

Three vertical bars of varying heights, colored in a dark green, located in the top left corner of the page.

# Überwachungsergebnisse Makrophyten und Phytobenthos 2006 - 2008

 Biologisches Monitoring der Fließgewässer gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie



**BEARBEITUNG**

LUBW • Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-  
Württemberg  
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe  
Referat 41 – Fließgewässer, Integrierter Gewässerschutz  
Andreas Hoppe

**STAND**

Juli 2009

Nachdruck- auch auszugsweise- ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

<b>1</b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b><u>MAKROPHYTEN UND PHYTOBENTHOS</u></b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b><u>MESSNETZ UND DATENGRUNDLAGE</u></b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b><u>BEWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTELLEN</u></b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b><u>BEWERTUNG DER WASSERKÖRPER</u></b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b><u>FOLGERUNGEN FÜR DIE MAßNAHMENPLANUNG</u></b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b><u>FAZIT UND AUSBLICK</u></b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b><u>LITERATUR</u></b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b><u>ANHANG</u></b>	<b>18</b>

# 1 Einleitung

Mit der Ende 2000 in Kraft getretenen EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) werden an die Gewässerüberwachung sehr hohe Anforderungen gestellt. Neben der Beurteilung der Gewässer aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Beschaffenheit werden nun biologische Komponenten zu wesentlichen Beurteilungskriterien. Ziel ist es, für natürliche Gewässer den guten ökologischen Zustand und für erheblich veränderte Gewässer das gute ökologische Potenzial der Gewässer zu erreichen. Während sich in der Vergangenheit die landesweite biologische Gewässergüteüberwachung der Fließgewässer allein auf die Bestimmung der Makrozoobenthos-Besiedlung gestützt hat, ist es nun für eine Überwachung nach EG-WRRL notwendig, auch die biologischen Qualitätskomponenten „Makrophyten und Phytobenthos“, Phytoplankton und Fische in die Bewertung zu integrieren. Für alle vier biologischen Qualitätskomponenten wurden grundlegend neue Erfassungs- und Auswertemethoden entwickelt. Die Bewertung erfolgt gewässertypbezogen und im Vergleich mit einem leitbildorientierten Referenzzustand. Letztendlich werden die Ergebnisse der einzelnen Komponenten auf Wasserkörperebene zusammengeführt und sind insbesondere Voraussetzung für die Ableitung des wasserwirtschaftlichen Handlungsbedarfs, der im Rahmen von Maßnahmenprogrammen und Bewirtschaftungsplänen abzuleiten ist [1].

Im Folgenden werden die Auswertungsergebnisse der ersten Untersuchungsrunde der Qualitätskomponente „Makrophyten und Phytobenthos“ aus den Jahren 2006 bis 2008 gemäß WRRL dargestellt.

## 2 Makrophyten und Phytobenthos

Die biologische Qualitätskomponente „Makrophyten und Phytobenthos“ bewertet die benthische<sup>1</sup> Vegetation und setzt sich grundsätzlich aus den drei Modulen **Makrophyten**, **Diatomeen** und **Phytobenthos ohne Diatomeen** zusammen. Die Makrophyten umfassen höhere Wasserpflanzen, Moose und Armleuchteralgen. Das Phytobenthos, die sogenannten Aufwuchsalgen, beinhalten eine Vielzahl von Algenklassen, wie Diatomeen (Modul Diatomeen), Rotalgen, Goldalgen, Braunalgen, Blaualgen u. a. (Modul Phytobenthos ohne Diatomeen).

Jedes dieser Module ist in der Lage, als Indikator bestimmte Gewässerbelastungen anzuzeigen. Makrophyten eignen sich, um an einem Gewässerabschnitt trophische und hydromorphologische Beeinträchtigungen nachzuweisen. Sie dienen im Fließgewässer als Langzeitindikatoren und sind u. a. abhängig von Fließgeschwindigkeit, Substrat, Chemismus und Beschattung. Das Phytobenthos hingegen indiziert trophische Belastung, Versauerung, Salzgehalt und sonstige Abweichungen vom natürlichen Zustand [2]. Besonders eignen sich dafür die benthischen Diatomeen wegen ihrer Empfindlichkeit und kurzfristigen Reaktionsfähigkeit gegenüber stofflichen Veränderungen sowie ihrer ubiquitären Verbreitung [3]. Daher waren Diatomeen bereits in früheren Jahren Mittelpunkt einiger Forschungsschwerpunkte zur Beurteilung der biologischen Gewässergüte [4].

---

<sup>1</sup> Die Bodenzone eines Gewässers besiedelnd

Die Bestandserhebung, Auswertung und Bewertung erfolgt gemäß den LAWA-Vorgaben mit der Bewertungssoftware PHYLIB [5] und der „Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos“ [6]. In Anlehnung an die Verfahren der anderen biologischen Qualitätskomponenten handelt es sich auch hier um ein leitbildbezogenes Bewertungsverfahren, bei dem anhand der Artenzusammensetzung und Besiedlungsdichte der jeweilige Grad der Abweichung von einem typspezifischen Referenzzustand ermittelt wird.

In Baden-Württemberg beruht die Bewertung dieser Qualitätskomponente lediglich auf den Teilmodulen Makrophyten und Diatomeen. Untersuchungen zum Modul Phytobenthos ohne Diatomeen wurden nicht durchgeführt (vgl. auch Kap. 3).

Bewertungsrelevante Indices sind bei den Makrophyten der Referenzindex und bei den Diatomeen der Referenzartenindex und der Trophieindex. Der Referenzindex beurteilt das Verhältnis der an einem Untersuchungsabschnitt vorkommenden Arten im Hinblick auf die Abweichung vom gewässertypspezifischen Erwartungshorizont. Der Referenzartenindex der Diatomeen beurteilt die Artenzusammensetzung im Vergleich zu den typspezifischen Referenzvorgaben und zeigt den Grad der Abweichung an. Der Trophieindex gibt Aufschluss über die trophische Belastungssituation eines Fließgewässers durch das Vorkommen von eutraphenten<sup>2</sup> Diatomeenarten. Die Ergebnisse jedes Moduls werden als Index berechnet und anschließend arithmetisch gemittelt als Makrophyten-Phytobenthos-Index ausgegeben (s. Abb. 1).

Zur Bewertung der Untersuchungsstelle lässt sich dieser Index typspezifisch in eine fünfstufige ökologische Zustandsklasse einordnen [2]. Zudem werden im Verfahren anthropogen bedingte Verödungszustände sowie Versauerungs- und Versalzungsalgorithmen berücksichtigt, die aufgrund ihrer hohen ökologischen Relevanz zu einer Abstufung nach Ermittlung der ökologischen Zustandsklasse führen können. Bei dem durch die Teilmodule Makrophyten bzw. Diatomeen indizierten Fließgewässerzustand handelt es sich um berechnete Teilergebnisse. Auf- oder Abwertungen von rechnerisch ermittelten Zustandsklassen können nur für die Gesamtkomponente in begründeten Fällen durch Experteneinschätzung erfolgen.

Grundsätzlich lässt eine Untersuchungsstelle sich auch bei Ausfall von einem oder zwei<sup>3</sup> Modulen bewerten, allerdings steigt mit der Anzahl der bewerteten Module die fachliche Aussagekraft. Weitere Einzelheiten zum methodischen Vorgehen, zu den Teilindices sowie zu den Bewertungsroutinen können der Fachliteratur entnommen werden [2 und 6].

Das Bewertungsergebnis von PHYLIB bezieht sich immer auf den ökologischen **Zustand** des Gewässers. Für die Ableitung des ökologischen **Potenzials** von erheblich veränderten Wasserkörpern ist ein weiterer Schritt notwendig, der machbare Maßnahmen einbezieht und deswegen von der Flussgebietsbehörde vorzunehmen ist.

