Grad der „*Nutzung des Uferstreifens*“ beurteilt. Negativ auf die Bewertung wirken sich Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie Flächen sonstiger anthropogener Nutzung in der Nähe des Gewässers auf. In Abhängigkeit zur Entfernung zum Gewässer fließen sie mit einem Malus von max. 30 Prozentpunkten in die Bewertung ein.

Ausgewiesene Überschwemmungsbereiche im Gewässerumfeld dagegen verbessern als Bonus das Bewertungsergebnis um max. 30 Prozentpunkte.

Auswertungsebene 2

In der zweiten Auswertungsebene wird die *lineare Restriktion* bewertet. Das Vorhandensein einer *linearen Restriktion* bedeutet immer eine Verminderung des Entwicklungspotentials, so dass die *lineare Restriktion* als Maluskomponente in die Mittelwertberechnung aus *Regenerationswiderstand* und *Flächenverfügbarkeit* einfließt.

Die *lineare Restriktion* basiert dabei auf der pessimalen Bewertung (max. 30%) der betrachteten Einzelparameter *Querbauwerke*, *Verrohrung* und *Stillgewässer*.

Auswertungsebene 3

In der dritten Auswertungsebene wird der aus Regenerationsvermögen, Flächenverfügbarkeit und lineare Restriktion ermittelte Wert anhand der berechneten *Prozessdynamik* auf- oder abgewertet.

Der Wert der *Prozessdynamik* geht dabei aus dem arithmetischen Mittel der Bewertung *Begradigung* (gemäß Tabelle 30) und *Breitenentwicklung* (gemäß Tabelle 31) ein.

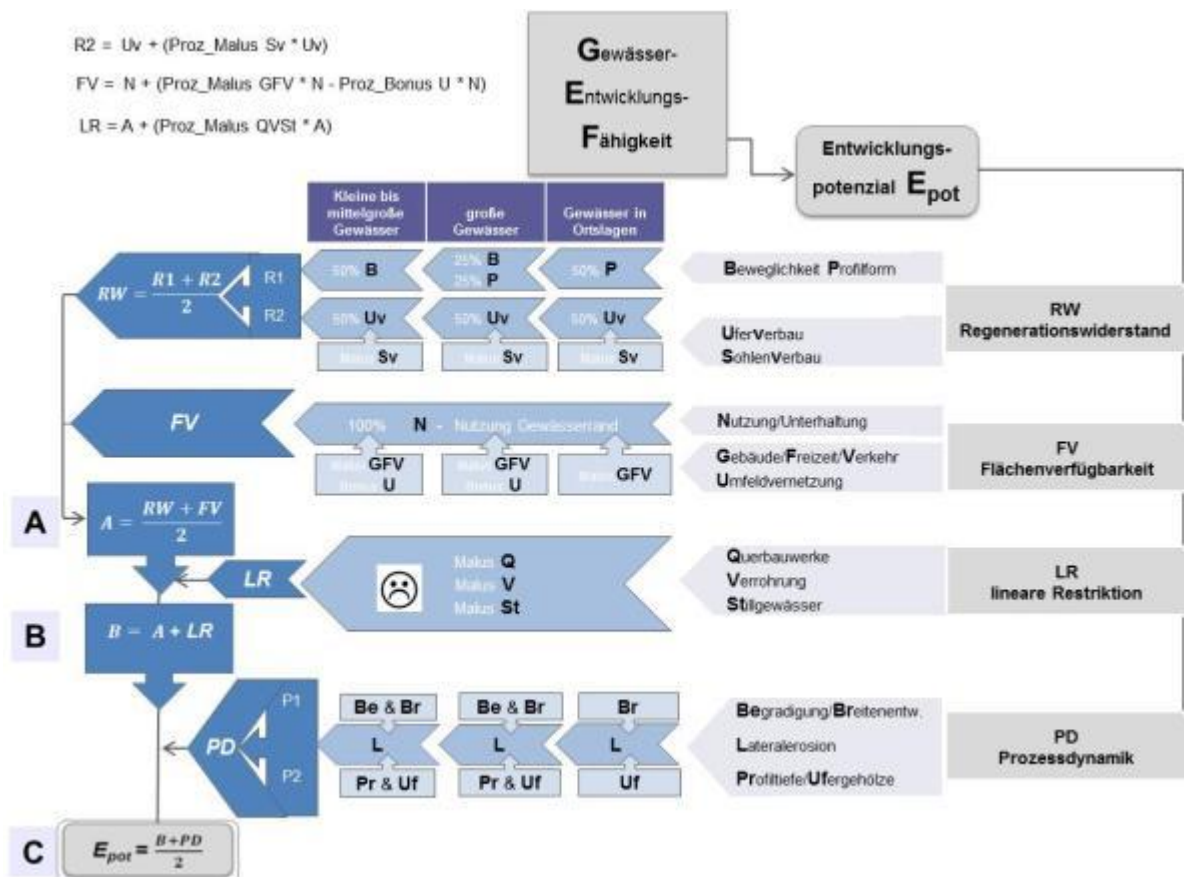


Abbildung 6: Bewertungsverfahren des morphologischen Entwicklungspotenzials. A= Auswertungsebene 1, B= Auswertungsebene 2, C= Auswertungsebene 3.

Tabelle 33: Klassifizierung des Entwicklungspotentials.

Entwicklungspotential	0 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	4,2 - 5
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht

3.2.4 Gesamtbewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit

Die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit ergibt sich aus dem Mittelwert von Entwicklungsfreudigkeit und Entwicklungspotenzial.

Tabelle 34: Klassifizierung der Gewässerentwicklungsfähigkeit.

Entwicklungsfähigkeit	0 – <1,8	1,8 – <2,6	2,6 – <3,4	3,4 – <4,2	>=4,2
Bewertungsklasse	1	2	3	4	5
Bezeichnung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht

4 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Ermittlung der Gewässerentwicklungsfähigkeit hessischer Fließgewässer auf der Ebene der übergeordneten Parameter und der zusammenführenden Bewertung tabellarisch und kartographisch zusammengestellt.

Entwicklungsfreudigkeit

Abbildung 8 verdeutlicht, dass vor allem die Taunuszuflüsse zum Rhein und zur Lahn sowie die Oberläufe im Vogelsberg und die Gewässer im Westerwald eine hohe **Abflussdynamik** besitzen. Von entscheidender Bedeutung ist neben der Höhenlage die Niederschlagsverteilung. So sind beispielsweise die Leelagen des Vogelsbergs im naturräumlichen Vergleich niederschlagsärmer.

Erwartungsgemäß ergeben sich für die **Strömungsleistung** hohe Einstufungen in den gefällestarken Gebieten des Vogelsbergs, des Taunus, des Westerwaldes und im Bereich des Hessisch-Fränkischen Berglandes (Abbildung 9). Wie Abbildung 10 zeigt finden sich positive Wertstufen der **Ufererodierbarkeit** in den „sandigen“ Bereichen des Odenwaldes und des Spessarts sowie im Rhein-Main-Tiefland. Der Taunus, der Westerwald und das Westhessische Bergland zeigen sich bei der Bewertung dieses Parameters reichhaltiger differenziert. Dabei wird eine deutliche Dominanz guter und mäßiger Wertstufen festgestellt. Die Bewertung der **Geschiebeführung** (Abbildung 11) erbringt insbesondere in Bereichen mit hohem Gefälle bei fehlender Restriktion bzw. fehlendem Nutzungsanspruch im Gewässerumfeld gute Ergebnisse. Über 50 % der Gewässerstrecken müssen jedoch den Wertstufen „gering“ bzw. „sehr gering“ zugeordnet werden.

Bei der Bewertung der **Entwicklungsfreudigkeit** dominieren „hohe“ (33%) und „mäßige“ (42%) Wertstufen (Abbildung 12). Vergleichsweise „abflussschwache“ Fließgewässer in Naturräumen mit hoher Reliefenergie und hoher Abflussdynamik zeigen „hohe“ Wertstufen.

Entwicklungspotenzial

Der in Abbildung 13 dargestellte **Regenerationswiderstand** dokumentiert ebenso wie der übergeordnete Parameter **Flächenverfügbarkeit** (Abbildung 14) eine hohe Korrelation mit anthropogenen Nutzungsansprüchen im Bereich des Gewässerumfeldes. 47% der Gewässerabschnitte werden in Hinblick auf Flächenverfügbarkeit mit der Wertstufe „5“ – „schlecht“ kategorisiert. Die **Prozessdynamik** hingegen kann insbesondere bei fehlender Flächenbeanspruchung mit guten Bewertungen eingestuft werden. Ca. 50% der Gewässerabschnitte fallen in die Kategorie „sehr gut“ bis „mäßig“ (Abbildung 15). Hinsichtlich der Bewertung des **Entwicklungspotenzials** verdeutlicht Abbildung 16 eine gleichmäßige Verteilung der einzelnen Wertstufen, wobei die Wertstufe „sehr gut“ prozentual die geringsten Anteile aufweist.

Gewässerentwicklungsfähigkeit (zusammenführende Bewertung)

Die Beurteilung der **Gewässerentwicklungsfähigkeit** zeigt bei der zusammenfassenden Bewertung eine deutliche Dominanz der Wertstufe „mäßig“ (39%); Bereiche mit den Einstufungen „sehr hoch“ und „hoch“ werden mit insgesamt 24% saldiert.

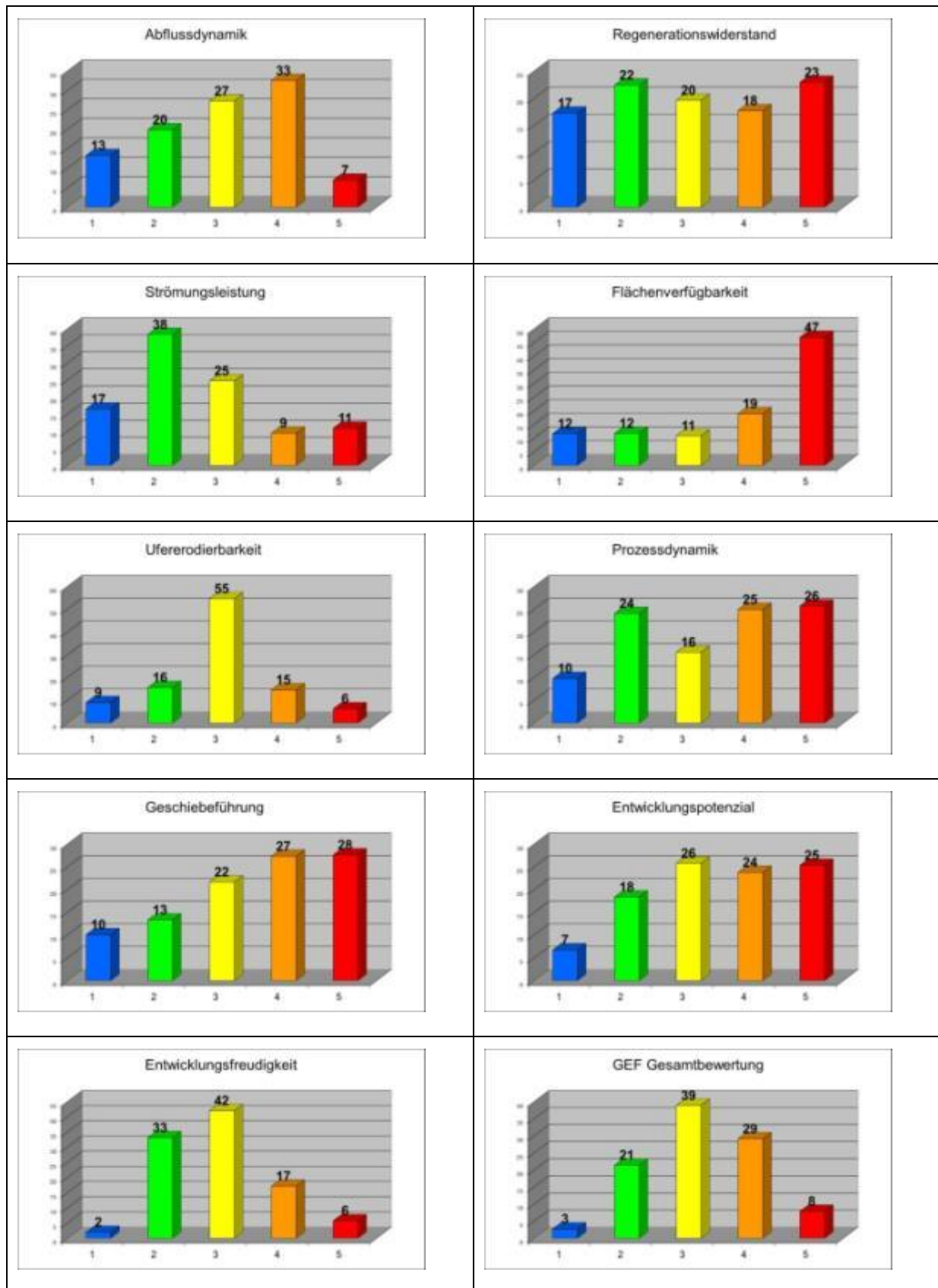


Abbildung 7: Prozentuale Anteile der Wertstufen der Parameter der Gewässerentwicklungsfähigkeit (Ordinate: %-Anteile, Abszisse: GEF-Wertstufe).

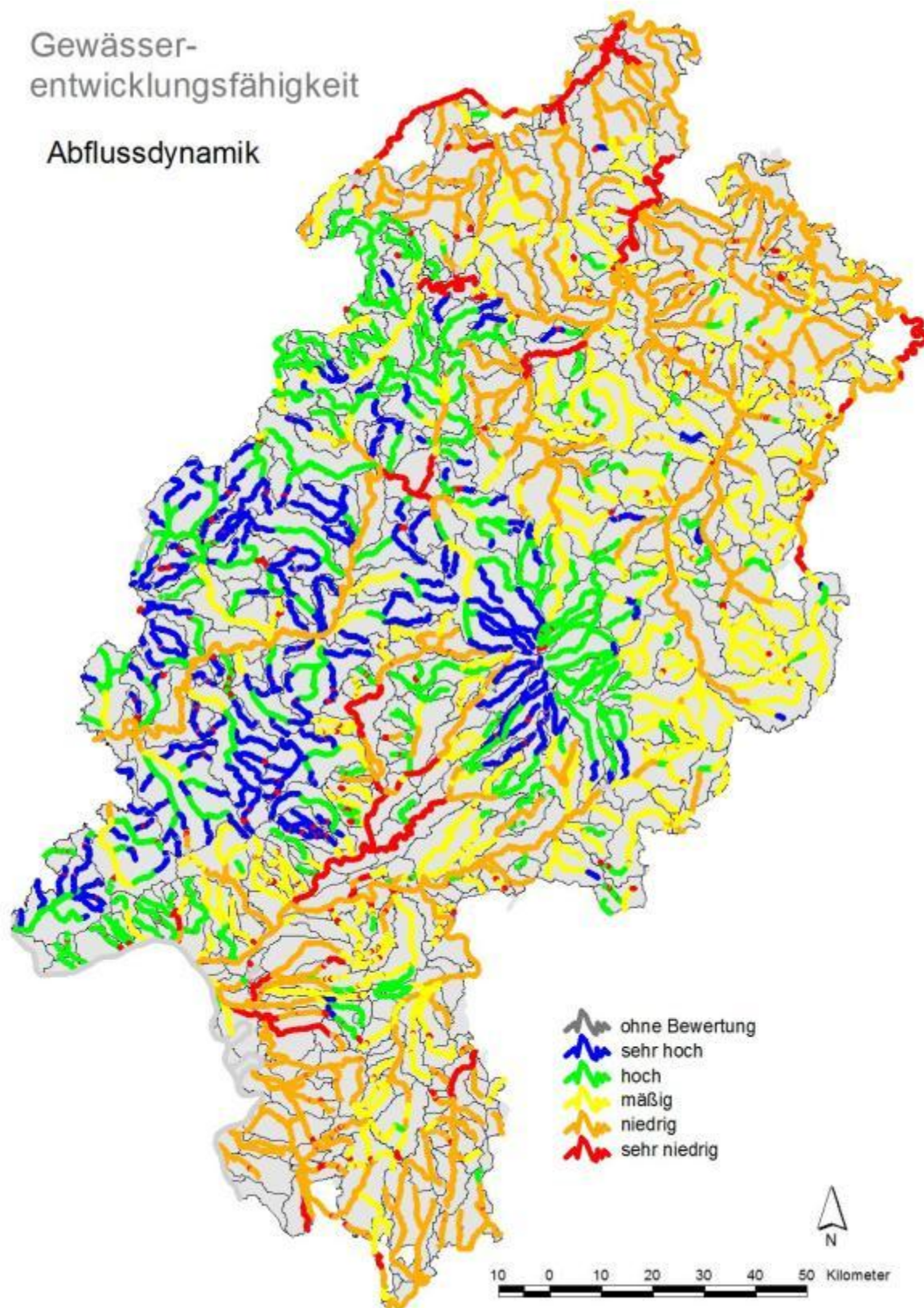


Abbildung 8: Bewertung der Abflusssdynamik hessischer Fließgewässer.

