

# 4 Brandenburgische Oberflächen- und Grundwasserkörper: Umweltziele und Zustandsbewertung

Die allgemeinen Umweltziele der WRRL für Oberflächen- und Grundwasserkörper sind in Artikel 4 der Richtlinie formuliert und werden in Abbildung 4-1 zusammenfassend dargestellt.

Diese Zielsetzungen erfordern aufgrund der vielfach urbanisierten und industrialisierten Gewässereinzugsgebiete im deutschen Elbe- und Oderraum eine differenzierte Betrachtung unter Einbeziehung der sozioökonomischen Auswirkungen.

Diesen Umstand berücksichtigt die WRRL, indem als integraler Bestandteil der Bewirtschaftungsplanung für jeden einzelnen Wasserkörper das jeweilige Umweltziel festzulegen ist, wobei die jeweiligen Gewässernutzungen zu berücksichtigen sind. Diese Umweltziele bilden damit den Kern der WRRL und sehen eine langfristige nachhaltige Gewässerbewirtschaftung mit einem hohen Schutzniveau für die aquatische Umwelt vor.

Neben den Umweltzielen werden in den nachfolgenden Kapiteln die aktuellen Zustände der Oberflächen- und Grundwasserkörper in Brandenburg erläutert. Die Einstufung der Wasserkörper nach dem neuen Bewertungssystem gemäß Artikel 4 WRRL ist Grundlage der Bewirtschaftungspläne und der Maßnahmenprogramme.

## 4.1 Umweltziele und Zustand der Oberflächenwasserkörper

### 4.1.1 Generelle Umweltziele für die Oberflächenwasserkörper

Alle Oberflächenwasserkörper sollen die Umweltziele der WRRL spätestens bis zum Jahr 2027 erreichen. Alle Gewässer unterliegen einem Verschlechterungsverbot. Referenzgewässer und Oberflächenwasserkörper mit gutem Zustand sind deshalb durch geeignete Maßnahmen zu schützen. Alle natürlichen Oberflächengewässer, die aktuell noch keinen guten ökologischen und / oder guten chemischen Zustand aufweisen, werden durch Maßnahmen in einen guten Zustand gebracht. Für künstliche und für hydromorphologisch erheblich veränderte Oberflächengewässer gilt anstelle des guten ökologischen Zustands ein gutes ökologisches Potenzial als Umweltziel.

Zwischen den in *Kapitel 3.1* aufgeführten biologischen Qualitätskomponenten, die den Ausschlag für die Einstufung des ökologischen Zustands geben, und ihrer belebten und unbelebten Umwelt (chemische / physikalisch-chemische und hydromorphologische Qualitätskomponenten) bestehen Wirkungszusammenhänge. Im Zuge der Umsetzung der Maßnahmenprogramme für den ersten

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Oberflächenwasserkörper</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlechterungsverbot</li> <li>• Reduzierung der Verschmutzung mit prioritären Stoffen</li> <li>• Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten prioritärer gefährlicher Stoffe (Phasing-out)</li> </ul> <p><u>Natürliche Wasserkörper (NWB)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guter ökologischer Zustand</li> <li>• Guter chemischer Zustand</li> </ul> <p><u>Erheblich veränderte / künstliche Wasserkörper (HMWB / AWB)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutes ökologisches Potenzial</li> <li>• Guter chemischer Zustand</li> </ul> | <p><b>Grundwasserkörper</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlechterungsverbot</li> <li>• Guter mengenmäßiger Zustand</li> <li>• Guter chemischer Zustand</li> <li>• Trendumkehr bei signifikant und anhaltend zunehmenden Schadstoffkonzentrationen</li> </ul> |
| <p><b>Schutzgebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erreichung aller Normen und Ziele der WRRL, sofern die Rechtsvorschriften, auf deren Grundlage die einzelnen Schutzgebiete ausgewiesen wurden, keine anderweitigen Bestimmungen enthalten</li> </ul>  |   |

Abb. 4-1: Ziele der WRRL (FGG Elbe 2009a)

Bewirtschaftungszyklus bis 2015 sollen die hydromorphologischen sowie die chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten so beeinflusst werden, dass sie die Erreichung der biologischen Qualitätsziele unterstützen. Zur Anregung einer länderübergreifenden Diskussion über Defizite des Zustandes der Oberflächengewässer in Bezug auf physikalisch-chemische Qualitätskomponenten wurden im Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sogenannte Hintergrund- und Orientierungswerte aufgeführt (LAWA-AO 2007). **Hintergrundwerte** kennzeichnen den Zustand unbelasteter Gewässer (Referenzgewässer) bei Fehlen störender Einflüsse. Sie werden vor allem durch die natürliche geologische Beschaffenheit des Einzugsgebiets (den sogenannten geologischen Hintergrund) und das regionale Klima geprägt, variieren demzufolge sowohl innerhalb als auch zwischen den Ökoregionen. Wegen einer gewissen Variabilität selbst zwischen den Referenzgewässern eines bestimmten Gewässertyps einer Ökoregion werden Hintergrundwerte immer als Wertebereiche angegeben. Liegen alle Umweltvariablen im Wertebereich der Hintergrundwerte, so ist zu erwarten, dass der betreffende Oberflächenwasserkörper einen sehr guten Zustand aufweist. Eine Störung mit Auswirkung auf nur eine einzige ökologisch signifikant wirksame Umweltvariable kann im ungünstigsten Fall dazu führen, dass die empfindlichste biologische Qualitätskomponente nur noch einen guten ökologischen Zustand anzeigt. Referenzgewässer mit sehr gutem Zustand bedürfen deshalb strengen Schutzes.

**Orientierungswerte** umreißen im Unterschied dazu den Wertebereich eines Umweltfaktors, der Gewässer mit gutem ökologischem Zustand kennzeichnet. Liegen alle Umweltvariablen im Wertebereich der Orientierungswerte, so ist zu erwarten, dass der betreffende Oberflächenwasserkörper einen guten Zustand aufweist. Auch bezüglich der Orientierungswerte gilt, dass eine Überschreitung des Orientierungswertes nur einer ökologisch signifikant wirksamen Umweltvariable dazu führen kann, dass die sensibelste biologische Qualitätskomponente nur noch einen mäßigen oder schlechteren ökologischen

Zustand anzeigt. Ein bekanntes Beispiel dafür war bzw. ist ein starker Besatz etwa des Rangsdorfer Sees und des Seddiner Sees mit asiatischen Marmorkarpfen, durch den die Entwicklung des Zooplanktons erheblich gestört wird. Umgekehrt ist es aber auch möglich, dass Belastungen einer Umweltvariablen durch besonders günstige (referenznahe) Bedingungen anderer Umweltvariablen ökologisch kompensiert werden. Denkbar und im Hügelland und Gebirge sicher auch wirksam ist z. B. die Kompensation von Einträgen sauerstoffzehrender Substanzen durch eine rasche turbulente Strömung, die zu erhöhtem Sauerstoffeintrag führt.

Hintergrundwerte (in der Bundes-„Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer“ Kenngrößen für den sehr guten Zustand genannt) können für die Gewässer eines Gewässertyps für eine betrachtete Ökoregion durch Zusammenschau der Werte in Referenzgewässern abgeleitet werden. Orientierungswerte für den guten Zustand können für die gesamte Ökoregion, besser aber für einzelne Naturräume typspezifisch mittels statistischer Transferfunktionen aus den Monitoringbefunden abgeleitet werden („von oben nach unten“), wenn die Wasserkörper innerhalb eines Typs relativ ähnlich und gut vergleichbar sind. Diese Vorgehensweise wurde für die Überprüfung der Orientierungswerte für die Fließgewässertypen im Land Brandenburg gewählt. Für die Seen im Land Brandenburg hatte sich bei der Bestandsaufnahme und Gefährdungsabschätzung im Jahr 2004 (LUA 2005) eine objektspezifische Herleitung der Orientierungswerte bewährt, da sich die Verweilzeit der Seen als signifikant auf den Phosphathaushalt wirksame, aber innerhalb eines Typs stark variable Einflussgröße erwies. Auf Bundesebene führte dasselbe Phänomen im Zeitraum 2005 – 2007 zur Auftrennung der Seentypen 10 und 13 in jeweils zwei Subtypen.

#### 4.1.2 Umweltziele für Seen

##### 4.1.2.1 Generelle Umweltziele für die Seen in Brandenburg

Mit der am 22.07.2011 verabschiedeten Verordnung zum Schutz der Oberflächenge-

wässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) gibt die Bundesregierung die Umweltziele für die Seentypen in Deutschland vor. Diese typenbezogenen Umweltziele werden im Land Brandenburg innerhalb der vorgegebenen Wertespannen seespezifisch präzisiert. Dabei finden Modellierungstechniken Anwendung, deren Zuverlässigkeit durch raumbezogene Kalibration an Referenzgewässern bedingt ist und deren Extrapolationsfähigkeit durch paläolimnologische Methoden überprüft wurde.

Die generellen Umweltziele für die Seen, also ein guter ökologischer Zustand für natürliche Wasserkörper und ein gutes ökologisches Potenzial für künstliche oder erheblich veränderte Wasserkörper, werden inhaltlich durch die in *Kapitel 3.1.3* genannten Bewertungsverfahren für die biologischen Qualitätskomponenten bzw. Teilkomponenten untersetzt. Für Referenzgewässer und andere Seen mit sehr gutem Zustand sind die jeweiligen Klassengrenzen „sehr gut“ / „gut“ ausschlaggebend. Für natürliche Seen, die nicht erheblich verändert sind, sind die jeweiligen Klassengrenzen „gut“ / „mäßig“ verbindlich. Für erheblich veränderte und künstliche Seen im Land Brandenburg werden wasserkörperspezifische Ziele durch das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz festgelegt. Im Regelfalle entsprechen diese Ziele denjenigen der am ehesten vergleichbaren natürlichen Seentypen. Für unveränderbar stark saure Bergauseen sollen Umweltziele (ökologische Potenziale) erst nach einer genügend langen Sukzessionsphase festgelegt werden. Das erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt und soll den jeweiligen veränderten geologischen Bedingungen ihrer Einzugsgebiete gebührend Rechnung tragen.

Für die Vorbereitung von Maßnahmen zur Sanierung des Nährstoffhaushalts von Brandenburger Seen werden Modelle eingesetzt, mit deren Hilfe seespezifische Referenzwerte (für den sehr guten Zustand) und Orientierungswerte (für den guten Zustand) abgeleitet werden. Sie berücksichtigen die beträchtlichen seentypspezifischen Unterschiede der Verweilzeit und des Schichtungsverhaltens. Mit Hilfe der Modelle werden

die in der LAWA-Rahmenkonzeption Monitoring Teil B (LAWA-AO 2007) bzw. in der OGewV angegebenen überregionalen typspezifischen Orientierungswertebereiche für die Gesamtphosphatkonzentration als Steuergröße für jeden berichtspflichtigen See präzisiert. Der Vorteil der seespezifischen Modellbildung gegenüber eines pauschaltypspezifischen Ansatzes ist, dass zunächst die von der Morphologie und Hydrologie beeinflussten Retentionseigenschaften jedes Sees individuell berücksichtigt werden, um anschließend die Modelle zur Beschreibung des P-Haushalts von Seenketten zu verknüpfen und damit die Möglichkeiten zur Senkung und nachhaltigen Stabilisierung niedrigerer Gesamtphosphatkonzentrationen in zusammenhängenden Seenregionen prognostizieren zu können. Damit wird ein Beitrag für einen effizienten Mitteleinsatz für Sanierungsmaßnahmen geleistet.

#### 4.1.2.2 Biologische Qualitätskomponenten

Stellvertretend für die vier durch die WRRL für die Überwachung vorgeschriebenen biologischen Qualitätskomponenten werden in den Seen im Land Brandenburg folgende Organismengruppen überwacht und zunächst einzeln für sich bewertet:

| Biologische Qualitätskomponente | Im Land Brandenburg überwachte Teilkomponenten |
|---------------------------------|--|
| Phytoplankton                   | Phytoplankton                                  |
| Makrophyten & Mikrophytobenthos | submerse Makrophyten & Aufwuchsdiatomeen       |

Wenn die derzeit noch nicht anwendungsbereiten Bewertungsverfahren für Fische und wirbellose Tiere fertig gestellt und erprobt sind, sollen auch diese beiden Qualitätskomponenten in repräsentativ ausgewählten Seen, insbesondere den Seen der überblicksweisen Überwachung, erfasst werden.

Die Umweltziele für die Seen werden, ausgehend von ihrem aktuellen Zustand, durch die in *Kapitel 3.1.3* genannten Bewertungsverfahren für die biologischen Qualitätskomponenten bzw. Teilkomponenten definiert.

#### 4.1.2.3 Hydromorphologische Qualitätskomponenten

##### Seeuferstruktur

Alle Uferabschnitte natürlicher Seen ohne erkennbare hydromorphologische Belastungen sind streng zu schützen und zu überwachen, um den Zustand zu erhalten. Seen ohne erkennbare hydromorphologische Belastungen bilden das Bezugsnetz zur Beschreibung hydromorphologischer Referenzbedingungen für die Seentypen im Land Brandenburg.

Alle natürlich entstandenen und nicht als erheblich verändert ausgewiesenen Seen mit hydromorphologischen Belastungen sollen in ihrer hydromorphologischen Eigendynamik soweit unterstützt oder durch Maßnahmen des naturnahen Ausbaus soweit renaturiert werden, dass sie einen guten hydromorphologischen Zustand erreichen. Dafür ist im betreffenden natürlichen See nach Möglichkeit ein Mittelwert des HMS-Verfahrens (OSTENDORP et al. 2007, *siehe Kapitel 3.1.2.2*) von 3,5 (regionaler Orientierungswert) zu unterschreiten. Für künstliche und erheblich veränderte Seen werden zu einem späteren Zeitpunkt objektspezifische, angepasste (relaxte) Ziele aufgestellt, welche die Wirkungen vorrangiger Nutzungen berücksichtigen sollen.

##### Aufstau und Abflussregulierung

Für Seen ohne sommerliche thermische Schichtung (Typen 14, 11 und 12) ist, soweit sie einen oberirdischen Abfluss aufweisen, ein über den Jahresverlauf möglichst gleichmäßiger Abfluss wichtig, damit die im Sommer aus dem Sediment des Sees zurück gelösten Nährstoffe aus dem See ausgetragen werden können. Es ist als regionalspezifischer Orientierungswert für Brandenburg anzustreben, dass der Abfluss in den Monaten Juli und August nicht unter 1/3 des langjährigen mittleren Jahresabflusses fällt. In diesen Monaten ist mit den höchsten Konzentrationen an Gesamtphosphor im Freiwasser zu rechnen. Hohe sommerliche Abflüsse wirken sich deshalb als Nährstoffentlastung für den betreffenden See aus. Die Drosselung des Abflusses im Sommer fördert hingegen den Rückhalt an Phosphor im See mit der Folge der Anreicherung von Phosphaten im aqua-

tischen Ökosystem mit nachteiligen Auswirkungen auf die biologischen Qualitätskomponenten des ökologischen Zustands des Sees und des nachfolgenden Seeausflusses.

#### 4.1.2.4 Chemische und physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

##### Gesamtphosphorkonzentration (TP)

Die Ausprägung der biologischen Qualitätskomponenten und die Verteilung und Dynamik der Konzentration des lebenswichtigen gelösten Sauerstoffs im Wasserkörper von Seen ist stark von den Konzentrationen der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff im Wasser abhängig. Der Nährstoffhaushalt der Seen in Brandenburg hängt von Natur aus sehr stark von ihrer Hydrologie (Einzugsgebietsgröße) und Morphologie (Verweilzeit, Schichtungsverhalten) ab. Isoliert liegende Seen weisen von Natur aus sehr kleine, stark durchflossene Seen hingegen sehr große Frachten an eingetragenen Nährstoffen (Phosphor und Stickstoff) auf.

Die eingetragenen Nährstoffe werden durch Sedimentation über sehr lange Zeiträume und nur unvollständig aus dem Freiwasser entfernt. Dabei bildet sich Mudde am Grund der Seen, die schließlich von Schilfröhricht und Erlenbruchwald überwachsen wird (Verlandung).

Seen mit kleinen Einzugsgebieten (kleiner als 10 km<sup>2</sup>), dadurch geringer Eintragsfracht und sehr langer Verweilzeit, wie z. B. Wummsee, Peetschsee und Wittwesees, gehören von Natur aus einem Seentyp mit oligo-mesotrophen Referenzzustand an (LAWA-Typ 13). Seen mit großen Einzugsgebieten, großer Eintragsfracht und geringer Verweilzeit, wie z. B. die Havelseen und der Gülper See, gehören umgekehrt dem natürlich hoch eutrophen Typ des Flussee (LAWA-Typ 12) an. Liegen, wie in den Jungglaziallandschaften Brandenburgs, mehrere Seen kettenartig aneinander gereiht, so sind bezüglich der eingetragenen Phosphatfracht diejenigen begünstigt, denen geschichtete Seen mit langer Verweilzeit vorgelagert sind, so dass große Teile der P-Fracht aus dem Einzugsgebiet hier schon absedimentiert werden. Als klassisches Beispiel für dieses Phänomen kann

der Südliche Giesenschlagsee im Quellgebiet des Rhins gelten, der trotz seines polymiktischen und stark durchflossenen Charakters schwach mesotroph ist.

Für die Bewirtschaftungsplanung ist es von Bedeutung, die Referenzbedingungen der Seentypen möglichst genau zu beschreiben und anhand der Referenzgewässer mit relativ gut bekanntem Nährstoffhaushalt Modellvorstellungen zu entwickeln, die auf mehr oder weniger stark belastete Seen der Kulturlandschaft übertragbar sind. Damit können die Bewirtschaftungsmaßnahmen gezielt auf die Verringerung des anthropogen bedingten Anteils an Nährstoffeinträgen ausgerichtet werden.

Für den ersten Bewirtschaftungszyklus bis 2015 stand die Beschreibung der Referenz- bzw. Hintergrundwerte für den sehr guten Zustand und der Orientierungswerte für den guten Zustand für die zentrale Steuergröße Gesamtposphorkonzentration der Seen im Vordergrund. Im Allgemeinen begrenzt die Verfügbarkeit an gelöstem Phosphat als Minimumfaktor die Entwicklung des Phytoplanktons in Seen (VOLLENWEIDER 1976, OECD 1982, NÜRNBERG 1996). Da das Phytoplankton den Gewässergrund beschattet und damit die Ausdehnung der untergetauchten Wasserpflanzen beeinflusst, wird die Konzentration an gesamtem Phosphat (TP = total phosphorus) zu einer entscheidenden Steuergröße im limnischen Ökosystem. Bezüglich des zweitwichtigsten Nährstoffs, dem Stickstoff, deuten die vorliegenden Monitoringbefunde darauf hin, dass eine die Phytoplanktonentwicklung begrenzende Wirkung bzw. die Phytoplanktonverluste durch Grazing (Fraß durch Wasserflöhe) fördernde Wirkung durch niedrige Gesamtstickstoffkonzentrationen erst auftritt, wenn die TP-Konzentration ein Niveau erreicht hat, das mit wenigstens 50 %iger Wahrscheinlichkeit die Erreichung des guten ökologischen Zustands für die biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton und Makrophyten & Phytobenthos sicherstellt. Ein guter ökologischer Zustand eines Sees ist auf stabile Synergieeffekte („Gleichgewichte“) zwischen den biologischen Qualitätskomponenten innerhalb des Nahrungsnetzes angewiesen. Da die Mehr-

zahl der Seen im Jahr 2009 noch weit von einem limitationswirksamen Niveau der TP-Konzentration entfernt war, wurden für die Gesamtstickstoffkonzentration der Seen im Land Brandenburg bislang noch keine seespezifischen Orientierungswerte aufgestellt.

