

Entwicklung und Bereitstellung einer Bewertungsmethodik zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper (Fließgewässer und Seen) gemäß EU-WRRL im Land Sachsen-Anhalt

Tim G. Hoffmann, Dietmar Mehl

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 18246 Bützow, Nebelring 15, postmaster@institut-biota.de

Zusammenfassung: Deutschlandweit bestand bislang kein Verfahren für die Bewertung der „Wasserhaushaltsgrößen“ als hydromorphologische Qualitätskomponenten für die ökologische Zustandsbewertung nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Um die Intensität anthropogen verursachter Veränderungen dieser Prozess- und Zustandsgrößen bezüglich ihrer natürlichen Referenzbedingungen zu erfassen, wurde das HYDREG-Verfahren für Fließgewässer und Seen entwickelt. Dieses mesoskalige und induktive Bewertungsverfahren beurteilt flächendeckend Wassernutzung, Landnutzung, Gewässerausbau, Grundwasserverbindung, Grundwasserquantität, Bau künstlicher Seen und Auenveränderungen hinsichtlich ihrer hydrologischen Wirkungen. Für Fließgewässer und Seen wurden dabei unterschiedliche Teilverfahren zur Anwendungsreife gebracht. Untermuert wird das Bewertungssystem durch eine Validierung der Bewertungsergebnisse anhand von Veränderungen in den Abflusszeitreihen geeigneter hydrologischer Pegel. Im Sinne der WRRL-Zielerreichung „guter Zustand“ wurden zudem grundsätzliche Lösungsansätze in Form eines Maßnahmenkatalogs entwickelt.

Assessment of the naturalness of the hydrological regime of rivers and lakes in the Federal State of Sachsen-Anhalt under the terms of the European Water Framework Directive

Abstract: Up to now no common procedure existed across Germany for the evaluation of the parameters of the water balance as hydromorphological components to support the assessment of ecological status defined by the European Water Framework Directive (WFD). The HYDREG procedure was developed for rivers and lakes to register the intensity of anthropogenic caused changes in the hydrological status compared to the natural conditions. This mid-scale and inductive assessment procedure assesses water use, land use, river development, ground water connection, ground water quantity, construction of artificial lakes and floodplain changes all over the Federal State concerning the hydrologic effects. For rivers and lakes different procedures were developed. The assessment system was verified by a validation of the assessment results on the basis of changes in the discharge time series of suitable hydrologic gauges. In addition, a catalogue of measures to support reaching WFD's „good status“ were developed.

1. Einführung

Eine wesentliche Anforderung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000) zur Umsetzung der ambitionierten Gewässerschutzziele für die Fließ- und Standgewässerkörper bildet die ökologische Zustandsbewertung. Als Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands sind im Anhang V WRRL aufgeführt:

- biologische Komponenten;
- hydromorphologische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten;
- chemische und physikalisch-chemische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten.

Bei den hydromorphologischen Qualitätskomponenten werden für Flüsse und Seen unterschiedliche, als nicht näher definierte „Wasserhaushalts-“ bzw. hydrologische Größen angegeben (Flüsse: Abfluss und Abflussdynamik, Verbindung zum Grundwasser, Seen: Wasser-

standsdynamik/Pegel, Verweildauer/Wassererneuerungszeit, Verbindung zum Grundwasser).

Da deutschlandweit für diesen Teilaspekt der Zustandsbewertung kein anwendungsbereites Verfahren bestand, hat der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt (LHW) die „Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades des Wasserhaushalts der Oberflächenwasserkörper (Fließgewässer und Seen) gemäß EU-WRRL im Land Sachsen-Anhalt“ beauftragt.

Eine Einbeziehung hydrologischer Zustands- und Prozessgrößen zur komplexen oder spezifischen Bewertung ökologischer Zusammenhänge in Gewässer- und Auen-systemen ist international etabliert (vgl. z.B. Tharme, 2003). In Deutschland sind in dieser Hinsicht vor allem zu benennen:

- Verfahren zur Ermittlung eines Mindestabflusses bzw. einer Mindestwasserführung (LAWA,1995;

Pabstmann et al., 1998; Ebel und Gluch, 1998; LA-WA, 2001);

- Verfahren im Zusammenhang mit der WRRL-Umsetzung (Leibundgut und Eisele, 2005; LUA, 2009; Ostrowski und Froehlich, 2006; vgl. zur Thematik auch Jorde, 1997);
- Ansätze und Verfahren im Rahmen der Zustandsbewertung von Fluss- und Stromauen (Brunotte et al., 2009).

2. Untersuchungsgebiet

Ziel war die Entwicklung einer allgemein anwendbaren und vor allem belastbaren Bewertungsmethodik für alle 348 Oberflächenwasserkörper (OWK) entsprechend Anhang II WRRL (dies umfasst Fließgewässer mit einem Eigeneinzugsgebiet von $\geq 10 \text{ km}^2$ und Seen mit einer Flächengröße von $\geq 0,5 \text{ km}^2$) in Sachsen-Anhalt.

Von den insgesamt 25 Fließgewässer- und 14 Seentypen zur WRRL-Umsetzung in Deutschland (UBA, 2007) kommen in Sachsen-Anhalt aufgrund des hohen landschaftlichen Kontrastes zwischen Mittelgebirge und Tiefland immerhin 2/3 aller Fließgewässertypen (insgesamt 16) vor. Auch wenn die Seen überwiegend als Folge des Bergbaues und damit künstlich entstanden sind, kommen immerhin 8 der 14 deutschen Seentypen vor. Damit ist eine Bewertungsmethodik für dieses Bundesland grundsätzlich räumlich übertragbar.