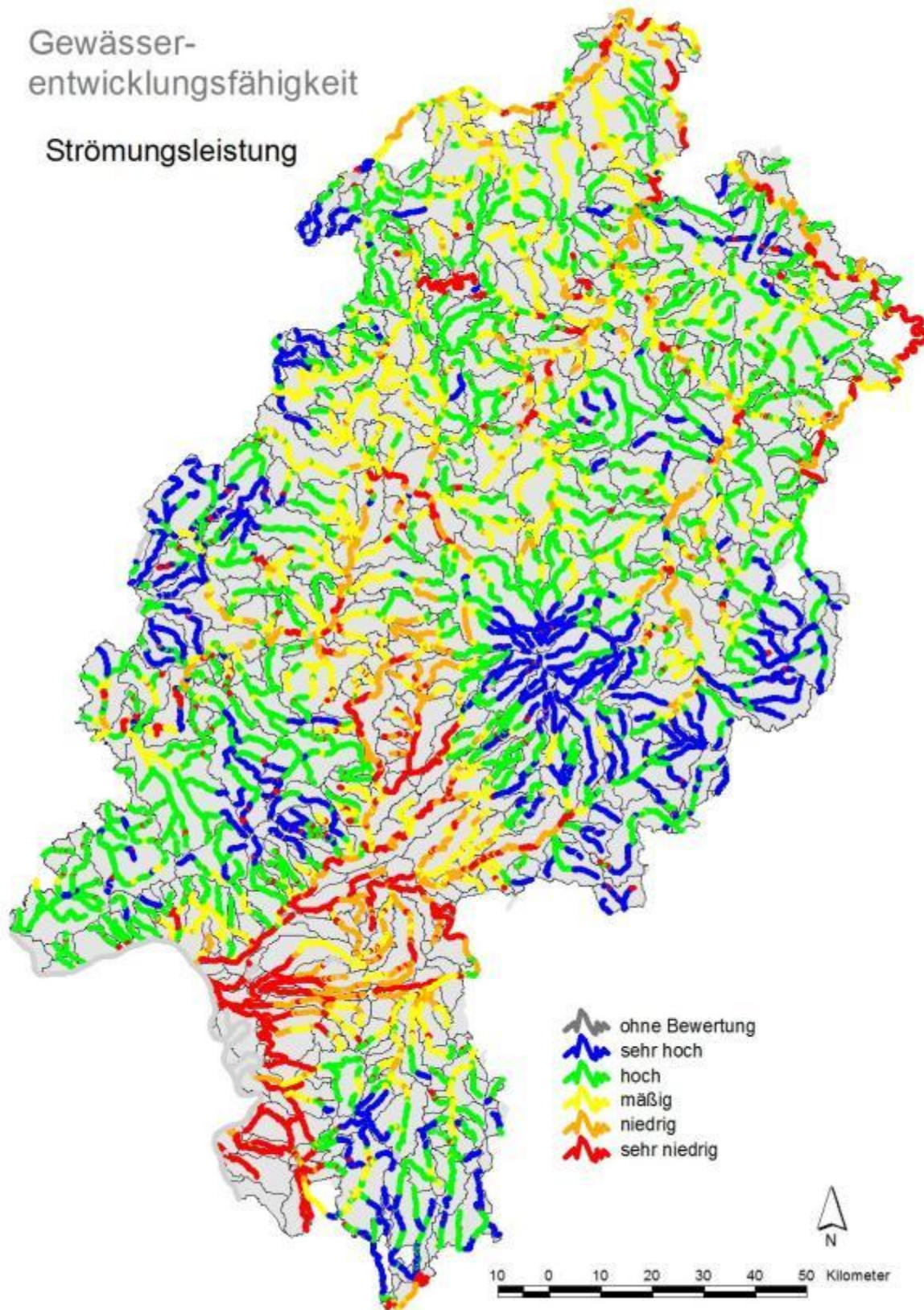


Abbildung 9: Bewertung der Strömungsleistung (W/m^2) hessischer Fließgewässer.

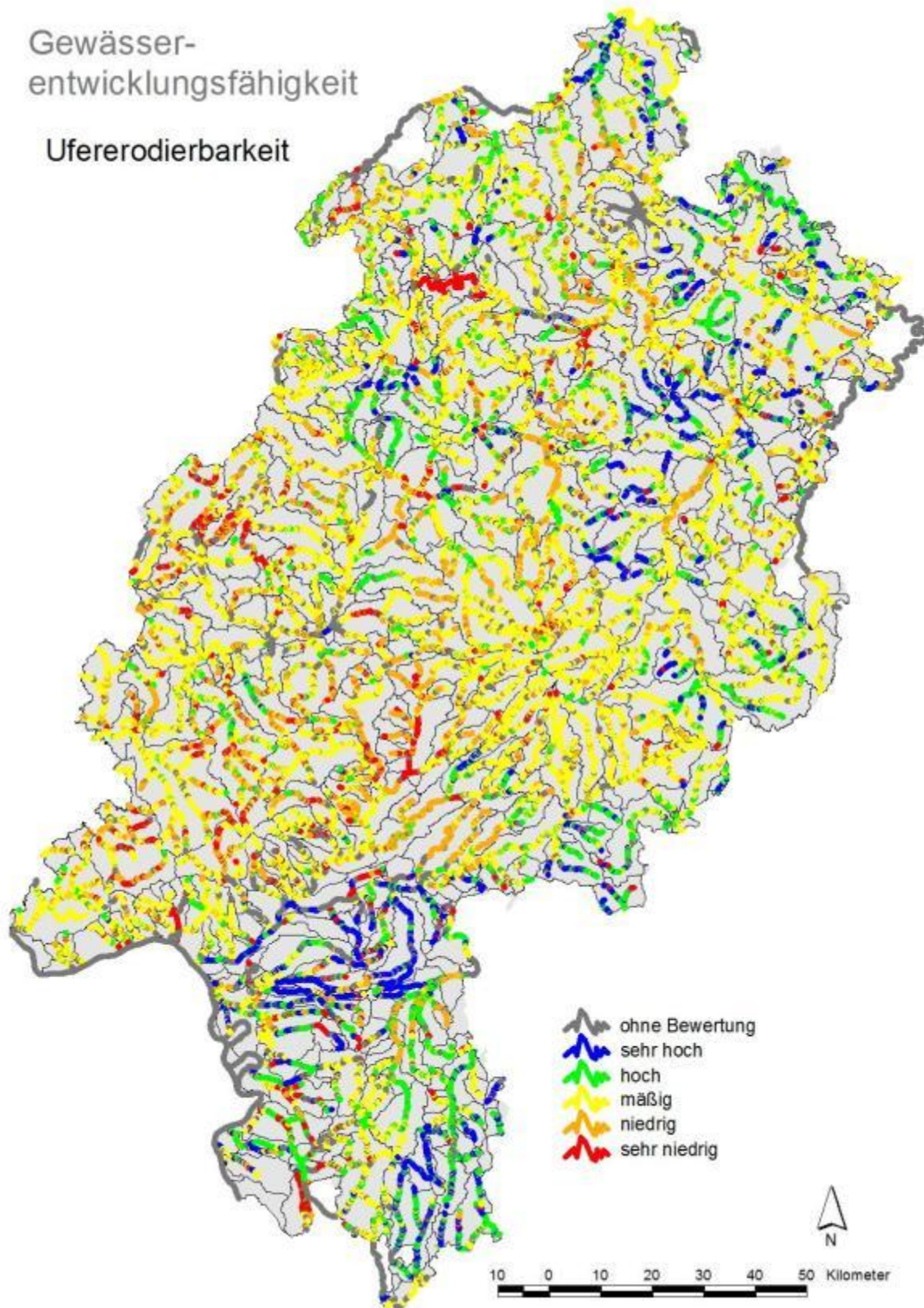


Abbildung 10: Bewertung der Ufererodierbarkeit hessischer Fließgewässer.

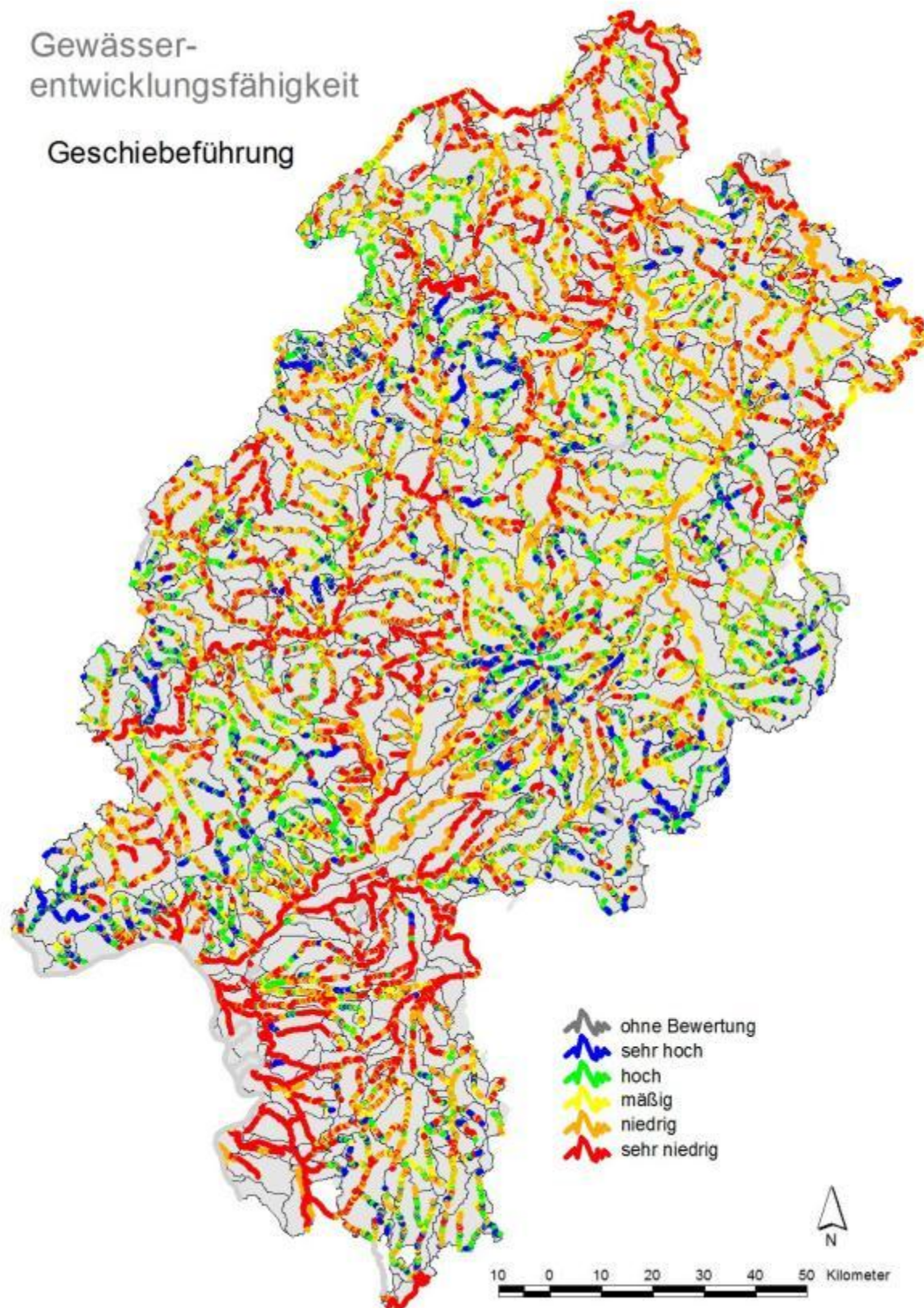


Abbildung 11: Bewertung der Geschiebeführung hessischer Fließgewässer.

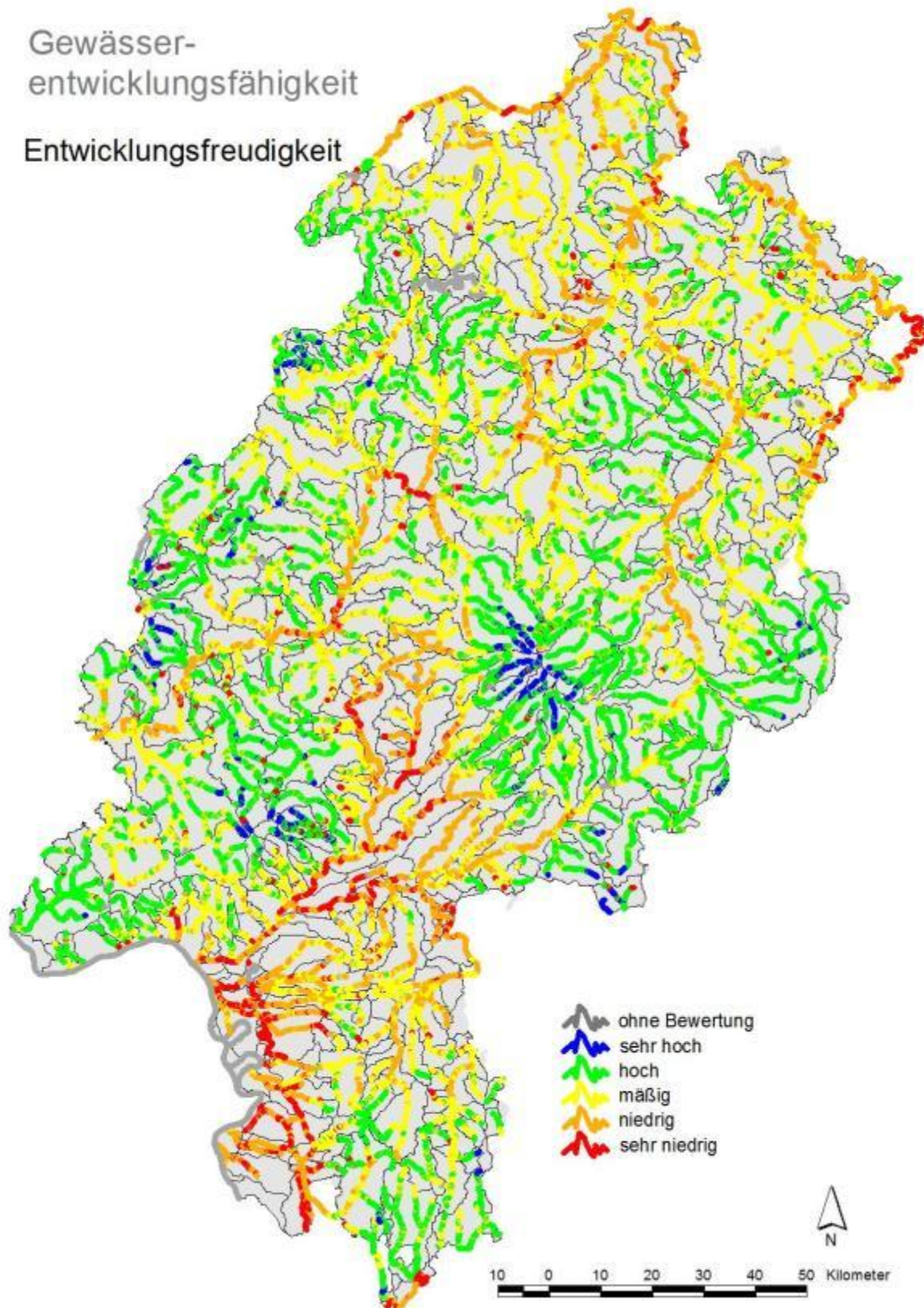


Abbildung 12: Bewertung der Entwicklungsfreudigkeit hessischer Fließgewässer.

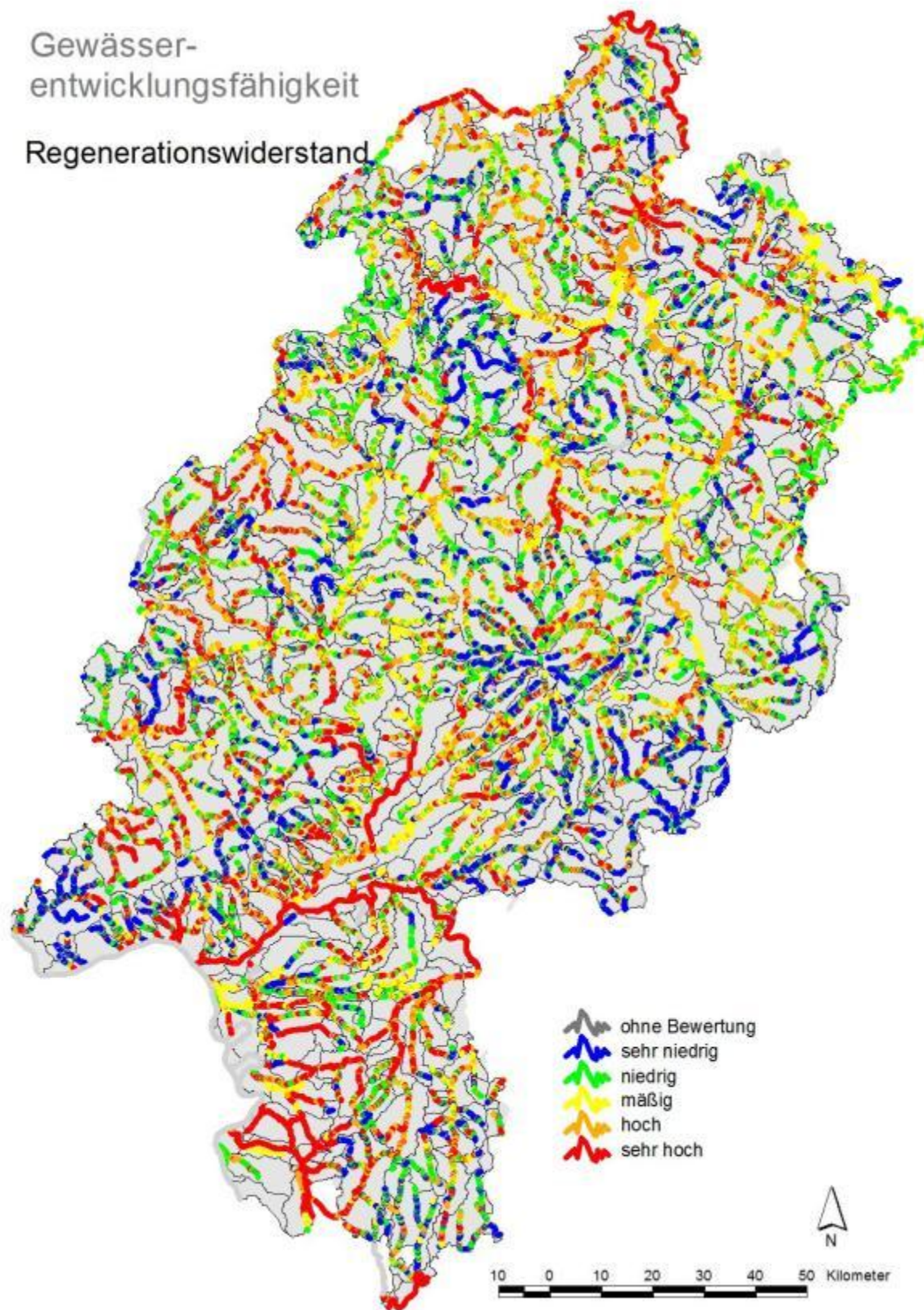


Abbildung 13: Bewertung des Regenerationswiderstandes hessischer Fließgewässer.