Die gezielte Beeinflussung der TP-Konzentrationen in Seen durch Bewirtschaftungsmaßnahmen erfordert die Berücksichtigung der wichtigsten dynamischen Prozesse, denen die Phosphatkonzentration in den Seen unterliegt. Die mit den Zuflüssen und den Niederschlag in den See eingetragene TP-Konzentration unterliegt im See einer allmählichen Abreicherung, da eingetragene Schwebstoffe, Eisenocker, Kalk und im See wachsendes Phytoplankton sedimentieren und große Mengen an Phosphat dauerhaft binden können. Je länger ein mit dem Regen, als Staub oder mit dem Zufluss in den See hineingelanges Phosphatmolekül im See verweilt, umso größer ist die Chance, dass es dauerhaft im Schlamm endet und nicht über den Abfluss den See wieder verlässt. Dieser verweilzeitabhängige Abreicherungsprozess wird nach OECD (1982) am einfachsten durch Gleichungen folgender Form beschrieben:

$$TP_i = a \times TP_{zu} / (1+T^{0.5})^b$$

Darin sind  $TP_i$  die seeinterne Gesamtposphorkonzentration (volumengewichtetes Jahresmittel in der Wassersäule),  $TP_{zu}$  die Gesamtposphorkonzentration in den Zuflüssen (volumengewichtetes Jahresmittel der Zuflüsse),  $T$  die Verweilzeit in Jahren und  $a$  und  $b$  Koeffizienten, die das Sedimentationsverhalten von Phosphat beschreiben. Die Koeffizienten der Abreicherungs-gleichung unterscheiden sich zwischen den Seenregionen der Erde relativ stark (OECD 1982). Bekannte Ursachen für Unterschiede im Sedimentationsverhalten können unterschiedliche Verhältnisse zwischen Phosphor und Eisen in dominanten Zuflusspfaden und klimatische Unterschiede sein, die Einfluss auf die Bioproduktion haben.

Insofern kann es für regionale Bewirtschaftungsfragen zweckmäßig sein, die Sedimentationskoeffizienten an gut bekannten Seen

zu überprüfen oder notfalls regional zu kalibrieren.

### Undifferenzierter Ansatz für den ersten Bewirtschaftungszyklus bis 2015

Für die Seen Brandenburgs wurde zunächst geprüft, ob sich die seeinterne TP-Konzentration für das Szenarium „Ungestörte Referenzbedingungen“ mit den von der OECD (1982) aufgeführten Koeffizienten eines weltweiten Datensatzes in groben Zügen plausibel abschätzen lässt. Die dafür aus OECD (1982) entnommene Gleichung für einen weltweiten Datensatz lautet:

$$TP_i = 1,22 \times TP_{zu} / (1+T^{0,5})^{0,87}$$

In Brandenburg liegt etwa ein Dutzend Seen mit heute ungestörten Referenzbedingungen (mehr als 90 % Wald im Einzugsgebiet, kein Abwasser im Einzugsgebiet), für die die Eignung des Modells im Jahr 2003 zumindest in groben Zügen validiert werden konnte. Nachfolgend wurde zur Festlegung der objektspezifischen TP-Referenzkonzentrationen jedes Sees mit einer Fläche größer 50 ha das Modell in stark pauschalierter Form mit folgenden Eingangsgrößen verwendet:

1. Die Abflussspende des Einzugsgebiets des Sees wurde mit 81 mm/a angenommen (MÜLLER et al. 1996).
2. Die TP-Konzentration im Zufluss wurde mit 80 µg/l angenommen. Das entspricht dem grob gerundeten Mittelwert für oberflächennahe Grundwasserleiter im Jungglazial Brandenburgs.
3. Als Depositionsraten wurden 0,3 kg P/ha × a angenommen (LAWA 1999). Die Deposition wurde anhand der Niederschlagshöhe in Konzentrationen (40 – 60 µg TP/l) umgerechnet.
4. Angaben zu regionalen Niederschlagshöhen lieferte der DWD (2004).
5. Die Verweilzeit (T) wurde als Quotient aus Seevolumen und Abfluss berechnet.

Die Modellergebnisse wurden als Frühjahrskonzentrationen betrachtet. Die Sommerkonzentrationen im Epilimnion wurden nach folgender Regressionsbeziehung abgeschätzt, die an ca. 300 Eichwerten für die Seen in Brandenburg ermittelt wurde:

$$TP_{\text{sommer}} = \text{EXP}(0,33502371 + 0,95143659 \times \text{LN}(TP_{\text{frühjahr}}) + 0,12418231 - 0,4271918 \times \text{LN}(F))$$

In dieser Gleichung ist F die Schichtungsstabilität, die unter Bezug auf die theoretische Epilimniontiefe nach VENTZ (1974) berechnet wurde als

$$F = z_{\text{max}} / (5,81 \times ((L_{\text{eff}} + B_{\text{eff}}) / 2)^{0,28})$$

mit  $z_{\text{max}}$  als der maximalen Tiefe des Sees,  $L_{\text{eff}}$  als maximaler Windstreichlänge über den See (effektive Länge) und  $B_{\text{eff}}$  als maximaler Breite des Sees als Lotrechte auf der Strecke der maximalen Windstreichlänge (effektive Breite).

Aus den somit für jeden See individuell abgeschätzten Referenzwerten für die Frühjahrs- und Sommerkonzentrationen an TP wurde unter Anwendung der Regressionsbeziehungen nach LAWA (1996) der potenziell natürliche LAWA-Trophieindex abgeschätzt.

Dieses Modell wurde im Zuge der Bestandsaufnahme und Risikoabschätzung im Jahr 2004 angewandt, um für jeden berichtspflichtigen See größer 50 ha im Land Brandenburg Referenz- bzw. Hintergrundwerte (für den sehr guten Zustand) und Orientierungswerte (für den guten Zustand) herzuleiten. Da das Modell sowohl hinsichtlich der Eingangsgrößen als auch hinsichtlich der Prognosefähigkeiten Ungenauigkeiten aufweist, wurde zur Abgrenzung der Referenzwerte gegenüber dem guten Zustand eine Referenzspanne des modellbasiert errechneten „Referenztrophiindex“ um 0,25 Trophie-Indexeinheiten berücksichtigt. Damit wird zugleich auch der zwischenjährlichen Varianz Rechnung getragen. Durch Beaufschlagung der sich aus den Frühjahrskonzentrationen an TP ergebenden LAWA-Trophieindizes um 0,25 Indexeinheiten und Rücktransformation dieses Referenz-Grenzwertes in eine TP-Konzentration ergeben sich damit für jeden See die Erwartungswerte für die TP-Konzentrationen für die Klassengrenze „sehr gut“ / „gut“.

Als förderlich für den Schutz bzw. die Erreichung eines guten ökologischen Zustands

wurde ein Trophieindex angesehen, der um nicht mehr als 0,5 Einheiten des LAWA-Trophieindex über dem modellbasiert errechneten „Referenztrophieindex“ liegt. Die oberen Grenzen für den Orientierungswertebereich liegen somit 0,25 Indexeinheiten über der Klassengrenze „sehr gut“ / „gut“. Diese 0,25 Indexeinheiten stellen den Bewirtschaftungsspielraum dar. Analog zur Vorgehensweise bei der Abgrenzung des „sehr guten“ vom „guten Zustand“ ergeben sich durch Beaufschlagung der den Referenz-Frühjahrswerten entsprechenden LAWA-Trophieindizes um 0,5 Indexeinheiten und Rücktransformation in eine TP-Konzentration für jeden einzelnen See objektspezifische Grenzkonzentrationen für TP an der Klassengrenze „gut“ / „mäßig“.

Diesem Grundgedanken weiter folgend kön-

nen durch Beaufschlagung der sich aus den Frühjahrswerten ergebenden LAWA-Trophieindizes um z. B. 1,0 und 1,5 Indexeinheiten und Rücktransformation in die entsprechende TP-Konzentration auch Erwartungswerte für weitere Klassengrenzen („mäßig“ / „unbefriedigend“ und „unbefriedigend“ / „schlecht“) abgeleitet werden.

Die Tabelle 4-1 fasst die Ergebnisse der modellbasierten Ableitungen des LAWA-Trophieindex für die Referenzbedingungen und das jeweilige Bewirtschaftungsziel zusammen. Unter Berücksichtigung der seespezifischen Schichtungsstabilität werden für jeden berichtspflichtigen See Bewirtschaftungsziele (Obergrenzen der Orientierungswertebereiche für den „sehr guten“ bzw. „guten“ Zustand hinsichtlich der TP-Konzentration) angegeben.

**Tab. 4-1: Ergebnisse modellbasiert abgeleiteter Referenztrophieindizes (LAWA-TI pot.-nat.) und obere Grenzwerte der seespezifischen Bewirtschaftungsziele bezüglich des LAWA-Trophieindex (LAWA-TI BWZ 2015) und der Gesamtposphorkonzentration im Frühjahr (TP<sub>F</sub>) und im Sommer (TP<sub>S</sub>) für die 189 vom Land Brandenburg für die Bewirtschaftungspläne gemeldeten Seen**

Für Referenzgewässer (Werte mit \*) wurden langjährige Mittelwerte der Messwerte angegeben.

| LAWA_ID       | Seename               | LAWA-TI (pot.-nat.) | LAWA-TI (BWZ 2015) | Objektspezifisches Bewirtschaftungsziel |                            |                 |
|---------------|-----------------------|---------------------|--------------------|---|----------------------------|-----------------|
|               |                       |                     |                    | Ökologische Zustandsklasse              | Gesamtposphorkonzentration |                 |
|               |                       |                     |                    |   | TP <sub>F</sub>            | TP <sub>S</sub> |
| 80001592239   | Baalsee               | 2,27                | 2,75               | 2                                       | 72,2                       | 78,0            |
| 80001585679   | Beetzsee bei Butzow   | 2,94                | 3,44               | 2                                       | 67,2                       | 81,8            |
| 80001585639   | Beetzsee bei Lünow    | 2,92                | 3,42               | 2                                       | 63,9                       | 81,1            |
| 80001585699   | Beetzsee bei Radewege | 2,87                | 3,37               | 2                                       | 59,4                       | 76,6            |
| 800015813463  | Beutelsee             | 2,60                | 3,10               | 2                                       | 44,1                       | 51,5            |
| 800019681383  | Blankenburger See     | 2,03                | 2,51               | 2                                       | 52,6                       | 48,7            |
| 800015848939  | Blankensee            | 3,27                | 3,77               | 2                                       | 87,8                       | 145,7           |
| 8000158279523 | Bötzsee               | 2,23                | 2,23               | 1*                                      | 32,3*                      | 31,2*           |
| 80001588143   | Braminsee             | 3,07                | 3,58               | 2                                       | 63,7                       | 124,5           |
| 8000158739    | Breitlingsee          | 3,23                | 3,73               | 2                                       | 94,0                       | 124,2           |
| 800015826441  | Briesener See         | 2,35                | 2,85               | 2                                       | 27,9                       | 42,3            |
| 8000169626341 | Bukowsee              | 1,84                | 2,32               | 2                                       | 43,3                       | 31,1            |
| 80001588379   | Bützsee               | 3,26                | 3,77               | 2                                       | 88,2                       | 144,8           |
| 800015826423  | Byhleguhrer See       | 2,74                | 3,24               | 2                                       | 38,1                       | 84,9            |

| LAWA_ID         | Seename                      | LAWA-TI<br>(pot.-<br>nat.) | LAWA-TI<br>(BWZ<br>2015) | Objektspezifisches<br>Bewirtschaftungsziel   |  |                 |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|--|--|-----------------|
|                 |                              |                            |                          | Ökolo-<br>gische<br>Zu-<br>stands-<br>klasse | Gesamt-<br>phosphor-<br>konzentra-<br>tion |                 |
|                 |                              |                            |                          |  | TP <sub>F</sub>                            | TP <sub>S</sub> |
| 800019684339    | Dammsee                      | 2,78                       | 3,28                     | 2  | 51,8                                       | 69,1            |
| 800015827747    | Dehmsee                      | 3,13                       | 3,63                     | 2  | 68,6                                       | 130,2           |
| 800015828539    | Dolgensee bei Dolgenbrodt    | 3,39                       | 3,89                     | 2  | 94,5                                       | 183,1           |
| 80001588147     | Dollgowsee                   | 2,19                       | 2,67                     | 2  | 64,5                                       | 67,0            |
| 80001592219     | Dranser See                  | 1,97                       | 2,45                     | 2  | 47,8                                       | 43,8            |
| 8000158875      | Dreetzer See                 | 3,28                       | 3,78                     | 2  | 96,3                                       | 136,4           |
| 80001581828571  | Dretzsee                     | 3,18                       | 3,68                     | 2  | 70,4                                       | 143,7           |
| 8000158519249   | Fahrländer See               | 2,60                       | 3,10                     | 2  | 33,5                                       | 66,7            |
| 800015814599    | Fährsee                      | 2,24                       | 2,72                     | 2  | 72,0                                       | 71,3            |
| 8000169628411   | Felchowsee                   | 2,77                       | 3,27                     | 2  | 38,0                                       | 90,9            |
| 800015827891    | Flakensee                    | 3,13                       | 3,63                     | 2  | 84,4                                       | 105,6           |
| 8000158154857   | Gehronsee                    | 3,13                       | 3,63                     | 2  | 74,3                                       | 120,3           |
| 800015851529    | Glindower See                | 1,91                       | 2,39                     | 2  | 41,8                                       | 41,1            |
| 8000158284167   | Glubigsee                    | 2,04                       | 2,52                     | 2  | 53,0                                       | 48,9            |
| 80001585313     | Göttinsee                    | 3,38                       | 3,88                     | 2  | 104,3                                      | 165,0           |
| 8000158389      | Griebnitzsee                 | 3,21                       | 3,71                     | 2  | 88,8                                       | 124,5           |
| 80001588157     | Grienericksee                | 2,32                       | 2,80                     | 2  | 82,2                                       | 80,8            |
| 80001696281259  | Grimnitzsee                  | 1,90                       | 2,40                     | 2  | 17,0                                       | 21,4            |
| 8000158271825   | Groß Leuthener See           | 2,77                       | 3,27                     | 2  | 51,0                                       | 68,8            |
| 80001581613     | Großdöllner See              | 1,93                       | 2,17                     | 1  | 28,0                                       | 29,1            |
| 800019684319    | Großer See bei Fürstenwerder | 1,78                       | 2,26                     | 2  | 35,3                                       | 31,6            |
| 800015848979    | Grössinsee                   | 3,27                       | 3,77                     | 2  | 94,3                                       | 137,5           |
| 8000169628147   | Grumsinsee                   | 2,51                       | 3,00                     | 2  | 35,1                                       | 50,0            |
| 80001588259     | Gudelacksee                  | 1,90                       | 2,38                     | 2  | 45,8                                       | 35,6            |
| 80001588959     | Gülper See                   | 3,48                       | 3,98                     | 2  | 93,5                                       | 232,1           |
| 80001968245219  | Haussee bei Hardenbeck       | 1,55                       | 2,03                     | 2  | 27,6                                       | 18,5            |
| 800019684539    | Haussee bei Wolfshagen       | 2,97                       | 3,47                     | 2  | 73,2                                       | 81,1            |
| 80001587341     | Heiliger See bei Kirchmöser  | 2,42                       | 2,92                     | 2  | 28,5                                       | 49,6            |
| 80001582776241  | Heinersdorfer See            | 1,91                       | 2,41                     | 2  | 42,2                                       | 43,6            |
| 80001677251     | Helensee mit Katjasee        | 1,28                       | 1,52                     | 1  | 12,8                                       | 7,3             |
| 8000158789799   | Hohennauener See             | 3,09                       | 3,59                     | 2  | 76,6                                       | 105,3           |
| 800015828291    | Hölzerner See                | 2,19                       | 2,67                     | 2  | 69,0                                       | 62,1            |
| 800015837       | Jungfernsee                  | 3,17                       | 3,67                     | 2  | 99,3                                       | 101,7           |
| 800015883192321 | Kalksee bei Binenwalde       | 2,05                       | 2,53                     | 2  | 60,2                                       | 44,3            |
| 8000158278879   | Kalksee bei Woltersdorf      | 2,32                       | 2,80                     | 2  | 79,0                                       | 84,0            |
| 800025812941    | Kastavensee                  | 1,91                       | 1,91                     | 1*   | 19,0*                                      | 18,0*           |



| LAWA_ID         | Seename                        | LAWA-TI<br>(pot.-<br>nat.) | LAWA-TI<br>(BWZ<br>2015) | Objektspezifisches<br>Bewirtschaftungsziel   |  |                 |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|--|--|-----------------|
|                 |                                |                            |                          | Ökolo-<br>gische<br>Zu-<br>stands-<br>klasse | Gesamt-<br>phosphor-<br>konzentra-<br>tion |                 |
|                 |                                |                            |                          |  | TP <sub>F</sub>                            | TP <sub>S</sub> |
| 800015886211    | Katerbower See                 | 2,81                       | 3,31                     | 2  | 45,0                                       | 86,5            |
| 800015828279    | Klein Köriser See              | 2,24                       | 2,72                     | 2  | 70,3                                       | 72,3            |
| 8000158789543   | Kleßener See                   | 2,53                       | 3,03                     | 2  | 35,0                                       | 53,1            |
| 8000169623143   | Klostersee bei Altfriedland    | 1,89                       | 2,37                     | 2  | 40,9                                       | 38,8            |
| 800015814119    | Kölpinsee                      | 2,21                       | 2,71                     | 2  | 27,1                                       | 30,5            |
| 8000158271427   | Kossenblatter See              | 2,75                       | 3,25                     | 2  | 44,3                                       | 74,2            |
| 8000158281659   | Köthener See                   | 3,13                       | 3,63                     | 2  | 64,3                                       | 138,9           |
| 8000258519229   | Kramnitzsee                    | 2,42                       | 2,92                     | 2  | 32,7                                       | 43,2            |
| 8000196824199   | Krewitzsee                     | 2,23                       | 2,70                     | 2  | 79,0                                       | 61,0            |
| 80001968113     | Krinertsee, Gr.                | 1,88                       | 2,35                     | 2  | 38,9                                       | 39,1            |
| 800015828769    | Krossinsee                     | 2,36                       | 2,86                     | 2  | 29,1                                       | 41,6            |
| 800015828575    | Krüpelsee mit Krimnicksee      | 3,22                       | 3,72                     | 2  | 88,5                                       | 128,6           |
| 80001581443     | Kuhzer See                     | 1,90                       | 2,38                     | 2  | 39,6                                       | 41,8            |
| 80001581239     | Küstrinsee                     | 1,99                       | 2,23                     | 1  | 35,1                                       | 28,8            |
| 800015828499    | Langer See bei Dolgenbrodt     | 3,23                       | 3,73                     | 2  | 84,9                                       | 137,5           |
| 8000158177      | Lehnitzsee                     | 3,14                       | 3,64                     | 2  | 98,5                                       | 93,8            |
| 8000158278479   | Liebenberger See               | 2,97                       | 3,22                     | 2  | 51,3                                       | 59,7            |
| 8000169626421   | Liepnitzsee                    | 1,72                       | 2,20                     | 2  | 32,3                                       | 28,3            |
| 800015814259    | Lübbesee                       | 1,80                       | 2,04                     | 1  | 23,2                                       | 23,3            |
| 800015812799    | Lychensee                      | 2,12                       | 2,61                     | 2  | 62,2                                       | 54,2            |
| 8000158147741   | Mahlgastsee                    | 1,61                       | 1,61                     | 2  | 27,3                                       | 27,4            |
| 800015827813    | Maxsee                         | 2,79                       | 2,79                     | 2  | 52,3                                       | 73,3            |
| 8000196824193   | Mellensee bei Funkenhagen      | 2,17                       | 2,17                     | 2  | 71,5                                       | 56,8            |
| 800015828639    | Mellensee bei Mellensee        | 2,79                       | 3,29                     | 2  | 57,4                                       | 64,3            |
| 800015827348239 | Mochowsee                      | 2,10                       | 2,58                     | 2  | 56,6                                       | 56,7            |
| 800015812949    | Moderfitzsee                   | 2,18                       | 2,65                     | 2  | 63,4                                       | 64,7            |
| 8000158278619   | Möllensee bei Grünheide        | 2,88                       | 3,38                     | 2  | 61,5                                       | 76,4            |
| 800015882919    | Möllensee bei Krangen          | 3,14                       | 3,64                     | 2  | 81,3                                       | 113,2           |
| 800015828663    | Motzener See                   | 1,94                       | 2,42                     | 2  | 45,0                                       | 42,0            |
| 800016754491    | Müllroser See                  | 2,91                       | 3,41                     | 2  | 62,8                                       | 80,4            |
| 80001696281659  | Mündesee                       | 2,77                       | 3,27                     | 2  | 54,5                                       | 64,9            |
| 800015815239    | Nehmitzsee                     | 1,93                       | 1,93                     | 1  | 20,6*                                      | 18,1*           |
| 80001585439     | Netzener See                   | 3,00                       | 3,50                     | 2  | 75,8                                       | 83,7            |
| 8000158146839   | Netzowsee                      | 2,12                       | 2,59                     | 2  | 57,3                                       | 58,8            |
| 800015827133    | Neuendorfer See bei Neuendorf  | 2,94                       | 3,44                     | 2  | 52,5                                       | 101,9           |
| 80001582863639  | Neuendorfer See bei Sperenberg | 2,72                       | 3,22                     | 2  | 52,7                                       | 58,6            |

