

Günter SCHLUNGBAUM

Universität Rostock, Angewandte Ökologie

## **Die Bewertung der inneren Küstengewässer der Ostsee in Mecklenburg-Vorpommern - ein Beitrag zum Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland mit Vergleichen zu den fließenden und stehenden Gewässern**

*Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Ernst Albert Arndt in Dankbarkeit zum 70. Geburtstag gewidmet*

### **Abstract**

Successful prevention of water pollution needs modern evaluation systems for coastal waters. With reference to the existing methods for lakes and rivers, several evaluation systems for the coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern are discussed. The following thematic maps of the coastal region are suggested for use in the German Atlas of Water Quality:

- map 1: potential natural state
- map 2: salinity in estuary waters
- map 3: trophic and organic pollutants
- map 4: sediment conditions.

Additionally, 2 maps recording toxic pollution in waters and sediments are necessary. Evaluations of coastal waters should be implemented with a seven-step process similar to that used for freshwater system.

### **1 Erfordernisse einer Gewässerbewertung für die Gewässerschutzpolitik**

Die Gewässerschutzpolitik ist wichtiger Bestandteil der Umweltpolitik. Seit der Verabschiedung des ersten Umweltprogramms der Bundesregierung vor 25 Jahren wurden zahlreiche Maßnahmen zum Schutz der Gewässer mit großem Erfolg durchgeführt. Ein in diesem Zusammenhang immer wieder erwähnenswertes Objekt ist der Rhein. Inzwischen gibt es aber viele Gewässer unterschiedlichen Typs, an denen sich solche Erfolge darstellen lassen.

Trotz dieser nachweislich größeren Fortschritte gibt es im Gewässerschutz immer noch erhebliche Defizite. Mit der Beseitigung der Hauptquellen für die Gewässerbeeinträchtigung konnten die größten Schäden inzwischen beseitigt werden. Für eine langfristig stabile Entwicklung werden dauerhaft saubere, möglichst naturnahe Gewässer als Quellen für Trinkwasser, als Grundlage für die Wirtschaft und als Teil der natürlichen Lebensumwelt benötigt. Zu den momentan noch ungelösten Problemen und damit zu neuen fachlichen Herausforderungen gehören (vgl. "Neuer Herausforderungen im Gewässerschutz", Umwelt 1996a und b):

- Weitere Verringerungen der Belastung der Gewässer, insbesondere mit Stoffen eines chronisch bzw. ökotoxikologischen Wirkungspotentials.
- Weitere Verringerung der Stoffeinträge aus diffusen Quellen, insbesondere von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen, sowie Schwermetallen und Stoffen, die zur Gewässerversauerung führen.
- Verbesserung der ökologischen Strukturen der Gewässer (Ökomorphologie), vor allem Beseitigung früherer Fehler beim Gewässerausbau und der Gewässerunterhaltung, die z. T. zu gravierenden nachhaltigen Folgeschäden geführt haben.
- Verringerung der in Folge der Wirkungskette auftretenden Probleme des Meeresschutzes.

Diese genannten Probleme sind nicht nur von regionaler oder nationaler Bedeutung. Weltweit hat die Gewässerbeeinträchtigung ein sehr unterschiedliches Maß erreicht. Die Umsetzung einer durchgreifend wirkenden Gewässerschutzpolitik und die Meßbarkeit des Erfolges erfordern die Weiterentwicklung geeigneter Untersuchungs- und Bewertungsverfahren. Das Thema "Entwicklung von Zielen" hat spätestens wieder durch die internationale Umweltkonferenz der Vereinten Nationen im Jahre 1992 in Rio de Janeiro einen neuen Stellenwert erhalten (vgl. dazu "AGENDA 21").

Dabei geht es darum, das Leitbild des "sustainable development", d. h. der "nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung" mit Inhalten zu füllen, es fachlich zu konkretisieren und auch für den Gewässerschutz aufzubereiten. Im Vordergrund dieser genannten Herausforderung, so hat es das Bundesumweltministerium erst jüngst formuliert (Umwelt 10/1996, 333 - 334), steht die Entwicklung neuer Bewertungssysteme als wichtige Basis für die Gewässerschutzpolitik. Auch der Rat für Sachverständige für Umweltfragen hat diese Forderung in seinem jüngsten Umweltgutachten erhoben. Es heißt dazu (Abschnitt 2.3.3.3 des Gutachtens):