---

<sup>2</sup> nährstoffliebend

<sup>3</sup> da in Baden-Württemberg an einer Untersuchungsstelle maximal zwei Module erfasst werden, ist bei Ausfall von zwei Modulen die Untersuchungsstelle nicht bewertbar

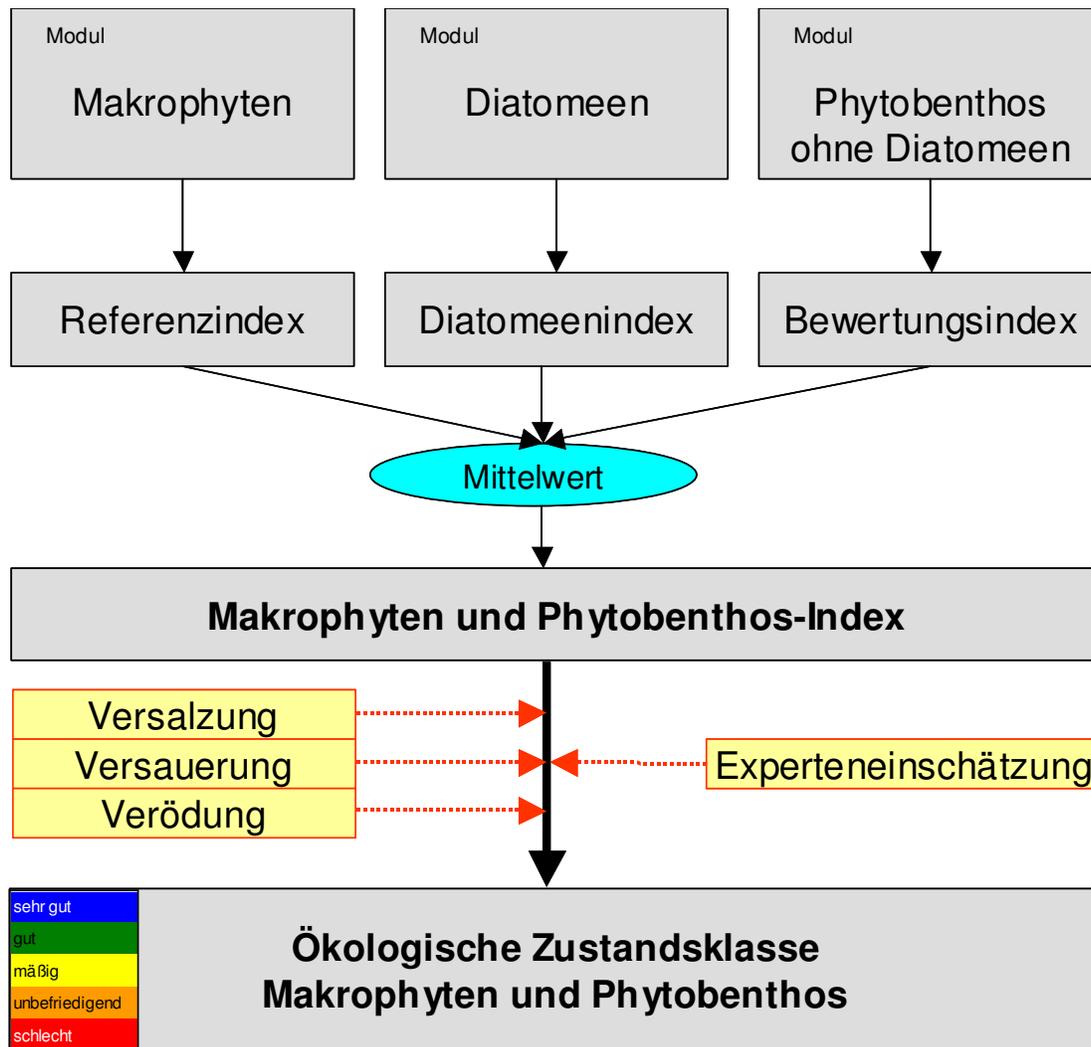


Abb. 1: Schematische Darstellung der Ermittlung des Makrophyten-Phytobenthos-Index und der ökologischen Zustandsklasse für die Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos (verändert nach [2])

### 3 Messnetz und Datengrundlage

Zur Überwachung und Bewertung des ökologischen Zustands sind gemäß der EG-WRRL neben chemisch-physikalischen Begleitparametern hauptsächlich die vier biologischen Qualitätskomponenten Makrozoobenthos, Makrophyten und Phytobenthos, Phytoplankton und Fische zu untersuchen. Aufgrund des erweiterten Untersuchungsspektrums war es v. a. unter Kostengesichtspunkten notwendig, die Zahl der Untersuchungsstellen von Makrophyten und Phytobenthos auf 1-3 Stellen pro Wasserkörper zu beschränken. Außerdem wurde im ersten Untersuchungsdurchgang das Modul Phytobenthos ohne Diatomeen nicht berücksichtigt. Die Gründe hierfür waren neben den finanziellen Aspekten Kapazitätsengpässe bei den Fachbüros sowie offene Fragen zur Indikationsleistung dieser Teilkomponente. Eine Auswertung anhand der verbleibenden Teilmodule Makrophyten und Diatomeen ist grundsätzlich möglich, allerdings reduziert sich mit Verringerung der Module die Aussagekraft des berechneten Gesamtzustandes dieser Qualitätskomponente.

Bei der Auswahl der Makrophytenmessstellen wurden – wie auch beim Makrozoobenthos - im Wesentlichen folgende Faktoren berücksichtigt: Gewässertyp, Gewässergüte und Gewässerstruktur. Darüber hinaus waren weitere Auswahlkriterien wie die Lage der Kläranlagen, die Lage der chemischen Messstellen, Rückstaube-  
reiche und Ausleitungsstrecken, Erreichbarkeit etc. von Relevanz. Die Untersuchung der pflanzlichen Quali-  
tätskomponente beschränkte sich auf eine Auswahl der Makrozoobenthosstellen. Die Messstellenauswahl für  
die Biokomponente Makrophyten und Phytobenthos gestaltete sich besonders schwierig, da für diese Kom-  
ponente erstmalig in Baden-Württemberg ein Messnetz aufgestellt wurde und somit auf keinerlei Erfahrung  
zurückgegriffen werden konnte. Alle der LUBW zentral zur Verfügung stehenden Informationen, wie zum  
Beispiel die aus der Untersuchung des Makrozoobenthos vorhandenen Begleitprotokolle mit Angaben zu  
Pflanzenwuchs, Beschattungsgrad und Substrat wurden berücksichtigt. Anhand einer ergänzenden Plausibili-  
sierung der Messstellenauswahl durch die Regierungspräsidien mit den dort vorliegenden spezifischen Orts-  
kenntnissen wurde das Messnetz abschließend fachlich abgestimmt. Ziel war es, durch die Festlegung der  
Untersuchungsstellen einen repräsentativen Überblick über den Zustand der Wasserkörper zu gewinnen.

Die Kartierung der Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos erfolgte in zwei Durchgängen so-  
wohl an den überblicksweise überwachten als auch an den operativen Untersuchungsstellen. In den Som-  
mermonaten 2006 wurden in einem ersten Durchgang ca. 260 Fließgewässerabschnitte untersucht. Im Som-  
mer 2008 wurden etwa 80 Untersuchungsabschnitte mit dem Ziel nachkartiert, festgestellte Lücken zu  
schließen und unsichere Erstergebnisse bzw. Untersuchungsstellen zu validieren. Eine Auswertung gemäß  
der EG-WRRL war für 290 Untersuchungsstellen in 156 von 159 Wasserkörpern möglich. Im Mittel lagen in  
den Wasserkörpern 1,8 Untersuchungsstellen für Makrophyten und Phytobenthos. An 204 von 290 Untersu-  
chungsstellen konnten beide Module, Makrophyten und Diatomeen, bewertet werden. An 86 Stellen ging nur  
ein Modul in die Bewertung ein. Große Unterschiede bestanden auch in der Bewertungssicherheit der beiden  
Module. Die Bewertung des Moduls Makrophyten ist mit größerer Unsicherheit behaftet. Hier waren nur  
rund zwei Drittel der Untersuchungsstellen sicher und bewertbar, fast ein Drittel war dagegen mit diesem  
Modul nicht bewertbar<sup>4</sup> (s. Tab. 1). Die Entnahme und Auswertung von Diatomeenproben war an fast allen  
Untersuchungsabschnitten möglich und lieferte zu ca. 97% sichere Ergebnisse.