| LAWA_ID         | Seename                        | LAWA-TI<br>(pot.-<br>nat.)  | LAWA-TI<br>(BWZ<br>2015) | Objektspezifisches<br>Bewirtschaftungsziel   |  |                 |
|-----------------|--------------------------------|---|--------------------------|--|--|-----------------|
|                 |                                |   |                          | Ökolo-<br>gische<br>Zu-<br>stands-<br>klasse | Gesamt-<br>phosphor-<br>konzentra-<br>tion |                 |
|                 |                                |   |                          |  | TP <sub>F</sub>                            | TP <sub>S</sub> |
| 80001581259     | Oberpfuhl                      | 3,04  | 3,54                     | 2  | 76,6                                       | 92,3            |
| 800025892639    | Obersee (Dossespeicher Kyritz) | HMWB ohne Bewirtschaftungsziel im ersten<br>Bewirtschaftungszyklus bis 2015 |                          |  |  |                 |
| 800019681399    | Oberuckersee                   | 1,93  | 2,40                     | 2  | 48,2                                       | 36,9            |
| 800016962697    | Oderberger See                 | 3,34  | 3,83                     | 2  | 97,2                                       | 156,4           |
| 8000158275459   | Oelsener See                   | 3,04  | 3,53                     | 2  | 64,2                                       | 108,3           |
| 800019682139    | Parmensee                      | 2,70  | 3,20                     | 2  | 48,2                                       | 60,2            |
| 800016962684599 | Parsteiner See                 | 1,64  | 1,87                     | 1  | 19,8                                       | 15,5            |
| 8000158285813   | Pätzer Hintersee               | 2,67  | 3,17                     | 2  | 38,5                                       | 69,8            |
| 8000158285819   | Pätzer Vordersee               | 1,82  | 2,30                     | 2  | 38,0                                       | 32,8            |
| 8000158117591   | Peetschsee                     | 1,35  | 1,59                     | 1*   | 15 *                                       | 15 *            |
| 8000158278639   | Peetzsee                       | 2,02  | 2,50                     | 2  | 58,6                                       | 41,4            |
| 800015814479    | Petznicksee                    | 3,06  | 3,56                     | 2  | 68,0                                       | 108,7           |
| 80002696268471  | Plagesee                       | 2,53  | 3,03                     | 2  | 37,1                                       | 50,8            |
| 8000158125659   | Platkowsee                     | 1,91  | 2,15                     | 1*   | 26,6                                       | 29,3            |
| 800015851521    | Plessower See                  | 1,54  | 2,02                     | 2  | 21,5                                       | 23,0            |
| 800015814839    | Polsensee                      | 2,90  | 3,39                     | 2  | 63,6                                       | 76,6            |
| 800019681367    | Potzlowsee                     | 2,11  | 2,61                     | 2  | 23,4                                       | 26,9            |
| 800015875389    | Pritzerber See                 | 2,66  | 3,16                     | 2  | 48,1                                       | 54,5            |
| 80001696281139  | Präßnicksee, Gr.               | 2,05  | 2,53                     | 2  | 53,5                                       | 50,9            |
| 800016962811343 | Präßnicksee, Kl.               | 1,51  | 1,99                     | 2  | 22,6                                       | 20,3            |
| 800015819259    | Rahmersee                      | 2,91  | 3,41                     | 2  | 56,6                                       | 88,0            |
| 8000158286839   | Rangsdorfer See                | 2,86  | 3,36                     | 2  | 56,9                                       | 77,3            |
| 80001696281321  | Redernswalder See              | 1,73  | 1,97                     | 1*   | 20,7                                       | 20,5            |
| 8000158815539   | Rheinsberger See               | 1,97  | 2,45                     | 2  | 53,8                                       | 38,6            |
| 800015854759    | Rietzer See                    | 3,25  | 3,75                     | 2  | 75,8                                       | 160,5           |
| 80001585619     | Riewendsee                     | 2,99  | 3,48                     | 2  | 64,7                                       | 94,7            |
| 800015811779    | Röblinsee                      | 3,19  | 3,69                     | 2  | 90,4                                       | 116,3           |
| 800015814779    | Röddelinsee                    | 2,05  | 2,52                     | 2  | 65,1                                       | 40,5            |
| 800015815253    | Roofensee                      | 2,11  | 2,11                     | 1*   | 28,4*                                      | 23,7*           |
| 800015932781    | Rudower See                    | 2,55  | 3,04                     | 2  | 40,2                                       | 48,8            |
| 80001588359     | Ruppiner See                   | 2,06  | 2,54                     | 2  | 60,8                                       | 46,1            |
| 80001583587     | Sacrower See                   | 1,73  | 2,21                     | 2  | 37,9                                       | 24,4            |
| 800015828492569 | Schaplowsee                    | 2,65  | 3,15                     | 2  | 40,4                                       | 63,5            |
| 800015828419    | Scharmützelsee                 | 1,60  | 2,08                     | 2  | 27,7                                       | 21,9            |
| 8000169622491   | Schermützelsee                 | 1,82  | 2,06                     | 1  | 29,8                                       | 18,9            |

| LAWA_ID         | Seename                   | LAWA-TI<br>(pot.-<br>nat.) | LAWA-TI<br>(BWZ<br>2015) | Objektspezifisches<br>Bewirtschaftungsziel   |  |                 |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--|--|-----------------|
|                 |                           |                            |                          | Ökolo-<br>gische<br>Zu-<br>stands-<br>klasse | Gesamt-<br>phosphor-<br>konzentra-<br>tion |                 |
|                 |                           |                            |                          |  | TP <sub>F</sub>                            | TP <sub>S</sub> |
| 800015881519    | Schlabornsee              | 2,99                       | 3,49                     | 2  | 73,6                                       | 84,2            |
| 8000158519279   | Schlänitzsee              | 2,99                       | 3,49                     | 2  | 63,9                                       | 97,4            |
| 800015828293    | Schmöldese                | 3,00                       | 3,50                     | 2  | 67,7                                       | 93,5            |
| 800015827363    | Schwansee                 | 2,19                       | 2,43                     | 1  | 44,4                                       | 43,3            |
| 80001581191     | Schwedtsee                | 3,31                       | 3,81                     | 2  | 97,5                                       | 145,1           |
| 80001582849239  | Schweriner See            | 2,72                       | 3,22                     | 2  | 44,6                                       | 69,5            |
| 80001582739     | Schwielochsee             | 3,18                       | 3,68                     | 2  | 86,0                                       | 118,7           |
| 80001585139     | Schwielowsee              | 3,22                       | 3,72                     | 2  | 96,2                                       | 117,9           |
| 800015849421    | Seddiner See              | 2,55                       | 3,05                     | 2  | 38,7                                       | 50,6            |
| 8000158182239   | See westlich Vehlefan     | 3,09                       | 3,59                     | 2  | 76,0                                       | 106,7           |
| 80001582849259  | Selchower See, Gr.        | 2,66                       | 3,16                     | 2  | 42,7                                       | 62,2            |
| 80001582873     | Sellenzugsee              | 3,29                       | 3,79                     | 2  | 98,6                                       | 138,0           |
| 800015381723    | Senftenberger See         | 1,27                       | 1,75                     | 2  | 15,1                                       | 13,3            |
| 800016962684341 | Serwester See             | 2,50                       | 2,99                     | 2  | 36,4                                       | 47,2            |
| 80001584923     | Siethener See             | 2,74                       | 3,24                     | 2  | 46,1                                       | 70,2            |
| 80001582841639  | Springsee                 | 1,81                       | 2,29                     | 2  | 37,6                                       | 32,2            |
| 800015815219    | Stechlinsee               | 1,10                       | 1,34                     | 1*   | 16,0*                                      | 12,0*           |
| 8000196815219   | Sternhagener See          | 1,87                       | 2,35                     | 2  | 38,4                                       | 38,5            |
| 8000158278839   | Stienitzsee               | 2,12                       | 2,59                     | 2  | 59,1                                       | 57,0            |
| 80001581311     | Stolpsee                  | 2,35                       | 2,83                     | 2  | 85,8                                       | 85,7            |
| 800015828439    | Storkower See             | 2,18                       | 2,65                     | 2  | 61,4                                       | 66,9            |
| 8000158278819   | Straussee                 | 1,98                       | 2,22                     | 1  | 34,4                                       | 27,9            |
| 800015825339    | Talsperre Spremberg       | 2,67                       | 3,17                     | 2  | 45,8                                       | 58,5            |
| 80001585119     | Templiner See bei Potsdam | 3,10                       | 3,60                     | 2  | 97,4                                       | 85,9            |
| 80001581473     | Templiner See bei Templin | 2,35                       | 2,83                     | 2  | 86,3                                       | 83,8            |
| 80001588331     | Tetzensee                 | 3,18                       | 3,68                     | 2  | 91,8                                       | 112,3           |
| 800015828239    | Teupitzer See             | 2,44                       | 2,94                     | 2  | 34,2                                       | 43,4            |
| 800015811879    | Thymensee                 | 3,17                       | 3,67                     | 2  | 81,8                                       | 119,8           |
| 80001587539     | Tieckowsee                | 3,22                       | 3,72                     | 2  | 102,3                                      | 111,8           |
| 8000158393      | Tiefer See bei Potsdam    | 3,11                       | 3,61                     | 2  | 102,5                                      | 83,8            |
| 8000158284161   | Tiefer See oder Grubensee | 1,37                       | 1,85                     | 2  | 19,3                                       | 14,6            |
| 800015881661    | Tietzensee, Gr.           | 1,99                       | 2,24                     | 1*   | 13,9                                       | 17,3            |
| 80001588319239  | Tornowsee                 | 2,14                       | 2,62                     | 2  | 59,9                                       | 60,4            |
| 80001585337     | Trebelsee                 | 3,35                       | 3,85                     | 2  | 101,8                                      | 155,6           |
| 80001581461     | Trebowsee                 | 2,27                       | 2,77                     | 2  | 27,8                                       | 34,5            |
| 800016754459    | Treppelsee, Gr.           | 3,00                       | 3,50                     | 2  | 70,1                                       | 91,2            |

| LAWA_ID         | Seename                       | LAWA-TI<br>(pot.-<br>nat.) | LAWA-TI<br>(BWZ<br>2015) | Objektspezifisches<br>Bewirtschaftungsziel   |  |                 |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|--|--|-----------------|
|                 |                               |                            |                          | Ökolo-<br>gische<br>Zu-<br>stands-<br>klasse | Gesamt-<br>phosphor-<br>konzentra-<br>tion |                 |
|                 |                               |                            |                          |  | TP <sub>F</sub>                            | TP <sub>S</sub> |
| 800015881119    | Twernsee                      | 1,74                       | 1,98                     | 2  | 25,5                                       | 17,1            |
| 8000169626345   | Üdersee                       | 2,01                       | 2,49                     | 2  | 51,2                                       | 46,2            |
| 800015892679    | Untersee mit Klempowsee       | 2,62                       | 3,12                     | 2  | 44,5                                       | 53,3            |
| 80001968179     | Unteruckersee                 | 1,97                       | 2,45                     | 2  | 48,1                                       | 43,3            |
| 800015882419    | Vielitzsee                    | 2,93                       | 3,43                     | 2  | 54,0                                       | 97,3            |
| 8000169622839   | Vordersee bei Obersdorf       | 2,61                       | 3,11                     | 2  | 44,9                                       | 51,3            |
| 80001581921     | Wandlitzer See                | 1,40                       | 1,88                     | 2  | 19,7                                       | 15,8            |
| 800015812139    | Warthesee                     | 1,65                       | 2,13                     | 2  | 33,5                                       | 21,3            |
| 80001587499     | Wendsee                       | 3,25                       | 3,74                     | 2  | 93,4                                       | 129,0           |
| 8000158152799   | Wentowsee                     | 3,09                       | 3,58                     | 2  | 68,6                                       | 115,5           |
| 800016962694439 | Werbellinsee                  | 1,31                       | 1,79                     | 2  | 19,4                                       | 11,9            |
| 80001585159     | Werdersche Havel              | 3,19                       | 3,69                     | 2  | 97,5                                       | 107,2           |
| 8000158278659   | Werlsee                       | 2,13                       | 2,61                     | 2  | 68,8                                       | 50,8            |
| 80001696268458  | Wesensee                      | 2,65                       | 3,15                     | 2  | 39,8                                       | 64,2            |
| 80001588163     | Wittwese                      | 1,60                       | 1,84                     | 1*   | 16 *                                       | 17 *            |
| 800015878959    | Witzker See                   | 3,28                       | 3,77                     | 2  | 96,8                                       | 134,8           |
| 80001696281579  | Wolletzsee                    | 2,06                       | 2,54                     | 2  | 55,0                                       | 51,2            |
| 800015828493    | Wolziger See                  | 2,20                       | 2,67                     | 2  | 65,4                                       | 67,1            |
| 800015851749    | Wublitz                       | 2,96                       | 3,46                     | 2  | 57,6                                       | 99,6            |
| 800015881113    | Wummsee                       | 1,33                       | 1,57                     | 1*   | 16 *                                       | 14 *            |
| 8000158286179   | Wünsdorfer See                | 2,08                       | 2,56                     | 2  | 53,8                                       | 55,8            |
| 800015812727    | Wurlsee                       | 1,50                       | 1,97                     | 2  | 24,6                                       | 17,3            |
| 8000158749639   | Wusterwitzer See              | 2,56                       | 3,06                     | 2  | 42,0                                       | 48,2            |
| 800015817259    | Wutzsee bei Liebenwalde       | 2,31                       | 2,78                     | 2  | 80,1                                       | 78,9            |
| 80001588233     | Wutzsee bei Lindow            | 2,04                       | 2,28                     | 1  | 36,7                                       | 32,2            |
| 8000158811523   | Zechliner See                 | 1,43                       | 1,91                     | 2  | 22,5                                       | 15,2            |
| 8000158285859   | Zeesener See                  | 2,09                       | 2,57                     | 2  | 58,3                                       | 53,0            |
| 8000158125699   | Zenssee                       | 1,82                       | 2,30                     | 2  | 42,3                                       | 29,9            |
| 800015883199    | Zermützelsee                  | 3,10                       | 3,60                     | 2  | 81,6                                       | 101,0           |
| 80001585179     | Zernseen mit Havel bei Phöben | 3,18                       | 3,68                     | 2  | 98,1                                       | 103,5           |
| 8000158285541   | Ziestsee                      | 1,62                       | 2,09                     | 2  | 23,8                                       | 27,0            |
| 800015881159    | Zootzensee                    | 1,91                       | 2,39                     | 2  | 46,7                                       | 36,8            |

Die in der Tabelle 4-1 aufgeführten Werte sind bzw. waren zur Unterstützung der Maßnahmenplanung für den ersten Bewirtschaftungszyklus bis 2015 gedacht. Die Ergebnisse der in den Jahren 2006 – 2009 durchgeführten Gewässerüberwachung zeigten, dass die modellbasiert abgeleiteten Gesamtposphorkonzentrationen für die Referenzgewässer im Land Brandenburg systematisch zu niedrig ausfielen. Für Seen in Seenketten wurde diese Übersteuerung des Modells rechnerisch bislang durch Weglassen der P-Retention aufgehoben. Beide systematischen Ungenauigkeiten im Modell (Übersteuerung der Retention innerhalb eines Sees und Weglassen der Retentionsleistung in Seenketten) sollen für die Maßnahmenplanung im Vorfeld des zweiten Bewirtschaftungszyklus korrigiert werden.

#### **Ausblick: Differenzierter Ansatz für den zweiten Bewirtschaftungszyklus**

Der in Vorbereitung auf den ersten Bewirtschaftungszyklus für die Ableitung der Referenzkonzentrationen an TP verwendete, überregionale und stark vereinfachte Modellansatz betont den Sedimentationseffekt innerhalb eines Sees stark (Übersteuerung), vernachlässigt jedoch im Gegenzug den vom betrachteten See auf die unterhalb liegenden Gewässer theoretisch ausgehenden Retentionseffekt (Untersteuerung). Von der Größenordnung her heben sich diese Fehler des Modells bei Seen mit mittelgroßen bis großen Einzugsgebieten (100 – 20.000 km<sup>2</sup>) in etwa auf. Für Seen mit kleineren Einzugsgebieten erzeugt dieses überregionale und stark vereinfachte Modell aber große Ungenauigkeiten bis zu mehr als einer Trophiestufe, sowohl bei Seen mit sehr kleinen Einzugsgebieten, als auch für kleine Seen, die im Flussverlauf unterhalb eines großen tiefen Sees liegen.

Um diese systematischen Ungenauigkeiten zu eliminieren wurden im Jahr 2010 im Vorfeld der Maßnahmenplanung für den zweiten Bewirtschaftungszyklus die Retentionskoeffizienten im Modell der OECD (1982) an einem größeren Datensatz aus regionalen Referenzseen überprüft und – da erwartungsgemäß erhebliche Differenzen zum überregionalen Modell festgestellt wurden – regional neu kalibriert.

Das nunmehr regional kalibrierte TP-Retentionsmodell des LUGV bildet jetzt die TP-Retention in Seen mit kleinen Einzugsgebieten in Abhängigkeit von der Verweilzeit im statistischen Sinne sehr viel genauer ab. Unter Anrechnung der jetzt sehr viel niedriger bezifferten Retentionsleistungen der Seen lassen sich die Modelle für die Seen einer Seenkette widerspruchsfrei verknüpfen, ohne am Ende den Retentionseffekt ganzer Seenketten übersteuert darzustellen. Somit lassen sich jetzt auch die TP-Frühjahrskonzentrationen und TP-Sommerkonzentrationen für den Referenzzustand von Seen, die in Seenketten eingebunden sind, unter Berücksichtigung der Retentionsleistungen der oberhalb gelegenen Seen größer 50 ha hinlänglich zuverlässig abschätzen. Das regional geeichte Retentionsmodell des LUGV würde sich damit theoretisch auch für die Bewirtschaftungsplanung belasteter Seen mit weit höheren Zuflusskonzentrationen als 80 µg/l eignen.

Den Eichdatensatz für das regionale Modell bildeten 61 Wertepaare mit Messwerten der TP-Frühjahrskonzentration und Schätzwerten der Verweilzeit, die anhand der Einzugsgebietsgrößen, der Abflussspenden (ArcEGMO, PFÜTZNER 2004) und der vermessenen Volumina der Seen ermittelt wurden. Zur Berechnung der theoretischen Verweilzeit der Phosphatmoleküle im Freiwasser des jeweiligen Seewasserkörpers wurden die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen, die auf die Seefläche fallen, mit hinzugerechnet, da die Niederschlagsmengen auf Brandenburger Seen oft größer sind als die Zuflussmengen aus dem Grundwasser oder aus Fließgewässern.

Die 61 Wertepaare stammen aus Referenzgewässern (mehr als 90 % Waldfläche im Einzugsgebiet), für die angenommen werden kann, dass die mittlere Grundwasserkonzentration im Zustrom ca. 80 µg/l beträgt.

Insgesamt sechs Wertepaare wurden als statistische Ausreißer identifiziert. Es handelt sich um vier Wertepaare für den Kastavensee, dessen fehlender oberirdischer Abfluss und geringer Hydrogenkarbonatgehalt übereinstimmend bezweifeln lassen, dass die Kombination aus 10,2 km<sup>2</sup> terrestrischer Einzugsgebietsfläche und 80 mm Abflussspen-

de den aktuellen, als referenznah zu beurteilenden Gegebenheiten auch nur annähernd entsprechen. Die seit 1995 als referenzkonform bekannte TP-Konzentration um 17 µg TP/l im Kastavensee lässt eine nur halb so große Einzugsgebietsfläche und Abflussspende erwarten. Die beiden restlichen aus dem Eichdatensatz ausgeschlossenen Wertepaare betreffen je einen Messwert aus dem Tiefen- oder Grubensee und aus dem Springsee, die beide beträchtliche oberirdische Abflüsse aufweisen und deren wirkliche (unterirdische) Einzugsgebietsflächen erheblich größer sein müssen, als bekannt.