"- 364: Der Umweltrat hält es für erforderlich, die Beschreibung und Bewertung der Gewässergüte weiterzuentwickeln. Die Methodik zur Ermittlung der saprobiellen Gewässergüte sollte soweit möglich, vereinheitlicht und um pflanzliche und tierische Parameter ergänzt werden. Die in den Fachgremien diskutierte Erweiterung der Erfassung physikalisch-chemischer Kenngrößen, vor allem der gefährlichen Stoffe um die Stoffklasse der Industriechemikalien und der Pflanzenschutzmittel sowie um Phosphatersatzstoffe, sollte baldmöglichst umgesetzt werden. Für die physikalisch-chemischen Parameter ist eine Klassifizierung der Gefährlichkeit nach Nutzungen, d. h. für den gesundheitlichen, ökologisch/ökotoxikologischen und technischen Bereich erforderlich. Entsprechende Zielvorgaben für die Gewässergüte sind zu entwickeln und festzulegen. Diese Überlegungen müssen auch das Gewässersediment einbeziehen. Um die ökomorphologische Qualität der Gewässer beurteilen zu können, ist

außerdem die Gewässerstruktur und der Gewässerausbau zu erfassen. Für die integrierte Gewässerbewertung ist zusätzlich eine naturschutzfachliche Biotoperfassung und -bewertung erforderlich.“

“- aus 371: Die ökologisch äußerst sensiblen und anthropogen stark veränderten Ökosysteme der deutschen Ostseeküste sind durch eine ökologische Zustandserfassung und Zustandsbewertung zu dokumentieren ...“

Dieses Forderungsprogramm geht, das ist uneingeschränkt begrüßenswert, vom ökologischen Grundprinzip der ganzheitlichen Systembetrachtung aus.

Der Mensch ist Nutznießer der durch das Wasser, durch die Gewässer existierenden Naturfunktionen. Die breite Nutzung der Gewässer hat eine lange Tradition.

Die Gewässer werden in der Regel für mehrere Zwecke gleichzeitig benutzt und meistens auch entsprechend gestaltet. Nicht selten konkurrieren auch wenig vereinbare Nutzungen im und am Gewässer miteinander. Je stärker der Mensch die Nutzungen intensiviert und damit in die verschiedenen Funktionen der Gewässer verändernd eingriff, um so naturferner wurden sie. Heute reichen die analysierten Gewässerszustände von natürlichen/naturnahen bis zu extrem naturfernen Systemen. Die Charakterisierung und Vergleichbarkeit ist nur über Gewässerbewertungssysteme möglich. Selbstverständlich müssen dabei regional differenzierte Bedingungen und Erscheinungen Berücksichtigung finden.

## **2 Die Gewässerbewertung am Beispiel der Vielfalt der Gewässerprägungen**

Oberflächengewässer, d. h. kleine und große Fließgewässer, kleine und große sowie flache und tiefe Seen und innere und äußere Küstengewässer, stellen komplexe Systeme dar, in denen verschiedenartig geprägte Einzelwirkungen und Wechselwirkungen vorkommen. Diese sind durch die Analyse allein oder als Resultierende erfaßbar und beurteilbar. Zu beachten ist aber, daß Wechselwirkungen und synergistische wie antagonistische Wirkungen häufig eine größere Bedeutung haben als die absolute Größe z.B. eines Einzelstoffes. Außerdem sind solche Ergebnisse nur interpretierbar, wenn die Randbedingungen mit den inneren Gewässerserscheinungen im Zusammenhang gebracht werden.

Solche Randbedingungen sind z. B.:

- Struktur des Einzugsgebietes, geogene Einflüsse,
- Meteorologie, Jahreszeit, Temperatur
- Abflußverhalten/Strömungen, Fließgeschwindigkeit, mögliche Turbulenzen, - anthropogene Nutzungen, wie Einleitungen, Entnehmen,
- Ausbauzustand (hauptsächlich für Fließgewässer, aber auch Ufer von Seen und Küsten),
- Stauhaltungen (hauptsächlich bei Fließgewässern),

- Sedimente und Substratverhältnisse sind von erheblicher Bedeutung für eine zutreffende Gewässergütebeurteilung.

Je mehr Einzelkriterien aus den angesprochenen Bereichen Berücksichtigung finden, um so sicherer ist die Gewässerbewertung. Sinnvoll ist aber, weil es auch anders kaum möglich ist, nicht immer eine große Breite zu analysieren. Die verschiedenen Wirkungsbereiche sind dementsprechend oder nach ihrer für die Gewässerprägung charakteristischen Bedeutung auszuwählen und zu berücksichtigen.