3. Daten und Methoden

3.1 Grundlagen

Um begriffliche Überschneidungen zum Abflussregime zu vermeiden, das gemäß DIN 4049 (DIN, 1992) als der charakteristische und von den Eigenschaften des zugehörigen Einzugsgebietes abhängige Gang des Abflusses

eines Gewässers bezeichnet wird, wird für das WRRL-Bewertungsverfahren der Begriff „hydrologisches Regime“ (HYDREG) eingeführt. Das hydrologische Regime eines Oberflächenwasserkörpers beschreibt dabei Prozess- und Zustandsgrößen des Abflusses (Fließgewässer), des Wasserstandes bzw. Volumens (Seen) und der hydrologischen Konnektivität der Oberflächengewässer zu Auen und Grundwasser. Die Natürlichkeit des hydrologischen Regimes wird gemessen an der Intensität anthropogen verursachter Veränderungen der Prozess- und Zustandsgrößen bezüglich ihrer natürlichen Referenzbedingungen.

Entscheidend ist, dass das HYDREG-Verfahren nicht auf einer Auswertung der punktuellen Ausgangssignale basiert (deduktive Analyse), sondern einzugsgebietsbezogene, anthropogene Einflussfaktoren als Systemeingangssignale bewertet (induktive Analyse). Die punktuellen Ausgangssignale in Form von Pegeldata werden stattdessen zur unabhängigen Validierung der Bewertungsergebnisse herangezogen.

Dieser Prozessstruktur folgt die Auswahl der Indikatoren des Bewertungsansatzes (Abb. 1) mit folgenden weiteren Grundsätzen:

- Unabhängigkeit: Jeder Indikator sollte möglichst überschneidungsfrei zu anderen Indikatoren den anthropogenen Einfluss auf das hydrologische Regime beschreiben.
- Systembezug: Der maßgebliche hydrologische Systembezug sollte durch den Indikator abgedeckt werden (z.B. kumuliertes oberliegendes Einzugsgebiet).
- Dimensionstreue: Die verwendeten Indikatoren sollten in räumlicher und zeitlicher Auflösung der gewählten Betrachtungsdimension (hier meso- bis makroskalig) entsprechen.

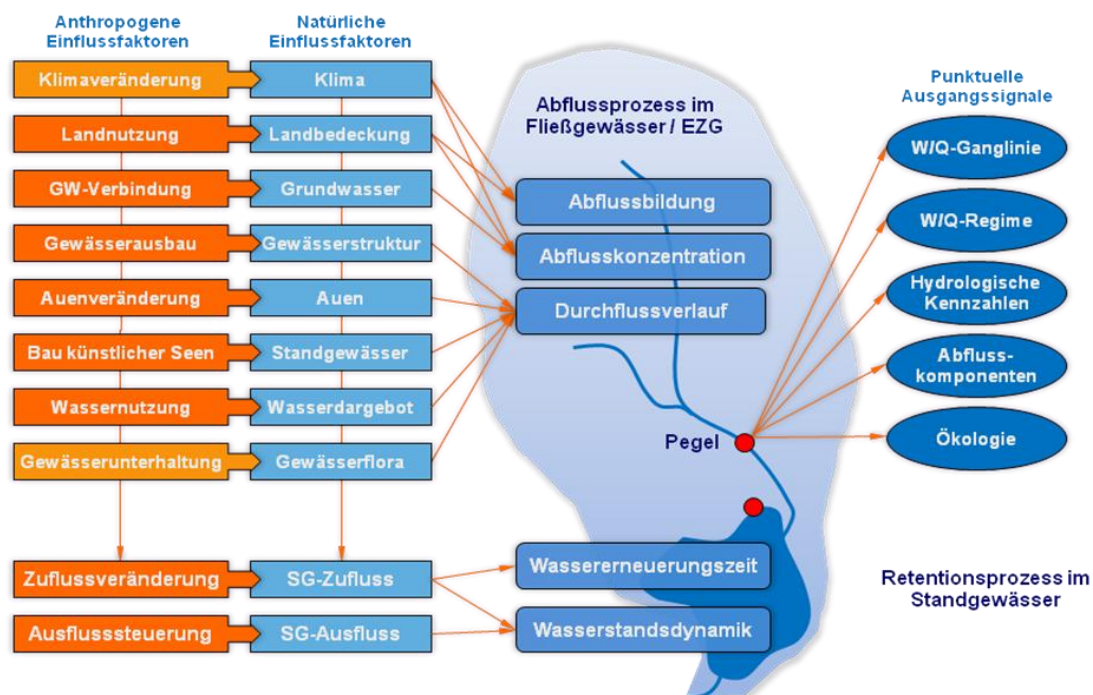


Abb. 1: Einflussfaktoren und Ausgangssignale des hydrologischen Regimes der Fließ- und Standgewässer.

Als anthropogene Einflussfaktoren mit relevanten Auswirkungen werden mit dem HYDREG-Ansatz Landnutzung, Grundwasserverbindung, Gewässerausbau, Auenveränderung, Bau künstlicher Seen und Wassernutzung bei Fließgewässern sowie Zuflussveränderung und Abflusssteuerung bei Seen analysiert und bewertet. Entsprechend des o. g. Prinzips der Dimensionstreue wurden die anthropogenen Einflussfaktoren „Klimaveränderung“ und „Gewässerunterhaltung“ aufgrund ihrer zu groben, globalen bzw. zu feinen, gewässerabschnittsweisen Raum-Zeit-Betrachtungsebene von weiteren Untersuchungen bezüglich der hydrologischen Regime im Land Sachsen-Anhalt ausgeschlossen. Ein zusätzlicher Ausschlussgrund des anthropogenen Einflussfaktors „Gewässerunterhaltung“ besteht in der fehlenden, zentralen Verfügbarkeit landesweiter Daten (Abb.1).

Die Verfahren für natürliche sowie künstliche und stark veränderte Wasserkörper sind grundsätzlich identisch. Unterschiede ergeben sich nur bei der zugrundeliegenden WRRL-konformen Bewertungsskala (fünfstufig = natürliche OWK, vierstufig = künstliche und erheblich veränderte OWK).