Die verbleibenden 55 Wertepaare der Referenzseen streuen relativ stark um die Regressionsgerade (siehe Abbildung 4-2). Die ermittelte Regressionsgleichung lautet:

$$\log_{10} TP_F = 0,17766638 + 0,91611586 \times \log (TP_{in} / (1 + T^{0,5}))$$

oder in der Transformation zur Potenzfunktion:

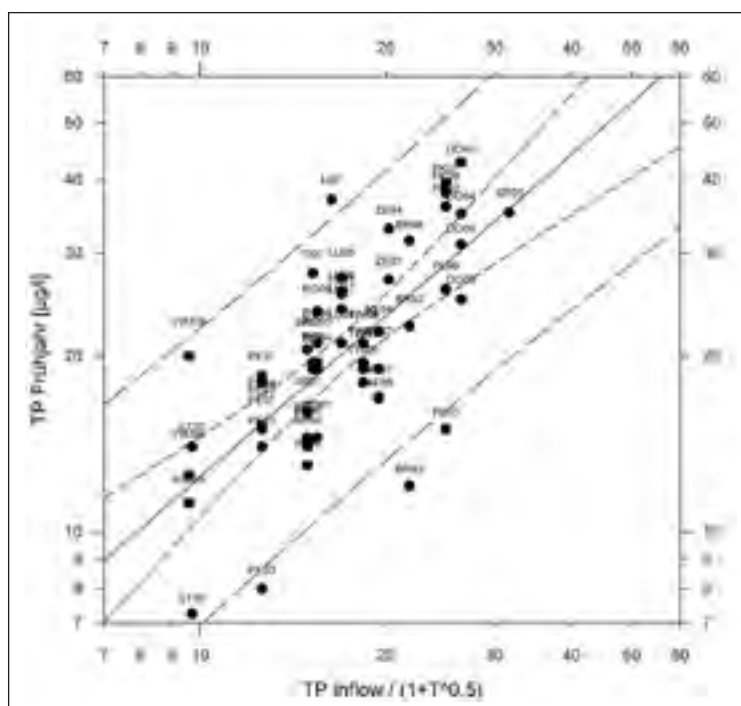
$$TP_F = 1,50545016 \times (TP_{in} / (1 + T^{0,5}))^{0,91611586}$$

Der Regressionskoeffizient  $r^2$  lag bei 0,46.

Die Rekalibration der Retentionskoeffizienten der OECD-Gleichung zeigt, dass die verweilzeitabhängige Abnahme der TP-Konzentration in Brandenburger Seen weniger intensiv erfolgt, als es mit den Koeffizienten der OECD (1982) für den weltweiten Datensatz abgeschätzt werden würde. Die wirklichen P-Retentionsleistungen der Brandenburger Seen sind entsprechend geringer, als es den Koeffizienten der OECD (1982) entspricht.

Die Auswirkungen des regional neu geeichten Modells auf die Formulierung von Zielvorstellungen des regionalen Seenschutzes lassen sich anschaulich an einer Seenkette, wie z. B. der des Rhins darstellen. Die Tabelle 4-2 zeigt für die als Beispiel gewählte Seenkette des Rhins einen Vergleich zwischen den Ergebnissen beider Modelle. Die Referenzkonzentrationen und die Werte für die Klassengrenzen „sehr gut“ / „gut“ sowie „gut“ / „mäßig“ werden in Tabelle 4-2 für die 24 Seen des Planungsgebiets gegenübergestellt. Zieht man die Sedimentationsverluste der jeweils vorgeschalteten Seen größer 50 ha der Rhinseenkette von der Fracht eines betrachteten Sees ab, so ergibt sich auch mit dem neuen Modell ein leichter bis deutlicher Anstieg der Referentzrophie von den Quellseen (Twerensee, Zechliner See)

Abb. 4-2: Abhängigkeit der TP-Konzentration von ungestörten Referenzseen zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation von der verweilzeitadjustierten Zuflusskonzentration.  $r^2 = 0,46$ . Weichwasserseen, wie der Peetschsee (PE93), der Briesener See (BR93) und der Plagesee (PL03) markieren in einzelnen Jahren bei ausbleibenden Frühjahrsdiatomeenblüten (Silikatlimitation) die Minima der Erwartungswerte. Extrem stickstofflimitierte Quellseen mit eingeschränkter Sedimentation, wie der Liepnitzsee (LI07), markieren umgekehrt die Maxima der Erwartungswerte.



bis zu den Flusseen im Unterlauf (Dreetzer See, Gülper See). Für den Ruppiner See im Mittellauf ergibt sich aufgrund seines großen Volumens und einer Verweilzeit von mehr als einem Jahr, wie auch im überregionalen Modellansatz, weiterhin ein plausibler TP-Referenzwert (Frühjahr) im stark mesotrophen Niveau, das auch den regionalen Erfahrungswerten entspricht.

In der Tabelle 4-3 werden die als Bewirtschaftungsziele abgeleiteten Orientierungswerte bereiche bezüglich TP an der Klassengrenze „gut“ / „mäßig“ aufgeführt. Unter Berücksichtigung der individuellen Schichtungsstabilität

wurden weiterhin für jeden See des Rhingebiets die Obergrenzen der sommerlichen TP-Konzentration in der oberflächennahen Wasserschicht ermittelt, die einen „guten“ ökologischen Zustand gerade noch unterstützen würden. Diese sind als einfach zu kontrollierende Messgröße ebenfalls in Tabelle 4-3 aufgeführt.

Im Zuge der Aufstellung regionaler Nährstoffreduzierungskonzepte wird das neue, regional geeichte Modell auf alle natürlichen Seen größer 50 ha angewandt, um zuverlässige Hintergrund- und Orientierungswerte abzuleiten.

**Tab. 4-2: Gegenüberstellung der Ergebnisse zweier modellbasierter Abschätzungen der potenziell natürlichen (Referenz-)Konzentrationen an Gesamtphosphor und der aufgrund dieser Konzentrationen zu erwartenden Trophie im Referenzzustand für die 24 Seen größer 50 ha des Rhingebiets.**

Die hinterlegten Farben bedeuten: mittelblau = oligotroph, hellblau = schwach mesotroph, grün = stark mesotroph, gelb = eutroph, dunkel gelb = hoch eutroph, orange = polytroph. Nur für die vier echten EU-Referenzgewässer (Wummsee, Twernsee, Wittwese und Gr. Tietzensee) und den Wutzsee bei Lindow, der trotz kleinerer Nutzungen im Einzugsgebiet in Bezug auf die Phytoplanktonentwicklung und die Gesamtphosphorkonzentration als „sehr gut“ zu bewerten ist, sind die angegebenen Referenzbereiche zugleich als Bewirtschaftungsziele zu betrachten.

| Seename                | pot. nat.<br>[TP_fruhjahr]<br>µg/l<br>(1. Modellansatz) | pot. nat.<br>[TP_fruhjahr]<br>µg/l<br>(2. Modellansatz) | Trophieindex<br>(LAWA) pot. nat.<br>(1. Modellansatz) | Trophieindex<br>(LAWA) pot.nat.<br>(2. Modellansatz) |
|------------------------|---|---|---|--|
| Wummsee                | 8,4 – 12,7  | 11,9 – 17,9   | 1,33 – 1,57   | 1,53 – 1,77  |
| Twernsee               | 17,0 – 25,5   | 20,7 – 31,1   | 1,74 – 1,98   | 1,86 – 2,10  |
| Zechliner See          | 10,0 – 15,0   | 15,3 – 23,0   | 1,43 – 1,67   | 1,68 – 1,92  |
| Zootzensee             | 20,7 – 31,1   | 17,8 – 26,7   | 1,91 – 2,15   | 1,82 – 2,06  |
| Braminsee              | 32,8 – 45,7   | 49,6 – 69,1   | 3,09 – 3,34   | 3,40 – 3,65  |
| Dollgowsee             | 28,6 – 42,9   | 38,7 – 58,1   | 2,19 – 2,43   | 2,37 – 2,61  |
| Schlabornsee           | 37,8 – 52,8   | 32,2 – 44,9   | 2,99 – 3,24   | 2,87 – 3,12  |
| Rheinsberger See       | 23,9 – 35,8   | 22,3 – 33,4   | 1,97 – 2,21   | 1,93 – 2,17  |
| Grienericksee          | 36,5 – 54,8   | 20,3 – 30,5   | 2,32 – 2,56   | 1,98 – 2,22  |
| Wittwese               | 10,7 – 16,1   | 17,9 – 26,9   | 1,60 – 1,84   | 1,90 – 2,14  |
| Tietzensee, Großer     | 10,0 – 13,9   | 18,2 – 25,4   | 1,99 – 2,24   | 2,44 – 2,69  |
| Wutzsee bei Lindow     | 24,4 – 36,7   | 27,6 – 41,4   | 2,04 – 2,28   | 2,11 – 2,35  |
| Vielitzsee             | 27,8 – 38,8   | 43,5 – 60,7   | 2,93 – 3,18   | 3,27 – 3,52  |
| Gudelacksee            | 20,3 – 30,5   | 21,5 – 32,3   | 1,90 – 2,14   | 1,93 – 2,17  |
| Möllensee bei Krangen  | 41,8 – 58,3   | 19,6 – 27,4   | 3,14 – 3,39   | 2,57 – 2,82  |
| Kalksee bei Binenwalde | 26,7 – 40,1   | 41,9 – 62,9   | 2,05 – 2,29   | 2,31 – 2,55  |
| Tornowsee              | 26,5 – 39,9   | 31,3 – 47,0   | 2,14 – 2,38   | 2,23 – 2,47  |
| Zermützelsee           | 42,0 – 58,5   | 34,1 – 47,5   | 3,10 – 3,35   | 2,94 – 3,19  |

| Seename        | pot. nat.<br>[TP_frühjahr]<br>µg/l<br>(1. Modellansatz) | pot. nat.<br>[TP_frühjahr]<br>µg/l<br>(2. Modellansatz) | Trophieindex<br>(LAWA) pot. nat.<br>(1. Modellansatz) | Trophieindex<br>(LAWA) pot.nat.<br>(2. Modellansatz) |
|----------------|---|---|---|--|
| Tetzensee      | 47,2 – 65,8   | 37,4 – 52,2   | 3,18 – 3,43   | 3,01 – 3,26  |
| Ruppiner See   | 27,0 – 40,5   | 23,4 – 35,1   | 2,06 – 2,30   | 1,98 – 2,22  |
| Bützsee        | 45,4 – 63,2   | 19,9 – 27,7   | 3,27 – 3,52   | 2,65 – 2,90  |
| Katerbower See | 23,1 – 32,3   | 31,9 – 44,5   | 2,81 – 3,06   | 3,06 – 3,30  |
| Dreetzer See   | 49,5 – 69,1   | 45,4 – 63,3   | 3,28 – 3,53   | 3,21 – 3,46  |
| Gülper See     | 48,1 – 67,0   | 50,6 – 70,5   | 3,48 – 3,72   | 3,51 – 3,76  |

**Tab. 4-3:** Gegenüberstellung der Ergebnisse zweier modellbasierter Abschätzungen der Orientierungswertebereiche an Gesamtphosphor und der aufgrund dieser Konzentrationen zu erwartenden Trophie im guten ökologischen Zustand für die 19 Seen größer 50 ha des Rhingebiets, die keine Referenzgewässer sind.

Die hinterlegten Farben bedeuten: mittelblau = oligotroph, hellblau = schwach mesotroph, grün = stark mesotroph, gelb = eutroph, dunkel gelb = hoch eutroph, orange = polytroph.

| Seename                | TP_frühjahr<br>für „guten“<br>Zustand<br>1. Modell-<br>ansatz | TP_sommer<br>für „guten“<br>Zustand<br>1. Modell-<br>ansatz | TP_frühjahr<br>für „guten“<br>Zustand<br>2. Modell-<br>ansatz | TP_sommer<br>für „guten“<br>Zustand<br>2. Modell-<br>ansatz | Trophie-<br>index<br>für „guten“<br>Zustand<br>1. BWP | Trophie-<br>index<br>für „guten“<br>Zustand<br>2. BWP |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Zechliner See          | 15,0 – 22,5   | < 15,2  | 23,0 – 34,5   | < 22,7  | 1,67 – 1,91   | 1,92 – 2,16   |
| Zootensee              | 31,1 – 46,7   | < 36,8  | 26,7 – 40,0   | < 31,8  | 2,15 – 2,39   | 2,06 – 2,30   |
| Braminsee              | 45,7 – 63,7   | < 124,5   | 69,1 – 96,4   | < 184,7   | 3,34 – 3,59   | 3,65 – 3,90   |
| Dollgowsee             | 42,9 – 64,5   | < 67,0  | 58,1 – 87,2   | < 89,3  | 2,43 – 2,67   | 2,61 – 2,85   |
| Schlaborsee            | 52,8 – 73,6   | < 84,2  | 44,9 – 62,6   | < 72,2  | 3,24 – 3,49   | 3,12 – 3,37   |
| Rheinsberger See       | 35,8 – 53,8   | < 38,6  | 33,4 – 50,2   | < 36,1  | 2,21 – 2,45   | 2,17 – 2,41   |
| Grienericksee          | 54,8 – 82,2   | < 80,8  | 30,5 – 45,8   | < 46,3  | 2,56 – 2,80   | 2,22 – 2,46   |
| Vielitzsee             | 38,8 – 54,0   | < 97,3  | 60,7 – 84,7   | < 149,2   | 3,18 – 3,43   | 3,52 – 3,76   |
| Gudelacksee            | 30,5 – 45,8   | < 35,6  | 32,2 – 48,5   | < 37,6  | 2,14 – 2,38   | 2,17 – 2,41   |
| Möllensee bei Krangen  | 58,3 – 81,3   | < 113,2   | 27,4 – 38,2   | < 55,1  | 3,39 – 3,64   | 2,82 – 3,07   |
| Kalksee bei Binenwalde | 40,1 – 60,2   | < 44,3  | 62,9 – 94,4   | < 67,9  | 2,29 – 2,53   | 2,55 – 2,79   |
| Tornowsee              | 39,9 – 59,9   | < 60,4  | 47,0 – 70,6   | < 70,7  | 2,38 – 2,62   | 2,47 – 2,71   |
| Zermützelsee           | 58,5 – 81,6   | < 101,0   | 47,5 – 66,2   | < 82,8  | 3,35 – 3,60   | 3,19 – 3,44   |
| Tetzensee              | 65,8 – 91,8   | < 112,3   | 52,2 – 72,7   | < 90,0  | 3,43 – 3,68   | 3,26 – 3,51   |
| Ruppiner See           | 40,5 – 60,8   | < 46,1  | 35,1 – 52,7   | < 40,2  | 2,30 – 2,54   | 2,22 – 2,46   |
| Bützsee                | 63,2 – 88,2   | < 144,8   | 27,7 – 38,6   | < 66,0  | 3,52 – 3,77   | 2,90 – 3,15   |
| Katerbower See         | 32,3 – 45,0   | < 86,5  | 44,5 – 62,1   | < 117,5   | 3,06 – 3,31   | 3,30 – 3,55   |
| Dreetzer See           | 69,1 – 96,3   | < 136,4   | 63,3 – 88,2   | < 125,5   | 3,53 – 3,78   | 3,46 – 3,71   |
| Gülper See             | 67,0 – 93,5   | < 232,1   | 70,5 – 98,3   | < 243,6   | 3,72 – 3,98   | 3,76 – 4,01   |



Der Vergleich der modellierten Referenz-trophie zwischen altem und neuem Modell zeigt in 17 von 24 Fällen eine übereinstimmende Trophieklasse. Eine Trophieklasse höher fällt die Referenz-trophie im regional kalibrierten Modell für 5 Seen aus, die keine retentionswirksamen Seen im Einzugsgebiet haben. Strenger werden mit dem regionalen Modellansatz nur der Möllensee bei Krangen und der Bützsee beurteilt, denen mit dem Gudelacksee und dem Ruppiner See jeweils große retentionswirksame Seen unmittelbar vorgelagert sind.

Diese Veränderung ordnet sich in die Landesstrategie ein, die Nährstoffziele in potenziell mesotrophen Seen mit der Möglichkeit der Wiederausbreitung von Characeen in der Submersvegetation, gezielt zu verfolgen. Die Bewirtschaftungsziele der unterhalb dieser retentionswirksamen Seen liegenden mesotrophen Seen werden dann praktisch als Mitnahmeeffekt erreicht.

Für einige Seen ergeben sich mit dem regional geeichten Modell nuancierte Veränderungen der TP-Konzentration im Referenz-zustand, die jedoch innerhalb derselben Trophieklasse liegen. Sie rücken jedoch je nachdem, ob retentionswirksame Seen vorgelagert sind oder nicht, in eine realistischere Dimension. Das hat auch Auswirkung auf die seespezifischen Bewirtschaftungsziele, die für 19 der 24 Seen im Rhingebiet über die TP-Konzentration zwischen den Klassengrenzen „sehr gut“ / „gut“ und „gut“ / „mäßig“ ausgedrückt wird. Für die Mehrzahl der Seen mit mittelgroßen Einzugsgebieten ändern sich die Trophieziele nicht signifikant, insbesondere dann nicht, wenn keine größeren Seen unmittelbar vorgelagert sind.

#### **Gesamtstickstoffkonzentration (TN)**

Das Phytoplanktonwachstum und insbesondere die Massenentwicklung (Blüte) von Cyanobakterien (Blaualgen) wird außer durch erhöhte TP-Konzentrationen auch durch erhöhte Konzentrationen an algenverfügbaren Stickstoffverbindungen begünstigt. Vor allem die Konzentration der leicht aufnehmbaren Ammoniumionen und der Stickstoffgehalt der gelösten abbaufähigen organischen Stoffe

werden als Steuergrößen betrachtet. Im Norden des Landes Brandenburg liegen mehr als 12 Seen mit sommerlicher Schichtung, die bei Gesamtstickstoffkonzentrationen kleiner als 400 µgTN/l alljährlich mittlere Sichttiefen über 3 m aufweisen. Bekannte Beispiele für einseitig stickstofflimitierte Seen, in denen die Ammoniumstickstoffkonzentration in den oberen Wasserschichten selten über 10 µg/l liegt, sind der Liepnitzsee bei Wandlitz, der mit nur ca. 280 µgTN/l wahrscheinlich der stickstoffärmste See Mitteleuropas ist, und der Platkowsee bei Lychen, der als EU-Referenzgewässer bezeichnet wurde (siehe Abbildung 4-3).



*Abb. 4-3: Der Platkowsee südöstlich von Lychen ist ein anthropogen ungestörtes Referenzgewässer mit Sichttiefen zwischen 3 und 5 Metern. Die Gesamtstickstoffkonzentrationen im Freiwasser liegen unter 0,35 Milligramm pro Liter. Da der See durch unterseeische Quellen und kleine Quellbäche gespeist wird (LAWA-Seentyp 10), strömt ihm beständig relativ phosphatreiches Grundwasser zu. In Verbindung mit dem ständigen Stickstoffmangel herrscht in diesem Quellsee also leichter Phosphat-Überschuss auf eutrophen Niveau. Als Folge sind Armleuchteralgen (Characeae) nur spärlich entwickelt und oligotrophente Kieselalgengemeinschaften fehlen. (Foto: J. Schönfelder)*

Gegenwärtig sind noch keine Modelle für die Abschätzung der potenziell natürlichen seeinternen Stickstoffkonzentrationen verfügbar. Die Kenntnisse über Hintergrundwerte und die für den guten Zustand günstigen Gesamtstickstoffkonzentrationen zeigen, dass die Ähnlichkeit der Seen und Seentypen in Bezug auf ihre Stickstoffkonzentrationen größer ist als beim Phosphor. Deshalb werden die Hintergrund- und Orientierungswerte für

**Tab. 4-4: Hintergrundwerte und Orientierungswerte für die mittlere Gesamtstickstoff-Konzentration (TN) in der euphotischen Zone während der Vegetationsperiode (März bis Oktober) der Seentypen im Land Brandenburg.**

Die Orientierungswerte beziehen sich auf das Phytoplankton als gegenüber Stickstoffbelastung sensibelster biologischer Qualitätskomponente. VQ = Volumenquotient in  $m^2/m^3$  (Verhältnis der Fläche des oberirdischen Einzugsgebiets (mit Seefläche) zum Seevolumen)

| Seentyp | Merkmale   | Hintergrundwerte (Referenzzustand) [TN in $\mu g/l$ ] | regionale Orientierungswerte für den guten Zustand [TN in $\mu g/l$ ] |
|---------|--|---|---|
| 13      | geschichtet<br>VQ < 1,5                                | 300 – 400   | 401 – 650   |
| 10.1    | geschichtet<br>VQ > 1,5 ... 5<br>Verweilzeit > 3 Jahre | 280 – 350   | 351 – 600   |
| 10.2    | geschichtet<br>VQ > 5<br>Verweilzeit < 3 Jahre         | 300 – 450   | 451 – 600   |
| 14      | ungeschichtet<br>VQ < 1,5                              | 400 – 500   | 501 – 700   |
| 11.1    | ungeschichtet<br>VQ > 1,5<br>mittlere Tiefe > 3 m      | 400 – 700   | 701 - 850   |
| 11.2    | ungeschichtet<br>VQ > 1,5<br>mittlere Tiefe < 3 m      | 400 – 700   | 701 – 850   |
| 12      | ungeschichtet<br>Verweilzeit < 30 Tage                 | 400 – 700   | 701 – 1.000   |

die Seen Brandenburgs bis auf Weiteres nur typspezifisch betrachtet.