Von Bedeutung ist es, für Gewässer einen natürlichen oder wenigstens einen potentiell naturnahen Zustand zu definieren. Dieser dient dann in der Gewässerbewertung im Vergleich mit dem Istzustand als Referenzzustand. Der potentiell natürliche/naturnahe Zustand kann als ein Leitbild angesehen werden und so als Entwicklungsziel für ein Gewässer bei Sanierungskonzepten dienen (vgl. Kap. 5.2.2).

### 3 Zum gegenwärtigen Stand der Bewertung verschiedener Gewässertypen

#### 3.1 Fließgewässer

Bisher wurden für die Bewertung der verschiedenen Formen der Gewässerökosysteme vorwiegend Wasserkriterien oder Erscheinungen im Wasserkörper herangezogen. So wurden und werden Zusammenhänge zwischen der Gewässerbelastung und der biologischen Besiedlung für Fließgewässer in Form des Saprobien-systems hergestellt. Diese wohl älteste Methode der Gewässerbewertung ist mit Überarbeitungen (z. B. LAWA 1990) noch heute ein Maß für die Güteklassifizierung der Fließgewässer. Lange Zeit wurden Unzulänglichkeiten und Ungenauigkeiten des Saprobien-systems für die Güteklassifizierung durch einige chemische Kriterien des Sauerstoffhaushaltes und der organischen Belastung ergänzt (z. B. Gewässergütekarten 1976, 1980, 1985 und 1990 sowie die erste gesamtdeutsche Karte von 1991). Die Gewässergütekarte 1995 (auch als Saprobiekarte bezeichnet) sieht die chemischen Kriterien über die organische Belastung und den Sauerstoffhaushalt als Zusatzinformation. Damit ist die Saprobiekarte eine Karte für einen Teilaspekt der Gesamtbelastung. Für eine umfassende Beschreibung ist die Anwendung und Entwicklung weiterer spezifischer Indikationssysteme erforderlich. Dazu gehören weitere chemische Kriterien (u. a. Schadstoffe), Aspekte der Eutrophierung und Versauerung. Ziel dieser Differenzierung ist ein thematischer Gewässergüteatlas, in dem alle genannten Belastungen in speziellen thematischen Karten dargestellt werden. Die vorliegende "Biologische Gewässergütekarte 1995" (= Saprobiekarte) ist damit der erste Teil des Gewässergüteatlases (vgl. auch Tab. 1). Die Saprobiekarte enthält eine Skala mit sieben Abstufungen.

Der bisher in der früheren DDR zur Anwendung gebrachte Standard für Fließgewässer (TGL 22 764) beinhaltet bereits viele Gedanken der heutigen Entwicklung, allerdings in einer sechsstufigen Skala. Wesentlich war aber eine Differenzierung nach typischen Fließgewässern und nach rückgestauten/durch Phytoplankton dominierten Flüssen. In Verbindung mit einem breiten Spektrum an physikalischen, chemischen und biologischen Kriterien wurde die Fließgewässersbeschaffenheit be-

schrieben. Eine neuere Zusammenstellung der Entwicklung von modernen Bewertungssystemen von Flachlandflüssen ist bei SCHLUNGBAUM (1997) zu finden. Ein ganz neuartiges Bewertungssystem für die Güte von Fließgewässern wurde von THIELE und MEHL (BMBF, 1996) im Rahmen des BMBF-Projektes "Erarbeitung ökologisch begründeter Sanierungskonzepte für die Warnow" vorgestellt. Mit Hilfe eines Standorttypie-Index wird nicht nur wie bisher die Qualität des Wassers, sondern erstmals die Einheit von Fluß und Niederung berücksichtigt.

### **3.2 Seen/stehende Gewässer**

Für die Seenbewertung werden in Deutschland einzelne Seenberichte auf der Basis des wissenschaftlichen Kenntnisstandes erarbeitet. Dafür wird meistens eine Trophieklassifikation entsprechend VOLLENWEIDER/OECD, 1968) mit Hilfe des TSI (= Trophie State Index) genutzt. Die Breite der zuberücksichtigenden Parameter bleibt meistens dem Autor überlassen. In der ehemaligen DDR wurde der Fachbereichsstandard 27 885/01 "Nutzung und Schutz der Gewässer - Stehende Gewässer - Klassifizierung" (letzte Überarbeitung 1982) angewendet. Die Beschaffenheit der Seen wurde in fünf Klassen (- oligotroph - mesotroph - eutroph - polytroph - hypertroph) gegliedert. Von großer Bedeutung war der Bezug zu einem potentiell möglichst naturnahen Zustand (Gewässerbeleg) und die Einarbeitung von Einzugsgebietsfaktoren.