3.2 Vorarbeiten

Bevor das eigentliche Bewertungsverfahren durchgeführt werden konnte, musste die Struktur des Gewässersystems und damit die Hierarchie der Einzugsgebiete adäquat erfasst werden. So waren landesexterne, oberliegende Einzugsgebiete der zu betrachtenden Gewässer nach der Systematik der LAWA-Gebietsverschlüsselung (LAWA, 1993) zu bestimmen. Teilweise musste dabei auch ein geeigneter Vektor-Raster-Abgrenzungsalgorithmus (Hoffmann, 2005) angewandt werden. Des Weiteren musste eine Hierarchie aller zu untersuchenden Wasserkörper nach WRRL entsprechend der Gewässersystemstruktur im Land erstellt werden, um hieraus landesinterne Einzugsgebietsabgrenzungen und letztlich die notwendige Kumulation der Einflussfaktoren ableiten zu können. Als Grundlage für die Bewertung der hydrologischen Wirkung von Auen wurde eine landesweite Abgrenzung der morphologischen Auen basierend auf einem Fuzzylogik-Ansatz durchgeführt (Mehl et al., 2009). Im Übrigen wird auf den ausführlichen Projektbericht (Biota, 2010) verwiesen.

3.3 Struktur des Bewertungsverfahrens

Im HYDREG-Verfahren werden die o. g. anthropogenen Einflussfaktoren der hydrologischen Regime als einzelne

Bewertungskomponenten behandelt. Auf dem Weg von den Ausgangsdaten bis hin zur jeweiligen Bewertungskomponente stehen die Arbeitsschritte:

1. Auswahl und Homogenisierung der Ausgangsgrößen (Geo- und Sachdaten);
2. Berechnung von mengen- und größenunabhängigen Vergleichsindikatoren (Normierung);
3. Festlegung von Bewertungstabellen mit Bewertungszahlen von 1 bis 5 für die normierten Indikatorwerte entsprechend der WRRL-Bewertungsskala anhand von Literaturangaben, Expertenmeinungen und Verteilungsanalysen;
4. Bestimmung der sachlich trennbaren Teilbewertungskomponenten einer Einflussgröße;
5. rechnerische Zusammenfassung zur Bewertungskomponente als Mittelwert oder Maximum der Teilbewertungskomponenten.

Die Bewertungskomponenten der Fließgewässer und Seen werden abschließend jeweils zu einer Gesamtbewertung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper in der fünfstufigen Bewertungsskala gemäß EU-WRRL herangezogen (Abb. 2).

3.4 Einzelbewertungen der Fließgewässerswasserkörper

1) Bewertungskomponente Landnutzung: Die Art der Landnutzung im Einzugsgebiet eines Fließgewässers hat einen direkten Einfluss auf die Prozesse von Abflussbildung und -konzentration. Dabei gilt im Grundsatz: Je naturnäher die Nutzungsform eines Areals, umso ursprünglicher bzw. unbeeinflusster ist sein Wasserhaushalt. Grundlage der Bewertungskomponente ist mithin die Bewertung von Landnutzungs- und Biotopformen hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Landschaftswasserhaushalt und die Aggregation der einzelnen Flächenbewertungen im (kumulativen) Einzugsgebiet des Wasserkörpers.

2) Bewertungskomponente Grundwasserverbindung: Die Konnektivität eines Fließgewässers mit dem Grundwasser kann durch in unterschiedliche Richtungen wirkende anthropogene Prozesse beeinflusst werden. Eine starke Wirkung ruft z.B. eine teilweise oder vollständige Versiegelung der Sohle oder des Ufers hervor.

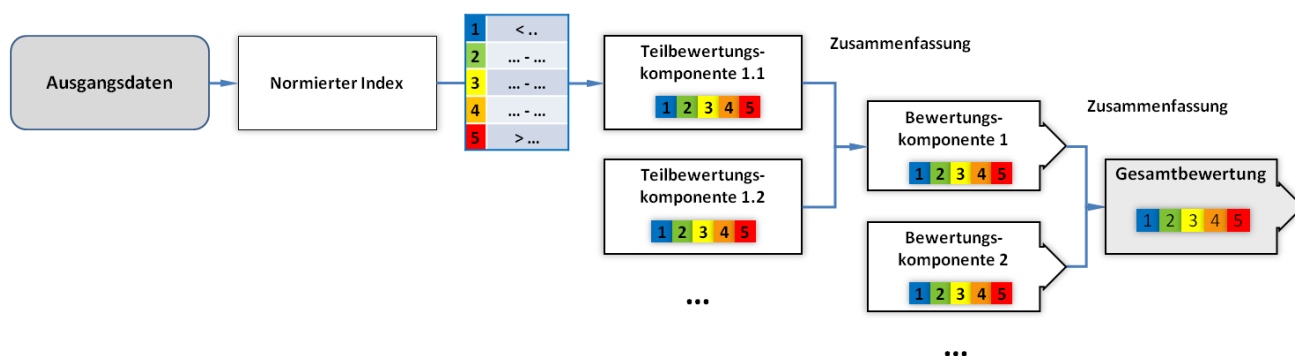


Abb. 2: Struktur des Bewertungsverfahrens.

Eine Veränderung der Konnektivität wird andererseits durch Entwässerungsgräben zur flächenhaften Grundwasserabsenkung verursacht. Deshalb werden hier zwei Teilbewertungskomponenten eingesetzt und über das schlechtere Bewertungsergebnis („worst case“) zusammengefasst.

3) Bewertungskomponente Gewässerausbau: Der Ausbau von Fließgewässern spielt für das hydrologische Regime, insbesondere auch in Form von Eingriffen quer zur Fließrichtung, eine durchaus signifikante Rolle, indem der ursprüngliche Durchflussverlauf modifiziert wird. Laufverkürzungen, Längs- und Querprofilveränderungen oder auch veränderte hydraulische Rauigkeiten werden hier hingegen nicht bewertet. Zum einen sind hierfür teilweise keine regional und gewässertypisch zutreffenden Referenzdaten verfügbar, zum anderen soll eine „Doppelbewertung“ (vgl. Fließgewässerstrukturbewertung) vermieden werden. Mit den Daten über Querbauwerke, Durchlässe und Rückstaubereiche aus der Gewässerstrukturkartierung werden so letztlich bezüglich der Gewässerlänge normierte Vergleichsparameter berechnet, in ihrer Wirkung (pragmatisch) gewichtet und summarisch der fünfstufigen WRRL-Bewertungsskala zugeordnet.