Die Tabelle 4-4 gibt die auf Messwerte aus Referenzgewässern und auf Expertenmeinung (J. Schönfelder) basierenden Hintergrundwerte und Orientierungswerte für die TN-Konzentration der Seentypen in Brandenburg wieder.

#### 4.1.3 Ökologischer Zustand / ökologisches Potenzial von Seen

Das Verfahren zur Bewertung des ökologischen Zustands der Brandenburger Seen wurde in *Kapitel 3.1.3* beschrieben.

Im Vergleich zu den Einschätzungen der Bestandsaufnahme von 2004 erreichten nach den Ergebnissen des anschließenden Monitorings 2009 nur 50 % der ursprünglich angenommenen Seen den guten ökologischen Zustand (ÖZK 2). Eine Ursache dafür waren die im Ergebnis der EU-weiten

Interkalibrierung der Bewertungsverfahren nunmehr relativ streng gefassten Maßstäbe für die Phytoplanktonbewertung von Seen. Zum anderen wurde der Phosphorgehalt insofern als Bewertungskriterium einbezogen, als Seen, die einen guten ökologischen Zustand aufwiesen, bei denen aber eine Überschreitung der Referenzwerte für Phosphor vorlag, um eine Stufe abgewertet wurden. Demzufolge war der ökologische Zustand 2009 nicht in 115 Seen, wie 2004 eingeschätzt, sondern in 156 Seen schlechter als „gut“.

Die Seen der Bergbaufolgelandschaften, die noch dem Bergrecht unterliegen, wurden nicht bewertet, da ihr gewässerökologischer Zustand noch nicht gefestigt ist. Ebenfalls nicht bewertet wurden die künstlichen Fischteiche aus den in *Kapitel 2.1.1* genannten Gründen.

Die Ursachen für die unterschiedliche Gesamtbewertung aus *Abbildung 4-4* differen-

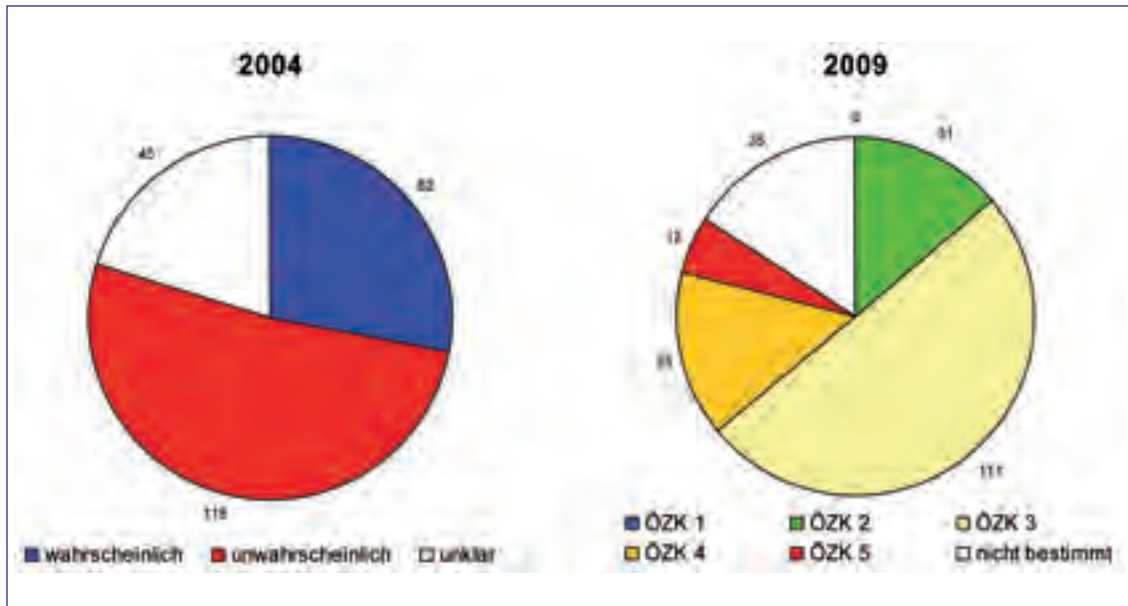


Abb. 4-4: Zusammengefasster Vergleich zwischen Bestandsaufnahme (2004) und Monitoringergebnissen (2009)

ziert Abbildung 4-5. Deutlich wird die etwas strengere Bewertung durch das Phytoplankton, die zu anteilig geringeren Wasserkörperzahlen in den Klassen „sehr gut“ und „gut“ führt.

Eine aus Abbildung 4-5 resultierende Frage war die nach der wasserkörperbezogenen Vergleichbarkeit der Bewertungsverfahren und damit nach der Konsistenz der Gesamtbewertung. Der typübergreifende Vergleich der einzelnen Teilkomponenten und Qualitätskomponenten zeigte, dass überwiegend identische Bewertungen und geringe Abweichungen um maximal eine Klasse in

den Wasserkörpern auftraten (siehe Tabelle 4-5). Die weitergehende typspezifische Auswertung erfolgte für Wasserkörper mit mehr als zwei Klassen Bewertungsdifferenz. Sie zeigte, dass sich die wenigen deutlichen Bewertungsunterschiede insbesondere für Wasserkörper der Typen 12, 11 und 10 ergaben. Insgesamt konnte daraus für Seen der Typen 13 und 14 eine schlüssige Gesamtbewertung abgeleitet werden. Diese ist für die Typen 11, 12 und 10 überwiegend, aber nicht in jedem Fall gegeben. Die Gesamtbewertung dieser Typen muss zukünftig ggf. per Expertenurteil korrigiert werden.

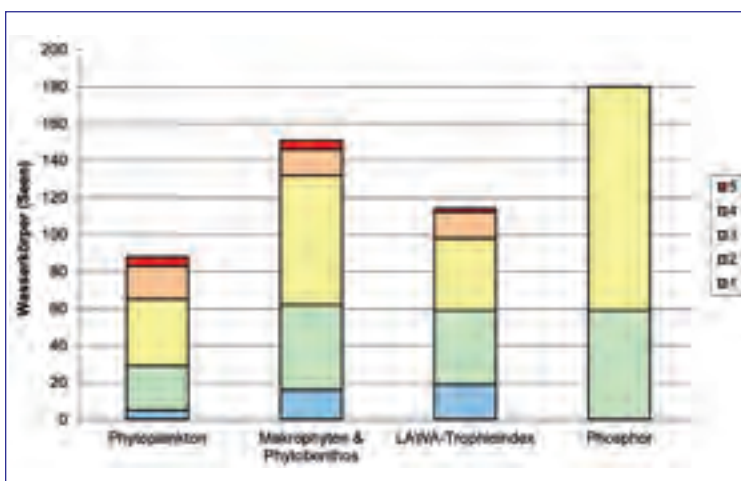


Abb. 4-5: Bewertung von Seewasserkörpern in Brandenburg, differenziert nach Teilkomponenten (2009)

**Tab. 4-5: Typübergreifender und typspezifischer Vergleich der wasserkörperbezogenen Bewertungsergebnisse der Qualitäts- und Teilkomponenten**

| 1. typübergreifender Vergleich                                   | Phytoplankton mit Makrophyten | Diatomeen mit Makrophyten | Makrophyten mit LAWA-TI | Diatomeen mit LAWA-TI |
|--|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| identische Bewertung / eine Klasse Differenz                     | 25 / 36                       | 27 / 26                   | 34 / 42                 | 25 / 24               |
| mehr als eine Klasse Differenz / mehr als zwei Klassen Differenz | 15 / 2                        | 6 / 4                     | 13 / 2                  | 10 / 0                |
| 2. typspezifischer Vergleich bei mehr als zwei Klassen Differenz | Phytoplankton mit Makrophyten | Diatomeen mit Makrophyten | Makrophyten mit LAWA-TI | Diatomeen mit LAWA-TI |
| Typ 11   | 5                             | 5                         | 10                      | 4                     |
| Typ 12   | 7                             | 2                         | 1                       | 3                     |
| Typ 10   | 3                             | 3                         | 3                       | 3                     |
| Typ 13   | 1                             | 0                         | 1                       | 0                     |
| Typ 14   | 1                             | 0                         | 0                       | 0                     |

#### 4.1.4 Umweltziele für Fließgewässer

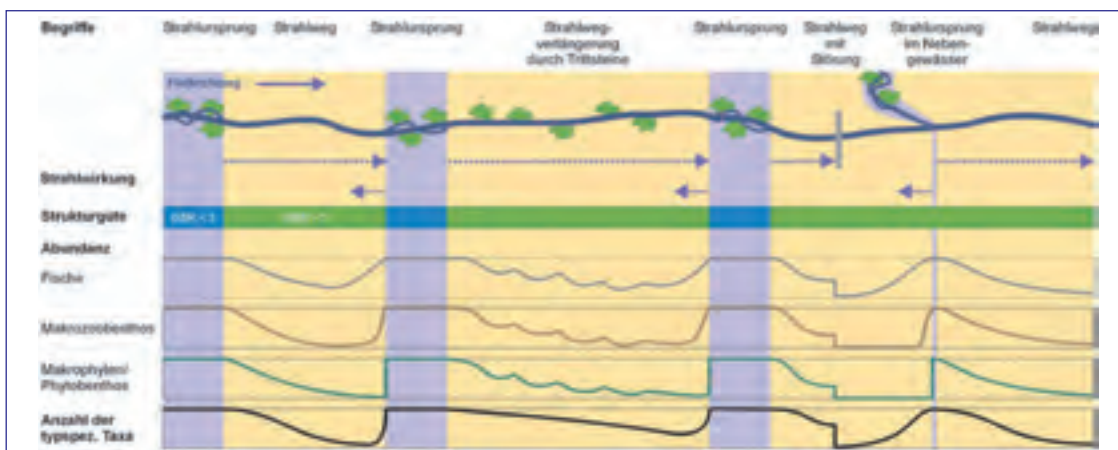
##### 4.1.4.1 Generelle Umweltziele für die Fließgewässer Brandenburgs

Alle Referenzgewässer des Netzes natürlicher Fließgewässer im Land Brandenburg sollen dauerhaft streng geschützt und überwacht werden. Das setzt insbesondere voraus, dass der Anteil an naturnahen Waldbeständen in deren Einzugsgebieten nach Möglichkeit über 90 % beträgt und dass keine technischen Eingriffe in den Gewässerlauf stattfinden, wie z. B. ein Uferverbau.

Alle natürlichen Brandenburger Fließgewässer sind dauerhaft zu schützen und zu überwachen, um eine Verschlechterung ihres Zu-

stands zu vermeiden. Sie sind schrittweise so zu entwickeln, dass sie durch Reduzierung der stofflichen Belastungen, durch eine angepasste Gewässerunterhaltung und durch abschnittsweise Renaturierung bzw. Förderung von naturnaher Eigendynamik einen guten ökologischen Zustand erreichen. Als effiziente Strategie wird dabei das Prinzip der faunistischen Strahlwirkung mit Etablierung von Trittsteinbiotopen in Form eigendynamischer Entwicklungskorridore verfolgt (DRL 2008).

Im Trittstein- und Strahlwirkungsprinzip nehmen naturnah strukturierte Abschnitte von Oberflächenwasserkörpern die zentrale Rolle ein. Aus dem Konzept leitet sich das Ziel ab, landesweit verteilt eine möglichst große



**Abb. 4-6: Strahlwirkung auf Abundanz und Anzahl der relevanten Organismen in einem Gewässersystem (Schema), Gewässerstrukturgüteklassen sind kumuliert. (DRL 2008)**

Zahl an Gewässerabschnitten zu entwickeln, die eine bestmögliche Gewässerstruktur und Wasserbeschaffenheit aufweisen. Dadurch kann sich durch Wanderungsbewegungen und Drift der Bestand fließgewässertypischer Arten beständig auf Gewässerabschnitte ausbreiten, die durch Nutzungen stärker belastet sind. Naturnahe Gewässerabschnitte haben somit die Funktion, den Durchschnitt der ökologischen Zustandsklasse im gesamten betrachteten Oberflächenwasserkörper auf gutem Niveau zu stabilisieren (siehe Abbildung 4-6).

Neben diesen rein praktischen Gesichtspunkten kommt den am weitesten naturnah belassenen Gewässerabschnitten aber auch große theoretische Bedeutung für den wasserwirtschaftlichen Vollzug zu. Für mehrere Typen von Fließgewässern existieren in Brandenburg und über die Grenzen Brandenburgs hinaus keine echten Referenzgewässer mehr. Die biologischen Bewertungsverfahren stützen sich deshalb neben der Expertenmeinung vor allem auf die biologischen Befunde in den letzten referenznahen Fließgewässerabschnitten (best of). Es wurde zwischen Umweltbundesamt und den Wasserwirtschaftsämtern der Bundesländer vereinbart, dass die besten dieser biologischen Bezugsstrecken in das nationale Netz der Referenzgewässer aufgenommen werden. Zum Zweck des Erhalts dieser „Eichgewässer“ in einem bestmöglichen Zustand werden bestimmte referenznahe Fließgewässerabschnitte echten Referenzgewässern hinsichtlich des Bewirtschaftungsziels – Erhalt der Gewässerstrukturgüteklasse 1 – gleichgesetzt.

Für künstliche und für hydromorphologisch erheblich veränderte Fließgewässer gilt anstelle des guten ökologischen Zustands ein gutes ökologisches Potenzial als Umweltziel. Für solche Fließgewässer werden wasserkörperspezifische Ziele durch das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz festgelegt. Im Regelfalle lehnen sich diese Ziele an diejenigen für vergleichbare natürliche Fließgewässertypen an. Für schiffbare Fließgewässer sollen nach Abschluss der jeweiligen Gewässerentwicklungskonzepte außerdem fallgruppenweise die Bewertungs-

skalen für bestimmte Qualitätskomponenten der jeweiligen Gewässernutzungsintensität angepasst werden. Dies ermöglicht es, den irreversiblen hydromorphologischen Veränderungen bei der Einstufung der betreffenden Wasserstraßen künftig Rechnung zu tragen. Zugleich können so Verbesserungen ihres ökologischen Potenzials, die z. B. nach Umgestaltung von Uferstrukturen eintreten können, abgebildet werden.

Für unveränderbar stark saure Bergbauseen sollen Umweltziele (ökologische Potenziale) erst nach einer genügend langen Sukzessionsphase festgelegt werden. Das erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt und soll die jeweiligen veränderten geologischen Bedingungen ihrer Einzugsgebiete gebührend berücksichtigen.

#### 4.1.4.2 *Biologische Qualitätskomponenten*

Der ökologische Zustand der Fließgewässer wird anhand der Ausprägung der im Kapitel 3.1.3 beschriebenen Qualitätskomponenten in fünf Klassen eingestuft. Die Umweltziele für die Fließgewässer leiten sich, wie bei den Seen, aus den Umweltansprüchen der gewässertypspezifischen Flora und Fauna ab. Für Referenzgewässer sind die jeweiligen Klassengrenzen „sehr gut / gut“ ausschlaggebend. Für natürliche Fließgewässer, die nicht erheblich verändert sind, sind die jeweiligen Klassengrenzen „gut / mäßig“ verbindlich. Für erheblich veränderte und künstliche Fließgewässer, werden im Zuge der Erarbeitung der Gewässerentwicklungskonzepte wasserkörperspezifische Ziele durch das LUGV hergeleitet, die den nutzungsbedingten und deshalb z. T. irreversiblen hydromorphologischen Veränderungen Rechnung getragen werden.

#### 4.1.4.3 *Hydromorphologische Qualitätskomponenten*

##### **Fließgewässerstruktur**

Abschnitte natürlicher Fließgewässer ohne erkennbare stoffliche und hydromorphologische Belastungen (Referenzgewässer und referenznahe Gewässerabschnitte) sind streng zu schützen und zu überwachen, um jede Form anthropogener Belastungen ihres öko-

logischen Zustands zu vermeiden. Sie bilden das Bezugsnetz zur Beschreibung der Referenzbedingungen für die Fließgewässertypen im Land Brandenburg. Ein Teil dieser Gewässer und ihre hydromorphologischen Merkmale wurde im Band 33 der Studien und Tagungsberichte des LUA Brandenburg veröffentlicht (LUA 2001).

Alle natürlichen Fließgewässer mit Vorrangfunktion für die ökologische Durchgängigkeit sollen durch geeignete Baumaßnahmen durchgängig für die jeweils typspezifischen Gewässerorganismen gestaltet werden. Die dafür effizientesten Maßnahmen werden in Gewässerentwicklungskonzepten unter Federführung des LUGV erarbeitet.

Alle natürlichen Fließgewässer sollen durch gezielte Maßnahmen der Gewässerunterhaltung (z. B. Wegnahme von Uferdeckwerken, Anlage von Ufergehölzen, Einbringen bzw. Zulassen von größeren Tothholzelementen auf der Sohle) in ihrer hydromorphologischen Eigendynamik soweit unterstützt oder durch Maßnahmen des naturnahen Gewässerausbbaus soweit renaturiert werden, dass sie einen guten hydromorphologischen Zustand erreichen.

In fast allen Oberflächenwasserkörpern des Netzes der natürlichen Fließgewässer im Land Brandenburg wirken derzeit noch zwei oder mehr signifikante Belastungen gleichzeitig auf die biologischen Qualitätskomponenten. Der ökologische Zustand der Fließgewässer ist deshalb überwiegend schlecht oder unbefriedigend und nur zu einem geringen Anteil mäßig. Referenznahe Gewässerabschnitte und Referenzgewässer sind die Ausnahme. Mangels einer ausreichenden Anzahl ökologisch guter Fließgewässer ist es also gegenwärtig nicht möglich, regionale Orientierungswerte für die Gewässerstruktur auf gesicherter statistischer Grundlage herzuleiten. Behelfsweise wird deshalb postuliert, dass als Mindestanforderung für natürliche Fließgewässer (NWB) im Land Brandenburg ein Mittelwert der Strukturgüte von 3,5 auf der 7-stufigen Skala in jedem Wasserkörper zu unterschreiten ist, um einen guten ökologischen Zustand erreichen zu können. Entlang nahezu aller Fließgewässer-Wasserkörper

bestehen abschnittsweise Nutzungen, die lokal dem Erreichen einer Strukturgüte von 3,5 faktisch entgegen stehen. Außerdem sind die ökologisch sensibelsten wertgebenden Arten des jeweiligen Gewässertyps für eine erfolgreiche Reproduktion auf Abschnitte mit bestmöglicher Struktur (1 oder höchstens 2) angewiesen. Daraus ergibt sich die Zielstellung, im Längsschnitt der Fließgewässer einen Wechsel zwischen strukturell belasteten und strukturell weitgehend unbelasteten Abschnitten den einzelnen Entwicklungskonzepten im Sinne des Trittstein- und Strahlwirkungsprinzips zugrunde zu legen. Damit wird zugleich dem Effizienzkriterium Rechnung getragen. Nicht jedes kleinräumige Strukturdefizit muss beplant und kostspielig beseitigt werden. Stattdessen ist der Schwerpunkt auf langgestreckte Entwicklungskorridore mit bestmöglichem ökologischem Zustand zu legen.