Tab. 1: Anzahl der bewerteten Untersuchungsstellen mit den Teilmodulen Makrophyten und Diatomeen

Modul	Dimension	ohne Bewertung	mit Bewertung	Summen
Makrophyten	n	<b>78</b>	<b>212</b>	290
	%	26,9	73,1	100
Diatomeen	n	<b>8</b>	<b>282</b>	290
	%	2,8	97,2	100

<sup>4</sup> Die Bewertungsfähigkeit des Teilmoduls Makrophyten hängt ab vom eigentlichen Vorhandensein von Makrophytentaxa, von der Sicherheit der Probe (vergl. [6]) und vom Makrophytentyp gemäß Verfahren ab. Im PHYLIB-Verfahren können Makrophyten für die großen Ströme, Typ Mg, nicht bewertet werden.

# 4 Bewertung der Untersuchungsstellen

Im Folgenden werden die Bewertungsergebnisse für die Qualitätskomponente Makrophyten und Phyto-benthos aus den Jahren 2006 und 2008 zusammenfassend dargestellt. Bewertungsrelevant waren 290 Untersuchungsstellen, da an diesen mindestens ein Bewertungsergebnis zu einem Teilmodul vorlag. In der Abb. 2 ist der Gewässerzustand differenziert nach den Teilmodulen Makrophyten und Diatomeen wiedergegeben. Deutlich zeigt sich, dass der gute Gewässerzustand in weiten Teilen Baden-Württembergs für die pflanzlichen Teilkomponenten Makrophyten und Diatomeen nicht erreicht wird. Im Hinblick auf die Diatomeen weisen rund 50% der Untersuchungsstellen ein Defizit auf (45% mäßig, 5% unbefriedigend) und bei den Makrophyten ist ein Defizit an rund 60% der Stellen feststellbar (45% mäßig, 16% unbefriedigend).

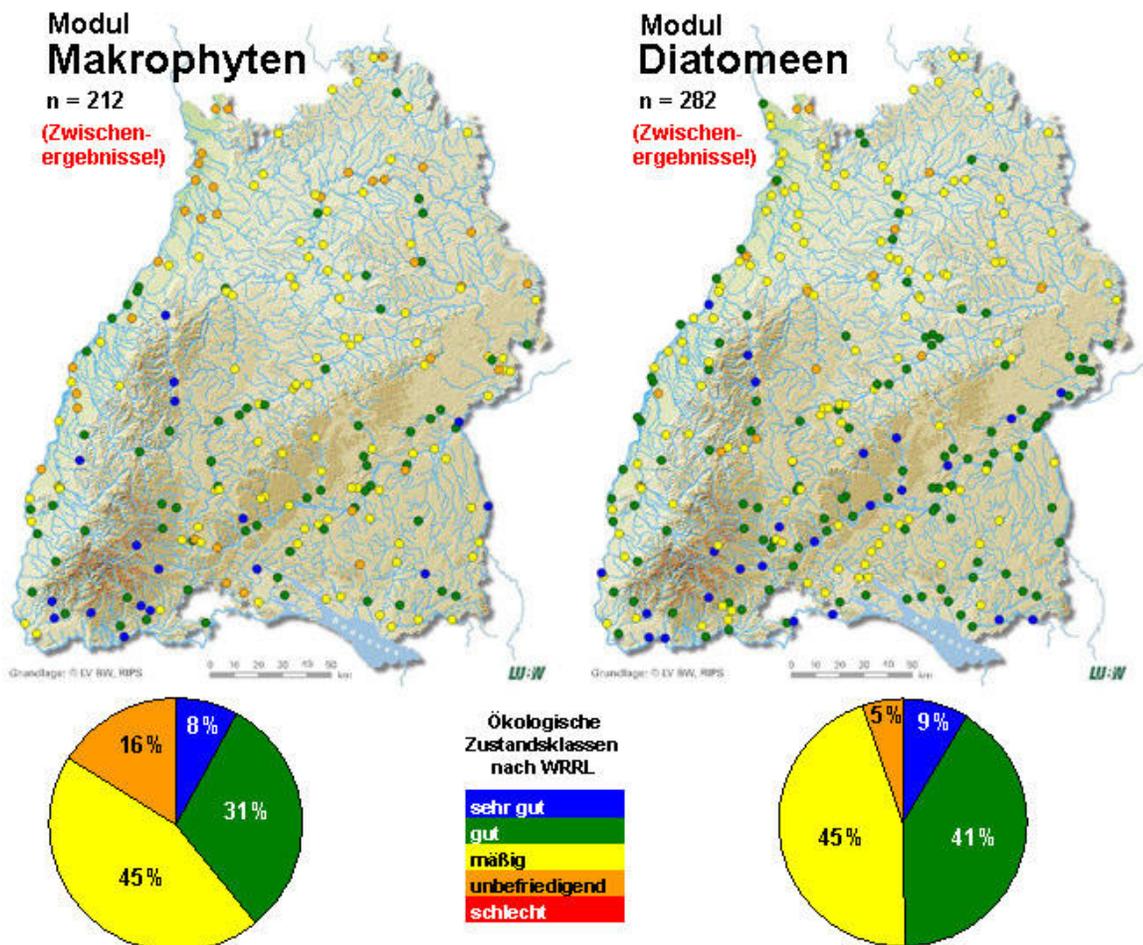


Abb. 2: Bewertungsergebnisse für die Teilmodule Makrophyten und Diatomeen in Baden-Württemberg. Zu beachten: Die Ergebnisse stellen rechnerisch ermittelte Zwischenergebnisse dar.

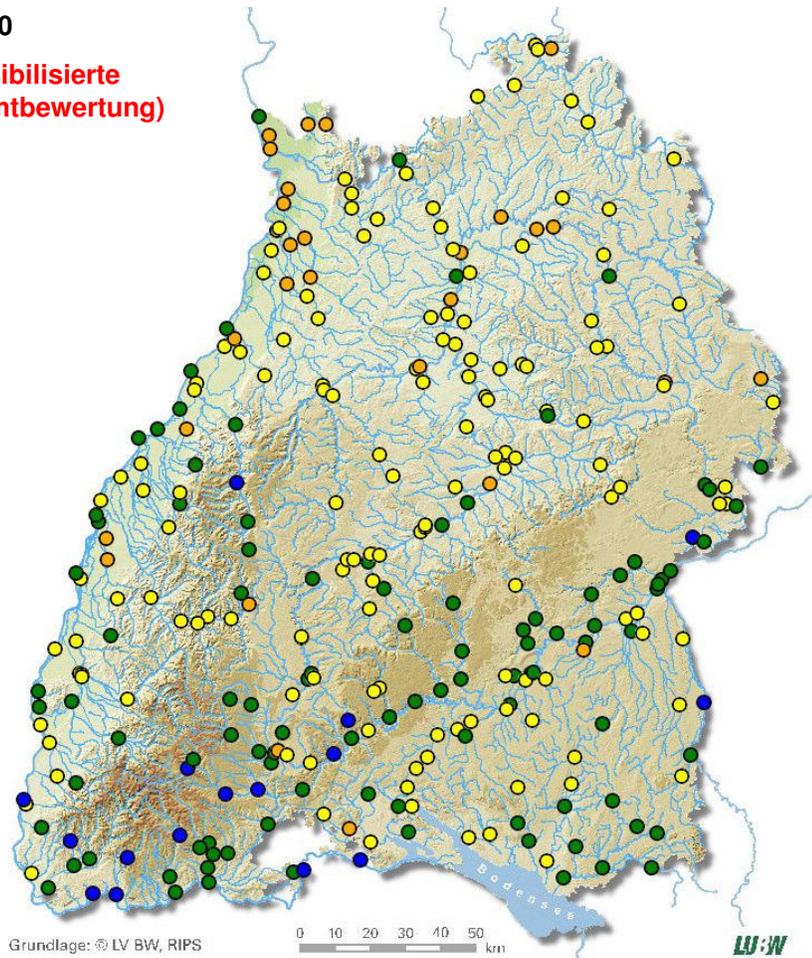
Die Zustandsklasse für die Qualitätskomponente Makrophyten und Phyto-benthos resultiert aus der Mittelwertbildung der Teilergebnisse. Hierbei erfolgt eine umfangreiche Plausibilisierung der Zustandseinstufung. Dazu wurden die gutachterlichen Einschätzungen der Kartierer sowie weitere vorliegende Mess- und Informationsdaten einbezogen. In 17 Fällen wurde die ökologische Zustandsklasse abgewertet und in 5 Fällen eine Aufwertung vorgenommen. Die somit für die biologische Qualitätskomponente Makrophyten und Phyto-benthos resultierenden und plausibilisierten ökologischen Zustandklassen sind in der Abb. 3 dargestellt. An