4) Bewertungskomponente Auenveränderung: Um den Wasserhaushalt der Auengebiete bewerten zu können, ist eine Abschätzung von Auenflächen- und Auenfunktionsverlust und somit der Vergleich der aktuellen mit ehemaligen Auenflächen notwendig. Als Grundlage für die Bewertung der Auenveränderung dient eine mit Fuzzy-Logik-Verfahren ermittelte Abgrenzung der wahrscheinlichen, morphologischen Aue (Mehl et al., 2009). Als zusätzliche Teilbewertungskomponente werden die anthropogenen Veränderungen der Gerinneprofile in der Aue anhand von Daten der Fließgewässerstruktur bestimmt, um diesen Einfluss auf die Überflutungshäufigkeit und den Grundwasserflurabstand in der Aue bewerten zu können (Brunotte et al., 2009).

5) Bewertungskomponente Bau künstlicher Seen: Das Abflussverhalten und die Abflussdynamik von Fließgewässern kann auch durch die Schaffung von künstlichen Seen signifikant beeinflusst werden. Dies geschieht insbesondere durch den Bau von Talsperren und von großen Fischteichen sowie durch die Flutung von Tagesbaurestlöchern. Die Auswirkung auf das hydrologische Regime unterliegender Fließgewässer besteht zum einen aus der Verringerung der Abflussmengen wegen erhöhter Verdunstungsverluste und zum anderen aus der Veränderung der Abflussvariabilität und der innerjährlichen Verlagerung von Abflüssen durch anthropogen gesteuerte Wasserabgabe (künstliche Seeretention). Dementsprechend basiert diese Bewertungskomponente auf zwei Teilbewertungskomponenten.

6) Bewertungskomponente Wassernutzung: Die anthropogene Beeinflussung des Gewässerabflusses durch Entnahmen oder durch Einleitungen kann mit Hilfe von Daten des Fachinformationssystem Wasser (FIS Wasser) abgeschätzt werden. FIS Wasser beinhaltet ein landesweites Verzeichnis von aktiven und zeitlich abgelaufenen Wasserrechten (Segment des FIS Wasser). Mit Hilfe der

Mengenangaben in diesen Wasserrechten und der Abschätzungen des mittleren Jahresdargebots kann die Intensität von Entnahme und Einleitung durch zwei Teilkomponenten bewertet werden.

Die grundsätzliche Verfahrensstruktur ist Abbildung 3 zu entnehmen. Weitergehende Information liefert der veröffentlichte Projektbericht (Biota, 2010).

3.5 Gesamtbewertung der Fließgewässerwasserkörper

Als Ergebnis des HYDREG-Verfahrens steht eine einzelne Bewertungszahl als Maß für die Natürlichkeit des hydrologischen Regimes eines Fließgewässerwasserkörpers. Gerade die Zusammenführung der Einzelkomponenten ist deshalb eine schwierige Frage, zumal die WRRL das „worst-case“-Prinzip favorisiert. Die vorteilhafteste Methode erscheint nach intensiver Diskussion unter den Projektbeteiligten eine quadratische Mittelwertbildung (Gleichung 1).

Gleichung 1:

$$GB_{\text{hydReg}} = \sqrt{\frac{BK_{LN}^2 + BK_{WN}^2 + BK_{KS}^2 + BK_{GA}^2 + BK_{AV}^2 + BK_{GWV}^2}{6}}$$

GB_{hydReg} = Gesamtbewertung hydrologisches Regime [-]

BK_{LN} = Bewertungskomponente Landnutzung [-]

BK_{WN} = Bewertungskomponente Wassernutzung [-]

BK_{KS} = Bewertungskomponente Bau künstlicher Seen [-]

BK_{GA} = Bewertungskomponente Gewässerausbau [-]

BK_{AV} = Bewertungskomponente Auenveränderung [-]

BK_{GWV} = Bewertungskomponente Grundwasseranbindung [-]

3.6 Einzelbewertungen der Seewasserkörper

1) Wasserstandsdynamik: Die Wasserstandsdynamik der Seen unterliegt potenziell einer zweiseitigen anthropogenen Einflussnahme. Zum einen kann die Schwankungsbreite und -intensität durch Ausflussbauwerke beeinflusst (gesteuert) sein; zum anderen kann das Einzugsgebiet einer anthropogenen Beeinflussung unterliegen. Letzteres wird in überwiegendem Maße durch Landnutzung und Retentionsveränderungen im Einzugsgebiet beeinflusst, so dass auf entsprechende Komponenten des Bewertungsverfahrens für Fließgewässer zurückgegriffen werden kann. Für die Teilbewertungskomponente „Ausflussgesteuerte Wasserstandsdynamik“ werden die Ausflussbauwerke der WRRL-relevanten Seen analysiert.

2) Wasserquantität: Standgewässer werden in ihrem hydrologischen Regime durch Grund- und Oberflächenwasserzu- und -abstrom maßgeblich bestimmt. Um diese Verhältnisse bewerten zu können, wurde eine weitere Bewertungskomponente Wasserquantität gebildet. Diese greift in den Teilbewertungen auf vorhandene WRRL-Daten zurück (Bewertung Grundwasserkörper) bzw. nutzt zudem bereits vorliegende Teilbewertungen aus der Bewertung des hydrologischen Regimes der Fließgewässerwasserkörper.