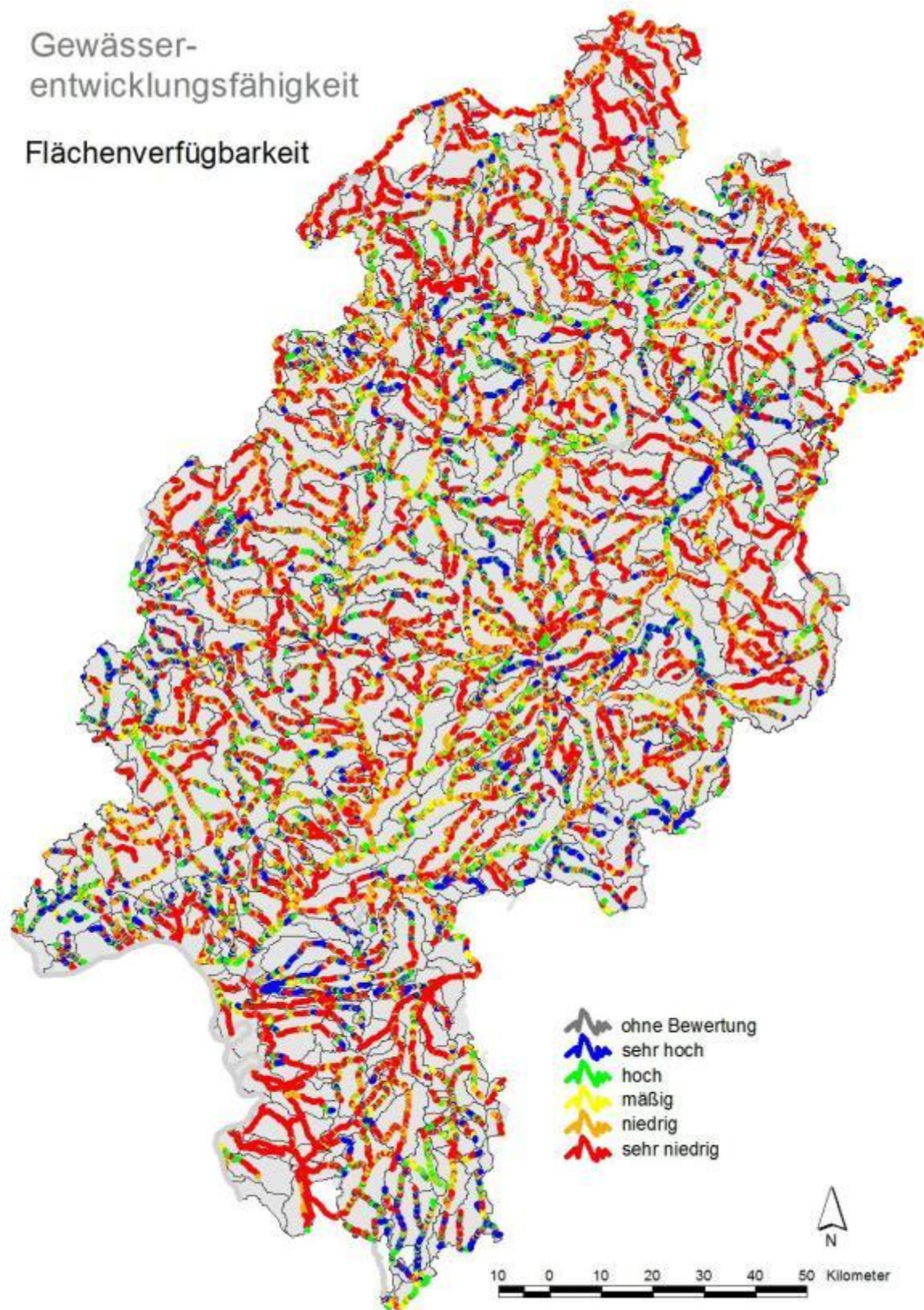


Abbildung 14: Bewertung der Flächenverfügbarkeit hessischer Fließgewässer.

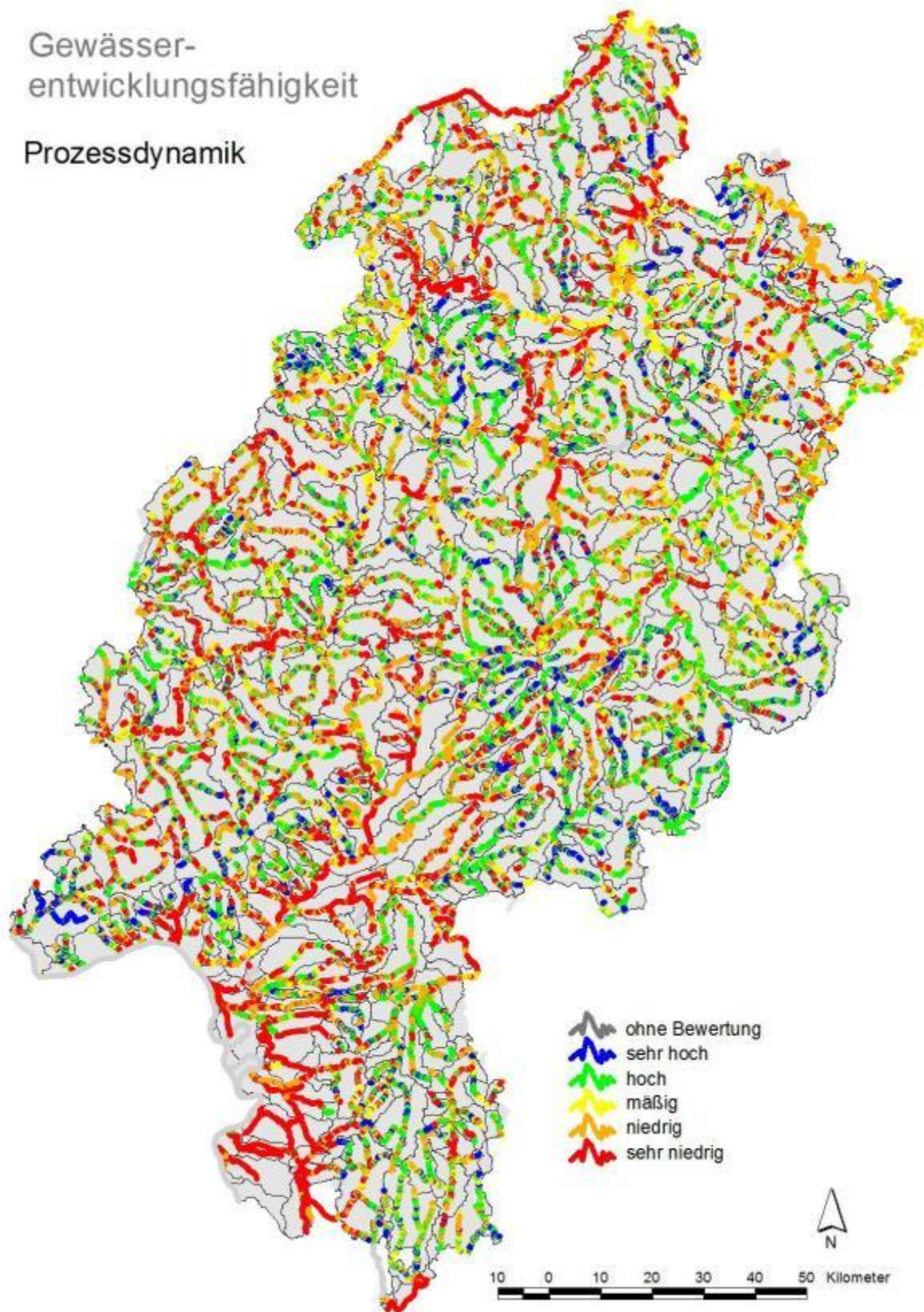


Abbildung 15: Bewertung der Prozessdynamik hessischer Fließgewässer.

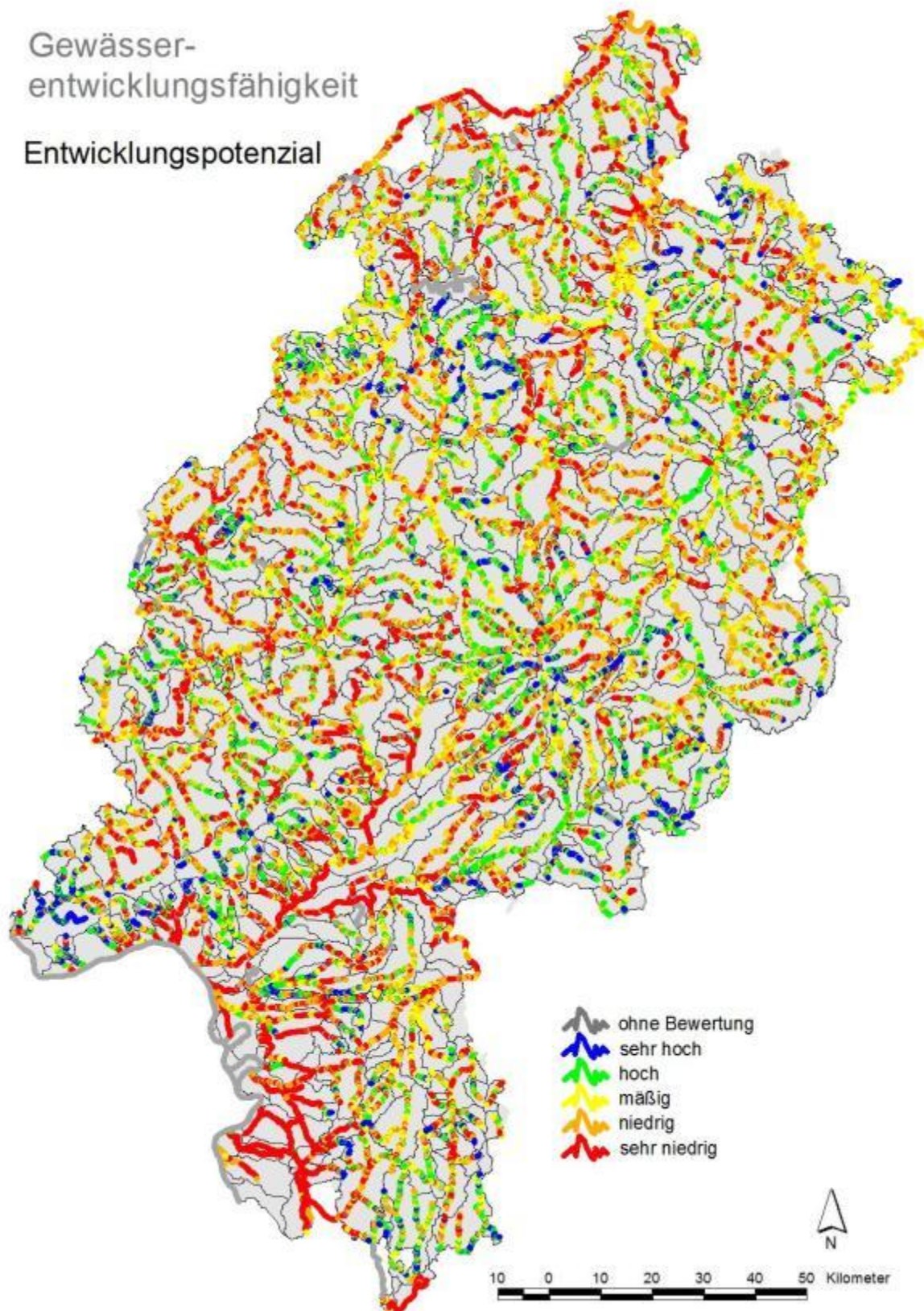


Abbildung 16: Bewertung des Entwicklungspotenzials hessischer Fließgewässer.

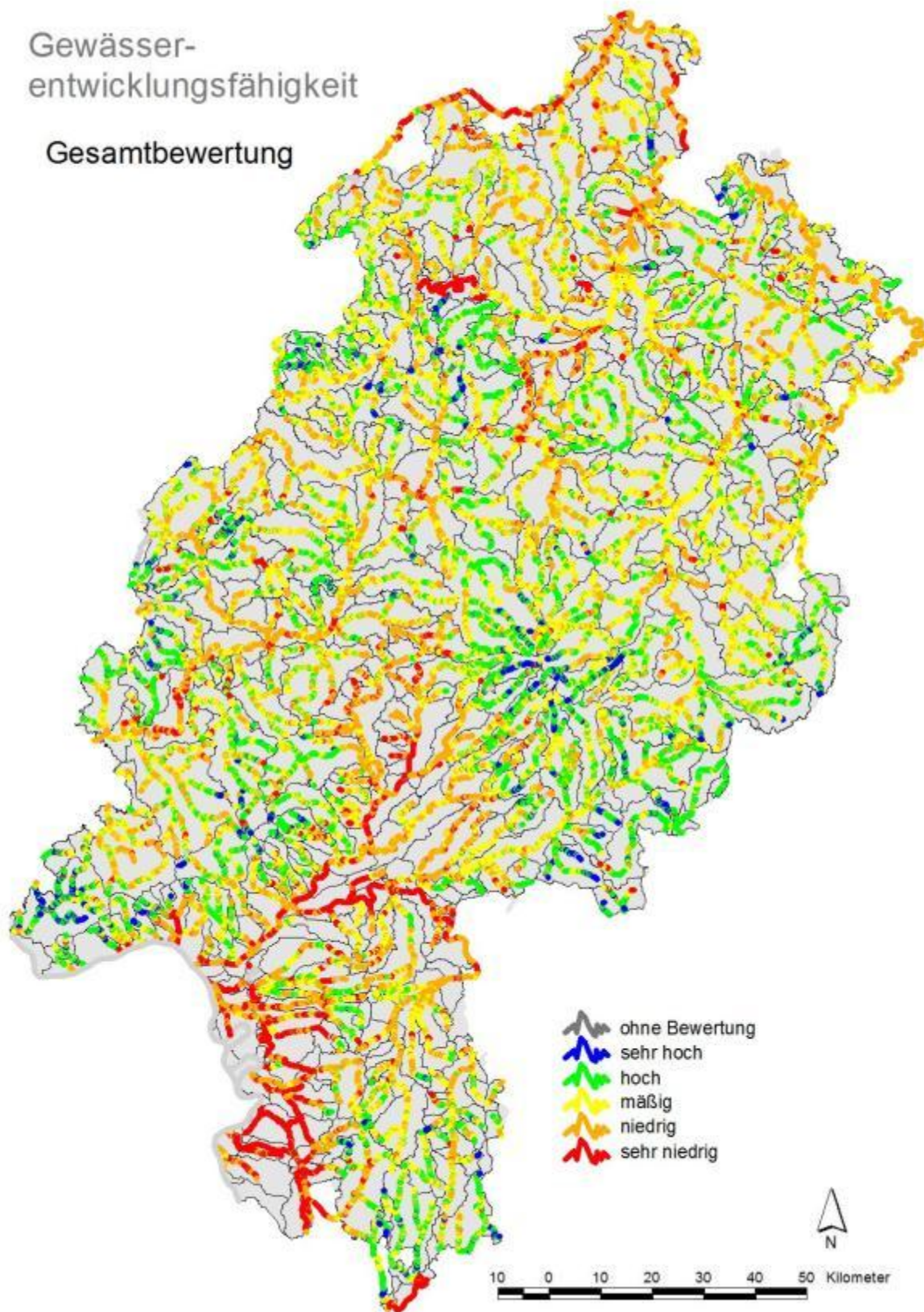


Abbildung 17: Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit (Gesamtbewertung) hessischer Fließgewässer.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Gewässerentwicklungsfähigkeit und Zielvorgaben der FFH-Gebiete

Das vorliegende Verfahren zur Ermittlung der eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit integriert ausdrücklich die übergeordneten Erhaltungs- und Entwicklungsziele der wassergebundenen FFH-Gebiete. Die Erhaltungsziele der FFH-Gebiete werden dabei durch Inwertsetzung der übergeordneten Parameter des Entwicklungspotenzials reproduziert.

So definieren die formulierten Erhaltungsziele ebenso wie die positive Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit einen Anforderungskatalog, der

- die naturraumtypische Fließgewässerdynamik in Anpassung an biozönotische Gewässertypen,
- die Vernetzung von Gerinne und Gewässerumfeld,
- den Erhalt und die Entwicklung standorttypischer Vegetation und Gehölzstrukturen,
- die Förderung des Totholzanteils im Gewässer.

fordert (vgl. Tabelle 35).

Aus diesem Grunde eignet sich das Bewertungsverfahren der eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit der Fließgewässer auch als Planungsinstrumentarium für die FFH-Gebiete. Notwendige Voraussetzung ist hierfür die Erarbeitung kleinräumiger Zielvorgaben der Gewässerentwicklung in Anpassung an Nutzung und Restriktionen im Entwicklungskorridor der Fließgewässer. Der konzeptionelle Ansatz zur Definition integrierter Leitbilder und Entwicklungstypen sowie die Ableitung von Maßnahmen unter hydromorphologischen Aspekten wird in Kapitel 5.2.3 diskutiert.

Artenschutzrelevante Anforderungen an Erhaltungsziele (Bsp. Pflege- und Hegepläne, Wiederansiedlungsprojekte von Lachs und Flussmuscheln) müssen gesondert entwickelt werden.

Tabelle 35: Erhaltungsziele am Beispiel des FFH-Gebiets „5617-303 Usa zwischen Wernborn und Ober-Mörlen“, Quelle: FFH-Gutachten zur Grunddatenerfassung (2005).

Erhaltung der Flüsse der planaren bis montanen Stufe mit Vegetation des *Ranunculion fluitantis* und des *Callitricho-Batrachion* (LRT 3260) mit einer gebietstypischen Pflanzen- und Tierwelt, insbesondere durch:

- Sicherung der Gewässerqualität und einer natürlichen oder naturnahen Fließgewässerdynamik
- Sicherung der Durchgängigkeit für Gewässerorganismen
- Sicherung des funktionalen Zusammenhangs mit auetypischen Lebensgemeinschaften und Kontaktlebensräumen

Erhaltung der Population der Groppe (*Cottus gobio*), insbesondere durch:

- Erhaltung naturnaher, durchgängiger, sauerstoffreicher und totholzreicher Fließgewässer mit naturnaher steiniger Sohle (im Tiefland auch mit sandig-kiesiger Sohle) und gehölzreichen Ufern
- Sicherung oder Verbesserung der derzeitigen Gewässergüte

Erhaltung der Population des Bachneunauges (*Lampetra planeri*), insbesondere durch:

- Erhaltung naturnaher, durchgängiger, lebhaft strömender, sauberer Fließgewässer mit lockeren, sandigen bis feinkiesigen Sohlsubstraten (Laichbereiche) und ruhigen Bereichen mit Schlammauflagen (Larvenhabitat), mit natürlichem Geschiebetransport und gehölzreichen Ufern
- Sicherung oder Verbesserung der derzeitigen Gewässergüte

Weitere Erhaltungsziele

Erhaltung der Auwälder mit *Alnus glutinosa* und *Fraxinus excelsior* (LRT *91E0) mit einer gebietstypischen Pflanzen- und Tierwelt, insbesondere durch:

- Sicherung naturnaher und strukturreicher Bestände in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen / Altersphasen einschließlich der Waldränder
- Sicherung eines angemessenen Totholzanteils und Erhalt von Höhlenbäumen
- Förderung der Naturverjüngung
- Sicherung der bestandsprägenden Gewässerdynamik
- Verzicht auf das Einbringen nicht lebensraumtypischer Baumarten
- Sicherung des funktionalen Zusammenhangs mit auetypischen Lebensgemeinschaften und Kontaktlebensräumen

5.2 Gewässerentwicklungsfähigkeit und morphologische Umweltziele

Für Hessen wurden morphologische Umweltziele definiert, die auf Basis der Auswertung der Gewässerstrukturgütekartierung eine „gewässermorphologische Mindestausstattung“ festgesetzter Strukturparameterkombinationen für ausgewiesene „Gruppen“ (Bezug Wasserkörper, Fließgewässertypen und Fischregion) fordern (MARBURGER 2008, BANNING ET AL. 2008). Für den einzelnen Wasserkörper wird ein Zielkorridor von mindestens 35% hochwertiger Abschnitte als Mindestausstattung für das Erreichen des „guten ökologischen Zustandes“ postuliert. Die Ermittlung von Abweichungsklassen beschreibt dabei in einer fünfstufigen Skala den Abweichungsgrad vom Mindestzielzustand des morphologischen Umweltziels.