Da Referenzgewässer (Hintergrundwerte) per Definition eine Struktur von 1,0 zugewiesen bekommen, liegt der Orientierungswertebereich für Oberflächenwasserkörper im Intervall 1,1 ... 3,5. Ob und ggf. inwieweit typspezifische Unterschiede bestehen, ist derzeit unbekannt. Die Bewertung der Struktur erfolgt typspezifisch nach dem Brandenburger Strukturgüteverfahren. Dieses berücksichtigt in seinem Ansatz die eingeschränkte Strömungs- und Strukturdiversität künstlicher Gewässer. Insofern liegt der Orientierungswertebereich für künstliche Fließgewässer ebenfalls im Intervall 1,1 ... 3,5. Für künstliche Fließgewässer ist insbesondere ein gerader bis gestreckter Verlauf ohne Seitenerosion und ohne Lateralmigration als Referenz anzusetzen. Die Mäandrierung von Entwässerungsgräben ist in Brandenburg ausdrücklich kein zu verfolgendes Ziel.

Für künstliche Fließgewässer gilt als vorrangiges Ziel ihr Rückbau. Die faktisch immer noch bestehende Überentwässerung vieler Brandenburger Landschaften hat den klimatisch bedingten und großflächig wirksamen Trend absinkender Grundwasserstände verstärkt und für viele Seen zu erhöhten Nährstoffeinträgen geführt. Sofern aufgrund bestehender Nutzungen der Rückbau eines künstlichen Fließgewässers nicht oder nur

eingeschränkt möglich ist, sollte die Förderung einer größtmöglichen Breiten- und Tiefenvarianz und einer abwechslungsreichen, naturraumtypischen aquatischen Vegetation im Grabenprofil angestrebt werden, um die landschaftsökologische Funktion der Gräben für den Wasser- und Nährstoffrückhalt zu maximieren. Im Uferbereich sollten die Förderung blütenreicher Staudengesellschaften (als Pufferstreifen gegen Nährstoffeinträge) und die Anlage und Pflege standorttypischer Gehölzgruppen als Minimalanforderung aus der Sicht der Lebensraumfunktion im Mittelpunkt der Gewässerentwicklung stehen.

Für hydromorphologisch erheblich veränderte Fließgewässer gilt anstelle des Grenzwerts 3,5 ein im Rahmen der GEK-Erarbeitung wasserkörperspezifisch herzuleitender Strukturwert, der dem guten ökologischen Potenzial entspricht.

### Fließbewegung des Wassers

Abschnitte natürlicher Fließgewässer ohne erkennbare hydromorphologische Belastungen und ihr Einzugsgebiet sind streng zu

schützen und zu überwachen, um Stillstand oder gar ihr Austrocknen zu vermeiden. Sie bilden das Bezugsnetz zur Beschreibung der Referenzbedingungen für die Fließbewegung (Strömung und Strömungsdiversität) der Fließgewässertypen im Land Brandenburg. Die Strömungsverhältnisse ausgewählter Referenzgewässer wurden im Band 33 der Studien und Tagungsberichte des Landesumweltamtes veröffentlicht (LUA 2001).

Entscheidend für die Fließgewässerorganismen sind hinreichend viele und möglichst lange naturnah strukturierte und frei fließende Fließstrecken. Deshalb wird als Bezugsgröße für die Bewertung der Fließbewegung das 75-Perzentil der Fließgeschwindigkeiten gewählt, die einen hinreichend genauen Schätzwert für die mittlere Fließbewegung in den Schnellenstrukturen darstellt. Mit dem 75-Perzentil der Fließgeschwindigkeit im Längsschnitt des Stromstrichs wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in den Schnellenstrukturen abgeschätzt, die als Trittsteinbiotope mit Strahlwirkung unmittelbarer Gegenstand strukturverbessernder

**Tab. 4-6: Typspezifische Klassengrenzen für die Bewertung der Fließbewegung in Fließgewässern Brandenburgs (Stand: Mai 2011)**

*Kriterium: Fließgeschwindigkeit, ausgedrückt als 75-Perzentil der Werte, die bei typischen sommerlichen Abflussverhältnissen (MQ-Monate Mai – August) im Längsschnitt des Stromstrichs gemessen werden.*

| Fließgewässertyp | Sehr gut (1)<br>[cm/s]   | Gut (2)<br>[cm/s] | Mäßig (3)<br>[cm/s] | Unbefriedigend (4)<br>[cm/s] | Schlecht (5)<br>[cm/s] |
|------------------|--|-------------------|---------------------|------------------------------|------------------------|
| 11               | 25 ... 15  | 14 ... 12         | 11 ... 9            | 8 ... 6                      | 5 ... 0                |
| 12               | 25 ... 20  | 19 ... 16         | 15 ... 12           | 11 ... 8                     | 7 ... 0                |
| 14               | 40 ... 25  | 24 ... 20         | 19 ... 15           | 14 ... 10                    | 9 ... 0                |
| 15               | 70 ... 40  | 39 ... 32         | 31 ... 24           | 23 ... 16                    | 15 ... 0               |
| 15_g             | 70 ... 37  | 36 ... 30         | 29 ... 22           | 21 ... 15                    | 14 ... 0               |
| 16               | 100 ... 45   | 44 ... 36         | 35 ... 27           | 26 ... 18                    | 17 ... 0               |
| 17               | 200 ... 60   | 59 ... 48         | 47 ... 36           | 35 ... 24                    | 23 ... 0               |
| 18               | 40 ... 25  | 24 ... 20         | 19 ... 15           | 14 ... 10                    | 9 ... 0                |
| 19               | 25 ... 15  | 14 ... 12         | 11 ... 9            | 8 ... 6                      | 5 ... 0                |
| 20               | 200 ... 60   | 59 ... 48         | 47 ... 36           | 35 ... 24                    | 23 ... 0               |
| 21               | 40 ... 25  | 24 ... 20         | 19 ... 15           | 14 ... 10                    | 9 ... 0                |
| Gräben           | Aufgrund der Priorität konsequenten Wasser- und Nährstoffrückhalts in der Landschaft wird die Fließgeschwindigkeit in Gräben nicht bewertet. |                   |                     |                              |                        |
| Kanäle           | Aufgrund der Stauhaltung für die Schifffahrt bei übergroßen Querprofilen bleibt die Fließgeschwindigkeit ohne Bewertungsrelevanz.            |                   |                     |                              |                        |

Maßnahmen sind. Defizite der Strömungsdiversität sind über fehlende Schnellenstrukturen leicht und zuverlässig erkennbar.

Für die Bewertung der Fließbewegung in Fließgewässern im Land Brandenburg in einem fünfstufigen Bewertungsansatz werden die in Tabelle 4-6 aufgeführten typspezifischen Wertebereiche herangezogen.

Generell ist in allen natürlichen Fließgewässern eine durchgängige Fließbewegung mit typspezifischen Strömungsgeschwindigkeiten der Klasse 2 – „gut“ im Stromstrich der Schnellenbereiche anzustreben. In Fließgewässern mit stark veränderter Gewässerstruktur sind dazu in der Regel ein Abriss der Stauanlagen und eine naturnahe Neuprofilierung der Gewässerläufe unter Ausnutzung der natürlichen Eigendynamik im Rahmen von naturnahen Ausbauvorhaben zu planen und durchzuführen.

In Gräben steht ihre Vorrangfunktion für den Rückhalt von Wasser und Nährstoffen im Mittelpunkt der Betrachtungen aus der Perspektive der WRRL. Zielstellungen zum Erhalt einer Fließbewegung sind deshalb in Gräben nachrangig bzw. gewässerökologisch sogar kontraproduktiv. Gewässerökologisch vorteilhaft sind vielmehr Maßnahmen, die der Förderung der Breiten- und Tiefenvarianz dienen, um große retentionswirksame Stagnationszonen zu entwickeln. Ein eventueller Rückbau von Stauanlagen in Gräben sollte in der Planungsphase immer in Bezug auf seine Wirkung auf den Wasserhaushalt des Einzugsgebiets und den Stoffhaushalt der Vorfluter abgewogen werden.

Ausnahmen vom Primat der Retentionsfunktion können z. B. für künstliche Verbindungsgräben zwischen Seen in der intensiv genutzten Kulturlandschaft im Zuge der GEK-Erarbeitung festgelegt werden (*siehe Kapitel 5.2.1.2*). Künstliche Seeausflüsse wurden in früheren Jahrhunderten zum Zwecke der Regulierung des Wasserstands der Seen angelegt und können in seltenen Fällen auch unter heutigen Klimaverhältnissen noch eine ganzjährige Fließbewegung aufweisen. Für diese Fließgewässer (Typ Seeausflüsse) sind die angegebenen Grenzwerte durch Ab-

flachung und ggf. auch durch Verengung der Querprofile zu erreichen.

Für Kanäle ist die Kammerung in Staustufen ohne Fließbewegung ökologisch hinnehmbar und wegen ihrer gesellschaftlich gewollten Nutzung (Schifffahrt) zu respektieren.

Für hydromorphologisch erheblich veränderte Fließgewässer gilt anstelle der typspezifischen Grenzwerte ein im Rahmen der GEK-Erarbeitung wasserkörperspezifisch herzuleitender Grenzwert im Sinne eines guten ökologischen Potenzials als Umweltziel für die Fließbewegung.

#### 4.1.4.4 Chemische und physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

In der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 22.07.2011 gibt die Bundesregierung die nationalen Anforderungen an den sehr guten ökologischen Zustand und das höchste ökologische Potenzial bezüglich chemischer und physikalisch-chemischer Qualitätskomponenten für die Fließgewässertypen Deutschlands vor. Die in der OGewV aufgeführten Orientierungswerte für den sehr guten Zustand wurden anhand der ersten Monitoringergebnisse aus dem Jahr 2006 für die Fließgewässertypen Brandenburgs überprüft. Es zeigte sich, dass trotz Einhaltung des einen oder anderen Orientierungswertes für den sehr guten Zustand nur sehr wenige der operativ überwachten Fließgewässermessstellen einen sehr guten ökologischen Zustand erreichten. Es ist möglich, dass sich hierin die Wirkung derzeit noch bestehender multipler Belastungen ausdrückt. Für einzelne Umweltvariablen erscheinen die in der OGewV angeführten Werte aber deutlich (z. B. Chlorid) zu hoch angesetzt. So ergab sich z. B. bei Betrachtung der gegenüber Versalzung empfindlichen Teilkomponente Aufwuchsdiatomeen für alkalisch geprägte kleine Fließgewässer im Land Brandenburg (diatomeenökologischer Fließgewässertyp D 12) ein Schwellenwert zwischen dem guten und dem mäßigen Zustand bei einer Chloridkonzentration von 41 mg/l. Bei höheren Konzentrationen erreichten vor allem die Werte für die Abundanzsumme der Referenzarten



überwiegend Werte im mäßigen bis unbefriedigenden Bereich.

Für Chlorid liegt im Land Brandenburg übrigens auch der Referenzbereich in Fließgewässern sehr viel niedriger, als in der OGewV aufgeführt, nämlich bei 15 – 20 mg/l. Soweit sich aus den durchgesehenen Brandenburger Monitoringbefunden des Jahres 2006 Hinweise auf signifikant strengere Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten ergaben, als in der OGewV aufgeführt, so werden diese in der Funktion regionaler Orientierungswerte in der Tabelle 4-7 wiedergegeben. Da mit der im Jahr 2009 vollzogenen Änderung des Wasser-

haushaltsgesetzes die Regelungskompetenz für Grenzwerte der Wasserbeschaffenheit an den Bund übergegangen ist, entfalten die regionalen Orientierungswerte Brandenburgs möglicherweise keine unmittelbar rechtlich bindende Wirkung. Da diese regionalspezifischen Schwellenwerte jedoch aus landesweiten Ergebnissen der Anwendung EU-weit interkalibrierter, und damit rechtssicherer biologischer Fachverfahren hergeleitet wurden, stellen sie die gegenwärtige fachliche Empfehlung des Wasserwirtschaftsamtes des Landes Brandenburg dar.

Im Vorfeld der Aktualisierung der Maßnahmenprogramme für den zweiten Bewirtschaft-

**Tab. 4-7: Überregionale Orientierungswerte physikalisch-chemischer Qualitätskomponenten für den sehr guten und für den guten Zustand gemäß OGewV sowie regionale Orientierungswerte für den sehr guten Zustand (Referenzbereich) und regionale Orientierungswerte für den guten Zustand für die Fließgewässertypen Brandenburgs (Stand: Juli 2011)**  
 Grün hinterlegt: Regionale Referenz- bzw. Orientierungswerte sind strenger als die überregionalen Werte;  
 Gelb hinterlegt: Regionale Referenz- bzw. Orientierungswerte sind weniger streng als die überregionalen Werte.

| Phys.-chem. Qualitätskomponente | Einheit | Statistische Kenngröße | Fließgewässertypen                 | Merkmale   | Orientierungswerte |               |                    |               |
|---------------------------------|---------|------------------------|------------------------------------|--|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                                 |         |                        |                                    |  | überregionale      |               | regionale          |               |
|                                 |         |                        |                                    |  | sehr guter Zustand | guter Zustand | sehr guter Zustand | guter Zustand |
| Temperatur                      | °C      | Maximum                | 11, 14, 16, 18                     | Bäche (epi- bis metarhithrale Salmonidengewässer)                              | < 18               | < 20          | 12 – 16            | 16 – 18       |
|                                 |         |                        | 15, 17                             | kleine sand- u. kiesgeprägte Flüsse (hyporhithrale Salmonidengewässer)         | < 18               | < 21,5        | 14 – 18            | 18 – 20       |
|                                 |         |                        | 12, 17_g, 19                       | organisch geprägte Flüsse und große kiesgeprägte Flüsse (epipotamale Gewässer) | < 20               | < 21,5        | 16 – 20            | 20 – 21,5     |
|                                 |         |                        | 15_g                               | große sandgeprägte Flüsse (epipotamale Gewässer)                               | < 20               | < 25          | 18 – 21,5          | 21,5 – 24     |
|                                 |         |                        | 20                                 | Ströme (metapotamale Gewässer)   | < 25               | < 28          | < 25               | < 28          |
|                                 |         |                        | 21_N                               | Seeausflüsse   | < 25               | < 28          | < 25               | < 28          |
| Sauerstoff                      | mg/l    | Tagesmittelwert        | 14, 16, 18                         | mineralisch geprägte Bäche   | 9                  | 7             | 9                  | 7             |
|                                 |         |                        | 11, 12, 15, 15_g, 17, 19, 20, 21_N | alle anderen Typen   | 8                  | 6             | 8                  | 6             |

| Phys.-chem. Qualitätskomponente | Einheit | Statistische Kenngröße | Fließgewässertypen                 | Merkmale   | Orientierungswerte |               |                    |               |
|---------------------------------|---------|------------------------|------------------------------------|--|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                                 |         |                        |                                    |  | überregionale      |               | regionale          |               |
|                                 |         |                        |                                    |  | sehr guter Zustand | guter Zustand | sehr guter Zustand | guter Zustand |
| TOC                             | mg/l    | Jahresmittelwert       | 11, 12, 19                         | organisch geprägte Fließgewässer u. Fließgewässer der Fluss- u. Stromtäler | 7                  | 10            | 7                  | 10            |
|                                 |         |                        | 14, 15, 15_g, 16, 17, 18, 20, 21_N | mineralisch geprägte Bäche, Flüsse u. Ströme, sowie Seeausflüsse           | 5                  | 7             | 5                  | 7             |
| BSB <sub>5</sub>                | mg/l    | Jahresmittelwert       | 14, 16, 18                         | mineralisch geprägte Bäche   | 2                  | 4             | 1,0 – 2,3          | 2,3 – 4,6     |
|                                 |         |                        | 11, 12, 15, 15_g, 17, 19, 20, 21_N | organisch geprägte Bäche, kleine u. große Flüsse, Ströme u. Seeausflüsse   | 3                  | 6             | 1,0 – 2,3          | 2,3 – 4,6     |
| Chlorid                         | mg/l    | Jahresmittelwert       | alle Typen                         | alle Typen   | 50                 | 200           | 15 – 20            | 20 – 40       |
| pH-Wert                         |         | Minimum – Maximum      | 11, 12, 19                         | organisch geprägte Fließgewässer u. Fließgewässer der Fluss- u. Stromtäler |                    | 5 – 8         | 5 – 8              | 5 – 8         |
|                                 |         |                        | 14, 15, 16, 17, 18                 | mineralisch geprägte Bäche u. kleine Flüsse                                |                    | 6,5 – 8,5     | 5,5 – 8,0          | 5,0 – 8,5     |
|                                 |         |                        | 15_g, 20, 21_N                     | große Flüsse, Ströme u. Seeausflüsse                                       |                    | 6,5 – 8,5     | 7,5 – 8,5          | 7,5 – 9,0     |
| P <sub>ges</sub>                | µg/l    | Jahresmittelwert       | 11, 12, 19                         | organisch geprägte Fließgewässer u. Fließgewässer der Fluss- u. Stromtäler | 50                 |               | 30 – 60            | 60 – 80       |
|                                 |         |                        | 14, 15, 15_g, 16, 17, 18           | mineralisch geprägte Bäche, Flüsse und, sowie                              | 50                 |               | 30 – 60            | 60 – 80       |
|                                 |         |                        | 20                                 | Ströme   | 50                 | 100           | 40 – 60            | 60 – 100      |
|                                 |         |                        | 21_N                               | Seeausflüsse   | 50                 |               | 15 – 30            | 20 – 41       |
| o-PO <sub>4</sub> -P            | µg/l    | Jahresmittelwert       | 11, 12, 19                         | organisch geprägte Fließgewässer u. Fließgewässer der Fluss- u. Stromtäler | 20                 |               |                    |               |
|                                 |         |                        | 14, 15, 15_g, 16, 17, 18, 20, 21_N | mineralisch geprägte Bäche, Flüsse und Ströme, sowie Seeausflüsse          | 20                 |               |                    |               |
| NH <sub>4</sub> -N              | µg/l    | Jahresmittelwert       | alle Typen                         | alle Typen   | 40                 |               |                    |               |
| N <sub>ges</sub>                | µg/l    | Jahresmittelwert       | alle Typen                         | alle Typen   |                    |               | 280 – 850          | 850 – 2180    |

tungszyklus werden diese regionalen Orientierungswerte überprüft und ggf. angepasst.

Der relativ niedrige Orientierungswert für  $P_{ges}$  für Seeausflüsse berücksichtigt die oben erwähnte P-Retentionswirkung der Seen und ist auf die Bewirtschaftungsziele für Seen abgestimmt, denn nahezu jeder Seeausfluss im Land Brandenburg speist wiederum unterhalb liegende Seen. Der relativ hohe Orientierungswert für  $P_{ges}$  für die Ströme ist auf die lange Fließzeit und hohe Schubspannung dieser Gewässer abgestimmt, durch die sich Phytoplankton bildet und zusammen mit reichlich feinem anorganischem Material in Schwebelage gehalten wird, und dadurch in der Schöpfprobe regelmäßig mit erfasst wird.

Bezüglich Sulfat wurden im untersuchten Wertebereich 50 bis 350 mg/l bislang keine signifikanten Einflüsse auf die untersuchten biologischen Qualitätskomponenten gefunden. Sulfat ist in den Oberflächengewässern Brandenburgs mit Kalziumionen ladungstechnisch ausbalanciert, die im Gegensatz zu Natriumionen für die meisten Organismenarten in Fließgewässern nicht toxisch wirken. Problematisch könnte Sulfat bei sehr hohen Konzentrationen (mehr als 1.000 mg/l) durch erhöhte osmotische Belastung auf benthische Wirbellose, Fische und auch auf Diatomeen wirken. Diese Phänomene bedürfen einer genaueren Betrachtung nach Vorliegen umfassenderer, im Rahmen der GEK-Erarbeitung in den Bergbaufolgelandschaften gezielt zu erhebender Monitoringbefunde. Für Sulfat wurden deshalb bislang keine Orientierungswerte für den guten Zustand abgeleitet.

| Bestandsaufnahme 2004 |              |              |
|-----------------------|--------------|--------------|
| Zielerreichung ...    | FWK          |              |
|                       | Anzahl       | %            |
| ... wahrscheinlich    | 94           | 6,9          |
| ... unwahrscheinlich  | 995          | 72,5         |
| ... unklar            | 283          | 20,6         |
| <b>Summe =</b>        | <b>1.372</b> | <b>100,0</b> |

#### 4.1.5 Ökologischer Zustand / ökologisches Potenzial von Fließgewässern (inkl. hydromorphologischer Defizite)

Das Verfahren zur Bewertung der ökologischen Zustände der Brandenburger Fließgewässer-Wasserkörper (FWK) wurde in *Kapitel 3.1.3* beschrieben.