nahezu 60% der Untersuchungsstellen (49% mäßig und 10% unbefriedigend) wird der gute ökologische Zustand nicht erreicht. Nur etwa 40% (35% gut und 6% sehr gut) der untersuchten Fließgewässerabschnitte weisen einen guten ökologischen Zustand auf. Detaillierte Ergebnisse auf Untersuchungsstellenebene sind in der Tabelle im Anhang dokumentiert. Hier finden sich neben den Stammdaten auch ergänzende Informationen und die relevanten Teilergebnisse der Bewertungsprozedur.

## Ökologische Zustandsklasse Makrophyten und Phytobenthos

n = 290

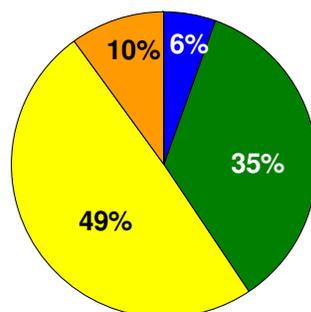
(Plausibilisierte  
Gesamtbewertung)



Grundlage: © LV BW, RIPS

0 10 20 30 40 50 km

LUBW



Ökologische  
Zustandsklassen  
nach WRRL



Abb. 3: Gesamtbewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos in Baden-Württemberg

# 5 Bewertung der Wasserkörper

Die an den Untersuchungsstellen erhobenen Bewertungsergebnisse müssen zur Zustandsbewertung des Wasserkörpers aggregiert werden. Eine bundeseinheitliche Aggregationsmethode gibt es derzeit nicht. Aufgrund der Tatsache, dass mit der Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos primär eine einzugsgebiet-bezogene Indikation von stofflichen Belastungen (Trophie) erfolgt und der Situation, dass für diese Biokomponente nur eine geringe Anzahl von Untersuchungsstellen im Wasserkörper vorhanden ist, wird zur Wasserkörperbewertung vorerst das Worst Case-Verfahren angewandt. Das heißt, dass das schlechteste Bewertungsergebnis das Gesamtergebnis des Wasserkörpers bestimmt. Sollte das Messnetz zukünftig erweitert werden, ist dieser Ansatz ggf. zu überprüfen. In der Abb. 4 ist die Vorgehensweise der Wasserkörperbewertung schematisch dargestellt.

Grundvoraussetzung zur Bewertung des Wasserkörpers ist das Vorliegen von mindestens einer bewerteten Untersuchungsstelle im Wasserkörper mit mindestens einem Teilmodulergebnis. Die Bewertbarkeit und die Zuverlässigkeit („confidence“) der Bewertung des Wasserkörpers hängt von der Anzahl und Eignung der Untersuchungsstellen im Wasserkörper ab.

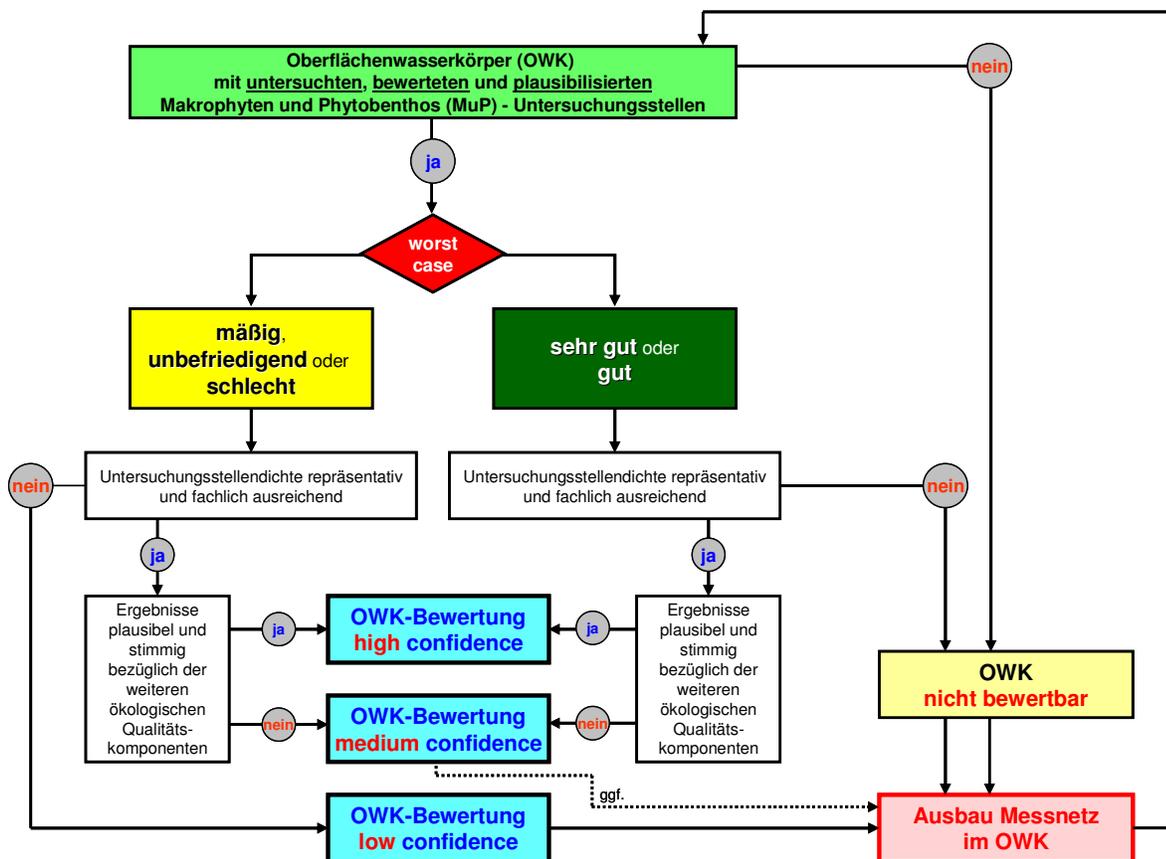


Abb. 4: Schematische Darstellung der Oberflächenwasserkörperbewertung mit der Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos

Für jeden Wasserkörper wird in einem ersten Schritt überprüft, ob ein Handlungsbedarf, also ein Ergebnis an mindestens einer der Untersuchungsstellen mit mäßig oder schlechter, vorliegt. In einem zweiten Schritt werden die Repräsentativität und die fachliche Aussagekraft aller im Wasserkörper befindlichen Messstellen hinsichtlich ihrer Anzahl und Verteilung in der Fläche geprüft. Fällt diese Prüfung negativ aus, ist bei Worst Case-Ergebnis „mäßig oder schlechter“ der Wasserkörper bewertbar (low confidence, s. u.), da bereits Handlungsbedarf angezeigt ist. Bei „gutem Zustand“ kann der Wasserkörper wegen unzureichender Datengrundlage nicht ohne Erweiterung des Messnetzes bewertet werden. Bei positivem Prüfungsausgang kann in jedem Falle eine Wasserkörperbewertung durchgeführt werden. In einem abschließenden Schritt wird geprüft in wie weit die Untersuchungsergebnisse plausibel und stimmig hinsichtlich der weiteren ökologischen Qualitätskomponenten sind. Hier stehen u. a. stoffliche und morphologische Aspekte im Vordergrund. Letztendlich führt das Bewertungsschema innerhalb der Qualitätskomponente zu drei „Zuverlässigkeitsebenen“ (confidence level) der Wasserkörperbewertung und gibt zielgerichtete Hinweise für den zur Konsolidierung der Ergebnisse notwendigen Ausbau des Messnetzes.