Nachfolgend soll untersucht werden, welchen Beitrag die vorhandene oder noch zu fördernde Gewässerentwicklungsfähigkeit zur Zielerreichung der morphologischen Umweltziele für die hessischen Fließgewässer leisten kann.

Von besonderem Interesse ist dabei auch die Frage der räumlichen Verteilung von Gewässerstrecken mit vergleichbarem Entwicklungspotenzial (Aspekt Trittstein).

5.2.1 Statistische Auswertung und Schlussfolgerungen für das Erreichen der morphologischen Umweltziele

Multivariate-statistische Auswertungsverfahren wie die Faktorenanalyse besitzen in Hinblick auf die Analyse komplexer und vernetzter Abhängigkeiten und Wechselwirkungen hydromorphologischer Daten (Strukturgütedaten, etc.) eine besondere Eignung (KORTE & HUGO 2006, HUGO & KORTE 2008). Ein Grundprinzip der Faktorenanalyse besteht darin, dass eine Vielzahl von Variablen zu verschiedenen Faktoren zusammengefasst werden. Die Faktoren beschreiben dabei voneinander separierbare, jedoch untereinander abhängige Parametergruppen.

Unter lösungsorientierten Aspekten können zwei Grundformen der Faktorenanalyse unterschieden werden:

- explorative Faktorenanalysen dienen dem *Auffinden* von Prozessen/Wirkungskomplexen in einem Datensatz. In vielen Iterationen (Schleifen) wird nach der besten Lösung gesucht. Dabei erklären die Faktorladungen (Bestimmtheitsmaß der Variable auf einen Faktor) die Abhängigkeiten der Variablen; durch die Berechnung von Linearkombinationen (Summe der

Produkte aus Ausprägungsgrad der Variable und spezifischer Faktorladung der Variable) wird der Prozess erklärt (bottom-up Ansatz).

- konfirmatorische Faktorenanalysen *überprüfen*, ob empirisch erhobene Daten ein bestehendes theoretisches Modell bestätigen oder verwerfen (top-down-Ansatz). Insofern das fachlich begründete Modell statistisch belegt werden kann, müssen alternative multivariate Verfahren das Ergebnis absichern. Nur dadurch sind Zirkelschlüsse und fehlerhafte Einschätzungen im Expertenmodell vermeidbar.

In vorliegender Studie wurden mittels explorativer Faktorenanalysen strukturelle und funktionale Beziehungen zwischen der Bewertung der Entwicklungsfähigkeit und den Abweichungsklassen untersucht (Abbildung 18).

Dabei zeigten sich für die einzelnen Gewässersysteme signifikante Abhängigkeiten zwischen der Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit und der Bewertung der Abweichungsklassen. Insbesondere korrelieren die Bewertungsergebnisse der übergeordneten Parameter des Entwicklungspotenzials und die zusammenfassende Bewertung des Entwicklungspotenzials deutlich mit den Wertstufen der Abweichungsklassen.

Aus dem Befund lassen sich drei wesentliche Schlussfolgerungen ableiten:

- Gewässerabschnitte, denen eine „hohe“ bzw. „sehr hohe“ Entwicklungsfähigkeit zugeordnet werden kann, sind ähnlich (trittsteinmäßig) verteilt wie Gewässerbereiche mit bereits erfüllten morphologischen Umweltzielen.
- Die Erhaltung des aktuell vorhandenen Entwicklungsvermögens von Bereichen mit hohem Potenzial sichert die Bewertung nach Abweichungsklasse mit hoher Wahrscheinlichkeit ab und kann in naher Zukunft auch zu einer weiteren Verbesserung der Wertstufe der Abweichungsklasse führen.
- Unter Beachtung konzeptioneller Ansätze und Grundregeln bei der Maßnahmenerstellung (vgl. Kapitel 5.2.3) kann die Verbesserung der Gewässerentwicklungsfähigkeit „mäßiger“ Wertstufen (Bezug Einzelparame-ter des Entwicklungspotenzials) kurz- bzw. mittelfristig zu einer Aufwertung der Abweichungsklassen führen.

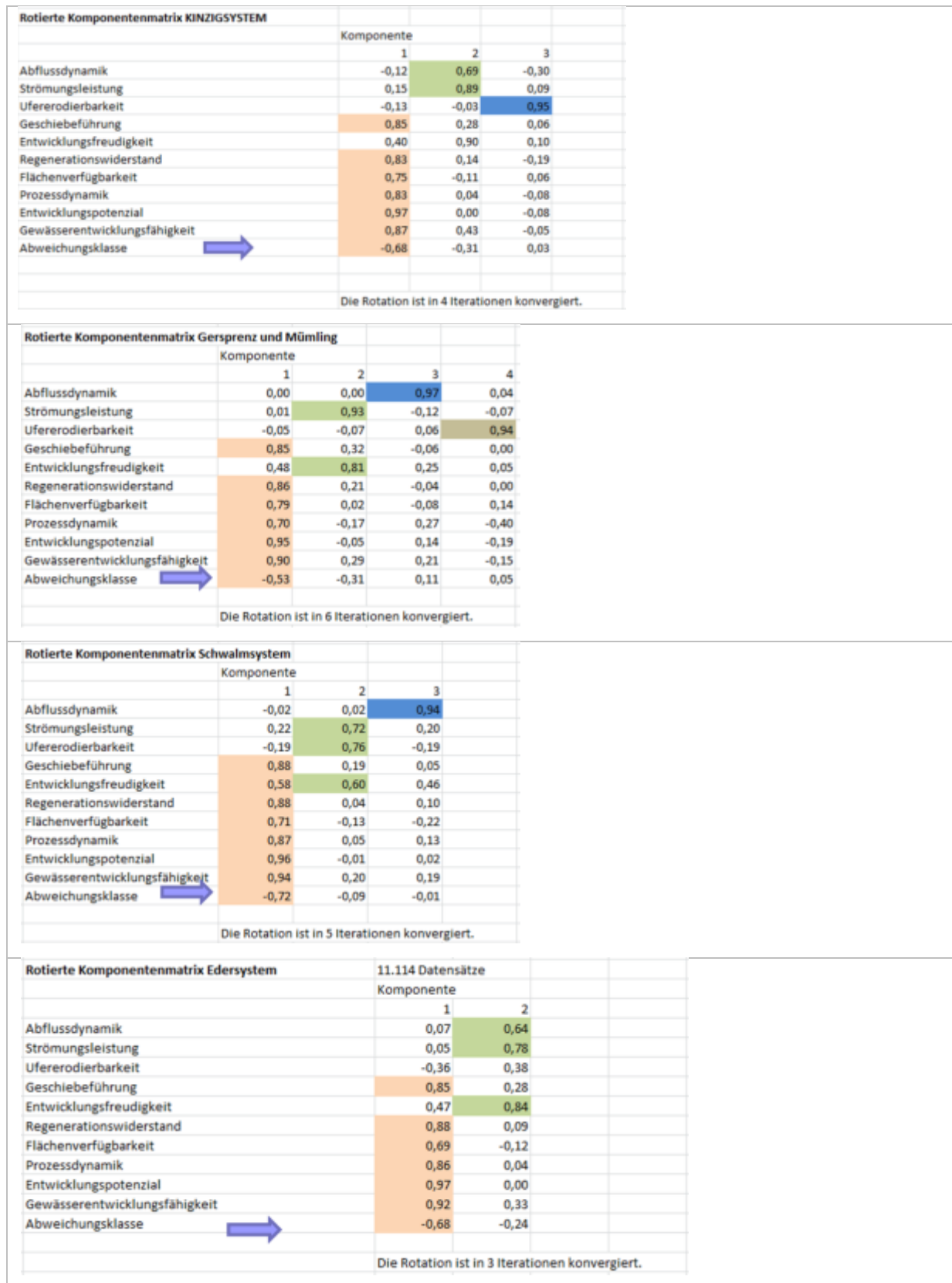


Abbildung 18: Faktorenanalyse auf Basis der übergeordneten Parameter nach Gewässerentwicklungsfähigkeit, zusammenfassender Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit und Abweichungsklassen am Beispiel ausgewählter Gewässersysteme.

5.2.2 Bewertung auf Ebene der Wasserkörper und Detailanalyse auf 100-Meter-Abschnitts-Niveau

Weiterführende statistische Auswertungen vergleichen auf Ebene der Oberflächenwasserkörper die positiven Wertstufen der Gewässerentwicklungsfähigkeit und der Abweichungsklassen. Gerade dadurch lassen sich zielführend Wasserkörper auffinden, die kurz- bis mittelfristig das Bewertungsergebnis nach der Abweichungsklasse „absichern“ bzw. „verbessern“ können (vgl. Karte 2, 3 und 4 der Anlage sowie Abbildung 19 und Abbildung 20).

Tabelle 36: Bewertungsvergleich Gewässerentwicklungsfähigkeit (Gesamtbewertung) und Abweichungsklassen.

die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit ist im Vergleich zur Bewertung der Abweichungsklassen	Anzahl
mind. 3 Klassen besser	621
mind. 2 Klassen besser	5.038
mind. 1 Klasse besser	24.285
identisch bzw. nicht bewertet	38.557
mind. 1 Klasse schlechter	14.300
mind. 2 Klassen schlechter	1.770
mind. 3 Klassen schlechter	38

Darüber hinaus wurden auf 100-Meter-Abschnitt-Niveau statistische Berechnungen durchgeführt. Karte 1 und 5 vergleichen die Wertstufen zwischen "Abweichungsklassen" und "Gewässerentwicklungsfähigkeit (Gesamtbewertung)" (siehe auch Tabelle 36) und verorten dadurch zielführend prioritäre Bereiche für Maßnahmen zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Gewässerentwicklungsfähigkeit innerhalb der Wasserkörper.

Eine detaillierte Beurteilung der Verteilung der Wertstufen der Abweichungsklassen und der Gewässerentwicklungsfähigkeit kann durch die gelieferten Datenbanken über den Kartenviewer vorgenommen werden.

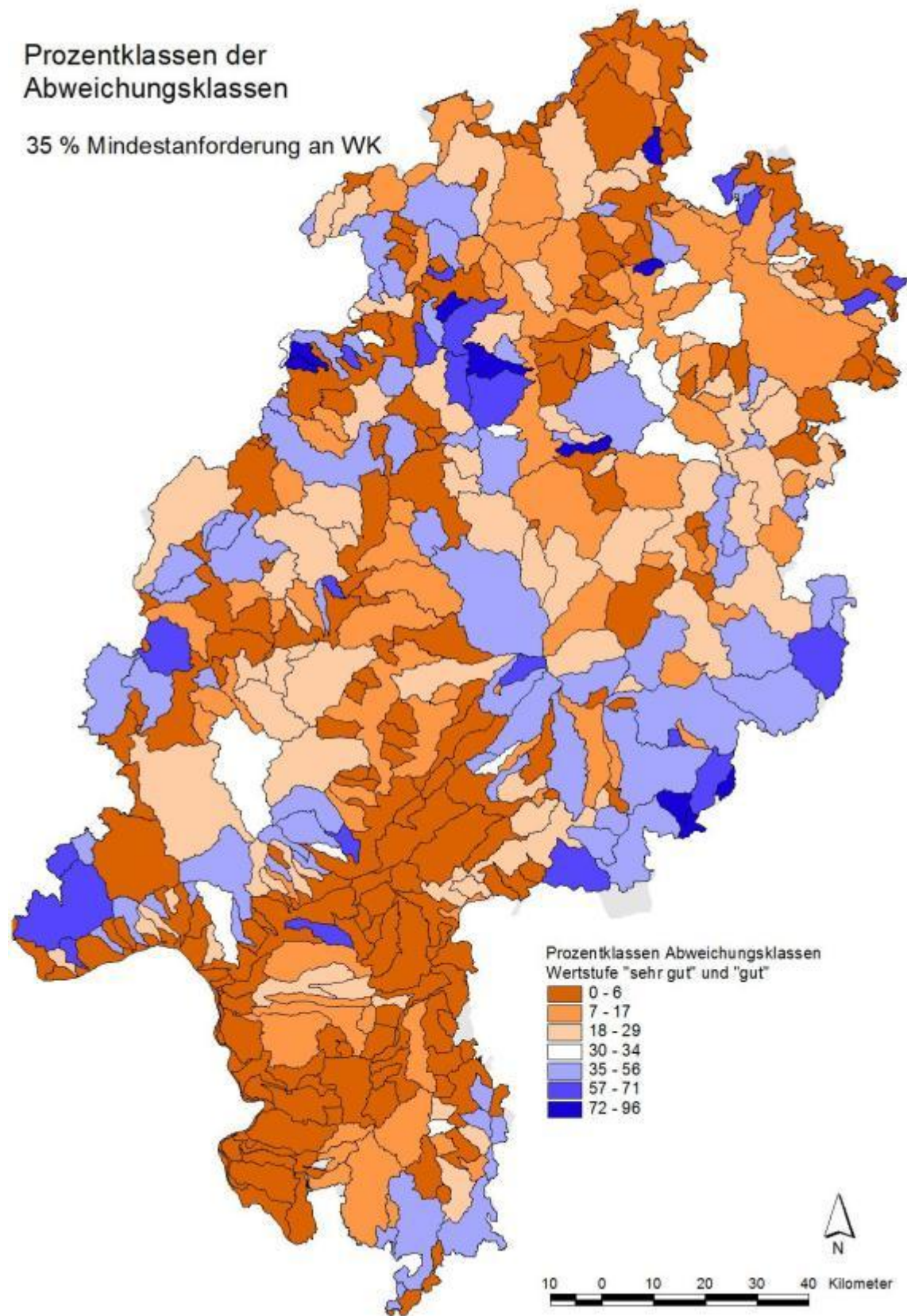


Abbildung 19: Prozentklassen der „sehr guten“ und „guten“ Abweichungsklassen in den einzelnen Wasserkörpern.

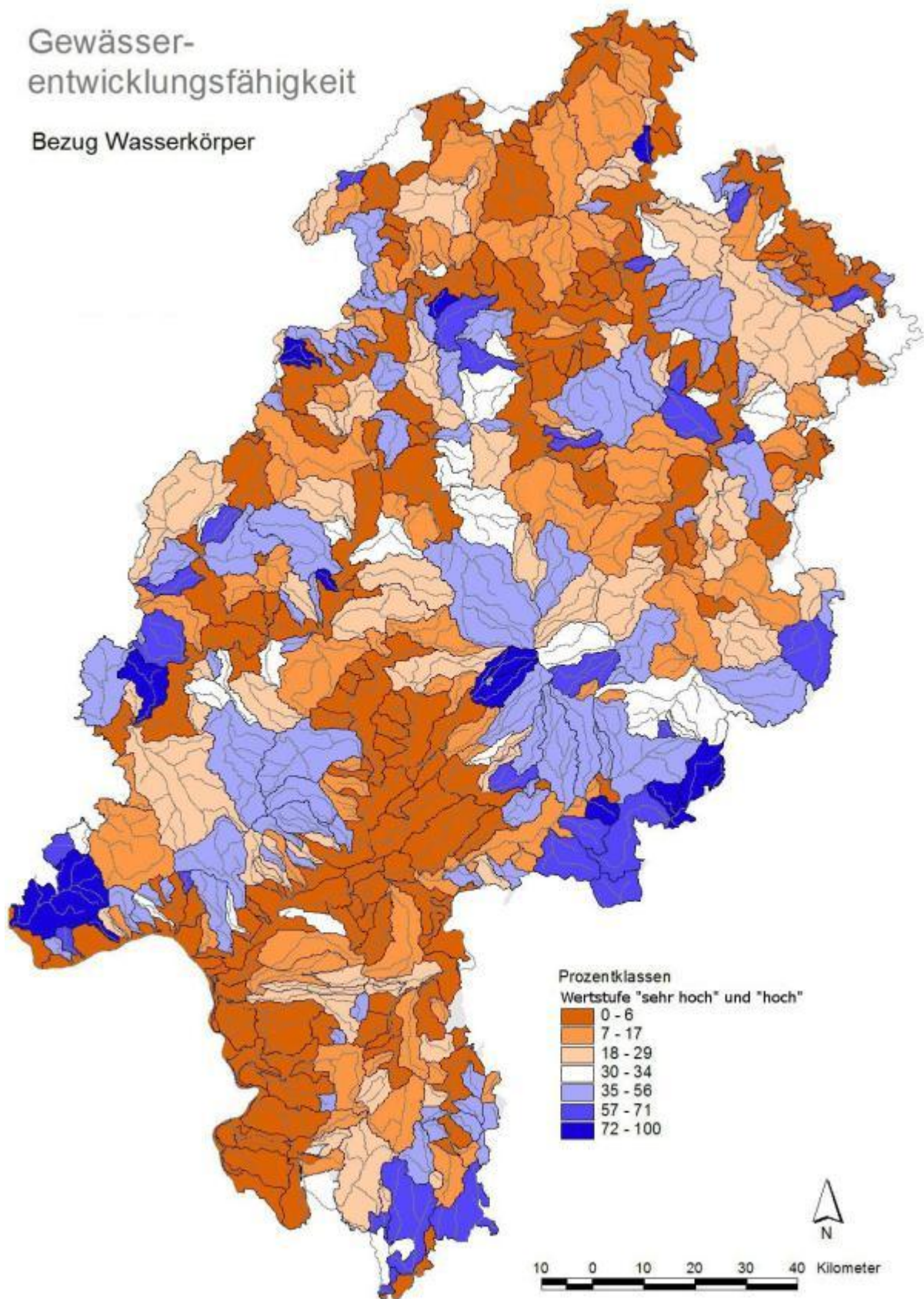


Abbildung 20: Prozentklassen der 100-Meter-Abschnitte mit „sehr hoher“ und „hoher“ Wertstufe in den einzelnen Wasserkörpern.