In der Abbildung 4-7 sind die Ergebnisse der Zustandsbewertungen von 2009 den Ergebnissen der Bestandsaufnahme von 2004 gegenübergestellt.

Die Abweichung der Gesamtzahl der FWK zwischen 2004 und 2009 resultiert aus zwischenzeitlich vorgenommenen Korrekturen der Wasserkörperausweisungen, die z. B. Spree, Oder-Spree-Kanal, Alte Oder, Rhin, Nuthe und Schwärze betrafen (*siehe auch Kapitel 2.1.1*).

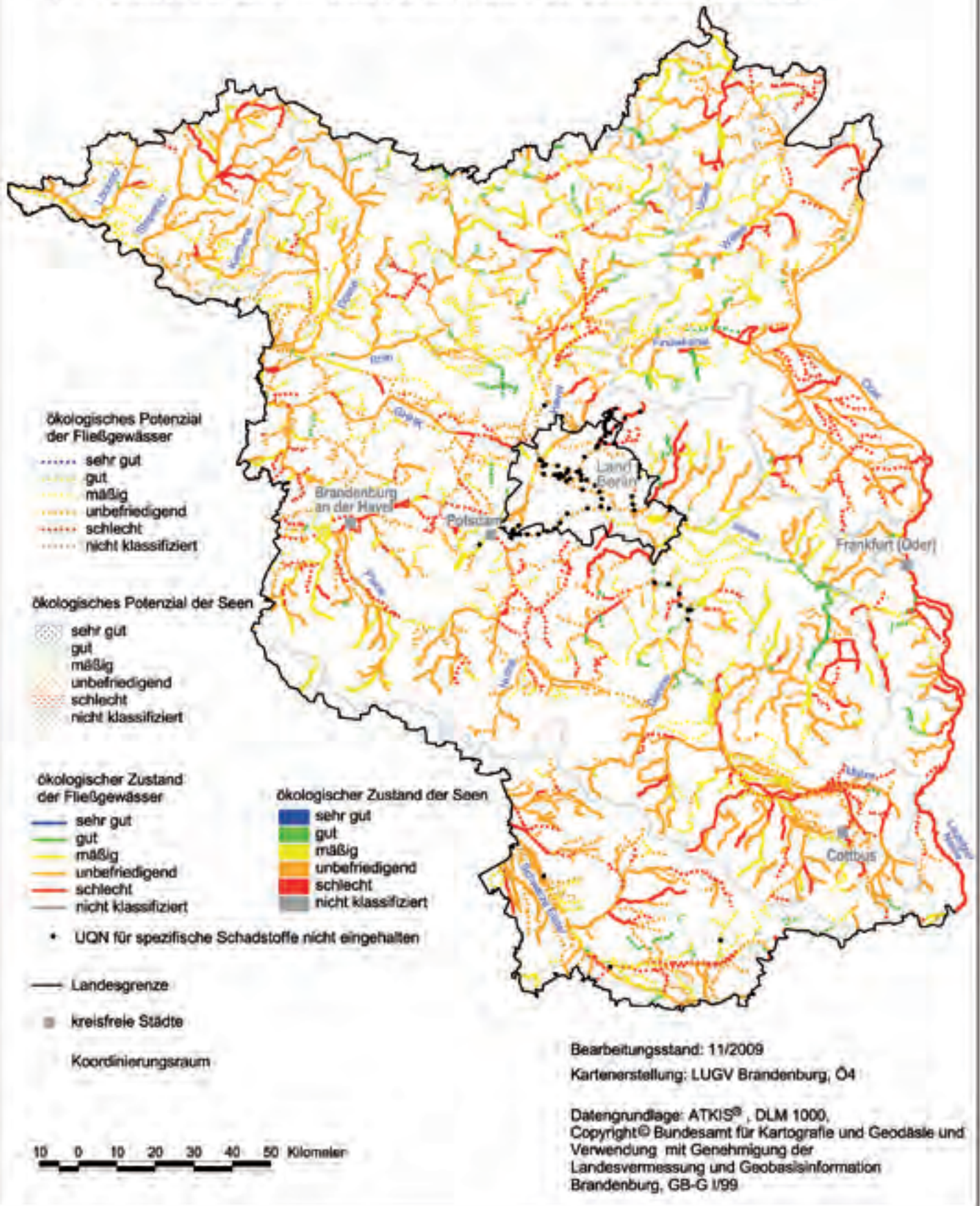
Insgesamt ist festzustellen, dass neben erheblichen Gewässerstrukturdefiziten der überwiegende Teil der FWK durch erhöhte Nährstoffkonzentrationen belastet ist. Insbesondere die Phosphorbelastung der Fließgewässer ist landesweit von nennenswerter Bedeutung. Rund 50 % der Fließgewässer weisen aber auch eine so hohe Stickstoffkonzentration auf, dass die WRRL-Ziele nicht erreicht werden können. Zu den daraus abgeleiteten Maßnahmen gibt *Kapitel 5.2.2* Auskunft.

Karte 5-1 gibt einen Überblick zur aktuellen landesweiten ökologischen Bewertung der Oberflächenwasserkörper.

| Zustandsbewertung 2009    |              |              |
|---------------------------|--------------|--------------|
| Ökol. Zustand / Potenzial | FWK          |              |
|                           | Anzahl       | %            |
| 1                         | –            | 0,3          |
| 2                         | 83           | 6,1          |
| 3                         | 398          | 29,2         |
| 4                         | 639          | 46,9         |
| 5                         | 241          | 17,7         |
| unbestimmt                | 2            | 0,1          |
| <b>Summe =</b>            | <b>1.363</b> | <b>100,0</b> |

Abb. 4-7: Ergebnisse der Bestandsaufnahme 2004 und der Bewertungen des ökologischen Zustands / Potenzials der Brandenburger FWK im Jahr 2009

#### 4-1 Ökologischer Zustand / ökologisches Potenzial der Oberflächenwasserkörper



#### 4.1.6 Chemischer Zustand der Oberflächengewässer

Die Einstufung der Brandenburger Gewässer in den chemischen Zustand erfolgte nach den in *Kapitel 3.1.3.2* beschriebenen Bewertungsverfahren. Grundlage der Bewertung sind die Daten aus dem Zeitraum 2006 und 2007. Im Einzelfall wurden Daten aus 2008 herangezogen.

Der chemische Zustand wurde sowohl nach BbgGewEV als auch nach der Prioritäre Stoffe-Richtlinie 2008/105/EG bestimmt. Künftig wird dafür die am 22.07.2011 verabschiedete „Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer“ (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) zugrunde gelegt.

Im Folgenden sind die Ergebnisse für die

Einstufung des chemischen Zustands für die Brandenburger Gewässer beschrieben.

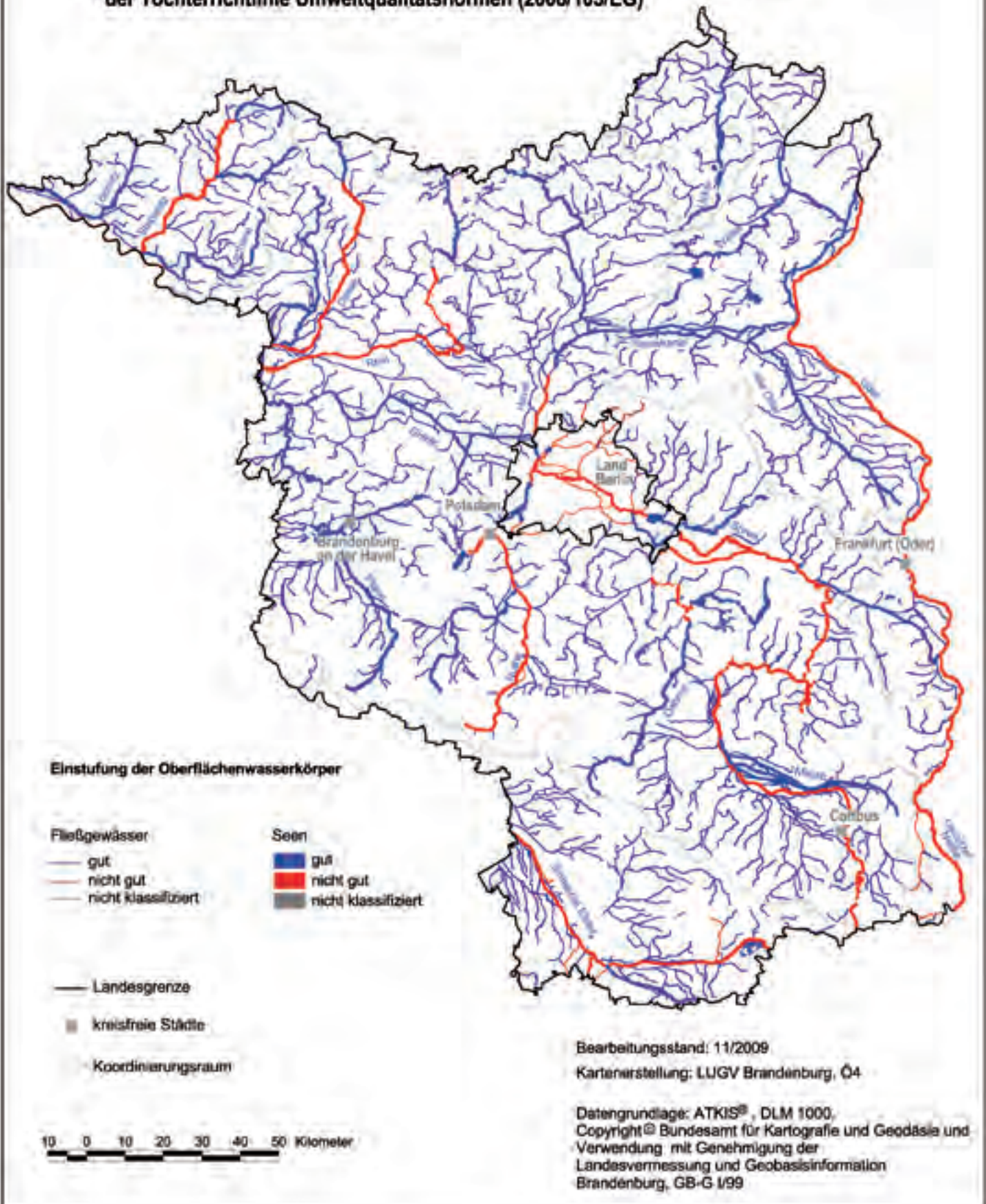
Der schlechte chemische Zustand wird bei den meisten Gewässern durch Tributylzinn (TBT) und Bromierte Diphenylether (BDE) verursacht. Bei größeren Gewässern kommen hier die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK = Summe von Benzo[g,h,i]perylen, Indenopyren) hinzu. An einigen kleineren Gewässern entsteht der schlechte chemische Zustand durch die Schwermetalle Blei, Cadmium oder Nickel. Tabelle 4-8 zeigt für die jeweiligen Gewässer die Schadstoffe, die für den schlechten chemischen Zustand verantwortlich sind.

In der Karte 4-2 ist für die Gewässer Brandenburgs die Einstufung des chemischen Zustands kartographisch dargestellt.

**Tab. 4-8: Brandenburger Fließgewässer im schlechten chemischen Zustand und verantwortliche Schadstoffe**

| Gewässer           | Parameter bzw. Parametergruppe |
|--------------------|--------------------------------|
| Stepenitz          | TBT                            |
| Dosse              | TBT                            |
| Rhin               | BDE, TBT                       |
| Havel              | BDE, TBT, PAK                  |
| Nuthe              | TBT                            |
| Oder-Spree-Kanal   | TBT                            |
| Spree              | BDE, TBT                       |
| Dahme              | TBT                            |
| Schwarze Elster    | TBT                            |
| Pössnitz           | Cd, Ni                         |
| Oder               | TBT                            |
| Neiße              | BDE, TBT                       |
| Malxe-Neisse-Kanal | Pb, Cd                         |
| Föhrenfließ        | Cd, Pb                         |
| Neuenhagener Fließ | Pb                             |

## 4-2 Chemischer Zustand der Oberflächenwasserkörper unter Berücksichtigung der Tochterrichtlinie Umweltqualitätsnormen (2008/105/EG)



## 4.2 Umweltziele und Zustand der Grundwasserkörper

### 4.2.1 Umweltziele für die Grundwasserkörper

Die Umweltziele nach WRRL für Grundwasserkörper sind in Artikel 4 der Richtlinie festgelegt. Sie beinhalten

- den guten mengenmäßigen Zustand,
- den guten chemischen Zustand,
- das Verschlechterungsverbot und
- die Trendumkehr bei signifikant und anhaltend zunehmenden Schadstoffkonzentrationen.

Die Umweltziele für den guten chemischen und guten mengenmäßigen Zustand sollen im Folgenden kurz charakterisiert werden.

#### Umweltziel guter chemischer Zustand

Ein GWK erfüllt das Umweltziel des guten chemischen Zustands, wenn die Qualitätsnormen für Nitrat und Pflanzenschutzmittel sowie die Schwellenwerte für weitere Schadstoffe eingehalten bzw. unterschritten werden. Eine Übersicht über die in Brandenburg verwendeten Qualitätsnormen und Schwellenwerte befindet sich im *Kapitel 3.2.3.1*.

Zusätzlich wird der gute chemische Zustand nur dann eingehalten, wenn beim Vorliegen von signifikanten und anhaltend steigenden

Trends einzelner Schadstoffe Maßnahmen gemäß WRRL-Anhang VI Teil B ergriffen werden. Diese Maßnahmen müssen spätestens beim Erreichen von 75 % der Qualitätsnorm zur Trendumkehr führen.

Um den guten chemischen Zustand des Grundwassers zu erhalten, gilt für alle Grundwasserkörper nach Artikel 4 Abs. 1 WRRL ein Verschlechterungsverbot.

#### Umweltziel guter mengenmäßiger Zustand

Entsprechend den Vorgaben der WRRL ist ein guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers bei Einhaltung folgender Kriterien erfüllt:

- Die Entnahme von Grundwasser darf langfristig nicht größer sein als die Grundwasserneubildung.
- Durch anthropogen veränderte Grundwasserstände dürfen keine Schäden an grundwasserabhängigen Landökosystemen erfolgen.
- Der Grundwasserstand darf nicht derart abgesenkt werden, dass die Umweltziele für Oberflächengewässer nicht erreicht werden oder der Zustand dieser Gewässer sich signifikant verschlechtert.

Mit Hilfe der Überwachung des mengenmäßigen Zustands anhand des Wasserspiegels können Einschätzungen zum Zustand der

**Tab. 4-9: Abschätzung der maximalen Ausdehnung der Grundwasserbelastungen**

| Name des GWK         | Code     | Größe GWK (km <sup>2</sup> ) | Größe der belasteten Fläche (km <sup>2</sup> ) | Anteil am GWK (%) | Bewertung chemischer Zustand aufgrund von Punktquellen |
|----------------------|----------|------------------------------|--|-------------------|--|
| Bernau               | HAV_US_1 | 60                           | 4,7  | 7,8               | gut  |
| Brandenburg a. d. H. | HAV_UH_3 | 37                           | 2,6  | 7                 | gut  |
| Burg-Ziesar          | HAV_UH_7 | 153                          | 1,6  | 1,1               | gut  |
| Eberswalde           | ODR_OD_3 | 67                           | 3,7  | 5,5               | gut  |
| Eisenhüttenstadt     | ODR_OD_7 | 50                           | 10,8   | 21,7              | schlecht   |
| Frankfurt (Oder)     | ODR_OD_6 | 26                           | 0,5  | 1,9               | gut  |
| Fürstenwalde         | HAV_US_2 | 73                           | 3,3  | 4,5               | gut  |
| Oranienburg          | HAV_OH_1 | 141                          | 1,6  | 1,1               | gut  |
| Potsdam              | HAV_NU_3 | 359                          | 16,8   | 4,7               | gut  |
| Schwedt              | ODR_OD_4 | 104                          | 6,4  | 6,1               | gut  |

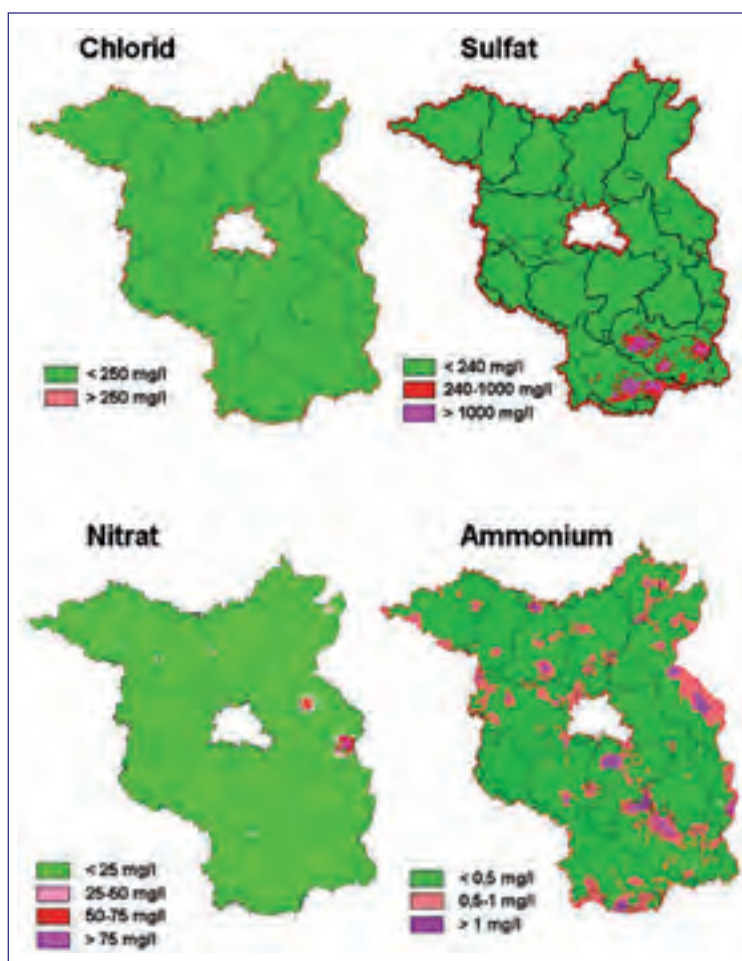


Abb. 4-8: Ergebnisse der Regionalisierung der Mittelwerte für alle Messstellen und die Parameter Chlorid, Sulfat, Nitrat und Ammonium

GWK und damit zum Erreichen der Umweltziele getroffen werden.

#### 4.2.2 Chemischer Zustand und Trendbewertung

Für die Bewertung des chemischen Zustands wurden die im Kapitel 3.2.3.1 aufgeführten Methoden angewendet und die aufgelisteten Qualitätsnormen und Schwellenwerte zu Grunde gelegt. Im Folgenden sollen die Ergebnisse getrennt für die punktuellen, diffusen und bergbaubedingten Belastungen aufgeführt werden. Am Ende werden die Ergebnisse der Trendbewertung aufgezeigt.

##### Ergebnisse der chemischen Zustandsbestimmung für GWK mit punktuellen Belastungen

Im Ergebnis der prognostizierten maximalen Ausdehnung der Grundwasserbelastungen

ist nur ein Grundwasserkörper in den schlechten Zustand einzuordnen. Entsprechend der Abschätzungen aus 2007 sind 10,8 km<sup>2</sup> und damit 21,7 % des GWK Eisenhüttenstadt durch Punktquellen beeinträchtigt (siehe Tabelle 4-9). Deshalb wurde für diesen GWK der schlechte chemische Zustand festgelegt (siehe auch Karte 4-3). Alle anderen GWK enthalten entsprechend der LAWA-Vorgaben keine signifikanten Belastungen im Sinne der WRRL.