Zur Zeit wird von der LAWA (LAWA 1996) eine Richtlinie "Gewässerbewertung - stehende Gewässer/Richtlinie für die Bewertung nach trophischen Kriterien" erarbeitet. Im Entwurf vom Juni 1996 sind wesentliche Kriterien und Inhalte des DDR-Standards 27 885/01 wiederzufinden. Gleichzeitig werden aber die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse berücksichtigt. Diese Richtlinie berücksichtigt wie für Fließgewässer auch für Seen siebenstufige Skala.

### **3.3 Küstengewässer**

Für Küstengewässer gibt es bisher keine entsprechende Klassifizierung. Es existieren ungenormte Beschreibungen des Küstengewässerzustandes. Auch diese erfolgt mit einer unterschiedlichen Kriterienzahl selbstverständlich nach neuestem wissenschaftlichen Kenntnisstand.

Auf der Basis vieler und vielseitiger Ergebnisse einer umfassenden Ökosystemanalyse an den inneren Seegewässern (Bodden und Haffe mit Schwerpunkt an der Darß-Zingster Boddenkette) der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns wurde 1987 ein Standardentwurf (Küstengewässer-TGL) vom Fachbereich Biologie der Universität Rostock vorgelegt (SCHLUNGBAUM und NAUSCH, 1987; SCHLUNGBAUM, 1988, 1989; SCHLUNGBAUM, SCHIEWER und ARNDT, 1994 sowie SCHLUNGBAUM und BAUDLER, 1996). Da es vorher für Küstengewässer keinerlei Bewertungssysteme gab, wurden Teilaspekte dieses Entwurfs zusammen mit der damaligen Wasserwirtschaftsdirektion Küste zur Anwendung gebracht. Dieser Standard berücksichtigt in Anlehnung an den Seenstandard (TGL 27 885/01)

wieder fünf Güteklassen. Ebenso wurden die Küstengewässer nach potentiell möglichen naturnahen Zustand unter Berücksichtigung der Gewässer selbst und ihrer Einzugsgebiete untersucht. Für Mecklenburg-Vorpommern ist dieses Bewertungssystem inzwischen weiterentwickelt worden (vgl. 3.4 und 5.1 bzw. 5.2).

### **3.4 Gewässerbewertungen in Mecklenburg-Vorpommern**

Mit dem Inkrafttreten der deutsch-deutschen Umweltunion im Sommer 1990 wurden die Umweltgesetze, -verordnungen und -regeln der Bundesrepublik Deutschland auch für das Gebiet der ehemaligen DDR wirksam. Dennoch konnten, wie auch im Einigungsvertrag fixiert, bewährte Regelungen, wenn sie nicht im Gegensatz zu denen in den alten Bundesländern standen, für einen Übergangszeitraum weiter angewendet werden. Dazu gehörten u. a. die Standards für Fließgewässer (TGL 22 764) und Seen (TGL 27 885/01) und speziell für Mecklenburg-Vorpommern die "Richtlinie zur Klassifizierung der Wasserbeschaffenheit der Seegewässer" (Küstengewässer = äußere und innere). Im Rahmen der allmählichen Angleichung zwischen alten und neuen Bundesländern wurde das Gewässermonitoring ab 1993 nach einem neuen Gewässerüberwachungserlaß vom 05.05.1993 durchgeführt. In dem in diesem Überwachungserlaß enthaltenen Untersuchungsprogramm sind z. B. 179 Meßstellen für Fließgewässer des Landes und 50 (ab 1994: 56) Meßstellen an inneren und äußeren Küstengewässern festgelegt worden (Küstengewässer vgl. 5.1 und 5.2). Die Bewertung erfolgte, schon aus Gründen der Vergleichbarkeit, in der Regel nach den bisherigen Standards. Lediglich für die Fließgewässer wurde teilweise nach den in Deutschland gültigen Regeln verfahren. Außerdem kamen auch internationale Regelungen/Richtlinien zur Anwendung, z. B. EG-Bade-wasser-Richtlinie. Mit der neuen HELSINKI-Konvention von April 1992 (für Deutschland in Kraft seit August 1994) gehören auch die äußeren und inneren Küstengewässer (Bodden und Haffe) zum Konventionsgebiet. Ergebnisse von Sonderuntersuchungen (Sedimente, Schwermetalle, organische Schadstoffe) werden an bundesdeutschen Zielvorgaben bewertet.

## **4 Der Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland**

Für die Beschreibung von vorhandenen Defiziten in der Bewertung, insbesondere der Fließgewässer, reicht die bisherige Praxis nicht mehr aus. Um Beschaffenheitsveränderungen besser erfassen zu können, hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) beschlossen, mit der Erarbeitung eines Gewässergüteatlases zu beginnen (vgl. FRIEDRICH und HESSE, 1996 sowie FRIEDRICH, 1997). Dieser soll gewässer- und belastungstypisch mehrere spezielle Karten enthalten. Es sollen die verschiedenen Typen von Gewässerbelastungen differenzierter mit Hilfe spezieller Klassifizierungs- und Bewertungsverfahren dargestellt werden.