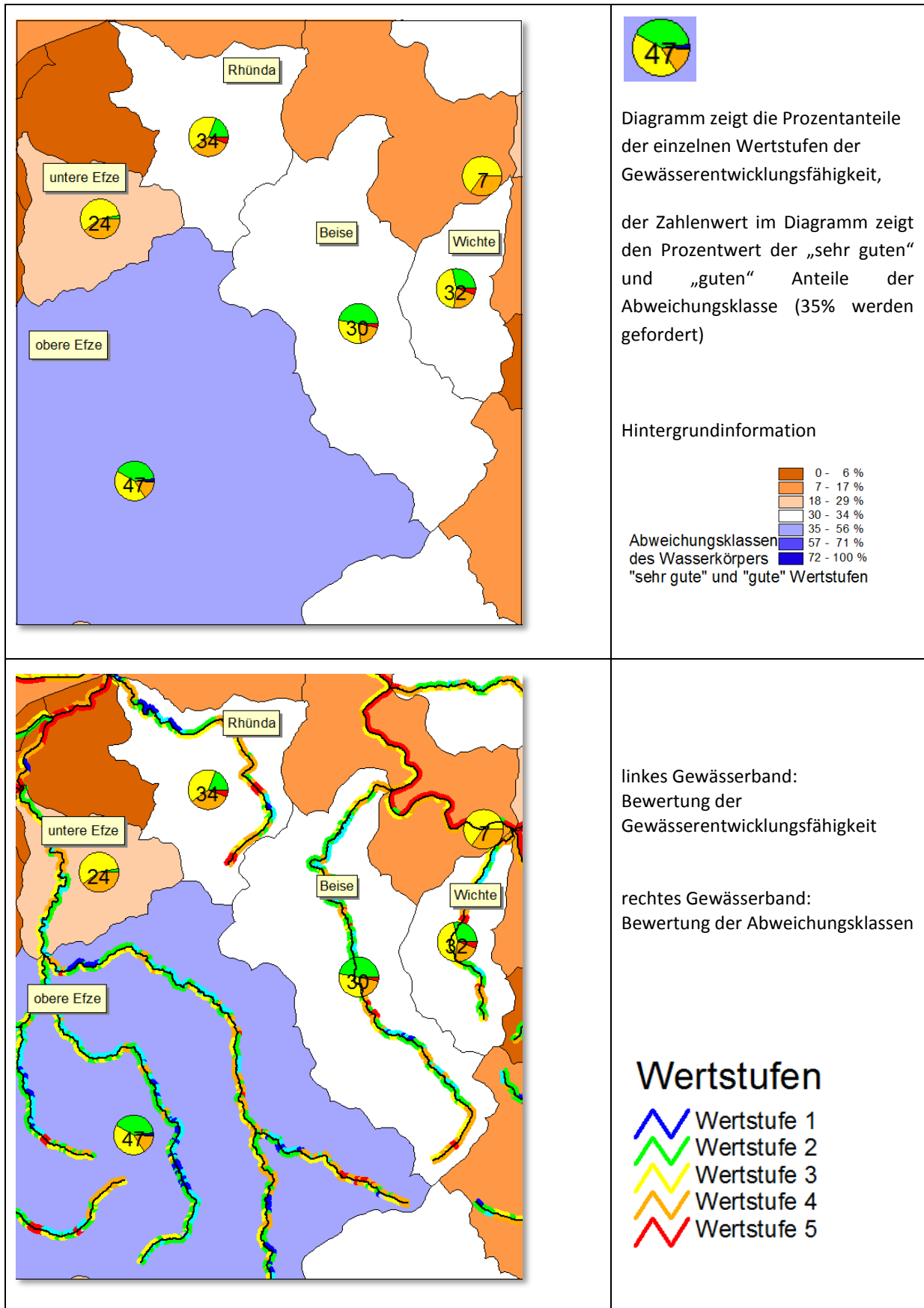


Abbildung 21: Beispiel zur Maßnahmenpriorität (Bezug Wasserkörper) und räumlicher Zuordnung der Maßnahmen (100-Meter-Abschnitte).

5.2.3 Beispiel zur Festlegung von Maßnahmenbereichen auf Basis der Datenauswertung

Am Beispiel ausgewählter Wasserkörper nach Abbildung 21 soll nachfolgend die Auswahl von Gewässerstrecken verdeutlicht werden, an denen geeignete und vor allem kostengünstige Maßnahmen zur Förderung der Eigenentwicklung getroffen werden können. Die bereits festgelegten morphologischen Umweltziele werden explizit berücksichtigt.

Durch die Zwei-Band-Darstellung kann abschnittsweise via Karte geprüft werden, ob sich die gemäß den spezifischen morphologischen Umweltzielen bereits ermittelten guten und sehr guten Strecken eines Wasserkörpers mit den Eignungsstrecken für die eigendynamische Gewässerentwicklung decken.

Die Kartenausschnitte nach Abbildung 21 können folgendermaßen interpretiert werden:

- WK „Obere Efze“: morphologisches Umweltziel ist mit 47% erreicht, das Diagramm bewertet für die Gewässerentwicklungsfähigkeit (GEF) annähernd 50% der Fließgewässerstrecke mit Wertstufe „2“; somit besteht kein Handlungsbedarf für Maßnahmen.
- WK „Untere Efze“: morphologisches Umweltziel ist mit einem ermittelten 24%-Anteil „(sehr) guter“ Wertstufen nicht erreicht, das Diagramm weist bzgl. der Gewässerentwicklungsfähigkeit fast keine Fließgewässerstrecke mit Wertstufe „2“ aus, der INFO-Button (hier nicht dargestellt) beziffert Wertstufe „3“ mit einem Anteil von 56,7%; somit besteht direkter Handlungsbedarf; insbesondere Gewässerstrecken mit GEF-Bewertung „3“ weisen Maßnahmenbereiche aus, die kurz-bis mittelfristig und auch kostengünstig eine Verbesserung der Bewertung der Abweichungsklasse nach Maßnahmendurchführung erwarten lassen. Zur Spezifizierung der Maßnahmen sollten die gelieferten (hier nicht dargestellt) Auswertungen der übergeordneten Parameter analysiert werden.
- WK „Beise“: morphologisches Umweltziel ist mit 30% noch nicht erreicht, das Diagramm weist Gewässerstrecken mit GEF-Wertstufe „2“ zu annähernd 50% (INFO-Button: Wertstufe „2“ 47,3%, Wertstufe „3“ 30,4%) aus; „Beobachtungsstatus“ wird festgelegt, es sind aufgrund des hohen eigendynamischen Entwicklungspotenzials keine direkten Maßnahmen notwendig.
- WK „Rhünda“: morphologisches Umweltziel ist mit 34% fast erreicht, das Diagramm weist bzgl. der Gewässerentwicklungsfähigkeit nur einen geringen Anteil von Fließgewässerstrecke mit Wertstufe „2“ aus, der INFO-Button beziffert Wertstufe „2“ mit einem Anteil von 19,2%, Wertstufe „3“ mit einem Anteil von 40,8%; somit besteht geringer Handlungsbedarf für Entwicklungsmaßnahmen in Bereichen mit Wertstufe „3“.

6 Rangierung der Maßnahmen nach WRRL

Für die hessischen Fließgewässer wurden in Hinblick auf die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie Maßnahmenarten erarbeitet, die sich übergeordneten Gruppen zuordnen lassen (vgl. HMUELV 2008). Einen engeren Bezug zur eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit von Gewässern findet sich in den Maßnahmengruppen (MG) 1 und 2:

- MG 1 - Bereitstellung von Flächen
- MG 2 - Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen

6.1 Konzeption der Rangierung von Maßnahmen - Prioritätszuweisung

Bei der „Priorisierung“ von Entwicklungsmaßnahmen existieren übergeordnete Entscheidungskriterien (z.B. aktuelle Bereitschaft eines Trägers, eine Maßnahme durchzuführen, verfügbares Personal...), die die Durchführbarkeit von Planungsvorhaben erst ermöglichen. Darüber hinaus müssen bei Umsetzung von Maßnahmen fachliche Aspekte wie Größe und Abstand von Trittsteinen⁹ berücksichtigt werden, um die Ausbreitung von Arten bzw. die Wiederbesiedlungsfähigkeit einzelner Gewässerabschnitte zu gewährleisten.

Nachfolgend wird eine erste Rangierung der Maßnahmen auf Basis der ermittelten Eignungen der Gewässerentwicklungsfähigkeit durchgeführt. Hierzu wird eine Prioritätenfolge sowohl für die Einzelmaßnahme als auch ggf. für mehrere Maßnahmen innerhalb einer Maßnahmenkombination für alle Gewässerteilstrecken vorgeschlagen. Die Klassifikation der Priorität erfolgt nach einer fünfstufigen Skala.

Tabelle 37: Klassifikationsschema der Prioritätsstufen der „Maßnahmenarten WRRL¹⁰“ in Hessen; Wertstufen der Gewässerentwicklungsfähigkeit.

Prioritätsstufen der Maßnahmenarten „WRRL“		Wertstufen (der Parameter) der Gewässerentwicklungsfähigkeit	
Prioritätsstufe	Bezeichnung	Wertstufe GEF	Bezeichnung
Priorität 1	sehr hoch	1	sehr hoch
Priorität 2	hoch	2	hoch
Priorität 3	mäßig	3	mäßig
Priorität 4	gering	4	gering
Priorität 5	sehr gering	5	sehr gering

⁹ Trittsteine sind Gewässerabschnitte, die im Gegensatz zu benachbarten Gewässerstrecken eine hinreichende Habitatausstattung besitzen und dadurch zumindest eine temporäre Besiedlungsmöglichkeit garantieren; sie besitzen die Funktion von Ausbreitungszentren

¹⁰ WRRL Abkürzung für Wasserrahmenrichtlinie

6.1.1 Maßnahmengruppe 1 – „Bereitstellung von Flächen“

Die Maßnahmengruppe 1 „Bereitstellung von Flächen“ spezifiziert Planungsvorgaben im Bereich des Gewässerumfeldes, die auf den gewässerbegleitenden *Gewässerrandstreifen*, den *Entwicklungskorridor* und die *Auefläche* Bezug nehmen.

Gewässerrandstreifen

Für die Maßnahmenart **Gewässerrandstreifen** wird im vorliegenden Maßnahmenkatalog die „Erhöhung der Breitenvarianz“ sowie die „Ausbildung gewässertypischer Uferstrukturen (Flachwasserbereiche, Kolke, etc.)“ als Habitate für die biologische Komponenten „Fische“ und „Makrozoobenthon“ ausdrücklich als „Primärwirkung“ genannt. Aus dieser Primärwirkung ist allerdings nur dann eine direkte Beziehung zur der Initiierung oder Förderung der Eigendynamik ableitbar, wenn mit einer Gerinneaufweitung keine wesentliche Verminderung der eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit einhergeht. Hierfür muss in einem besonderen Maße die Wirksamkeit der *breitenspezifischen Strömungsleistung* erhalten bleiben. Die Maßnahmenart *Gewässerrandstreifen* muss demzufolge durch weitere Maßnahmen bzw. durch ein spezielles Vorgehen flankiert werden.

Beispiele für solche Maßnahmen sind:

- Einsatz von Strömunglenkern (Totholz, ehemaliger Verbau aus naturraumtypischem Material)
- über mehrere Jahre zeitlich gestaffelte Erhöhung der Breitenvarianz durch Abgrabungen bei mosaikartiger Verteilung im Längsverlauf (Laufverengungen werden sporadisch beibehalten), etc.

Die Rangierung erfolgt für Strecken ohne weitere Maßnahmenzuordnung zur Maßnahmengruppe 2 auf Basis der Bewertung des übergeordneten Parameters *Flächenverfügbarkeit* gemäß der Methode zur Ermittlung der Gewässerentwicklungsfähigkeit (vgl. Kap. 3.2.3 Seite 31). Die Einstufung der Priorität einer Maßnahme entspricht der Wertstufe der ermittelten *Flächenverfügbarkeit* (vgl. Tabelle 37). Dadurch wird berücksichtigt, dass gute Bewertungen der *Flächenverfügbarkeit* auch eine hohe Maßnahmeneffektivität und Kosteneffizienz bedeuten.

Entwicklungskorridor

Bei der Ausweisung von **Entwicklungskorridoren** wird die „teilweise oder vollständige Verlagerung des Fließgewässers“ als Primärziel genannt (vgl. HMUELV 2008). Die Einstufung der Priorität erfolgt analog der Maßnahmenart „Gewässerrandstreifen“

Auefläche

Der Maßnahmenbezug **Auefläche** zielt in seiner Primärwirkung auf die „Schaffung der Voraussetzungen für die Entstehung oder Reaktivierung und die Vernetzung von zumindest periodisch wasserführenden Auengewässern als ansonsten kaum vorhandene Lebensräume“. Das Potenzial der in Kapitel 4 und 5 diskutierten Eigendynamik orientiert sich primär an

Entwicklungsprozessen im Bereich des Gerinnenkörpers und des Gewässerrandstreifen, die laterale Vernetzung mit dem weiteren Gewässerumfeld muss nachgeordnet betrachtet werden. Infolge der fehlenden direkten Beziehung der Maßnahmenart **Auefläche** zur Gewässerentwicklung wird auf eine Einstufung der Priorität verzichtet.

6.1.2 Maßnahmengruppe 2 - „Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen“

Auch für Maßnahmenarten der Maßnahmengruppe 2 lassen sich direkte und indirekte Beziehungen zu Prozessen der eigendynamischen Entwicklung von Bächen und Flüssen herleiten. Die Rangierung wird in Tabelle 38 zusammengefasst und nachfolgend erläutert.

Tabelle 38: Rangierung der Maßnahmenarten der Gruppe 1 und 2 (erste Ziffer der Codierung entspricht Zuordnung zur Maßnahmengruppe); GEF-Wertstufe Tabelle 37.

Code	Maßnahmenart	Kosten (durchschnittlich)	Priorität
M_1.1	Gewässerrandstreifen	30.000 €/ha	Wertstufe GEF Flächenverfügbarkeit
M_1.2	Entwicklungskorridor		5 "sehr niedrig"
M_1.3	Aueflächen		5 "sehr niedrig"
M_2.1	Wiederherstellung einer natürlichen Sohllage	120 €/qm	Wertstufe GEF Gesamt
M_2.2	Entfernung von Sicherungen (Entfesselung)	40 €/lfm	GEF-Wertstufe minus 1
M_2.3	Strukturierung von Gewässerbett und Uferbereich	125 €/lfm	GEF-Wertstufe minus 1
M_2.4	Anlage eines neuen Gewässerlaufes	300 €/lfm	Wertstufe 5 "sehr niedrig"
M_2.5	Aufwertung von Sohle / Ufer in Restriktionsbereichen	400 €/lfm	GEF-Wertstufe plus 1
M_2.6	Aufwertung von Sohle / Ufer in Rückstaubereichen	300 €/lfm	GEF-Wertstufe plus 1
M_2.7	Modifizierte extensive Gewässerunterhaltung	0,75 €/lfm pro Jahr	Wertstufe GEF Gesamt
M_2.8	Entwicklung Ufervegetation	10 €/lfm	Wertstufe Prozessdynamik
M_2.9	Abgrabung einer Tiefaue	120 €/qm	Wertstufe GEF Gesamt
M_2.10	Reaktivierung von Auengewässern		5 "sehr niedrig"
M_2.11	Anlage eines neuen Auengewässers		5 "sehr niedrig"
M_2.12	Strukturelle Aufwertung der Aue		5 "sehr niedrig"
M_2.13	Entwicklung Auenvegetation		5 "sehr niedrig"
M_2.14	Auenverträgliche Bewirtschaftung		5 "sehr niedrig"
M_2.15	Verbesserung der Feststoffverhältnisse	50 €/lfm	Wertstufe GEF Gesamt

Maßnahmenarten ohne direkte Wechselwirkung zur Gewässerentwicklungsfähigkeit

Maßnahmenarten ohne zentrale Wirkung auf die Gewässerentwicklungsfähigkeit werden der Prioritätsstufe „sehr gering“ zugeordnet.

Hierzu zählen die Maßnahmenarten, die im und auf das Gewässerumfeld wirken:

- 2.4 Anlage eines neuen Gewässerlaufes,
- 2.10 Reaktivierung von Auengewässern,
- 2.11 Anlage eines neuen Auengewässers,
- 2.12 Strukturelle Aufwertung der Aue,
- 2.13 Entwicklung Auenvegetation,
- 2.14 Auenverträgliche Bewirtschaftung.

Maßnahmenarten in Restriktionslagen

Maßnahmenumsetzungen in Restriktionslagen (z.B. Ortslagen) verbessern die Wertstrukturen der morphologischen Umweltziele lediglich graduell. Naturnahe Ergebnisse sind in derartigen Bereichen i.d.R. nicht zu erwarten. Infolge der eingeschränkten Effektivität der Maßnahmenarten und der vergleichsweise hohen Kosten (geringe Effizienz, vgl. Tabelle 38 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) wird zur Prioritätsermittlung der betroffenen Maßnahmen die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit um eine Wertstufe verschlechtert (**Priorität = GEF-Wertstufe plus 1**); würde hierbei eine Einstufung außerhalb der Skala nach Tabelle 37 erfolgen, entspricht die Priorität der Maßnahme der GEF-Wertstufe des 100-Meter-Abschnitts.

Betroffen sind die Maßnahmenarten:

- 2.5 Aufwertung von Sohle / Ufer in Restriktionsbereichen,
- 2.6 Aufwertung von Sohle / Ufer in Rückstaubereichen.

Maßnahmenarten mit direkter Wechselwirkung zur Gewässerentwicklungsfähigkeit

Die Prioritätseinstufung von Maßnahmen mit direktem Bezug zur Gewässerentwicklungsfähigkeit wird auf Grundlage der Gesamtbewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit vorgenommen. Die **Effektivität** der Gewässerdynamik wird damit zum Maßstab der Prioritätsstufe (**Priorität = GEF-Wertstufe**).