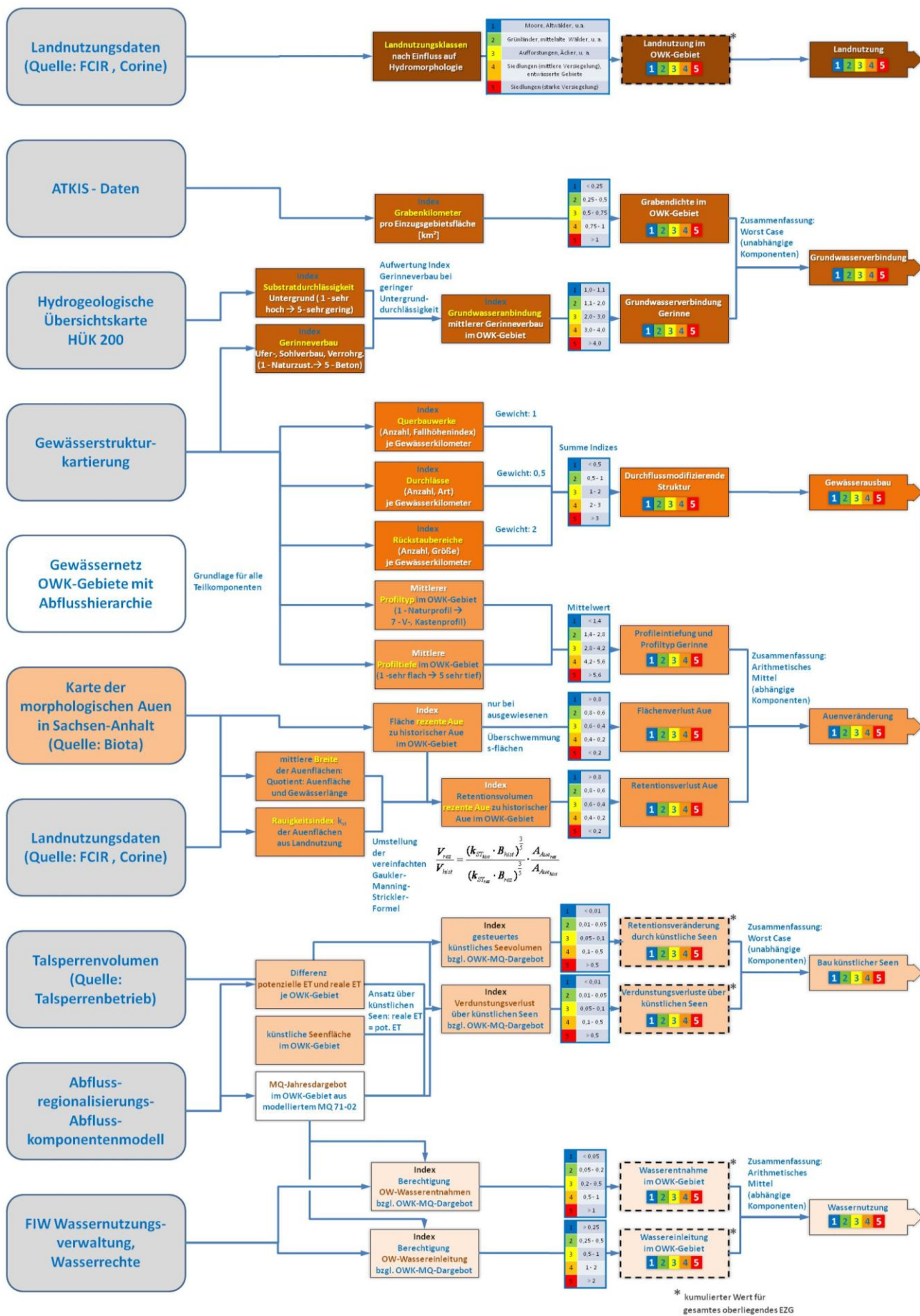


Abb. 3: HYDREG-Bewertungskomponenten zum Fließgewässerverfahren.

3.7 Gesamtbewertung der Seenwasserkörper

Die Gesamtbewertung wird adäquat zur Regimebewertung der Fließgewässer als quadratischer Mittelwert der Bewertungskomponenten bestimmt (Gleichung 2).

Gleichung 2:

$$GB_{hydReg} = \sqrt{\frac{BK_{WD}^2 + BK_{WQ}^2}{2}}$$

GB_{hydReg} = Gesamtbewertung hydrologisches Regime [-]

BK_{WD} = Bewertungskomponente Wasserstandsdynamik [-]

BK_{WQ} = Bewertungskomponente Wasserquantität [-]

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Gesamtdarstellung

Die Ergebnisse der Bewertung für die einzelnen Komponenten sind zunächst in Abbildung 4, das Gesamtergebnis der Bewertung des hydrologischen Regimes ist in Abbildung 5 dargestellt. Dabei wird WRRL-konform zwischen Zustands- und Potenzialbewertung unterschieden.

Bewertungsergebnisse für die Fließgewässerkörper gelten streng genommen erst für den Ausflussquerschnitt (also den untersten Bereich in Fließrichtung betrachtet). Bei Wasserkörpern, die Nebengewässer mit umfassen, erfolgt die kartografische Darstellung der Bewertungsergebnisse daher auch nur am Hauptgewässer.

4.2 Beispielgewässer

Die Bode weist als typisches Harzquellgewässer fast das gesamte Bewertungsspektrum auf. Die Gesamtbewertung „sehr gut“ und „gut“ wird in den Quellgewässern Warme Bode und Kalte Bode erreicht. Unterhalb der Staukaskade der Bodetalsperren wird dagegen aufgrund sehr hoher Wassernutzung und sehr starker Regimeveränderungen durch die künstlichen Seen nur noch der Wert „mäßig“, bei starkem Gewässerausbau sogar „unbefriedigend“ erreicht.

Das Tieflandgewässer Aland gilt außer im Quellgebiet als erheblich verändert und erreicht über den gesamten unteren Gewässerverlauf eine Einstufung zum mäßigen Potenzial und im Quellgebiet zum mäßigen Zustand des hydrologischen Regimes. Während im Oberlauf vor allem die hohe Wassernutzung und der Gewässerausbau zu diesem Ergebnis führen, beruht dieses im Mittel- und Unterlauf auf starken Auenveränderungen, zum Teil hoher Beeinflussung der Grundwasserverbindung und starkem Gewässerausbau.

4.3 Validierung

Grundlage des Validierungsansatzes ist die Annahme, dass ein Wasserkörper mit schlechterem Zustand bzw. Potenzial des hydrologischen Regimes tendenziell eine stärkere Veränderung der Abflusszeitreihe an repräsentativen Pegeln des Wasserkörpers bezüglich eines Referenzzustandes aufweisen sollte, als ein Wasserkörper mit

guter oder sehr guter Zustandsbewertung. Als Referenzzustand können in der Regel Abflusswerte aus der Zeit vor 1950 angesehen werden (Leibundgut und Eisele, 2005); bei noch früherem zeitlichem Bezug nimmt die Anzahl langjährig beobachteter Pegel sehr schnell ab. Insgesamt verfügen 23 Abflusspegel in Sachsen-Anhalt über entsprechend lange Zeitreihen.