Von 159 Oberflächenwasserkörpern lagen in 156 bewertete Ergebnisse an Untersuchungsstellen vor. In drei von 159 Wasserkörpern in Baden-Württemberg waren die Untersuchungsstellen für eine Bewertung untauglich. In weiteren 13 Wasserkörpern ließen die Untersuchungsergebnisse gemäß dem oben beschriebenen Bewertungsansatz keine Wasserkörperbewertung zu, so dass folglich Zustandseinstufungen an 143 Wasserkörpern möglich waren. In der Tab. 2, der Abb. 5 und im Tabellenanhang sind die klassifizierten Ergebnisse dargestellt.

Bei etwa einem Viertel der bewerteten Wasserkörper (21,7% gut und 2,1% sehr gut) wird der gute ökologische Zustand erreicht. Handlungsbedarf zeigen dagegen etwa 75% der Wasserkörper an. Hier werden 83 Wasserkörper mit mäßig und 26 Wasserkörper mit unbefriedigend bewertet. Gemäß den oben beschriebenen Zuverlässigkeitsstufen ist allerdings in 88 Wasserkörpern eine Erweiterung des Messnetzes vorzusehen, um fachlich belastbare Bewertungen zu erhalten. In 71 Wasserkörpern ist eine nach heutigem Stand abgesicherte Bewertung mit Makrophyten und Phytobenthos möglich. Die Zuverlässigkeit der Bewertungsergebnisse war gut (high confidence) in 51 Wasserkörpern, eher mäßig (medium confidence) in 10 Wasserkörpern und vergleichsweise schlecht (low confidence) in 82 Wasserkörpern. Da im Bewertungsverfahren (PHYLIB) derzeit noch keine Möglichkeit besteht, das Modul Makrophyten für die großen Ströme (Typ Mg ) auszuwerten, wurde die Zuverlässigkeitsstufe für die Wasserkörper des Rheins und des gestauten Neckars unabhängig von der ermittelten ökologischen Zustandsklasse auf „low“ gesetzt.

Tab. 2: Bewertungsergebnisse der Wasserkörper mit der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos

Ökologische Zustandsklasse OWK	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	Summe bewertbarer Wasserkörper	nicht bewertbare Wasserkörper	Anzahl aller Wasserkörper
n	3	31	83	26	143	16	159
%	2,1	21,7	58,0	18,2	100	10,1	-

Bei der flächenhaften Darstellung der ökologischen Zustandsklassen der Wasserkörper fällt auf, dass Wasserkörper mit gutem ökologischen Zustand schwerpunktmäßig im Donaueinzugsgebiet, in Teilen des Schwarzwaldes und im Hochrheingebiet liegen. Wasserkörper mit unbefriedigendem Zustand konzentrieren sich auf das Neckareinzugsgebiet und den nordbadischen Raum (s. Abb. 5). Mit Hilfe der Messergebnisse aus dem Chemie-Messnetz können die Wasserkörper anhand der Nährstoffbelastung (ortho-Phosphat-P-Gehalte) klassifiziert werden. Nährstoffbelastung und ökologische Zustandsklasse sind in der Tabelle im Anhang gegenübergestellt und werden in Kap. 6 diskutiert.

# Bewertung der Oberflächenwasserkörper (OWK)

## - Makrophyten und Phytobenthos -

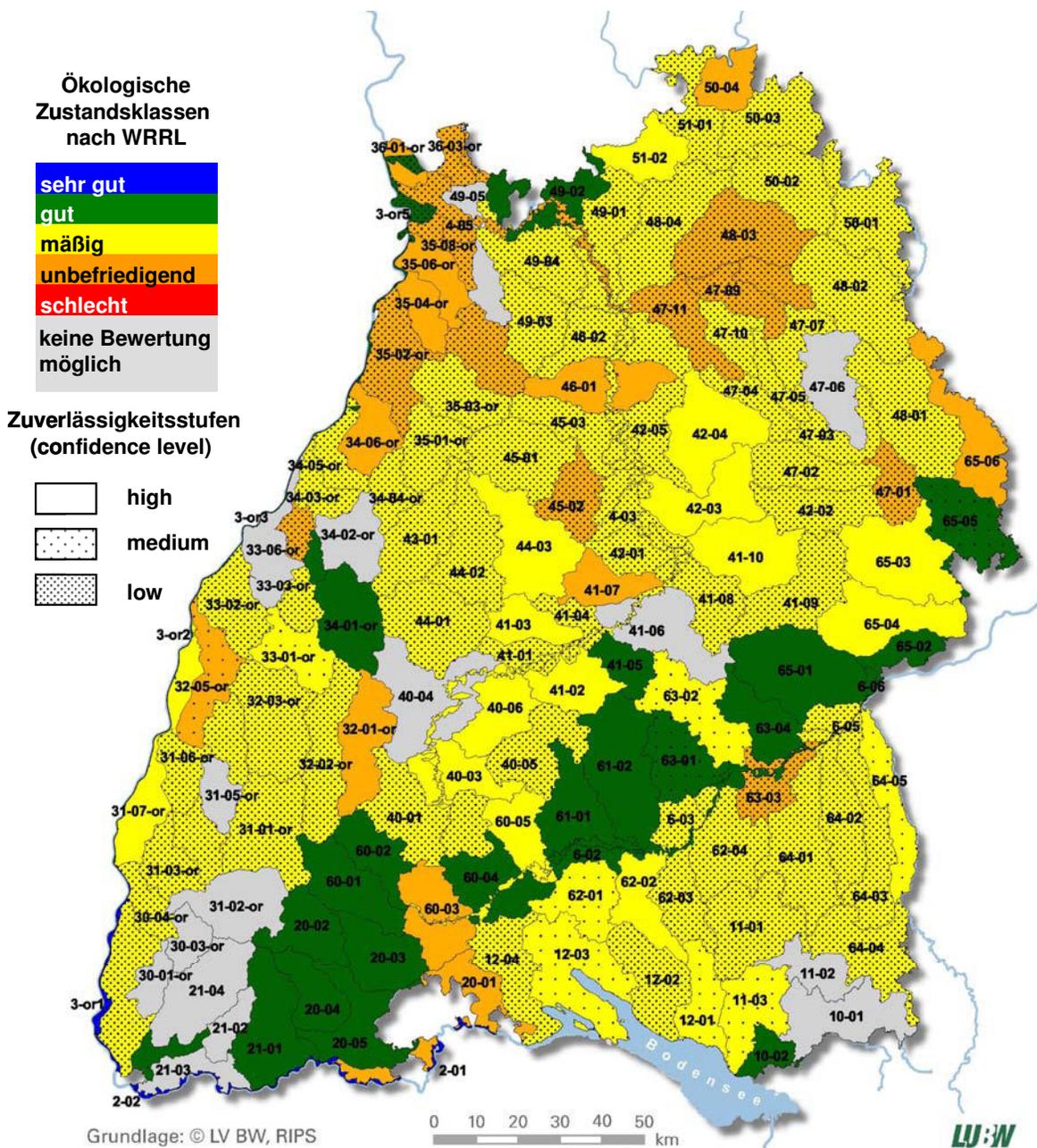


Abb. 5: Bewertung der Oberflächenwasserkörper nach Worst Case mit der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos mit Angabe der Zuverlässigkeitsstufen

# 6 Folgerungen für die Maßnahmenplanung

Vorkommen und Wachstum von Makrophyten sind eng mit dem zur Verfügung stehenden Nährstoffangebot gekoppelt. Dabei ist Phosphor in der Regel der für das Pflanzenwachstum limitierende Faktor. Neben dem Nährstoffpotenzial sind weitere Einflussfaktoren, wie Abfluss, Fließgeschwindigkeit, Lichtverfügbarkeit, Substratverhältnisse und Wärmehaushalt maßgeblich an der Steuerung des Pflanzenwachstums beteiligt (vgl. auch [7]). Im Gegensatz zum Phytoplankton sind die Aufwuchsalgen, Moose und höheren Wasserpflanzen der hier behandelten Qualitätskomponente durch ihre Ortsgebundenheit charakterisiert. Sie sind dadurch in der Lage, lokal Beeinträchtigungen des Gewässerzustandes zu indizieren, welche i. d. R. durch übermäßig hohe Nährstoffbelastung bedingt sind [4]. Diese sogenannten Eutrophierungsprozesse steuern im Wesentlichen die ökologische Funktionalität eines Gewässers.