Sind die Maßnahmen darüber hinaus noch vergleichsweise **kosteneffizient** wird die Priorität um eine Stufe verbessert (**Priorität = GEF-Wertstufe minus 1**); die Prioritätsstufe verändert sich nicht, wenn dadurch eine Einstufung außerhalb der Skala nach Tabelle 37 erfolgen würde. Die Einstufung der

Kosteneffizienz erfolgt auf Basis einer HLUG-intern erstellten Kostensystematik des „Maßnahmenblatts Hydromorphologie“ gemäß der dort gelisteten „mittleren Kosten“ (vgl. auch Tabelle 38). Entscheidend bei der Rangierung ist, dass die Kosten in Hinblick auf ein potenzielles Ergebnis bewertet werden (Kosten-Nutzen-Relation). Beispielsweise liegen die Kosten für die beiden Maßnahmenarten „2.2 Entfernung von Sicherungen (Entfesselung)“ und „2.15 Verbesserung der Feststoffverhältnisse“ in einer vergleichbaren Größenordnung. Das Entfernen von Sicherungen (Uferverbau) wird jedoch in Hinblick auf die eigendynamische Entwicklungsfähigkeit eines Gewässers deutlich effektiver eingestuft.

Maßnahmen mit Flächenbezug (€/qm) können im Gegensatz zu Maßnahmen mit Linienbezug (€/m) aufgrund der ungenauen Kenntnis der betroffenen Gewässerflächengröße nur annähernd hinsichtlich der Kosten beurteilt werden.

Ein besonderes Problem stellt die Kategorisierung der Maßnahmenart 2.7 „Modifizierte extensive Gewässerunterhaltung“ dar, da die Kosten bei dieser Maßnahmenart nicht einmalig, sondern turnusmäßig anfallen. Die Vergleichbarkeit der Kosteneffizienz mit anderen Maßnahmen ist somit zwar nur eingeschränkt möglich, jedoch stellt sich der finanzielle Aufwand zumeist gering dar. Insofern prozessinitiiierende oder –steuernde Unterhaltungsmaßnahmen umgesetzt werden, kann der Effekt der Gewässerunterhaltung in Hinblick auf die Eigendynamik der Bäche und Flüsse bei zahlreichen Maßnahmen sehr hoch sein. Dies wird bei der Rangierung vorausgesetzt.

Zu den Maßnahmen mit hoher Effektivität zählen:

- 2.1 Wiederherstellung einer natürlichen Sohlage,
- 2.9 Abgrabung einer Tiefau,
- 2.15 Verbesserung der Feststoffverhältnisse.

Zu den Maßnahmen mit hoher Effektivität und hoher Kosteneffizienz zählen:

- 2.2 Entfernung von Sicherungen (Entfesselung),
- 2.3 Strukturierung von Gewässerbett und Uferbereich¹¹,
- 2.7 Modifizierte extensive Gewässerunterhaltung.

¹¹ Einbau von Sohlenbauwerken, Leitwerken, Buhnen, Störsteinen, Geschiebedepots, Totholzelementen, riffle and pool-Sequenzen, Kolken, Fischunterständen, Anlegung von Steil- und Flachufern, Bermen, strukturreichen Uferzonen Verzweigungen, Umlaufrippen, Inselstrukturen, Entwicklung von standorttypischen Vegetationsbeständen im und am Gewässer



Abbildung 22: Extensive Gewässerunterhaltung. Totholzelemente werden bei verfügbarer Fläche im Gewässerumfeld zur Entwicklungssteuerung im Gewässer belassen.

Maßnahmenarten mit spezieller Wechselwirkung zur Gewässerentwicklungsfähigkeit

Die Maßnahmenart 2.8 „Entwicklung Ufervegetation“ muss vor dem Hintergrund der funktionalen Abhängigkeit zwischen Lauf- und Breitenentwicklung und den Ausprägungsgraden der Lateralerosion diskutiert werden. Im Kapitel 3.2.3 wurde dieser Aspekt ausführlich erörtert und in ein Bewertungsschema zur Ermittlung des übergeordneten Parameters *Prozessdynamik* überführt.

Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Linienfixierung durch Gehölze. Die Gehölzentwicklung in begradigten oder tiefenerodierten Gewässerabschnitten führt zu einer Behinderung der eigendynamischen Entwicklung. In Bereichen mit einer naturnahen Laufentwicklung und Querprofilierung hingegen ist die Entwicklung ausgeprägter, standorttypischer Gehölze wünschenswert. Da die Ermittlung des übergeordneten Parameters *Prozessdynamik* derartige Wechselwirkungen ausdrücklich berücksichtigt, wird die Werteinstufung der Prozessdynamik als Werteinstufung für die Priorität dieser Maßnahmenart übernommen.

6.1.3 Maßnahmengruppe 1 und 2 - Zusammenführung der Ergebnisse der Prioritätszuweisung

Sind einem Fließgewässerabschnitt sowohl Maßnahmen der Maßnahmengruppe 1 als auch 2 zugeordnet, erfolgt die Prioritätenfindung nach folgendem Zuweisungsschema (vgl. Tabelle 38):

1. Für Maßnahmen aus der Maßnahmengruppe 2 wird die Maßnahme mit der „höchsten“ Priorität eines 100-Meter-Abschnittes gewertet, da von der Maßnahme eine entsprechend „positive Wirkung“ ausgeht. Andere Maßnahmen mit geringerer Priorität können die Effektivität dieser Maßnahme in Hinblick auf die Gewässereigendynamik nicht verschlechtern (Effektivitätsgrundsatz). Für die Praxis bedeutet dies, dass Maßnahmen einer höheren Priorität immer vorrangig umzusetzen sind.
2. Entsprechend dem vorgenannten Effektivitätsgrundsatz bei der Prioritätsfindung wird auch für Maßnahmen der Gruppe 1 verfahren. Für diese Maßnahmengruppe erfolgt die Prioritätszuweisung nach der Bewertung des Parameters *Flächenverfügbarkeit* nach GEF.
3. Für Kombinationen von Maßnahmenarten der Gruppe 2 mit der Maßnahmenart „Gewässerrandstreifen“ existieren in Hinblick auf die Effektivität der Maßnahmen Wechselwirkungen. So kann sich beispielsweise die **Effektivität** erhöhen, wenn ein punktuell Entfernen von Uferverbau mit der Bereitstellung von Fläche im Bereich des Gewässerrandstreifens einhergeht. Die **Effizienz** der Maßnahme (Kosten) relativiert sich dabei in Abhängigkeit zur aktuellen anthropogenen Beeinflussung des Randstreifens (Gewässerunterhaltung, landwirtschaftliche Nutzung, etc.). Soll bspw. ein Randstreifen aus der Nutzung genommen werden, steigen die Gesamtkosten der Maßnahmen im betroffenen Gewässerabschnitt. Für derartige Konstellationen muss eine geringere Priorität gefordert werden.

Für Kombinationen von Maßnahmenarten der Gruppe 1 und 2 wird folgendes Prioritätszuweisungsschema entwickelt (Tabelle 39):

Tabelle 39: Prioritätsstufen der Maßnahmenarten nach Maßnahmengruppe 1 und 2; die Einstufung der Priorität muss innerhalb der Skala nach Tabelle 37 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. liegen.

Maßnahmenart aus Gruppe 2	Priorität der Maßnahme „Gewässerrandstreifen“ entspricht der Priorität der Maßnahme(nkombination) aus Gruppe 2	Priorität der Maßnahme „Gewässerrandstreifen“ entspricht der Priorität der Maßnahme(nkombination) aus Gruppe 2	Priorität der Maßnahme „Gewässerrandstreifen“ ist schlechter als Priorität der Maßnahme(nkombination) aus Gruppe 2
M_2.1, M_2.2, M_2.3, M_2.5, M_2.6, M_2.7, M_2.8, M_2.9, M_2.15	Aufwertung um 1 Stufe, da Kosteneffizienz hoch	Keine Änderung der Einstufung, da Kosteneffizienz neutral	Abwertung um 1 Stufe, da Kosteneffizienz gering

6.2 Statistische Auswertung der Maßnahmenarten

Die statistische Auswertung der Maßnahmenarten nach Abbildung 23 zeigt, dass die betroffenen Gewässerabschnitte schwerpunktmäßig den GEF-Wertstufen „3-mäßig“ und „4-niedrig“ zugeordnet werden müssen. Lediglich bei den Maßnahmenarten M_2.9 („Abgrabung einer Tiefau“) und M_2.15 („Verbesserung der Feststoffverhältnisse,“) liegt das Hauptgewicht bei „guten“ und „mäßigen“ GEF-Bewertungen.

6.3 Lokalisierung prioritärer Bereiche

Nach der Rangierung der WRRL-relevanten Maßnahmenarten stellt die Auswahl von Gewässerstrecken, die bei Gewässerschauen prioritär zu begehen sind, einen weiteren, notwendigen Arbeitsschritt dar.

Von besonderem Interesse ist die Lokalisierung von planungsrelevanten Gewässerabschnitten, die aufgrund eines bereits vorhandenen oder leicht herzustellenden eigendynamischen Potenzials eine besondere Eignung für die Erreichung der morphologischen Umweltziele besitzen. Das „morphologische Umweltziel“ ist erreicht, wenn 35% der Gewässerstrecke eines Wasserkörpers eine gute Habitatausstattung aufweisen und diese guten Habitat-Strecken auch möglichst gleichförmig über die Gesamtstrecke verteilt sind.

Die Priorisierung der Wasserkörper selbst erfolgte bereits im Zuge der Aufstellung des ersten Maßnahmenprogrammes unter verschiedenen Aspekten durch die RPU.

Innerhalb eines Wasserkörpers sind diejenigen Bereiche aufzusuchen, die effektiv und effizient in den „guten morphologischen Zustand“ überführt werden können (**Auswahl der Gewässerstrecke innerhalb des Wasserkörpers**). Sind bereits WRRL-relevante Maßnahmen für Gewässerbereiche konzipiert, sollten diese Strecken in Abhängigkeit zur Priorität der Maßnahmen rangiert werden (**Auswahl nach Maßnahmenpriorität**). Darüber hinaus sollten für Gewässerabschnitte, die bereits eine hohe Entwicklungsfähigkeit aufweisen, geeignete Maßnahmen zur Erreichung des guten morphologischen Zustandes erarbeitet werden. Die Gewässerstrecken sollten dabei bereits möglichst gute morphologische Bewertungen aufweisen (**Auswahl nach Entwicklungsfähigkeit**).

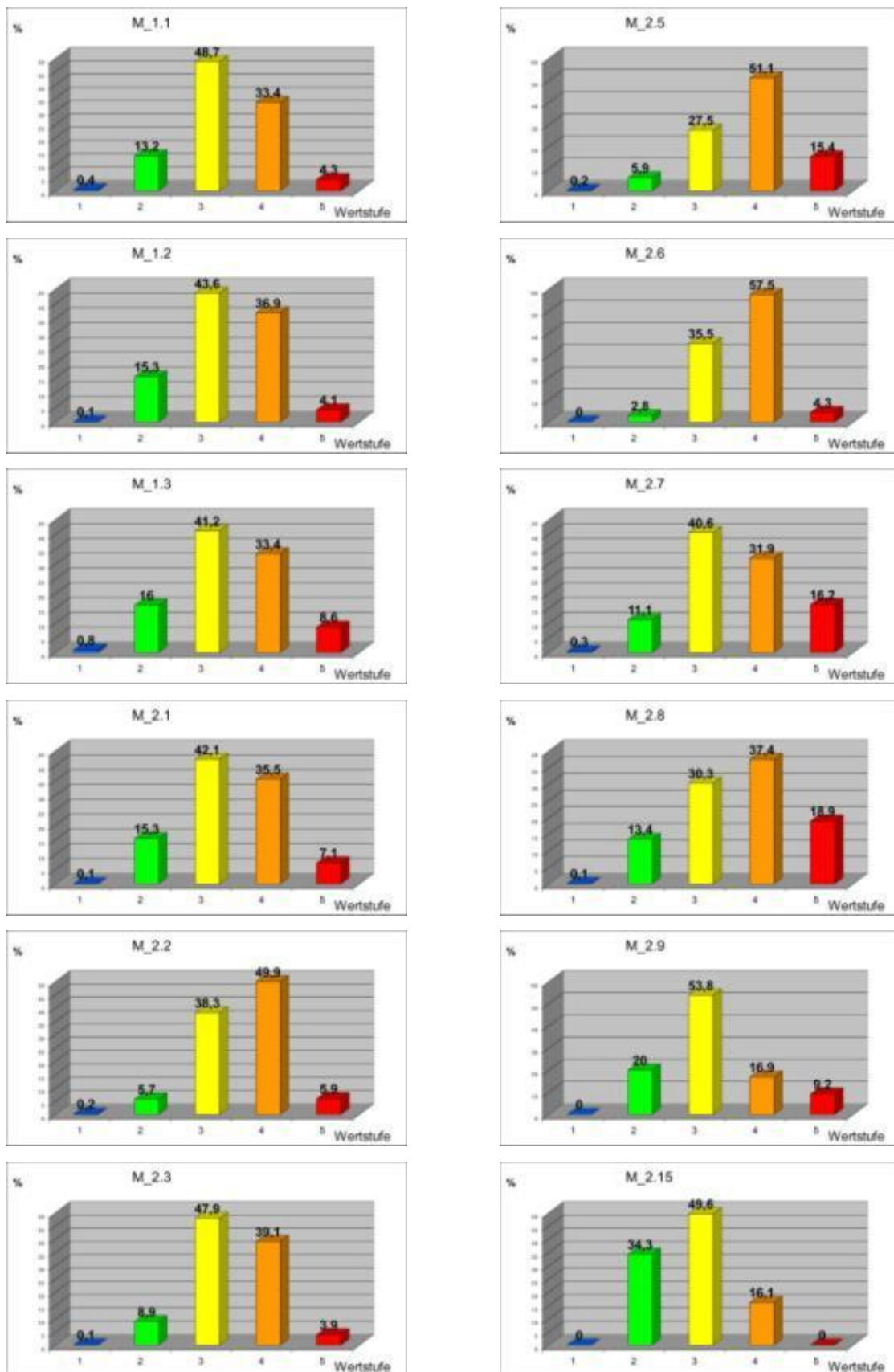


Abbildung 23: Statistik zur Verteilung der GEF-Bewertung auf einzelnen Maßnahmen der Gruppe 1 und 2; Maßnahmcodierung „M_x“ nach Tabelle 38.

Die Auswahl erfolgt nach folgendem Schema:

Schritt 1 - Auswahl der Gewässerstrecke innerhalb des Wasserkörpers: je näher man dem Ziel des „guten morphologischen Zustandes“ eines 100-Meter-Abschnitts gekommen ist (also je günstiger seine Abweichungsklasse), desto höher ist seine Priorität; bei Abweichungsklassen „sehr gut“ und „gut“ allerdings keine Maßnahmen mehr erforderlich.

Schritt 2 - Auswahl nach Maßnahmenpriorität oder Bewertung der Entwicklungsfähigkeit: Gewässerabschnitte, für die bereits Maßnahmen erarbeitet wurden, werden nach der Rangierung der Maßnahme eingestuft. Insofern keine Maßnahmenkonzeption vorliegt, erfolgt die Prioritätsfindung auf Basis der Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit.

Bei den vorgenannten Überlegungen und Maßnahmenauswahlen ist ferner die funktionale Vernetzung von Gewässerlebensräumen (Trittsteinaspekt) zu berücksichtigen.

Tabelle 40: Ermittlung prioritärer Bereiche für Gewässerschauen und Entwicklungsplanung.

Bewertung Abweichungsklasse „mäßig“	Bewertung Abweichungsklasse „unbefriedigend“	Bewertung Abweichungsklasse „schlecht“	Schritt 1		
1	2	3	Prioritätsstufe nach Schritt 1		
Prioritätsstufe der Maßnahme, alternativ Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit bei fehlender Rangierung der Maßnahmen			Schritt 2		
1	2	3	4	5	Prioritätsstufe nach Schritt 2

Nachfolgend werden auf Basis der einzelnen Schritte zusammenfassende Prioritätsstufen gebildet; die Ziffern werden hierbei zu einer dreistelligen Zahl aggregiert.

Tabelle 41: Beispiel zur Aggregation einer Priorität zur Auswahl von Vorrangstrecken.

1	2	3	Prioritätsstufe nach Schritt 1		
1	2	3	4	5	Prioritätsstufe nach Schritt 2

Priorität der Vorrangstrecke **22** **13**

Im Allgemeinen gilt, dass die Priorität der Vorrangstrecke mit abnehmender Zahl steigt. Allerdings erlaubt das Prioritätsschema dem Bearbeiter auch eigene Kriterien zu definieren, wenn bestimmte fachliche Gründe eine abweichende Priorisierung erfordern.

Beispielsweise kann für einzelne Gewässerabschnitte der Vorrang des Arbeitsschrittes 3 vor 2 eine sinnvolle Forderung darstellen, insofern auch eine „unbefriedigend“ eingestufte Abweichungsklasse bei „hoher“ Entwicklungsfähigkeit kurz- bis mittelfristig zu einem „guten morphologischen Zustand“ entwickelt werden kann (Vorrang 2X vor 1X). Demzufolge kann ein 100-Meter-Abschnitt mit einer Einstufung „22“ (Abweichungsklasse „unbefriedigend“, Gewässerentwicklungsfähigkeit „hoch“) aufgrund seiner hohen Entwicklungsfähigkeit höher priorisiert werden als ein Abschnitt mit „13“ (Abweichungsklasse „mäßig“, Gewässerentwicklungsfähigkeit „mäßig“).

6.4 Gewässerentwicklungsfähigkeit in der Praxis

Die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit hessischer Fließgewässer liefert dem Praktiker ein zusätzliches Instrument zur erfolgreichen Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Allerdings standen bei der Ermittlung der Gewässerentwicklungsfähigkeit nicht alle Informationen zur Verfügung, die für eine umfassende Bewertung gefordert werden müssen. Aus diesem Grunde ist eine abschließende Kontrolle der Bewertung des eigendynamischen Potenzials der Gewässer vor Ort unerlässlich.