Mit dem Stand von 1995/1996 gliedert sich der Gesamtatlas in die folgenden Teilgebiete (Tab. 1):

**Tabelle 1** Gewässergüteatlas Oberflächengewässer 1995/1996  
-nach FRIEDRICH, 1997

<b>A) Fließgewässer</b>	
<b>Teil 1</b>	Biologische Gewässergüte (=Saprobiekarte)
<b>Teil 2</b>	Einzelkarten der physikalisch-chemischen Gewässerbeschaffenheit
<b>Teil 3</b>	Sedimentbeschaffenheit
<b>Teil 4</b>	Strukturgüte - operationelle Karte in großem Maßstab (z. B. 1 : 25.000) besonders für kleine und mittelgroße Fließgewässer und Stadtgewässer als Grundlage für regionale und lokale Zwecke, z. B. Pläne der Gewässerunterhaltung, ökologische Entwicklung oder Renaturierung, Erfolgskontrolle - strategische Karte in kleinem Maßstab (z. B. 1 : 100.000) vor allem für Flüsse als Übersichtskarte auf Länderebene
<b>Teil 5</b>	Säurestatus kleiner Fließgewässer
<b>Teil 6</b>	Trophieklassen von planktondominierten Flüssen
<b>B) Stehende Gewässer</b>	Wassergüte (Trophie)
<b>C) Küstengewässer</b>	Physikalisch-chemische Beschaffenheit
<b>D) Sonderkarten</b>	(Untersuchungen gemäß EU-Richtlinien) z. B. Fischgewässer, Badegewässer, Oberflächengewässer für die Trinkwassernutzung

Der gegenwärtige Bearbeitungsstand ist noch sehr unterschiedlich. Fertig oder weitgehend bearbeitet und vorbereitet sind Bewertungsverfahren für die Fließgewässer (außer Sedimente) und für die Trophiebewertung der Seen. Für Seen sollte auch eine Sedimentgütekarte vorgesehen werden. Ausführlichere Darstellungen zum Stand für die Fließgewässerbewertung vgl. SCHLUNGBAUM (1997). Küstengewässer sind noch weitgehend offen.

Der Vorteil differenzierter Darstellungen der allgemeinen und besonderen Belastungen besteht darin, daß über das Verursacherprinzip für die Verbesserung der Situation der unmittelbare zuständige Bereich angesprochen werden kann. Dieses würde aus der Sicht des Autors auch konform gehen mit den beabsichtigten EU-Richtlinien über die ökologische Gewässerqualität und der EU-Rahmenrichtlinie für eine gemeinsame europäische Wasserpolitik (soll 1997 noch verabschiedet werden). Der Nachteil der Kartensammlung besteht in der Vielzahl von Einzelinformationen, die nicht zu einem Bild zusammengeführt sind. Vielfach wird aber nur nach einer solchen, pauschalen Beurteilung gefragt.

Der Ausweg wird in einer integralen Bewertung der Gewässer gesehen. Dieses ist prinzipiell auf drei Wegen möglich:

- 1 Synoptische Darstellung
- 2 Integration von Einzelbewertungen (Saprobie, Trophie, Struktur usw.) mit Wichtungen
- 3 Integrale Bewertung mit Hilfe eines biozönotischen Ansatzes anhand geeigneter biologischer Indikatoren für die unterschiedlichen Gewässertypen

Die LAWA hat die Problematik aufgegriffen und beschäftigt sich mit entsprechenden Entwicklungen und Erprobungen. Es wird auch ein Zusammenhang zu Aktivitäten der Europäischen Union gesehen, z. B. Richtlinie über die ökologische Qualität der Gewässer und der jüngste Entwurf der bereits genannten Rahmenrichtlinie für die gemeinsame Wasserpolitik. Beide Richtlinien sehen vor, die "ökologische Qualität" der Gewässer zu klassifizieren und zu bewerten. Dazu werden die folgenden 10 Kriterien genannt (Zusammenstellung aus FRIEDRICH, 1997):