Im Rahmen dieser Auswertung war es daher naheliegend, den Zusammenhang zwischen den vorliegenden biologischen Ergebnissen und den pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalten zu prüfen. Dazu konnten den chemischen Messstellen 103 Makrophyten und Phytobenthos-Untersuchungsstellen zugeordnet werden (s. Tabellenanhang). Die Zustandsklasse der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos wurde auf einen gewässertypunabhängigen und linearisierten Zahlenwert umgerechnet. Dieser Zustandsklasse wurde der mittlere ortho-Phosphat-P-Gehalt der Jahre 2006 bis 2008 gegenüber gestellt. (s. Abb. 6).

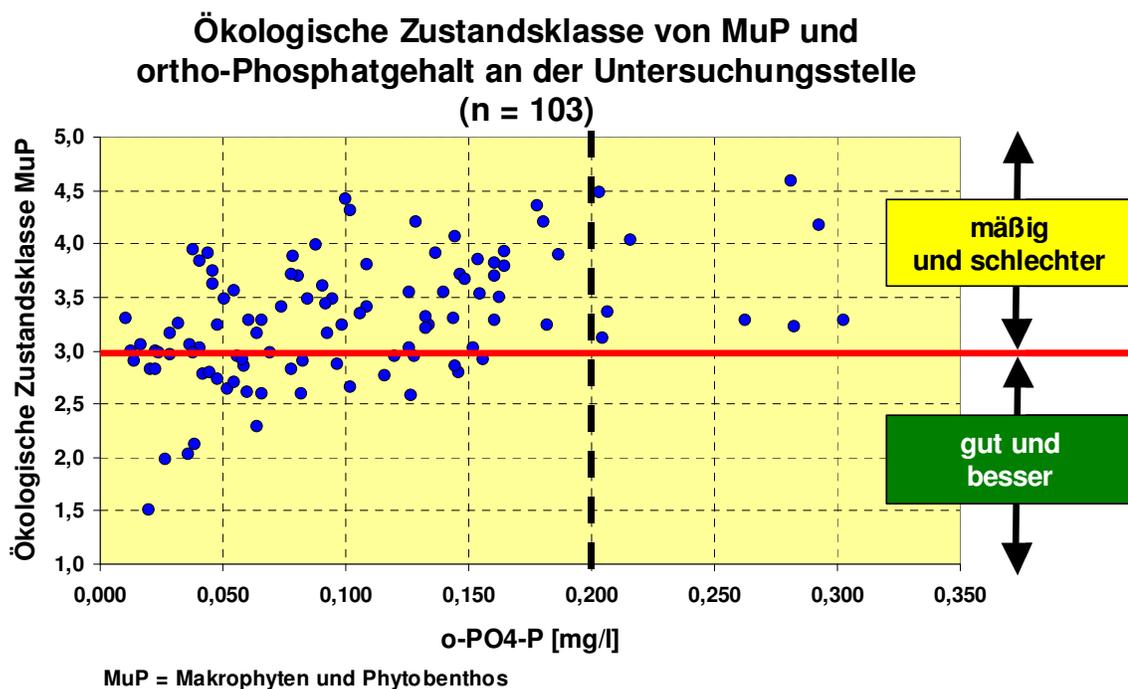


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Nährstoffverhältnissen (ortho-Phosphat-P) und ökologischer Zustandsklasse Makrophyten und Phytobenthos (fett gestrichelte Linie = Mindestziel o-PO<sub>4</sub>-P von 0,2 mg/l)

Hierbei zeigt sich, dass mit ansteigenden  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalten auch ohne Berücksichtigung weiterer Belastungsfaktoren oder des Gewässertyps ein Trend zur schlechteren Zustandsklasse besteht. Zudem ist erkennbar, dass nahezu alle Untersuchungsstellen mit  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalten  $> 0,15 \text{ mg/l}$  in die Zustandsklassen mäßig oder schlechter eingestuft sind (Klassenindex  $> 3$ ). Erwartungsgemäß weist der Zusammenhang aufgrund der Vielzahl der weiteren Einflussfaktoren wie hydromorphologische Beeinträchtigungen (Substrat, Fließgeschwindigkeit), Lichtverfügbarkeit, saprobielle Verhältnisse oder Versauerung eine große Streubreite auf. Bei alleiniger Betrachtung des Moduls Diatomeen dürfte wegen der hohen Trophieindikation ein noch engerer Zusammenhang zum trophischen Zustand erwartet werden<sup>5</sup>.

Die Abb. 7 stellt die ökologischen Zustandsklassen den Spannbreiten der vorgefundenen  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalte gegenüber und verdeutlicht die angesprochenen Zusammenhänge. Es zeigt sich, dass annähernd alle bislang zugeordneten und untersuchten Stellen mit einer sehr guten oder guten ökologischen Zustandsklasse  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalte unter  $0,15 \text{ mg/l}$   $\text{o-PO}_4\text{-P}$  aufweisen (Median ca.  $0,02$  bzw.  $0,06 \text{ mg/l}$   $\text{o-PO}_4\text{-P}$ ). Die Untersuchungsstellen mit mäßiger Zustandsklasse weisen einen Median von ca.  $0,11 \text{ mg/l}$   $\text{o-PO}_4\text{-P}$  bei einer großen Schwankungsbreite von sehr niedrigen (Minimum  $0,01 \text{ mg/l}$ ) bis vergleichsweise hohen (Maximum  $0,30 \text{ mg/l}$ )  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalten auf. Gerade für diese Ausreißer nach unten (Defizit trotz niedriger  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Werte) dürften weitere Faktoren (s.o.) maßgeblichen Einfluss auf die ökologische Zustandsklasse haben. Dies muss im Einzelfall noch weiter überprüft werden. Die ökologische Zustandsklasse unbefriedigend ist durch vergleichsweise hohe  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalte gekennzeichnet (Median  $0,18 \text{ mg/l}$   $\text{o-PO}_4\text{-P}$ ).