Folgende Aspekte sind besonders zu berücksichtigen bzw. zu überprüfen:

Datenaktualität und Datenqualität

- Der GESIS-Datenbestand, der eine wesentliche Basis der Auswertung darstellte, ist auf Aktualität zu überprüfen. Zum Zeitpunkt der Auswertung lagen nicht sämtliche Informationen zu abgeschlossenen Gewässerrenaturierungen vor. Darüber hinaus sind Änderungen der Flächenverfügbarkeit bzw. Nutzungsänderungen im direkt angrenzenden Gewässerumfeld denkbar, so dass (k)ein benötigter Entwicklungskorridor für die Gewässerentwicklung zur Verfügung stehen könnte,

Datenlücken zu Restriktionen der Gewässerentwicklung

- Informationen zu Ver- und Entsorgungseinrichtungen im gerinnenahen Bereich wie (Ab)Wasserkanäle, Gasleitungen, Stromtrassen, etc. standen bei der Datenauswertung nicht zur Verfügung; sie besitzen restriktive Wirksamkeit und sind daher von Sachbearbeitern weiterführend zu berücksichtigen.

Sonstige versteckte Restriktionen

- Teilweise besteht durch überwachsenen oder von Festmaterial überlagerten Uferverbau ein deutlicher Regenerationswiderstand, der die eigendynamische Entwicklung einschränkt
- Dichte Gehölzbestände im Uferbereich können die Entwicklungsfähigkeit wesentlich einschränken; u.U. ist daher die punktuelle Entfernung standorttypischer Gehölze zu fordern
- Bei Maßnahmenumsetzung bzw. bei Duldung der ungestörten Gewässerentwicklung muss das Problem der Kolmatierung Berücksichtigung finden. Insbesondere bei Einbringung /

Vorhandensein von Totholz und/oder Sohlanhebungen ist zu beachten, dass Kolmatierungsprozesse nicht zu jeder Jahreszeit/Abflusssituation sichtbar sind

- Die Fortschritte der Gewässerentwicklung müssen nach Maßnahmendurchführung bei Bachschauen geprüft werden; so kann etwa Totholz auch entwicklungshemmend bei ungünstiger Lage wirken (Bsp. Sturzbaum im Krümmungsbereich)
- Die Gewässerunterhaltung (Gehölzschnitt, Totholzräumung, etc.) muss in ihrer Wirkung auf die Gewässerentwicklung bewertet werden
- Bei der Beseitigung von Quer- und Sohlverbauungen muss geprüft werden, ob durch diese Maßnahme Tiefenerosionsprozesse gefördert werden; wäre dies der Fall, so sind begleitende Maßnahmen zur Förderung der Breiten- oder Laufentwicklung (Initiierung der Lateralerosion) zwingend notwendig
- Im Planungsverfahren und bei der Maßnahmendurchführung ist Expertenwissen zur Beurteilung des Entwicklungsstadiums eines Gewässers gefordert. Insbesondere bei Gewässern mit Neigung zur Tiefenerosion muss das Renaturierungsziel (Sohlanhebung oder Sekundärauenentwicklung) sorgfältig festgelegt werden

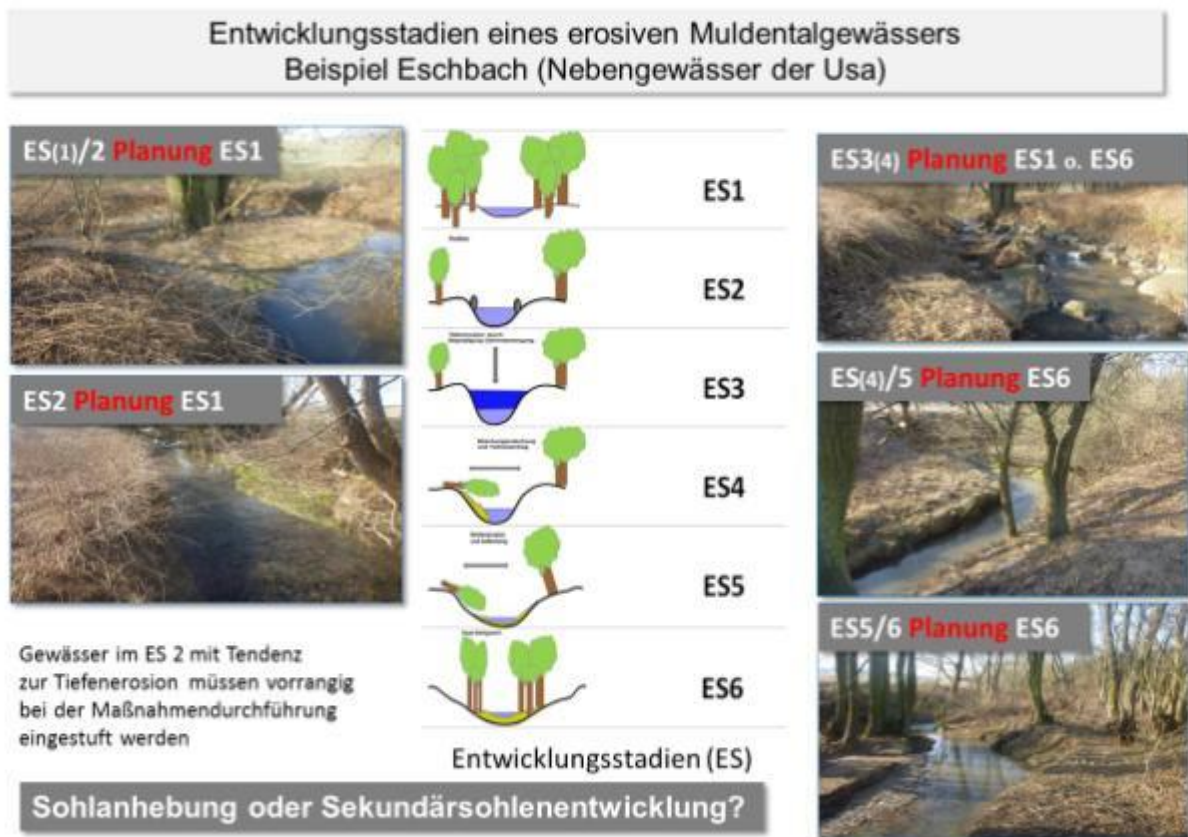
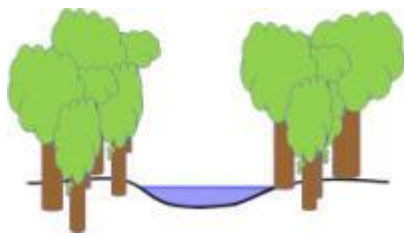


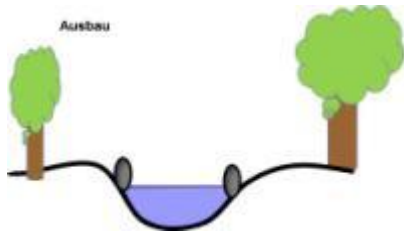
Abbildung 24: Im Eschbach (Taunus) kann für die Gewässerabschnitte der Entwicklungsstadien 2 und 3 aufgrund der Abflusssituation und der Geschiebeführung das Planungsziel „Sohlanhebung“ anvisiert werden.

Nach KERN (1998) können die Entwicklungsstadien im Überblick folgendermaßen klassifiziert werden:



ES1

Stadium 1 weist natürliche oder naturnahe Gewässerstrukturen (Laufentwicklung, Profileintiefung, Uferneigung, Sohlensubstrate, etc.) auf.



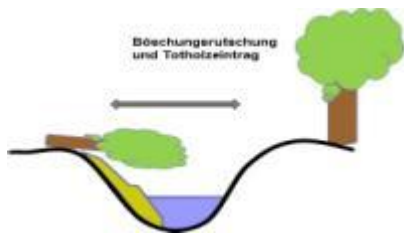
ES2

Stadium 2 ist durch Begradigung und vielfältige Formen von Gewässerverbau dokumentiert, die eine natürliche Gewässerentwicklungsfähigkeit verhindern.



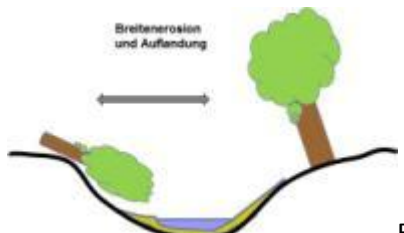
ES3

Stadium 3 kennzeichnet verstärkte Tiefenerosionsprozesse im Gewässer als Folge der Beschränkung der Beweglichkeit des Stadiums 2.



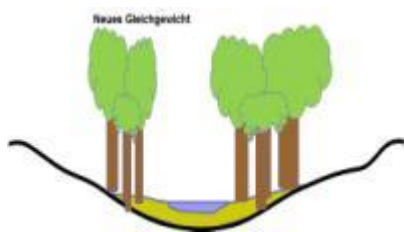
ES4

Stadium 4 zeigt bei fehlender Gewässerunterhaltung Böschungsrutschungen und nachfolgenden Abtransport als „Gestriebe“.



ES5

Stadium 5 charakterisiert infolge der Ufererosion Aufweitungen des Gewässerbettes und Ablagerung des Gestriebes durch die verringerte Strömungskraft.



ES6

Stadium 6 präsentiert einen neuen Gleichgewichtszustand des Gewässers zwischen Abtragung (Erosion) und Ablagerung (Akkumulation) eines „eingetieften“ Gewässerbettes („Sekundäraue“).

7 Zusammenfassung

Die Ermittlung der gewässermorphologischen Entwicklungsfähigkeit der hessischen Fließgewässer soll für eine nachhaltige, zeitnahe und erfolgreiche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) einen sachdienlichen Beitrag leisten. Ziel dabei ist es, Gewässerstrecken zu identifizieren, an denen mittel- bis langfristig möglichst kostengünstige Maßnahmen zur Förderung der Eigenentwicklung durchgeführt werden können. Das bereits vorliegende Maßnahmenprogramm der Wasserrahmenrichtlinie und die Zielstellung wassergebundener FFH-Gebiete sollte dabei in einem besonderen Maße berücksichtigt werden.

Ein umfassendes Studium bereits vorliegender Arbeiten zur Bewertung der eigendynamischen Entwicklungsfähigkeit liefert die fachliche Grundlage zur Methodenentwicklung. Neben dem saarländischen und rheinland-pfälzischen Verfahren zur Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit gehen in die Konzeption zur Ermittlung der Eigendynamik hessischer Fließgewässer auch französische Klassifikationsmodelle der dortigen Wasseragenturen (AGENCE DE L'EAU) ein.

Datengrundlage

Zentrale Grundlage bilden die Gewässerstrukturgütedaten (GESIS). Darüber hinaus stellen weitere Datenbanken der biozönotischen Gewässertypen, der Bodenarten, der Abflussverhältnisse, der Fischregionen, der Gefällesituationen, der Landnutzung nach ATKIS, der Strukturmaßnahmen nach WRRL, Überschwemmungsgebiete sowie der Wanderhindernisse eine wesentliche Arbeitsgrundlage dar.

Methodik

Die Methode zur Ermittlung der Gewässerentwicklungsfähigkeit basiert auf der zusammenführenden Bewertung zweier wichtiger Komponenten: der Entwicklungsfreudigkeit und des Entwicklungspotenzials.

Die **Entwicklungsfreudigkeit** beurteilt auf Basis der *Abflusssdynamik*, der *breitenspezifischen Strömungsleistung*, der *Ufererodierbarkeit* und der *Geschiefeführung* die „natürliche Komponente“ der Eigendynamik.

Die *Abflusssdynamik* bezeichnet die Schwankungen in der Abflussmenge, insbesondere das Verhältnis von Hochwasserabfluss zu Niedrigwasserabfluss. Sie ist vornehmlich abhängig von der Niederschlagsmenge und der Durchlässigkeit des Bodens. Bei sandigen Böden wird der Niederschlag

vergleichsweise schnell in tiefere Schichten abgeleitet, während lehmige Böden weitaus undurchlässiger sind. Die Beziehung zwischen Niederschlag, Bodenart und Abflusswirksamkeit (Höhe der Abflussmenge) ist dabei außerordentlich komplex. Die *breitenspezifische Strömungsleistung* ist ein Maß für die „Erosionskraft“ des Wassers und wird in W/m^2 berechnet. Je größer das *Gefälle*, je höher der *Abfluss* und je geringer die *Breite* des Bach- oder Flussbettes, desto höher ist das Entwicklungsvermögen. Die *Ufererodierbarkeit* zeigt die Möglichkeit des Bodenabtrags durch die Kraft des Wassers im Uferbereich an. Sie hängt in erster Linie von der Bodenart ab (Sand, Schluff, Ton oder Lehm mit zahlreichen „Zwischenstufen“), wird darüber hinaus durch den Grobbodenanteil, den Durchwurzelungsgrad und die Erosionswirkung des Geschiebes bestimmt. Auf Basis der Kombinationswirkung dieser Einzelgrößen ist ein komplexes Verfahren zur Bestimmung der Abtragsleistung von Bodenpartikeln im Uferbereich entwickelt worden. Die *Geschiebeführung* bezeichnet den Transport oder die Umlagerung von Feststoffen wie Sand, Kies und Schotter durch die abfließende Welle. Die Wirkung der Geschiebeführung auf die Erosionskraft im Uferbereich wird durch ein gewichtetes Auswertungsverfahren abgeschätzt.

Das **Entwicklungspotenzial** beurteilt als „restriktive“ Komponente die Beschränkung von Entwicklungsprozessen der Fließgewässer durch menschliche Einwirkung. Die Bewertung des Entwicklungspotenzials variiert in Abhängigkeit zu Größe des Fließgewässers und seiner Lage, d.h. es ist abhängig davon, ob das Gewässer in der freien Landschaft oder innerhalb einer Ortslage fließt. Während in der freien Landschaft die Gewässerentwicklung bei extensiv genutzter oder völlig ungenutzter Fläche weitestgehend möglich ist, schränken in Ortslagen Siedlungsbebauung und Erfordernisse des Objektschutzes die freie Dynamik ein. Ebenso können bei großen Fließgewässern Nutzungsansprüche im Bereich des Gewässerumfeldes und der Hochwasserschutz die Entwicklungsmöglichkeiten begrenzen. Um diesen verständlichen Erwartungen gerecht zu werden, wird das Entwicklungspotenzial fallbezogen differenziert berechnet.

Für das Entwicklungspotenzial sind die *Einflussgrößen Regenerationswiderstand, Flächenverfügbarkeit, lineare Restriktion* sowie *Prozessdynamik* von zentraler Bedeutung. Der *Regenerationswiderstand* bewertet die Beschränkung der Beweglichkeit eines Fließgewässers durch direkte Eingriffe. Neben dem Sohlen- und Uferverbau geht dabei auch die „Lauffixierung“ durch Gestaltung der Gehölzentwicklung in die Beurteilung des Parameters ein. Zudem wird die Auswirkung der Tiefenerosion in Bezug auf die eigendynamische Entwicklung untersucht. Die *Flächenverfügbarkeit* betrachtet die Einwirkung verschiedenster Aktivitäten im gewässerangrenzenden Randbereich. Neben der Art der Flächennutzung wird die Distanz zu Umfeldrestriktionen (Gebäude, Straßen und dergleichen) ausgewertet. Die *lineare Restriktion*

untersucht die Wirkung von Querverbauungen (Wehre, etc.), Verrohrungen und Stillgewässern (Teiche, Seen) auf Rückstauereffekte. Negativ eingestuft werden die Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit und die Behinderung der Geschiebedurchgängigkeit. Die *Prozessdynamik* wird über ein sehr komplexes Auswertungsschema beurteilt. Vor Ort festgestellte Indikatoren der Entwicklungsprozesse werden in Kombination und Abhängigkeit zu restriktiven Eingriffen wie Begradigung, Krümmungsverhalten, Breitenentwicklung, Profilüberformung und Lauffixierung durch Uferbewuchs bewertet.

Ermittlung der Gewässerentwicklungsfähigkeit - Ergebnisse

Die Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit erfolgt in Anlehnung an die WRRL-Klassifikation durch Mittelwertbildung zwischen Entwicklungsfreudigkeit und Entwicklungspotenzial in einem fünfstufigen Schema.

Entwicklungsfreudigkeit

Vor allem die Taunuszufüsse zum Rhein und zur Lahn sowie die Oberläufe im Vogelsberg und die Gewässer im Westerwald besitzen eine „hohe“ **Abflusssdynamik**. Von entscheidender Bedeutung für das Abflussverhalten ist neben der Höhenlage die Niederschlagsverteilung. So sind beispielsweise die Osthänge (windabgewandte Seite) des Vogelsbergs im naturräumlichen Vergleich niederschlagsärmer und besitzen eine vergleichsweise „geringere“ Abflusssdynamik. Erwartungsgemäß ergeben sich für die **Strömungsleistung** „hohe“ Einstufungen in den gefällestarken Gebieten des Vogelsbergs, des Taunus, des Westerwaldes und im Bereich des Hessisch-Fränkischen Berglandes. Hinsichtlich der **Ufererodierbarkeit** werden insbesondere die „sanddominierten“ Bereiche des Odenwaldes und des Spessarts sowie Bäche und Flüsse im Rhein-Main-Tiefland mit der Bewertung „sehr hoch“ eingestuft. Der Taunus, der Westerwald und das Westhessische Bergland erweisen sich als uneinheitlich, es wird jedoch in diesen Naturräumen ein Schwerpunkt bei „hohen“ und „mäßigen“ Wertstufen festgestellt. Die Wirkung der **Geschiebeführung** auf die Gewässerdynamik wird insbesondere in Bereichen mit hohem Gefälle bei fehlender Restriktion bzw. ohne Nutzungsanspruch im Gewässerumfeld als „hoch“ bewertet. Über 50 % der Gewässerstrecken müssen jedoch den Wertstufen „gering“ bzw. „sehr gering“ zugeordnet werden. Bei der zusammenfassenden Bewertung der **Entwicklungsfreudigkeit** dominieren „hohe“ (33%) und „mäßige“ (42%) Wertstufen.