- 1 Gehalt an gelöstem Sauerstoff
- 2 Konzentration von giftigen Stoffen oder anderen Schadstoffen im Wasser sowie in Sedimenten und Biota.
- 3 Krankheitsrate bei Tier- (einschließlich Fisch-) und Pflanzenpopulationen aufgrund anthropogener Störungen
- 4 Vielfalt an Invertebraten-Lebensgemeinschaften (Plankton und auf dem Gewässerboden lebende Invertebraten) und Arten/Taxa mit ökologischen Schlüsselfunktionen, die unter ungestörten Bedingungen in dem betreffenden Ökosystem auftreten.
- 5 Vielfalt von Wasserpflanzengesellschaften einschließlich Arten/Taxa mit ökologischen Schlüsselfunktionen, die unter ungestörten Bedingungen in dem betreffenden Ökosystem auftreten, und Ausmaß übermäßigen Wachstums von Großpflanzen und Algen infolge eines durch den Menschen hervorgerufenen erhöhten Nährstoffgehaltes.
- 6 Vielfalt der Fischpopulationen und Arten/Taxa mit ökologischen Schlüsselfunktionen, die unter ungestörten Bedingungen in dem betreffenden Ökosystem auftreten. Die Wanderungen wandernder Fischarten sollten nicht durch menschliche Aktivitäten behindert werden.
- 7 Vielfalt der Lebensgemeinschaften mit höheren Wirbeltieren (Amphibien, Vögel, Säugetieren)
- 8 Aufbau und Qualität der Sedimente und ihre Fähigkeit zur Erhaltung einer Biozönose in dem betreffenden Ökosystem.
- 9 Ufer- und Küstengebiete einschließlich der Biozönose unter Berücksichtigung der natürlichen Schönheit des betreffenden Gebietes.
- 10 Wassermengen/Abfluß bestimmt über die Fläche und Zeit.

Dieser Katalog dokumentiert den großen Bedarf an Einzelkriterien für die Beurteilung der ökologischen Qualität. Von besonderer Bedeutung ist, daß der grundlegend wichtige Punkt 10 (Hydrologie) erst jüngst nachgetragen wurde.



Auf der Basis der dargelegten Inhalte für den Gewässergüteatlas mit Berücksichtigung der Aktivität der Europäischen Union auf dem Gebiet der Wasserpolitik kann festgestellt werden, daß Prinzipien einer nachhaltigen Wasserwirtschaftspolitik auf hohem wissenschaftlichen Niveau zu erfüllen sind. Die mit großer Initiative durchgeführten gewässerökologischen Forschungen mit Breite und Tiefe sind mit ihren Ergebnissen dafür ein Fundament. Die o. g. Formulierungen belegen aber auch, daß noch viele Forschungsaktivitäten für die Durchsetzung erforderlich sind.

Im folgenden wird der aktuelle Stand der Küstengewässerbewertung näher untersucht, die in Anlehnung an die Fließgewässer und Seen ebenfalls mit mehreren Teilkarten erfolgen sollte.

## 5 Küstengewässertypen

Küstengewässer sind einerseits Randgewässer der Meere und Ozeane und andererseits Übergangszonen von den Binnengewässersystemen zu den vorgelagerten Meeren. Ein besonderer Typ ist der des Ästuars. Für Deutschland ergeben sich hinsichtlich der Hydrologie und der Hydrographie grundlegende Unterschiede zwischen dem Nordsee- und dem Ostseegebiet:

- Nordseegebiet (mit Gezeiteneinfluß),
  - äußere Küstengewässer, meeresseitig der Friesischen Inseln
  - innere Küstengewässer
    - z. B. das Wattenmeer
    - z. B. Flußmündungen (die klassischen Ästuarie)
- Ostseegebiet (ohne nennenswerten Gezeiteneinfluß)
  - äußere Küstengewässer
  - innere Küstengewässer
    - z. B. Förden, Bodden, Haffe sowie weitere Flußmündungen  
(= Ästuarie moderner Definition).

Diese Gewässertypen sind geologisch, morphologisch, hydrologisch, hydrographisch, chemisch und damit auch biologisch sehr verschiedenartig. Dementsprechend sollten sie auch in einem getrennten Gewässergüteatlas getrennt behandelt und bewertet werden. Für die Großräume der Nordsee und Ostsee sollten aber möglichst gleichartige Teilkarten eine Grundlage bilden. In den folgenden Ausführungen werden Bewertungsmöglichkeiten für die Küstenbereiche Mecklenburg-Vorpommerns, insbesondere für die Bodden und Haffe, aufgezeigt.