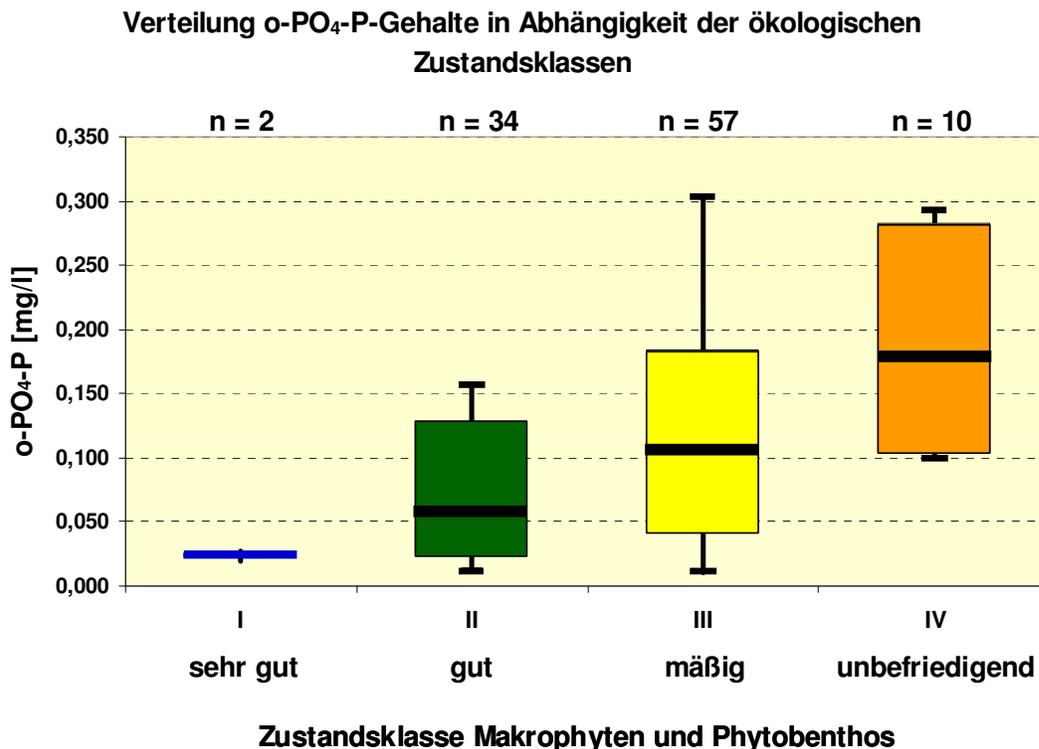


Abb. 7: Ökologische Zustandsklasse und Spannweite der ortho-Phosphat-P-Gehalte. Die Spannweite der  $\text{o-PO}_4\text{-P}$ -Gehalte für die ökologischen Zustandsklassen ist als Box-Plot dargestellt (Spannweite als Linie: Minimum – Maximum, Kästchen: Unterkante (10-Perzentil), Oberkante (90-Perzentil) und Mittelbalken (50-Perzentil))

<sup>5</sup> Der Trophieindex der Diatomeen kann als typspezifischer Indexwert gemäß PHYLIB-Verfahren nicht für Korrelationsberechnungen herangezogen werden.

Die Bewertungsergebnisse der pflanzlichen Biokomponente machen deutlich, dass künftig im Rahmen von Maßnahmenplänen der Reduktion von Nährstoffen im Einzugsbereich von Fließgewässern eine besondere Bedeutung zukommen muss. Grundsätzlich wird die in Baden-Württemberg festgelegte Vorgehensweise der Festlegung von Zielwerten für ortho-Phosphat für die Maßnahmenplanung im ersten Bewirtschaftungsplan bestätigt, da die o-PO<sub>4</sub>-P-Verhältnisse für den durch die Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos indizierten Gewässerzustand eine maßgebliche Rolle spielen [7]. Die festgelegten Mindestziele von 0,2 mg/l o-PO<sub>4</sub>-P bzw. von 0,1 mg/l o-PO<sub>4</sub>-P für den gestauten Neckar (und somit weitere Reduktion im gesamten Neckareinzugsgebiet) gehen in die richtige Richtung. Die vorliegenden, ersten Ergebnisse der Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos deuten an, dass die Zielwerte möglicherweise nicht ausreichen. Allerdings können daraus noch keine weitergehenden Anforderungen an die Maßnahmenplanung abgeleitet werden. So werden in der vorliegenden Auswertung neben den trophischen Aspekten auch durch Makrophyten indizierte lokale Defizite in der Hydromorphologie (z. B. verbaute Uferstreifen, untypisches Substrat, unnatürliche Wasserstandsschwankungen) sichtbar. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um morphologische Degradation der Uferbereiche. Diese Hinweise können als Zusatzinformation bei der Planung von strukturellen Verbesserungsmaßnahmen herangezogen werden.

Auffällig ist in diesem Zusammenhang die nur „mäßige“ Einstufung der an den Bodensee angrenzenden Wasserkörper. Diese passt auf den ersten Blick nicht mit dem dort betriebenen großen Aufwand zur Phosphorelimination und den resultierenden niedrigen Phosphorgehalten in den Gewässern zusammen. Wesentlicher Grund hierfür ist, dass die Makrophyten den guten Zustand vielfach nicht erreichen und die Zustandsbewertung des Wasserkörpers bestimmen. Allerdings weisen auch die Diatomeen stellenweise und in der Stockacher Aach (Wasserkörper 12-03) sogar durchgängig nur einen mäßigen Zustand auf. Bemerkenswert ist, dass der Trophieindex als Teil der Diatomeenbewertung bei vielen der Untersuchungsstellen im Bodensee-Einzugsgebiet vergleichsweise schlecht bewertet ist. Die Ursache für diese Diskrepanz ist derzeit nicht bekannt. Hier sind vertiefte Betrachtungen insbesondere unter Berücksichtigung morphologischer Aspekte und ggf. Verfahrenskorrekturen für die Gewässertypen des Alpenvorlandes notwendig.

# 7 Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Auswertungsdurchgang der Qualitätskomponente Makrophyten- und Phytobenthos wurden 290 Untersuchungsstellen erstmals kartiert und mit dem vorgeschriebenen Bewertungsverfahren PHYLIB ausgewertet.

Das zur Bewertung notwendige PHYLIB-Verfahren erwies sich als grundsätzlich geeignet und liefert in weiten Teilen plausible Ergebnisse. Allerdings scheint es aufgrund der nunmehr vorliegenden Erfahrung notwendig, in bestimmten Bereichen Verbesserungen anzubringen. Dies betrifft u. a. Feinabstimmungen im Hinblick auf spezifische Bewertungsergebnisse (z. B. Klassengrenzen bei den Voralpengewässertypen im Bodenseeraum).

Die vorliegende Bewertung der Wasserkörper ist in aller Regel mit großer Unsicherheit behaftet. Dies liegt in erster Linie daran, dass pro Wasserkörper lediglich 1 bis 3 Untersuchungsstellen zur Verfügung stehen. Zudem wurde die dritte Teilkomponente Phytobenthos ohne Diatomeen nicht berücksichtigt. Ein weiterer Faktor ist, dass der Gesamtzustand zwar primär von der Trophie aber auch durch gewässerstrukturelle Defizite maßgeblich beeinflusst sein kann. Auf Grundlage der verfügbaren Datenbasis konnte daher die Bewertung der Wasserkörper nur nach Worst-Case-Prinzip erfolgen. Die Unsicherheiten zeigen sich auch in den Zuverlässigkeitsstufen (confidence), verlässlichere Ergebnisse sind nur durch einen Ausbau des Messnetzes zu erreichen.

Der gute ökologische Zustand wird an rund 60% der Untersuchungsstellen der Gesamtkomponente nicht erreicht. Bei der Aggregation auf die Wasserkörper erhöht sich dieser Prozentsatz wegen der Worst-Case-Methode auf rund 75%. 10% der Wasserkörper waren nicht bewertbar.

Die Analyse der ortho-Phosphat-P-Konzentration im Gewässer und der Einstufung der ökologischen Zustandsklasse für Makrophyten und Phytobenthos bestätigt den dominierenden Einfluss des Phosphors und die gewählte Vorgehensweise der Festlegung von Zielwerten für ortho-Phosphat. Die grundlegenden Schritte zur notwendigen Reduktion der Phosphoreinträge sind damit eingeleitet. Weitergehende Konkretisierungen für die Maßnahmenplanung sind noch nicht möglich.

Das Zusammenspiel morphologischer Aspekte und Nährstoffstatus auf den Zustand der Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos sollte im Rahmen von bundesweiten Projekten näher beleuchtet werden. Nur so kann auch aus Wirtschaftlichkeitserwägungen das Optimum der für den guten Gewässerzustand erforderlichen Maßnahmen abgeleitet werden.