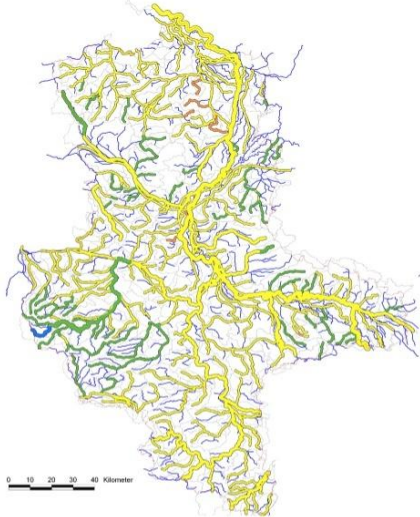
Die Veränderungen von Zeitreihen lassen sich häufig nicht ohne Weiteres direkt an der Abfolge der Werte detektieren. Aus diesem Grund wurde ein festes Set von 33 IHA-Kenngrößen entwickelt (IHA = Indicators of Hydrological Alteration; Richter et al., 1997), die aus der zugrunde liegenden Zeitreihe abgeleitet werden. Mit Hilfe dieser Kenngrößen lassen sich alle relevanten Veränderungen der Zeitreihe ermitteln. Für die 33 IHA-Parameter werden dabei Variabilitäts- und Mittelwertindizes berechnet. Diese geben für den jeweiligen Parameter innerhalb eines Untersuchungszeitraumes den Grad der Veränderung von Jahresdynamik und -zentrum im Vergleich zum Referenzzeitraum wieder. Die Indizes haben für hydrologische Zeitreihen in der Regel einen Wertebereich von -1 über 0 bis 1 und bewerten damit Erhöhung, Konstanz und Verringerung der Variabilität bzw. des Wertezentrums. Maßstab dieser Vergleichsindizes ist der RVA-Index (RVA = Range of Variability Approach) zur Beurteilung von Zeitreihenveränderungen an anthropogen beeinflussten Fließgewässern (Richter et al., 1997).

Insgesamt wurden $66 \times 6 = 396$ Parameterpaare (33 Mittelwerte, 33 Variabilitätsindizes und 6 HYDREG-Fließgewässerbewertungskomponenten) auf Korrelation überprüft. Für 48 der 396 Vergleiche, also für 12,1 % der Fälle wurde ein signifikanter Zusammenhang mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % festgestellt. Damit ist ein starker Zusammenhang zwischen dem Bewertungsverfahren des hydrologischen Regimes und Veränderungen der Zeitreihen statistisch nachgewiesen.

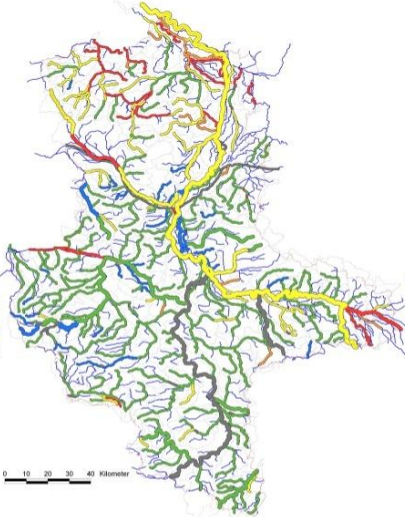
5. Schlussfolgerungen

Für das Land Sachsen-Anhalt wurde ein Bewertungsverfahren für das hydrologische Regime der Oberflächenwasserkörper (Fließgewässer und Seen) entwickelt. Damit wurde eine methodische Lücke geschlossen, in dem der Anforderung des Anhang V WRRL für die hydro-morphologischen Qualitätskomponenten Rechnung getragen wurde. Hierbei steht das hydrologische Regime der Oberflächenwasserkörper im Mittelpunkt der Betrachtungen. Es beschreibt die Prozess- und Zustandsgrößen (z.B. Quantität und Schwankungsverhalten) des Abflusses (Fließgewässer), des Wasserstandes bzw. Volumens (Seen) und der hydrologischen Konnektivität der Oberflächengewässer zu Auen und Grundwasser. Das Verfahren wurde parallel angewandt, so dass für Sachsen-Anhalt auch die Bewertungsergebnisse vorliegen. Der Verfahrensansatz ist universell und damit räumlich übertragbar, muss aber ggf. im Hinblick auf vorhandene Grundlagendaten und damit Detailmethoden oder auch Teilkomponenten bezogen angepasst werden.