### 5.1 Die Gewässerbeschaffenheit in den äußeren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns

Die Gewässerbeschaffenheit der äußeren Küstengewässer ergibt sich je nach Einfluß der Wechselwirkungen aus der Beschaffenheit des Meeres und aus der der

inneren Küstengewässer. Diese von der Mecklenburger Bucht im Westen bis zur Pommerschen Bucht im Osten reichende Region wird zur Zeit nach der landesspezifischen Richtlinie untersucht und bewertet (Tab. 2). Dafür werden unter der Federführung des Landesamtes für Umwelt und Natur im Zusammenwirken mit weiteren Partnern bis zu 15 Meßstellen beprobt (vgl. Gewässergütebericht 1995 (1997)).

Im Ergebnis der Bewertung nach den Kriterien der Trophie und organischen Belastung ergeben sich 1995 Gewässerqualitäten zwischen den Klassen 2 und 3 (Abb. 1). Im Vergleich zu den inneren Küstengewässern ist die Beschaffenheit wesentlich besser, was durch den größeren Ostsee-Einfluß zustandekommt. Probleme in der Wasserbeschaffenheit treten dort auf, wo die Pufferkapazität der inneren Gewässer nicht ausreichend ist. So gibt es immer wieder die Sauerstoffmangelsituationen in der Pommerschen Bucht (vgl. Abb. 1, bzw. Gewässergüteberichte 1994 (1996) oder 1995 (1997), BACHOR (1996a, b) und BACHOR et al. (1996)).

Über den Zeitraum 1989 bis 1995 lassen sich kaum Entwicklungstrends ablesen. Die festgestellten Befunde sind vielmehr ein Ergebnis von Wirkungen und Wechselwirkungen im Rahmen der natürlichen Variabilität zwischen Einflüssen der Ostsee und der inneren Küstengewässer sowie der aktuellen meteorologischen Situation.

Für die Bewertung der inneren Küstengewässer ist die der äußeren unbedingt zu berücksichtigen. Die Gewässergüte in einem inneren Gewässer kann höchstens der des vorgelagerten Küstenraumes entsprechen.

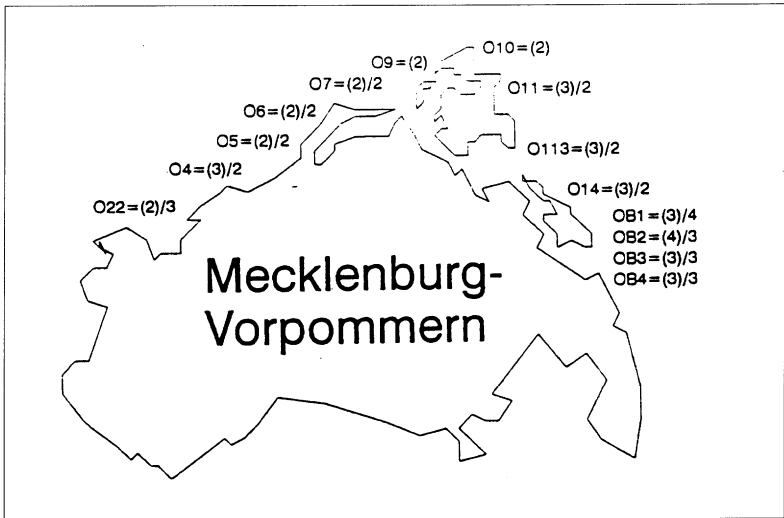


Abb. 1 Klassifizierung der äußeren Küstengewässer (1994) 1995 nach Trophie und organischer Belastung

**Tabelle 2** Klassifizierung der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns nach dem Merkmalskomplex "Trophie und organische Belastung"  
 Basis: 6 Beschaffenheitsklassen  
 aus: Gewässergütebericht 1995 (1997)

Klasse Trophiegrad		Klasse 1 oligo- troph	Klasse 2 meso- troph	Klasse 3 eutroph	Klasse 4 stark eutroph	Klasse 5 poly- troph	Klasse 6 hyper- troph
<u>Nährstoffverhältnisse</u>							
o-PO <sub>4</sub> -P	µg/l	≤ 0,5	≤ 1,5	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10
Ges. P	µg/l	≤ 1	≤ 3	≤ 6	≤ 10	≤ 20	> 20
anorg. N	µg/l	≤ 10	≤ 30	≤ 60	≤ 100	≤ 200	> 200
<u>Biologische Produktionsver- hältnisse</u>							
Phytoplanktonvolumen	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	≤ 1	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	> 40
Chlorophyll a	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	≤ 2	≤ 10	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100
Sichttiefe	m	≥ 6	≥ 4	≥ 2	≥ 1	≥ 0,5	< 0,5
<u>Sauerstoffverhältnisse und organische Belastung</u>							
O <sub>2</sub> -Sättigung	%	90 - 110	80 - 130	60 - 150	40 - 200	20 -250	0 - 300
O <sub>2</sub> -Gehalt in Grundnähe	mg/l	≥ 8	≥ 6	≥ 4	≥ 2	< 2	anaerob
BSB <sub>5</sub>	mg/l	≤ 2	≤ 4	≤ 6	≤ 8	≤ 10	> 10