# 8 Literatur

- [1] LUBW (2007): Überwachungsprogramme. Fließgewässer – Seen – Grundwasser. Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie
- [2] POTTGIESSER, T. (2007): Anhang der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen – Bewertungsverfahren und Klassengrenzen
- [3] HOFMANN, G. (2007): Untersuchung der benthischen Diatomeen in baden-württembergischen Fließgewässern und Bewertung der ökologischen Qualität nach EU-Wasserrahmenrichtlinie – unveröffentlichter Abschlussbericht
- [4] DVWK (1999): Durchgehendes Trophiesystem auf der Grundlage der Trophieindikation mit Kieselalgen. Materialien
- [5] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2006): PHYLIB1.3-DV-Tool – Software zur Bewertung von Makrophyten und Phytobenthos in Fließgewässern. Bericht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt im Auftrag der LAWA.
- [6] SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., HOFMANN, G., GUTOWSKI, A. & FOERSTER, J. (2006): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. – Bericht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt im Auftrag der LAWA
- [7] LUBW (2007): Maßnahmenplanung im Hinblick auf die Phosphorbelastung der Fließgewässer. Teil I: Maßnahmen-Zielwerte und Überwachungsergebnisse

# 9 Anhang

Erläuterungen zu den Spaltenkopfzeichnungen der Exceltabelle im Anhang

Spaltennummer	Spaltenkopf	Erläuterung
1	GCODE	Codierung der Messstelle in einem Fließgewässer
2	Gewässer	Fließgewässername
3	Messstellenname	Ortsbezogene Bezeichnung der Messstelle
4	RW	Rechtswert
5	HW	Hochwert
6	AWGN	Das Amtliche Digitale Wasserwirtschaftliche Gewässernetz abgekürzt mit AWGN ist ein Verzeichnis der Fließgewässer in Baden-Württemberg im Maßstab 1:10.000
7	Typ WRRL	Fließgewässertyp nach EG-Wasserrahmenrichtlinie
8	Tiefenklasse	Klassifizierte Tiefenangabe in Metern gemäß PHILIB, vgl. [6]
9	mittlere Breite [m]	Klassifizierte Breitenangabe gemäß PHILIB, vgl. [6]
10	Fließgeschwindigkeit	Klassifizierte Fließgeschwindigkeit in gemäß PHILIB, vgl. [6]
11	Gewässerstruktur	Klassifizierte Ergebnisse der landesweiten Gewässerstrukturkartierung
12	zugeordnete Chemie-Messstelle	Der Makrophyten und Phytobenthos-Untersuchungsstelle zugeordnete Chemiemessstelle
13	O-PO4_Mittel_06-08	Mittelwert der ortho-Phosphat-P-Konzentration aus den Jahren 2006 bis 2008 an der zugeordneten Chemiemessstelle
14	P_Belastung OWK	Typspezifische Bewertung der ortho-Phosphat-P-Gehalte: blau = kleiner LAWA Hintergrundwert (HW), grün = kleiner LAWA Orientierungswert (OW), gelb = größer LAWA Orientierungswert, rot = größer Sanierungszielwert (SZW)
15	Beprobungsjahr	Jahr der Untersuchung der Biokomponente Makrophyten und Phytobenthos
16	Makrophytentyp	Aus Tiefenklasse, mittlerer Breite, Fließgeschwindigkeit und Gesamthärte abgeleitete verfahrensspezifische Einteilung der Fließgewässer, vgl. [6]
17	Makrophyten gesichert	Sicherheit der Probe des Moduls Makrophyten gemäß PHILIB, vgl. [6]
18	Anzahl submerser Taxa M	Nach PHYLIB-Indikatorliste erfasste Artenanzahl der Makrophyten, vgl. [6]
19	Gesamtquantität submers M	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], steuert Probensicherheit der Makrophyten
20	eingestufte Arten [%] M	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], steuert Probensicherheit der Makrophyten
21	Referenzindex M	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], Rechenwert für die Zustandsklasse des Moduls Makrophyten
22	ZK_Makrophyten (Phylib)	Mit PHILIB berechnete Zustandsklasse der Makrophyten, vgl. [6]
23	Versauerungszeiger M [%]	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], indiziert Versauerungsgrad der Makrophyten
24	Diatomeentyp	Aus dem Fließgewässertyp nach EG-Wasserrahmenrichtlinie abgeleiteter Diatomeentyp, vgl. [6]
25	Diatomeen gesichert	Sicherheit der Probe des Moduls Diatomeen gemäß PHILIB, vgl. [6]
26	Gesamthäufigkeit [%] D	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße für Diatomeen nach PHYLIB, vgl. [6]
27	Referenzartensumme [%] D	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße für Diatomeen nach PHYLIB, vgl. [6]

Spaltennummer	Spaltenkopf	Erläuterung
28	Trophieindex D	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], indiziert Trophie anhand der Diatomeen
29	Versauerungszeiger D [%]	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], indiziert Versauerung anhand der Diatomeen
30	Halobienindex D	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], indiziert Versalzung anhand der Diatomeen
31	Diatomeenindex	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], Rechenwert für die Zustandsklasse des Moduls Diatomeen
32	ZK_Diatomeen (Phylib)	Mit PHILIB berechnete Zustandsklasse der Diatomeen, vgl. [6]
33	M_P_Index	Bewertungsrelevante Berechnungsgröße nach PHYLIB, vgl. [6], typspezifischer Makrophyten und Phytobenthos-Index, der aus allen Teilmodulen gebildet wird und in die ökologische Zustandsklasse überführt wird
34	ÖZ_MuP (dezimal)	Als Dezimalzahl ausgedrückter Makrophyten und Phytobenthos-Index, gibt orientierend die Lage innerhalb einer ökologischen Zustandsklasse an
35	ÖZ_MuP (Phylib)	Mit PHILIB berechnete ökologische Zustandsklasse von Makrophyten und Phytobenthos, vgl. [6]
36	ÖZ_MuP (Experte)	Anhand von Experteneinschätzung bestätigte oder ggf. korrigierte ökologische Zustandsklasse von Makrophyten und Phytobenthos
37	ÖZ_MuP (Begründung)	Kurzbeurteilung für die abweichende Einstufung der ökologischen Zustandsklasse von Makrophyten und Phytobenthos nach Experteneinschätzung
38	OWK	Kurzname des Oberflächenwasserkörpers
39	OWK_NR	Oberflächenwasserkörpernummer (Zahl, sortierbar)
40	Anzahl bewerteter Messstellen im OWK	Anzahl bewerteter Makrophyten und Phytobenthos - Untersuchungsstellen im Oberflächenwasserkörper
41	OWK_Handlungsbedarf nach worst case	Teilschritt der Oberflächenwasserkörperbewertung nach Abb. 4 (ja = OWK enthält mind. 1 Untersuchungsstelle die mit mäßig oder schlechter bewertet wurde, nein = alle bewerteten Untersuchungsstellen im OWK sind gut oder besser)
42	OWK_Messnetz repräsentativ	Teilschritt der Oberflächenwasserkörperbewertung nach Abb. 4 (ja = Messnetz ist repräsentativ und fachlich abgesichert, nein = Messnetz nicht repräsentativ)
43	OWK_Plausibilität hinsichtlich weiterer QK	Teilschritt der Oberflächenwasserkörperbewertung nach Abb. 4, Überprüfung der Stimmigkeit der Ergebnisse im Hinblick auf weitere Qualitätskomponenten
44	OWK Bewertung	Teilschritt der Oberflächenwasserkörperbewertung nach Abb. 4, fünfstufige ökologische Zustandsklasse des Wasserkörpers (grau = keine Bewertung möglich)
45	OWK_Confidence (low - medium - high)	Teilschritt der Oberflächenwasserkörperbewertung nach Abb. 4, Angabe des dreistufigen Zuverlässigkeitsniveaus der OWK-Bewertung (l = low, m = medium, h = high)
46	OWK_Messnetzausbau erforderlich	Teilschritt der Oberflächenwasserkörperbewertung nach Abb. 4, Ja/Nein-Entscheidung über die fachlich notwendige Erweiterung des Messnetzes