Entwicklungspotenzial

Der **Regenerationswiderstand** ist insbesondere in den naturfernen Bereichen „hoch“. Allerdings zeigt sich für Hessen ein vielfältiges räumliches Mosaik bezüglich der Einschränkung der Beweglichkeit von Bächen und Flüssen. Demzufolge können auch in stärker genutzten Talauen zum Teil positive Entwicklungstendenzen erwartet werden. Das gravierendste Problem in Hinblick auf die eigendynamische Entwicklungsfähigkeit resultiert aus der geringen **Flächenverfügbarkeit**. 47% der Gewässerabschnitte werden in Hinblick auf Flächenverfügbarkeit mit der schlechtesten Wertstufe „sehr gering“ kategorisiert. Das Potenzial der **Prozessdynamik** zeigt sich hingegen deutlich gleichmäßiger verteilt. Ca. 50% der Gewässerabschnitte fallen in die Kategorie „sehr hoch“ bis „mäßig“. Gerade für diesen Parameter eröffnen sich Möglichkeiten, insofern bereits vorhandene Entwicklungsansätze gezielt durch Unterhaltungsmaßnahmen weiter gefördert werden. Infolge der eingeschränkt verfügbaren Fläche muss das **Entwicklungspotenzial** in der hessenweiten Übersicht zu annähernd 50 % in die Klasse „gering“ und „sehr gering“ eingestuft werden. Dennoch existieren vielerorts hinreichende Möglichkeiten, um die naturnähere Entwicklung der Bäche und Flüsse zu fördern. Oftmals sind lediglich einfache Verbesserungsmaßnahmen wie das punktuelle Entfernen von Uferverbauungen in Verbindung mit einer Verbreiterung des ungenutzten Gewässerrandes notwendig.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Bewertung der **Gewässerentwicklungsfähigkeit** zeigt eine deutliche Dominanz der Wertstufe „mäßig“ (39%); Bereiche mit den Einstufungen „sehr hoch“ und „hoch“ treten in 24% der Fälle auf. Die Ergebnisse können als vielversprechend angesehen werden. Auch die Gewässerabschnitte mit der Bewertung „mäßig“ besitzen zweifelsohne noch ein weiteres Verbesserungspotenzial, das es durch entsprechende Maßnahmen zu aktivieren gilt.

GIS-gestützte Datenaufbereitung - morphologische Umweltziele - Rangierung von Maßnahmen

Für Hessen wurden morphologische Umweltziele definiert, die eine „gewässermorphologische Mindestausstattung“ von Strukturparameterkombinationen für die Komponenten Fische und Makrozoobenthos festlegen. Die morphologischen Umweltziele liegen als GIS-Datenbank vor.

Die Einzelparameter zur Beurteilung der Gewässerentwicklungsfähigkeit wurden gleichermaßen als GIS-Layer für das Intranet des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie aufbereitet. Durch Verschneidung mit der Datenbank der morphologischen Umweltziele können so Gewässerabschnitte

selektiert werden, die zur Umsetzung der vorliegenden Maßnahmenplanung WRRL aufgrund eines hohen eigendynamischen Entwicklungspotenzials als vorrangig einzustufen sind.

Darüber hinaus wird eine erste Rangierung der Strukturmaßnahmen WRRL entsprechend der ermittelten Eignungen der Gewässerentwicklungsfähigkeit durchgeführt. Hierzu wird eine Prioritätenfolge sowohl für die Einzelmaßnahme als auch ggf. für mehrere Maßnahmen innerhalb einer Maßnahmenkombination für alle Gewässerteilstrecken vorgeschlagen.

8 Literatur

ADAM, P., DEBIAIS, N. et MALAVOI J.-R. (2007): Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, Agence de l'Eau Seine-Normandie, Nanterre.

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE & AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE-CORSE, Hrsg. (2010): Fuseau de mobilité und Espace de liberté.

BANNING, M., M. MARBURGER, C. LACZNY (2008): Maßnahmenableitung und Operationalisierung der morphologischen Umweltziele auf der Grundlage der Ergebnisse des biologischen Monitorings in Hessen. Abstract zum UBA-Workshop „Ökologische Effektivität von hydromorphologischen Verbesserungmaßnahmen an Fließgewässern. Berlin

CHARRIER, P. (2011): Ermittlung des Flächenbedarfs für eine naturgemäße laterale Beweglichkeit von Fließgewässern des Saarlandes.

FERGUSON, R. (1987): Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern. In: River channels - environment and process. K. Richards (Ed.), Basil Blackwell, 129-158.

HILLENBRAND, T. & J. LIEBERT (2001): Kosten-Wirksamkeitsanalyse für Gewässerstrukturmaßnahmen in Hessen. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI). Karlsruhe.

HMUELV (Hrsg.) (2008): Maßnahmenkatalog Gewässerstruktur, http://www2.hmuelv.hessen.de/imperia/md/content/internet/wrrl/2_umsetzung/beteiligungsplattformen_ow/massnahmenkatalog_struktur_080603.pdf

HUGO, R. (2002): Projektmanagement Fließgewässersysteme - Wege zur Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen im Projektgebiet Rhein-Main. Erarbeitung einer Software-Applikation zur Prognose und Effizienz von Planungen in einem 1500 km umfassenden Projektgebiet. Auftraggeber: Auenzentrum Hessen, unterstützt von der FRAPORT AG

HUGO & KORTE (2008): Überarbeitung der fischfaunistischen Referenzen der Fließgewässer des Oberrheingrabens in Rheinland-Pfalz. Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG) ; unveröffentlichte Projektstudie.

KERN, K. (1994): Technische Möglichkeiten und Grenzen bei der Sanierung erodierter Fließgewässer. In: Beiträge zur Fachtagung „Renaturierung einer Bachaue“ am 7./8. März in St. Wendel, Saarland, 33-44.

KERN, K. (1998): Sohlenerosion und Auenauflandung – Empfehlungen zur Gewässerunterhaltung. Hrsg: Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung, Mainz.

KERN, K. (2000): Konzept der integrierten Gewässerentwicklung - Einstufung der Entwicklungsfähigkeit von Gewässern. Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG) ; unveröffentlichte Projektstudie.

KORTE, E. & R. HUGO (2006): Entwicklung typbezogener fischereilicher Leitbilder in Rheinland-Pfalz. Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG); unveröffentlichte Projektstudie.

KUBINIOK, J., M. HINSBERGER, R. HUGO & C. KINSINGER (2012): Entwicklung eines Modells zum Feststoffhaushalt in den Fließgewässern am Beispiel des Einzugsgebietes der Nahe. Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG); unveröffentlichte Projektstudie.

LAWA HRSG. (1996): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer (Empfehlung). Im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.

LAWA HRSG. (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer (Empfehlung). Im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.

LÖFFLER, PROF. DR. E., C. BRENK, P. CHARRIER, R. HIRSCH, M. HINSBERGER, C. KINSINGER, G. WEBER (2006): Ermittlung und Bewertung der Gewässerentwicklungsfähigkeit saarländischer Fließgewässer als Grundlage für die Erstellung von Bewirtschaftungsplänen zur Erreichung des Guten Zustands nach Vorgabe der EG-WRRL. Saarbrücken.

MARBURGER, M. (2008) : Umweltziele hydromorphologische Komponenten. In: Handbuch Hessen

SCHERLE, J. (1999): Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen – Grundlagen, Leitbilder, Planung. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik. Universität Karlsruhe. Heft 199.

LANDESBETRIEBES FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT DES LANDES SACHSEN-ANHALT (HRSG) (2010): Beurteilung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper in Sachsen-Anhalt

REGIERUNGSPRÄSIDIUM DARMSTADT (HRSG) (2007): „Pilotprojekt Modau - Erstellung eines Maßnahmenprogramms für ein kleines Einzugsgebiet im Sinne der EG-WRRL (Kurzbezeichnung: Pilotprojekt Modau)“, Abschlussbericht, 3 Bände, unveröffentlicht, Darmstadt.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM KASSEL (HRSG) (2007): „Ableitung von Prioritäten bei Maßnahmen zur Verbesserung der aquatischen Durchgängigkeit in Gewässersystemen des Koordinierungsraumes Fulda/Diemel (Kurzbezeichnung: Pilotprojekt Fulda/Eder/Schwalm)“, Abschlussbericht, 3 Bände, unveröffentlicht, Kassel.

SCHWARZER, A., EICHELMANN, R., HARTMANN, D., HUFMANN, S., HUGO – PULVERMACHER, R., NAGEL, K.-O., ROLLER, S. (1998): Einzugsgebietsbezogenes Rahmenkonzept Kinzig als Modellprojekt für hessische Mittelgebirgsbäche.

SIMON, A. (1989): A model of channel response in disturbed alluvial channels. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 14, 11-26.

VANOTTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., CUSHING; C.E. (1980): The River continuum concept. CA. J. Fisch.. Aquat. Sci. 37: 130-137.

9 Anhang

In Hessen sind alle Einflussgrößen zur Berechnung der Strömungsleistung flächendeckend vorhanden. Die Daten wiesen zunächst in Teilbereichen Mängel bzw. Ungenauigkeiten auf, konnten jedoch durch Überarbeitungsschritte ausreichend korrigiert werden (Verweis Anlage 1)

Bei den Datensätzen zu Breitenangaben existierten fehlende Angaben/Unstimmigkeiten

- Fall A: 2.160 Datensätze mit Eintrag „0“ Meter
- Fall B: 1.297 Datensätze mit unplausiblen Einträgen (Eintrag 3 Meter) bei deutlich größerer Breite, betroffen Grenzlagen zu benachbarten Bundesländern der Gewässer Ulster, Werra, Weser und Diemel¹²
- Fall C: 145 fehlende Datensätze der Oberläufe

Überarbeitung:

Grundgedanke: zwischen Gewässerbreite und HQ2 (entspricht in etwa dem bordvollen Abfluss) besteht ein mathematisches Verhältnis

Fall A:

da 40.147 Datensätze eine Breite zwischen 2,6 und 3 Metern aufweisen, wurde -insofern HQ2 < Mittelwert HQ2 aller Gewässer <=3 Meter- eine Gewässerbreite von 3 Metern zugeordnet; 1.264 Datensätze konnten so überarbeitet werden.

886 Datensätze konnten somit nicht zugeordnet werden. Die Breiten zu Falkengässerbach (69 Abschnitt Kennung 2389682) und Finkenbach (90 Abschnitt Kennung 238968) wurden nach den Verhältniswerten HQ2 zu Breite der benachbarten Gewässer Ulfenbach und Gadener Bach korreliert; die Zuordnung der restlichen Gewässerabschnitte verschiedener Fließgewässer erfolgte nach der Breitenangabe des mündungsnäheren Abschnittes

Fall B:

Die Breitenangaben wurden über das Verhältnis von HQ2/Breite plausibilisiert. Für eindeutig unplausible Abschnitte (Eintrag 3 Meter bei vergleichsweise hohem HQ2) wurde die Breite der aus dem HQ2 berechnet. Der Abgleich erfolgte über benachbarte Gewässerbereiche. Bei fehlenden Abflusswerten wurde HQ2 als Mittelwert aus den beiden begrenzenden Abschnitten (ober- und unterhalb) berechnet

- **Ulster** 260 Abschnitte;
- **Werra** 685 Abschnitte
- **Weser** 41 Abschnitte
- **Diemel** 311 Abschnitte

¹² Das Problem fehlerhafter Einträge bei Grenzgewässern besteht in zahlreichen Bundesländern

Fall C:

Übertrag des letzten Breitereintrags auf den oberliegenden Gewässerabschnitt (Plausibilisierung über Verhältnis HQ2/Breite)

- 13 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 247612
- 39 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 239818
- 11 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 424414
- 2 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 428816
- 5 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 444722
- 6 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 25848
- 69 Abschnitte in Oberlauferweiterung ergänzt Kennung 25842

Verweis Anlage 2

2000)

Entwicklung... Einstufung der Entwicklungsfähigkeit von Gewässern

material (Zusammensetzung) in Anlehnung an die talmorphologischen Gewässertypen (von C. Kins

Geologie	Kerbtal-gewässer	Sohlenkerb-tal-gewässer	Maandertal-gewässer	Muldental-gewässer	Auetal-gewäs-ser flach <6‰
vorwiegend Schiefer und Tonschiefer	Steine u. Blöcke, anstehender Fels selten feinere Substrate	geschicht. Leh-me, Sande, Kiese häufig über Steinen, Blöcken und Fels	Fels und Blöcke bei Hangkontakt, sonst Kiese und Steine mit teilw. Lehm, Aufl	Lehm über kiesig-steinigem Material	ungeschichtete Lehme mit hohem Ton- und Schluff-anteil
Quarzitrucken (Hunsrück), Vulkan Decken und Massive (Westwald)	Steine und Blöcke (häuf. Grob-böcke); selten "nackter" Fels	kiesig – steiniges Ufermaterial mit vereinzelt dünner Lehmauflage	wie oben, jedoch nur selten Lehmauflage am Innenufer	steiniges Substrat mit teilw. deutl Lehmauflage (geringer Sandanteil)	nicht vorhanden
Muschelkalk (Westrich, Biburger Graben)	massenhafte Steine, seltener Fels und Grobblecke	geschichtete schwere Lehme mit wenig Sand; kiesig-steinige Zwischenschichten	Fels u. Blöcke bei Hangkontakt; sonst teilw. mächt. Lehme, üb. steinig, Basis	meist schwere Lehme über teilw. anstehender steiniger Basis (Schutt)	schwere Lehme mit hohem Ton- und Schluffanteil
Sandsteingebiet e (vorwiegend Pfälzerwald)	rascher Wechsel von Sand, Kies und Steinen, teilweise Blöcke und Fels	dominiert v. Sand u. Kies, Steine, Blöcke u. Fels treten in dies. Reihenfolge zurück	kaum vorhanden; vergleichbar mit Kerbtälern	nicht vorhanden	sandige Lehme oder lehm. Sande mit vereinzelt Sandbändern
vorw. feinklast. Sedimente (Ton, Schluff, Sand, Konglomerate)	rascher Wechsel von Sand u. Kies über Steinen, Blöcken und Fels	geschichtete Leh-me, Sande, Kiese häufig über Steinen, Blöcken und Fels	bis auf Fels-kontakt am Hang mächtige, meist ungeschichtete Lehme	geschichtete Lehme unterschiedl. Zusammensetzung	mächtige, meist ungeschichtete einheitl. Lehme
Vulkanische Decken und Massive	Vergleichbar mit den Quarzitrucken und vulkanischen Decken des Rheinischen Schieferg				

Verweis Anlage 3

RN (2000)

serentwicklung - Einstufung der Entwicklungsfähigkeit von Gewässern

eschiebeart und -führung in Anlehnung an die talmorphologischen Gewässertypen

	Geologie	Kerbtal-gewässer	Sohlenkerb-tal-gewässer	Mäandertal-gewässer	Muldental-gewässer	Auetal-gewäs-ser flach <6%
ien						
ge	vorwiegend Schiefer und Tonschiefer	sehr hoher Geschiebetrieb, überwiegend Steine bis mittlere Blöcke	hoher Geschiebetrieb; Zunahme von feineren Körngroßen, keine Blöcke	wie Kerbtalge-wässer, aufgrund großer Schleppl-kraft Zunahme der Blockfraktion	mittlerer Ge-schiebetrieb; hoher Kiesanteil, kaum grobe Stei-ne, keine Blöcke	geringer bis mittlerer Geschiebetrieb; hohe Schwebfracht
ge	Quarzitrucken (Hunsrück), Vulkan Decken und Massive (Westenwald)	sehr hoher Geschiebetrieb, Dominanz der Klein- u. mittleren Blockfraktion	hoher Geschiebetrieb; Dominanz der Stein- und Blockfraktion	wie Kerbtalge-wässer, aufgrund großer Schleppl-kraft Zunahme der Blockfraktion	mittlerer Geschiebetrieb; Grobkies u. Klei-Steine dominant, kaum Feingesch.	nicht vorhanden
h	Muschelkalk (Westlich, Biburger Graben)	sehr hoch Geschiebetrieb, massen-haft Auftreten der Steinfraktion	hoher Geschiebetrieb; deutliche Zunahme der Kiesfraktion	wie Kerbtalge-wässer, jedoch Zunahme der Blockfraktion	mittl. Geschiebetrieb; Grobkies u. Kl. Steine dom.; viel Schluff/Ton	geringer Geschiebetrieb; Kiesfrak-tion dominiert; hoch. Schwebanteil
h	Sandsteingebiete (vorwiegend Pfälzerwald)	hoch Geschiebetrieb; Sand und Kies übertreffen Steinfraktion	hoch Geschiebetrieb; Steinfrak-tion tritt gegen-über Kerbtalgew. weiter zurück	kaum vorhanden, vergleichbar mit Kerbtalgewässern	nicht vorhanden	mittlerer Geschiebetrieb; deutliches Vorkommen der Sand- und Feinkiesfraktion
u.	Vonw. feinklast. Sedimente (Ton, Schluff, Sand, Konglomerate)	hoch Geschiebetrieb; Dom. v. Sand u. Kies, vereinz. Steine hoch. Schwebfr.	hoch Geschiebetrieb; Kiesfr. tritt gegenüber Sand zurück, kaum Stein.	vergleichbar mit Sohlenkerbtal-gewässern	hoher bis mittlerer Geschiebetrieb; viel Feingesch., Kies und Steine unregelm.	hoch Geschiebetrieb bei deutlicher Dominanz von Feingeschiebe (<2mm)
u.	Vulkanische Decken und Massive					

Vergleichbar mit den Quarzitrucken und vulkanischen Decken des Rheinischen Schiefergeländes

Verweis Anlage 4: Tabelle aus HILLENBRANDT & LIEBERT (2001).

Tabelle 9: Fragestellungen zu den Geschiebeverhältnissen eines Gewässers und deren Schlussfolgerungen auf die zu erwartenden Entwicklungstendenzen der Gewässerstrukturen (verändert nach Scherle, 1999)

Fragestellung bzw. Feststellung	Zu erwartende Entwicklungstendenzen
Im Gewässerlauf sind deutliche Ufer- und/oder Mittelbankbildungen vorhanden.	starke
Die Gewässersohle ist ohne erkennbare Bankbildung vollständig mit Geschiebe bedeckt und die Gewässerbettbreite ist kleiner als die natürliche Bettbreite.	mittlere
Die Gewässersohle ist ohne erkennbare Bankbildung vollständig mit Geschiebe bedeckt und die Gewässerbettbreite entspricht der natürlichen Bettbreite	geringe
Die Gewässersohle besitzt eine gröbere Geschiebedeckschicht deren kritische Schubspannung kleiner als die bei einem mittleren Hochwasser auftretenden Sohlschubspannungen ist.	geringe
Die Gewässersohle besitzt eine gröbere Geschiebedeckschicht deren kritische Schubspannung größer als die bei einem mittleren Hochwasser auftretenden Sohlschubspannungen ist.	keine
Geschiebe wird in wenigen schmalen Geschieberinnen transportiert oder ist nicht bzw. nur in strömungsberuhigten Bereichen vorhanden.	keine
Geschiebe- und Ufermaterialien bestehen aus vergleichbaren (nicht kohäsiven) Materialien.	mittlere