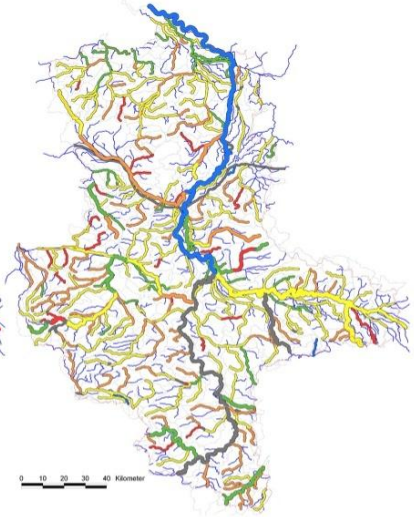
FG - Landnutzung



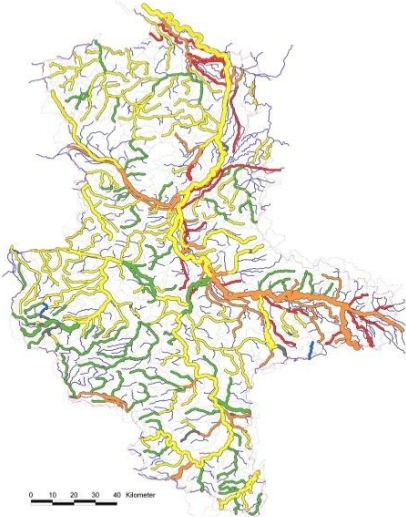
FG - Grundwasserverbindung



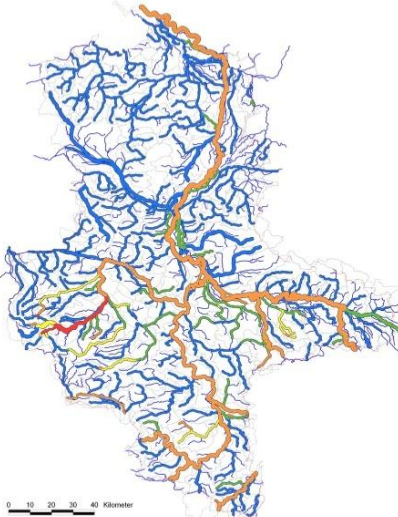
FG - Gewässerausbau



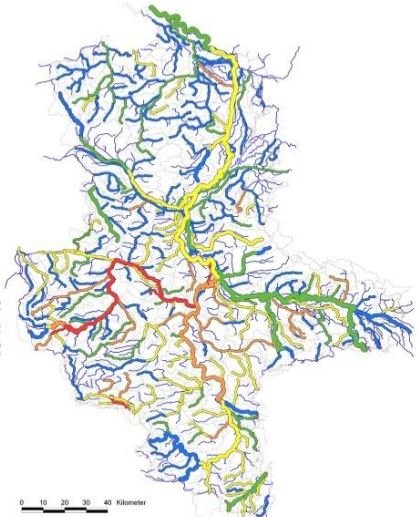
FG - Auenveränderung



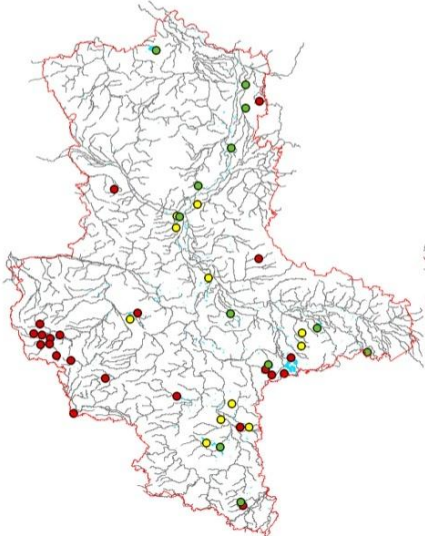
FG - Bau künstlicher Seen



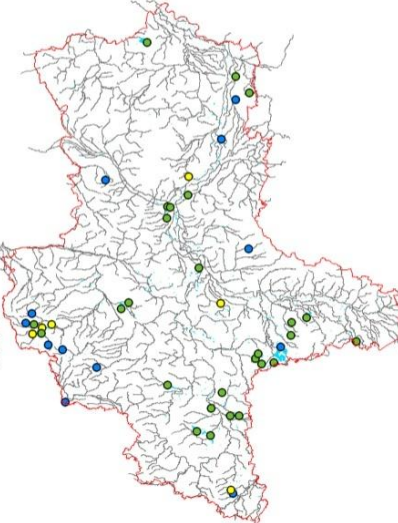
FG - Wassernutzung



Seen - Wasserstandsdynamik



Seen - Wasserquantität



HYDREG - Bewertungskomponenten

Seen	Fließgewässer	
		unklassifiziert
		sehr gut
		gut
		mäßig
		unbefriedigend
		schlecht

Abb. 4: Darstellung der Bewertungskomponenten für Seen und Fließgewässer (FG) Sachsen-Anhalts.