Die Bewertung und Abgrenzung der Ausdehnung der Belastung im GWK Eisenhüttenstadt erfolgte zu 22 % der Punktquellenstandorte über eine gute Datengrundlage, zu 43 % über eine mittlere Datenlage und zu 35 % über eine schlechte Datenlage. In keinem Fall konnten bereits definierte Schadstofffahnen aus früheren Gutachten übernommen werden. Die aus der schlechten Datenlage resultierenden Unsicherheiten



bei der Abschätzung der Schadstoffverbreitung (z. B. UBA-Methode, siehe *Kapitel 3.2.3.1*) führten zu einer relativ großzügigen Bemessung der Schadstofffahnen, um auch dem Vorsorgegrundsatz zu entsprechen.

### **Ergebnisse der chemischen Zustandsbestimmung für GWK mit diffusen und bergbaubedingten Belastungen**

Im Ergebnis der unter *Kapitel 3.2.3.1* beschriebenen Regionalisierung wurden für Chlorid keine Flächen mit Schwellenwertüberschreitungen ausgegrenzt. Schwellenwertüberschreitungen für Sulfat sind nur in den bergbaubeeinflussten GWK vorzufinden. Für Nitrat und Ammonium wurden flächenhafte Überschreitungen der Qualitätsnormen und Schwellenwerte festgestellt. Aufgrund der reduzierenden Grundwasserverhältnisse in Brandenburg gibt es vergleichsweise wenige flächenhafte Überschreitungen des Nitratgrenzwertes. Die folgende Abbildung 4-8 gibt einen Überblick über die parameterbezogenen Ergebnisse.

Als Ergebnis wurden 14 Grundwasserkörper aufgrund diffuser Belastungen in den schlechten chemischen Zustand eingeordnet, davon sind 7 GWK neu und belastungsorientiert ausgegrenzt. Dies betrifft die GWK Fürstenwerder, Prenzlau, Hessenhagen, Greifenberg, Schlepzig, Hennigsdorf und Grüna. Zusätzlich wurden drei bereits als belastet ausgewiesene Grundwasserkörper in ihrer Fläche erweitert: Schwedt, Oderbruch und Frankfurt (Oder). Drei GWK sind nach Überprüfung der Einschätzung aus der Bestandsaufnahme von vorher „gefährdet“ in den guten Zustand eingestuft worden. Dies sind Untere Havel 2, Dahme 2 und Fürstenwalde (siehe Karte 4-3).

Für die Pflanzenschutzmittel und andere Schadstoffe mit vorgegebenen Qualitätsnormen und Schwellenwerten wurden alle an die EU gemeldeten Messstellen hinsichtlich vorhandener Überschreitungen überprüft. Für alle Schwellenwertüberschreitungen wurden genauere Angaben zu Herkunft und Ursache der Schadstoffe gemacht. Als Ergebnis wurden keine weiteren GWK in den schlechten chemischen Zustand eingestuft.

Zusätzlich wurden die Messstellen in Wasserschutzgebieten hinsichtlich einer Schwellenwertüberschreitung der regionalisierbaren und nicht regionalisierbaren Parameter überprüft. Die Ergebnisse fanden Eingang in die Neuausgrenzung und Erweiterung der Grundwasserkörper.

In den drei großen südlich gelegenen GWK mit bergbaubedingten Belastungen sind an der Mehrzahl der Messstellen der operativen Überwachung Überschreitungen eines oder mehrerer Parameter festzustellen. Mehrheitlich resultieren diese Überschreitungen aus der bergbaulichen Nutzung (insbesondere dem aktiven und dem Sanierungsbergbau). Als Ergebnis der Regionalisierung wurden Sulfatbelastungen mit einem Flächenanteil größer 50 % ermittelt. Alle drei bergbaubeeinflussten GWK wurden in den schlechten chemischen Zustand eingestuft (siehe Karte 4-3).

### **Ergebnisse der Trendbewertung**

In die Berechnungen wurden alle GWK einbezogen, die sich im schlechten chemischen Zustand befinden bzw. bei denen 2004 das Erreichen des guten chemischen Zustands als unwahrscheinlich eingeschätzt wurde.

Als Ergebnis der unter *Kapitel 3.2.3.1* beschriebenen Methodik konnten überblicksartig Trendeinschätzungen für die GWK vorgenommen werden. Dabei stellen diese Betrachtungen aufgrund der geringen Datengrundlage nur grobe, nicht belastbare Einschätzungen dar.

Insgesamt wurde für Messstellen in zwei GWK ein signifikant steigender Trend ausgewiesen. Dies betrifft die GWK Schwedt und Oderbruch. 5 GWK verfügen dagegen über Messstellen mit einem signifikant fallenden Trend. Dieser wurde für die GWK Oder 2, Oder 3, Hennigsdorf, Schlepzig und Untere Havel 2 bestimmt.

11 GWK verfügen über Messstellen mit keinem signifikant steigenden oder fallenden Trend. Das heißt, sie haben einen gleichbleibenden Trend bzw. das Signifikanzniveau ist zu gering, um einen sicheren Trend auszuweisen.

### 4-3 Chemischer Zustand der Grundwasserkörper



### 4.2.3 Mengenmäßiger Zustand

Für den überwiegenden Teil der Grundwasserkörper konnte aufgrund einer überschlägigen Wasserbilanz zwischen der Grundwasserneubildung und der Trinkwasserentnahme festgestellt werden, dass die Entnahmen weniger als 10 % der Neubildung ausmachen. Daraus ergibt sich für diese GWK ein guter mengenmäßiger Zustand.

In den vom Bergbau beeinflussten Gebieten mussten die GWK aufgrund der hohen Absenkungsraten im Rahmen der Wasserhaltung neben denen durch die kommunale Trinkwasserversorgung in einen mengenmäßig schlechten Zustand gesetzt werden.

Innerhalb der durch das Bergbauunternehmen Vattenfall Europe Mining AG und der Sanierungsgesellschaft LMBV ausgewiesenen Grenzen der bergbaulichen Beeinflussung werden im Rahmen des WRRL-Monitorings ausgewählte Grundwassermessstellen beobachtet.

Betrachtet wird neben den Grundwasserständen der Trend der Grundwasserabsenkung bzw. des Wiederanstiegs bis zur Einstellung eines quasistationären Endzustands. Für die Überwachung in den mengenmäßig beeinflussten Gebieten stehen 402 Grundwassermessstellen zur Verfügung. Im Folgenden wird näher auf die prägenden anthropogenen hydraulischen Einflussfaktoren in den GWK eingegangen, deren mengenmäßiger Zustand als schlecht eingestuft werden musste.

#### **GWK Mittlere Spree Bergbau (HAV\_MS\_2)**

Dieser GWK wird gegenwärtig durch die Grundwasserabsenkungsmaßnahmen der aktiven Tagebaue Cottbus-Nord, Jänschwalde und Welzow-Süd sowie durch die Sanierungsbereiche Schlabendorf/Seese und Gräbendorf/Greifenhain beeinflusst. Zur Lagerstättenfreimachung wird das Grundwasser in den aktiven Tagebauen sowie sanierungsbedingt abgesenkt und über die Vorflut Spree eine Menge von insgesamt 8,33 m<sup>3</sup>/s abgeleitet.

Zusätzlich zu der bergbaulichen Wasserhebung wird der GWK durch konzentrierte Entnahmen für die Trinkwasserversorgung

beansprucht. Insgesamt wurden aus den betroffenen Wasserwerken für 2006 Fördermengen von 10,5 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. 0,33 m<sup>3</sup>/s gemeldet. Daraus ergibt sich eine Gesamtwasserentnahme aus dem GWK von 8,66 m<sup>3</sup>/s (273,2 Mio. m<sup>3</sup>/a). Dem gegenüber steht eine Grundwasserneubildung von 4,2 m<sup>3</sup>/s (131,6 Mio. m<sup>3</sup>/a).

In den Sanierungsbereichen bestimmen die Restseewasserstände die Hydrodynamik durch ihre großräumige Wirkung als Zuflussgebiete, wobei zwischen den realen Wasserständen (Stand 1/2008) und den Zielwasserständen, vor allem im Klinger und Greifenhainer See, die größten Differenzen mit über 20 m zu verzeichnen sind.

#### Zustandsbewertung:

Der bergbaubedingte Einflussbereich auf die Grundwasserstände (abgesenkte Grundwasserstände) beträgt in diesem GWK ca. 75 % der Gesamtfläche.

Die Grundwasserentnahme ist auf Grund der Lagerstättenfreimachung des aktiven Bergbaus im Osten des GWK wesentlich größer als die Grundwasserneubildung. Daraus ergibt sich, dass hier ein wasserhaushaltliches Defizitgebiet ausgebildet ist, also kein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und -neubildung besteht.

Der westliche Bereich des GWK ist durch Grundwasserwiederanstieg und der damit verbundenen Auffüllung statischer Grundwasservorräte geprägt.

#### **GWK Schwarze Elster (SE 4-1)**

Dieser GWK ist gegenwärtig noch durch die Sanierungsbereiche Senftenberg mit den ehemaligen Tagebauen Sedlitz, Skado, Koschen, Meuro und Lauchhammer/Klettwitz mit großräumig ansteigenden Grundwasserständen geprägt. Die Grubenwasserhebung beschränkt sich neben der sanierungsbedingten Wasserhaltung auf die Gewährleistung einer Mindestwasserführung in einigen Zuflüssen der Schwarzen Elster sowie in Wasserläufen im Einzugsgebiet der Spree. Insgesamt werden 2,03 m<sup>3</sup>/s gehoben und abgeleitet. Zusätzlich wird dieser GWK zur Sicherung der Trinkwasserversorgung aus

den Wasserwerken Finsterwalde, Doberlug-Kirchhain und Tettau intensiv beansprucht. Für 2006 wurde eine Fördermenge von 10,7 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. 0,34 m<sup>3</sup>/s angegeben.

Daraus ergibt sich eine Gesamtwasserentnahme aus dem GWK von 2,37 m<sup>3</sup>/s (74,7 Mio. m<sup>3</sup>/a). Dem gegenüber steht eine Grundwasserneubildung von 5,2 m<sup>3</sup>/s (164,6 Mio. m<sup>3</sup>/a). Der Überschuss steht für die Wiederauffüllung des Grundwasserdefizits in den Grundwasserwiederanstiegsgebieten zur Verfügung.

Die Differenzen der Restseewasserstände zwischen den aktuellen (1/2008) und den perspektivischen Endwasserständen liegen in den Sanierungsbereichen ähnlich hoch wie im GWK HAV\_MS\_2, so z. B. im Ilsesee.

#### Zustandsbewertung

Der bergbaubedingte Einflussbereich auf die Grundwasserstände (abgesenkte Grundwasserstände) beträgt in diesem GWK ca. 40 % der Gesamtfläche.

Die mengenmäßige Grundwasserbeeinflussung beschränkt sich auf den östlichen Bereich des GWK. In den im westlichen Teil vorhandenen Altbergbaugebieten ist der Grundwasserwiederanstieg abgeschlossen.

Die Grundwasserneubildung ist zwar größer als die Entnahmemengen aus dem Gebiet, dient jedoch zum Ausgleich des bergbaubedingten Grundwasserdefizits, insbesondere zur Auffüllung der statischen Grundwasservorräte und steht somit im östlichen Bereich nicht für die Abflussbildung der Oberflächengewässer zur Verfügung.

#### **GWK Lausitzer Neiße Bergbau (NE 4)**

In diesem GWK befindet sich der aktive Tagebau Jänschwalde, in welchem die Kohle des zweiten Flözhorizontes gewonnen wird und zur Lagerstättenfreimachung eine Grundwasserhaltung erforderlich ist. Die angrenzende Neiße wird durch eine Dichtwand entlang des östlichen Tagebaurandes vor Infiltrationsverlusten geschützt. Die Grubenwassereinleitung in die Neiße beträgt 0,47 m<sup>3</sup>/s (14,8 Mio. m<sup>3</sup>/a).

Mit fortschreitendem Tagebaubetrieb nach Norden dehnen sich die Grundwasserabsenkung und damit der weitere Abbau der statischen Grundwasservorräte in nördliche Richtung weiter aus. In den rückwärtigen Bereichen wird es allmählich zum Wiederanstieg kommen.

Neben der bergbaulichen Wasserhebung unterliegt der Grundwasserkörper durch kon-

**Tab. 4-10: Hydraulische Bilanzen der GWK im schlechten Zustand im Überblick**

| GWK                                      | Tagebaue<br>Sanierungs-<br>bereiche   | Wasser-<br>werke                              | Gesamt-<br>entnahme *)<br>m <sup>3</sup> /a | Grundwasser-<br>neubildung<br>m <sup>3</sup> /a | Max. Diffe-<br>renzen zu<br>Zielwasser-<br>ständen | Grundwas-<br>sermessstel-<br>len zur Über-<br>wachung |
|--|---|---|---|---|--|---|
| <b>Mittlere Spree Bergbau (HAV_MS_2)</b> | Cottbus-Nord, Jänschwalde u. Welzow-Süd<br>Schlabendorf/Seese, Gräbendorf/Greifenhain | Cottbus, Vetschau, Lübbenau, Spremberg, Peitz | 273,2 Mio.                                  | 131,6 Mio.                                      | 33,5 m   | 207   |
| <b>Schwarze Elster (SE 4-1)</b>          | Senftenberg Lauchhammer   | Finsterwalde, Doberlug-Kirchhain, Tettau      | 74,7 Mio.                                   | 164,6 Mio.                                      | 31 m   | 142   |
| <b>Lausitzer Neiße Bergbau (NE 4)</b>    | Jänschwalde   | Forst,Guben, Döbern                           | 17,0 Mio.                                   | 32,6 Mio.                                       | keine Angabe                                       | 51  |

\*) aus Wasserhaltung und Trinkwassergewinnung

## 4-4 Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper



zentrierte Entnahmen der Wasserwerke Forst, Guben und Döbern hydraulischen Einflüssen. So wurden 2006 insgesamt 2,1 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. 0,07 m<sup>3</sup>/s Grundwasser für die Trinkwasserversorgung gefördert. Daraus ergibt sich eine Gesamtwasserentnahme aus dem GWK von 0,54 m<sup>3</sup>/s (17,0 Mio. m<sup>3</sup>/a). Dem gegenüber steht eine Grundwasserneubildung von 1,03 m<sup>3</sup>/s (32,6 Mio. m<sup>3</sup>/a).

#### Zustandsbewertung

Der bergbaubedingte Einflussbereich auf die Grundwasserstände (abgesenkte Grundwasserstände) beträgt in diesem GWK mehr als 20 % der Gesamtfläche.

Die mengenmäßige Grundwasserbeeinflussung beschränkt sich auf den mittleren Bereich des GWK und wird sich mit zunehmendem Tagebaufortschritt nach Norden ausweiten. Damit kommt es zum weiteren Abbau statischer Grundwasservorräte im Gebiet.

#### **Zusammenfassende Bewertung der vom Bergbau beeinflussten GWK**

Für alle drei GWK wurde der mengenmäßige Zustand als schlecht eingestuft. Das ist zum einen bedingt durch die entstandenen wasserhaushaltlichen Defizite zwischen der Grundwasserentnahme und der entsprechen-

den Grundwasserneubildung für den Betrachtungsraum, insbesondere im GWK Mittlere Spree. Zum anderen werden die positiven Differenzen, also ein Überschuss der Neubildung, für den Wiederanstieg der bergbaubedingten Grundwasserdefizite genutzt, so dass auch hier keine Abflussmengen für die Oberflächengewässer zur Verfügung stehen.

#### **4.2.4 Zusammenfassende Übersicht der GWK-Zustandsbewertungen**

Zusammenfassend wird festgestellt, dass in 20 GWK der mengenmäßige und chemische Zustand gut ist (siehe Tabelle 4-11). Das entspricht 78 % der Landesfläche Brandenburgs. Bei 18 GWK ist der chemische und/oder mengenmäßige Zustand schlecht, was 22 % der Landesfläche Brandenburgs entspricht. Ein schlechter mengenmäßiger Zustand wurde nur in den bergbaubeeinflussten GWK aufgrund der großen Wasserentnahmen im Zuge von Sumpfungsmaßnahmen ausgegrenzt. Da nur der GWK Eisenhüttenstadt aufgrund von punktuellen Belastungsursachen in den schlechten Zustand eingestuft wurde, stellen die diffusen Belastungen die zahlenmäßig häufigste Belastungsursache für GWK im Land Brandenburg dar.

**Tab. 4-11: Charakterisierung der durch Brandenburg bewerteten Grundwasserkörper ohne Berücksichtigung der GWK-Anteile anderer Bundesländer**

| GWK-Name             | GWK-Kürzel | GWK-Größe [km <sup>2</sup> ] | Mengenmäßiger Zustand |          | Chemischer Zustand |          | Art der Belastung |           |        |           |
|----------------------|------------|------------------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------|-------------------|-----------|--------|-----------|
|                      |            |                              | gut                   | schlecht | gut                | schlecht | Bergbau           | punktuell | diffus | Parameter |
| Alte Oder            | ODR_OD_1   | 2.550                        | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Brandenburg a. d. H. | HAV_UH_3   | 37                           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Buckau / Plane       | HAV_BP_1   | 954                          | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Dahme                | HAV_DA_3   | 2.000                        | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Dahme 2              | HAV_DA_2   | 27                           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Dosse / Jäglitz      | HAV_DJ_1   | 1.446                        | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Eisenhüttenstadt     | ODR_OD_7   | 50                           | X                     |          |                    | X        |                   | X         |        | diverse   |
| Ehle / Nuthé         | MEL_EN_4   | 108                          | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Elbe-Urstromtal      | SE 4-2     | 1.383                        | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Frankfurt (Oder)     | ODR_OD_6   | 127                          | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Nitrat    |
| Fürstenwalde         | HAV_US_2   | 73                           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |           |
| Fürstenwerder        | ODR_OF_5   | 44                           | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium  |

| GWK-Name                | GWK-Kürzel | GWK-Größe [km²] | Mengenmäßiger Zustand |          | Chemischer Zustand |          | Art der Belastung |           |        |                  |
|-------------------------|------------|-----------------|-----------------------|----------|--------------------|----------|-------------------|-----------|--------|------------------|
|                         |            |                 | gut                   | schlecht | gut                | schlecht | Bergbau           | punktuell | diffus | Parameter        |
| Greiffenberg            | ODR_OD_9   | 64              | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Gruena                  | HAV_NU_1   | 81              | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Hennigsdorf             | HAV_UH_9   | 74              | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Hessenhagen             | ODR_OF_7   | 113             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Lausitzer Neiße         | NE 5       | 205             | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Lausitzer Neiße Bergbau | NE 4       | 349             |                       | X        |                    | X        | X                 |           |        | Sulfat           |
| Mittlere Spree          | HAV_MS_1   | 562             | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Mittlere Spree Bergbau  | HAV_MS_2   | 1.748           |                       | X        |                    | X        | X                 |           |        | Sulfat           |
| Nuthe                   | HAV_NU_2   | 1.475           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Obere Havel Oranienburg | HAV_OH_1   | 250             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Obere Havel             | HAV_OH_3   | 2.223           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Oder 2                  | ODR_OD_2   | 100             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Nitrat           |
| Oder 3                  | ODR_OD_3   | 67              | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Nitrat, Ammonium |
| Oder 8                  | ODR_OD_8   | 513             | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Oderbruch               | ODR_OD_5   | 693             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Potsdam                 | HAV_NU_2   | 359             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Nitrat, Ammonium |
| Prenzlau                | ODR_OF_6   | 132             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Rhin                    | HAV_RH_1   | 1.693           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Schlepzig               | HAV_MS_3   | 137             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Schwarze Elster         | SE 4-1     | 1.816           |                       | X        |                    | X        | X                 |           |        | Sulfat           |
| Schwedt                 | ODR_OD_4   | 212             | X                     |          |                    | X        |                   |           | X      | Ammonium         |
| Stepenitz / Lößnitz     | MEL_SL_1   | 2.250           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Uecker                  | ODR_OF_2   | 1.379           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Untere Havel 2          | HAV_UH_2   | 214             | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Untere Havel            | HAV_UH_4   | 2.228           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |
| Untere Spree            | HAV_US_3   | 2.634           | X                     |          | X                  |          |                   |           |        |                  |