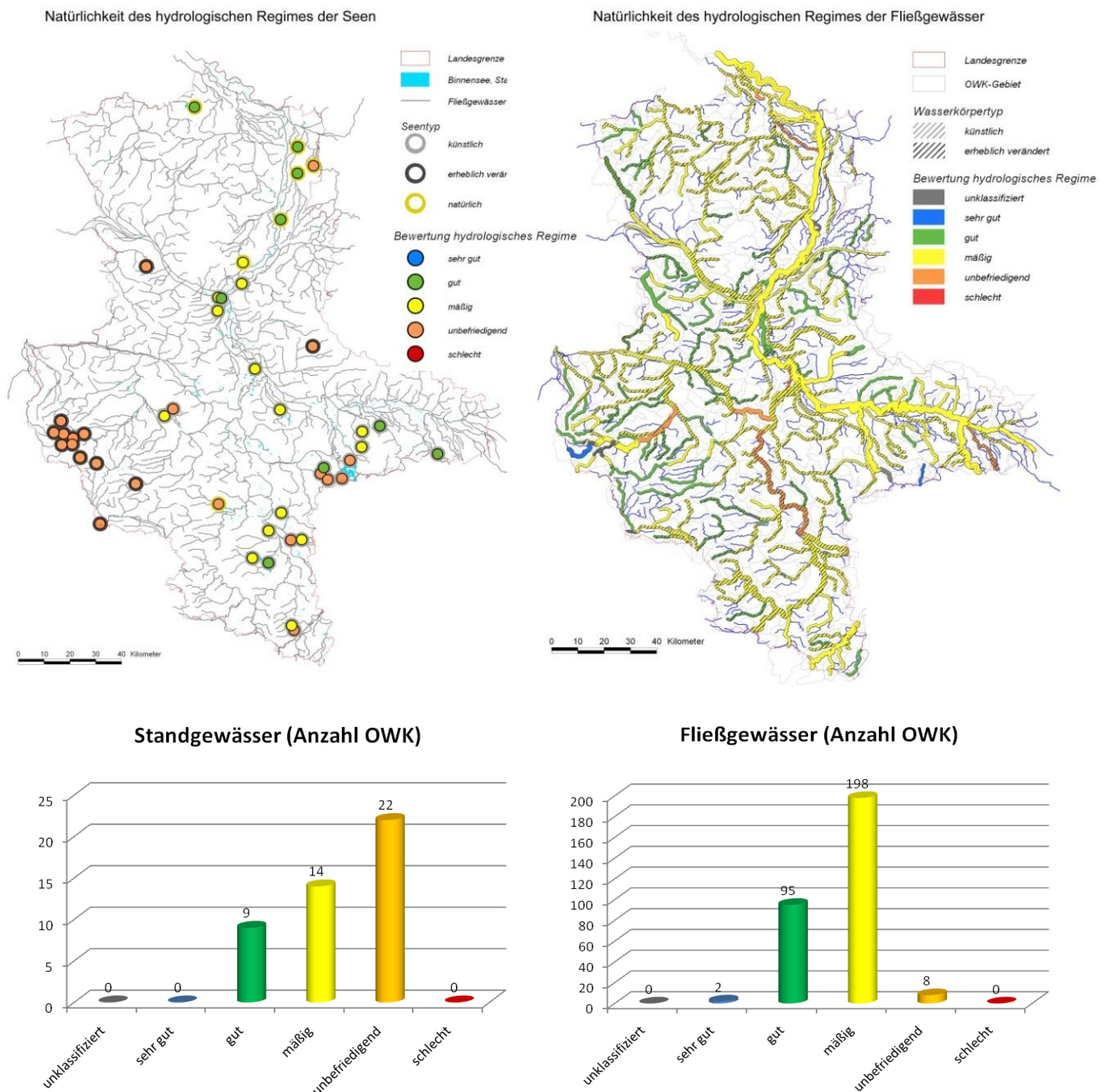


Abb. 5: Gesamtbewertung des hydrologischen Regimes für die Oberflächenwasserkörper der Fließgewässer und der Seen (OWK); Verteilung der OWK auf die 5 Bewertungsklassen.

Untermuert wird das Bewertungsverfahren durch eine Validierung der Bewertungsergebnisse anhand von Veränderungen in den Abflusszeitreihen geeigneter hydrologischer Pegel. Im Sinne der WRRL-Zielerreichung „guter Zustand“ wurden zudem grundsätzliche Lösungsansätze in Form eines Katalogs zu hydrologisch wirksamen Maßnahmen entwickelt.

Anmerkungen

Das der Veröffentlichung zugrunde liegende Vorhaben wurde aus Mitteln des Landes Sachsen-Anhalt finanziert (Auftraggeber: Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, LHW). Der vollständige Projektbericht zur Verfahrensentwicklung ein-

schließlich Ergebnisdarstellung ist auf der Internetseite des LHW unter www.lhw.sachsen-anhalt.de veröffentlicht.

6. Literatur

- Biota, 2010. Entwicklung und Bereitstellung einer Bewertungsmethodik zur Beurteilung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper (Fließgewässer und Seen) gemäß EU-WRRL im Land Sachsen-Anhalt. Abschlussbericht Institut Biota im Auftrag des LHW Sachsen-Anhalt.
- Brunotte, E., Dister, E., Günther-Diringer, D., Koenzen, U., Mehl, D., 2009. Flussauen in Deutschland. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. Naturschutz und biologische Vielfalt 87. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

- DIN, 1992. DIN 4049 Teil 1: Hydrologie – Begriffe, quantitativ. Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- Ebel, G., Gluch, A., 1998. Eine Methode zur Mindestwasserermittlung für heimische Fischarten. Staatliches Amt für Umweltschutz, Halle (Saale).
- Hoffmann, T.G., 2005. Entwicklung eines Geoinformationssystems zur Abflußzeitreihenanalyse und -modellierung in globalen, hydrologischen Netzwerken. Dissertation, Universität Greifswald.
- Jorde, K., 1997. Ökologisch begründete, dynamische Mindestwasserregelungen bei Ausleitungskraftwerken. Mitteilungen des Institutes für Wasserbau der Universität Stuttgart 90/1997.
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1993. Richtlinie für die Gebietsbezeichnung und die Verschlüsselung von Fließgewässern. Ausgearbeitet vom LAWA-ad-hoc-Arbeitskreis „Verschlüsselung von Fließgewässern“.
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1995. Die Ermittlung ökologisch begründeter Mindestabflüsse. Grundlagen. Ausgearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis „Mindestwasserführung in Fließgewässern“.
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 2001. Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug. Kulturbuch-Verlag, Berlin.
- Leibundgut, C., Eisele, M., 2005. Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens „Hydrologische Güte“ als Expertensystem zum operationellen Einsatz im Flussgebietsmanagement. Abschlussbericht zum Projektvorhaben BWC 21013, Forschungszentrum Karlsruhe. <http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/hydgue/BW-Plus-Endbericht-2005-BWC-21013.pdf>. Zugriff: 18.02.2009.
- LUA – Landesumweltamt Brandenburg, 2009. Leistungsbeschreibung zur Aufstellung von Gewässerentwicklungskonzepten (GEK) nach WRRL im Land Brandenburg. Anlage 7. Ableitung von Bewirtschaftungs- und Handlungszielen. Stand 02.03.09. Potsdam.
- Mehl, D., Hoffmann T. G., Helbig, H., 2009. Bestimmung der morphologischen Auen in Sachsen-Anhalt mit Hilfe eines Fuzzylogik-Ansatzes. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2, 659-665.
- Ostrowski, M., Froehlich, F., 2006. Ansätze zur ökologisch orientierten Bewirtschaftung von Hochwasserschutzräumen in Talsperren. Forum für Hydrologie 15, 213-224. München.
- Pabstmann, U., Prüß, M., Büttner, U., 1998. Das Abflußregime als Grundlage für ökologisch begründete Mindestwasserabflüsse für Ausleitungsstrecken von Kleinwasserkraftanlagen. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 42, 195-200.
- Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Wigington, R., Braun D. P., 1997. How much water does a river need? Freshwater Biology 37, 231-249.
- Tharme, R.E., 2003. A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers, River Research and Applications 19, 397-441.
- UBA, 2007. Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen sowie Standgewässertypen nach abiotischen Kriterien in Deutschland (WRRL-Umsetzung). Stand: 24.01.2007. http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl_ftyp.htm und http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl_styp.htm. Zugriff: 27.03.2007.
- WRRL, 2000. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie). Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000. Brüssel.