Bemerkung: gültig für äußere und innere Küstengewässer

## 5.2 Die Gewässerbeschaffenheit in den inneren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns

### 5.2.1 Struktur und Gliederung der inneren Küstengewässer

Die mecklenburgisch-vorpommersche Ostseeküste ist zwischen der Wismar Bucht im Westen und dem Oderhaff (Stettiner Haff) im Osten durch ein vielfältiges System innerer Küstengewässer geprägt (Tab. 3 bzw. Abb. 2) Speziell im Raum Fischland-Darß-Zingst über die Inseln Hiddensee und Rügen bis zur Insel Usedom mit Fortsetzung zur Insel Wollin in Polen ist die Boddenausgleichsküste ein typischer Landschaftsbestandteil. Dazwischen liegt das morphologisch sehr mannigfaltig gestaltete System der Bodden und Haffe. Die ca. 340 km lange Außenküste wird durch die Küsten an den Bodden und Haffen auf ca. 1.470 km verlängert.

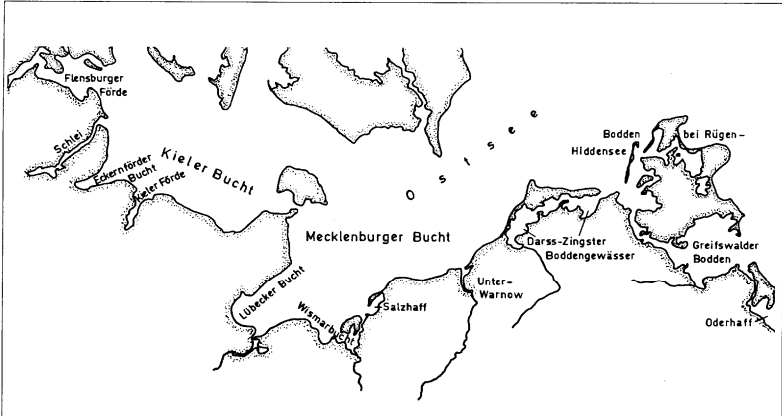


Abb.2 Die Küstengewässer der deutschen Ostseeküste

Diese Mannigfaltigkeit der Gewässersysteme wird noch durch Faktoren der geographischen Lage zusätzlich vergrößert:

- Die Wismar Bucht ist ein Küstengewässer, das nach Norden zur Ostsee geöffnet ist und durch die Insel Poel in einen inneren und einen äußeren Teil gegliedert wird. Entsprechend gestaltet sich der Wasseraustausch mit der Ostsee. Größere Süßwassereinträge, abgesehen von den niedrigen des Wallensteingrabens, existieren nicht.
- Die Unterwarnow ist der brackwasserenthaltene Teil der Warnow ab Rostock. Die Öffnung zeigt ebenfalls in Richtung Norden, ist aber im Zusammenhang mit der Hafenwirtschaft ständig umgestaltet worden und für immer größere Schiffe verbreitert und vertieft worden. Der Wasseraustausch mit der Ostsee wird so erheblich beeinflusst. Haupt Süßwasserzufluß ist die Warnow.
- Die Darß-Zingster Boddenkette stellt ein perlschnurartig aufgebautes Gewässersystem dar, welches aus vier Hauptgewässern (Saaler Bodden, Bodstedter Bodden, Barther Bodden und Grabow) besteht. Über unterschiedliche breite Verbindungen vollzieht sich der innere Wasseraustausch. Der Wasseraustausch mit der Ostsee erfolgt über die ostwärts gerichtete Öffnung im Schutz der Inseln Hiddensee und Rügen. Hauptzuflüsse sind die Recknitz und die Barthe.
- Die Nordrügensch Bodden sind ebenfalls eine Gewässerkette (Kleiner und Großer Jasmunder Bodden, Lebbiner Bodden, Breeger Bodden, Breetzer Bodden, Wieker Bodden und weitere Nebengewässer), die über den Rassower Strom nach Westen geöffnet ist. Den Rügenger Binnenbodden sind die Bodden-gewässer zwischen Hiddensee und Rügen vorgelagert (Schaproder Bodden, Kubitzer Bodden, Vitter Bodden), die nun mit dem Strelasund im Süden und mit der Ostsee nach Norden kommunizieren. Größere Süßwassereinträge sind nicht zu verzeichnen.
- Der Greifswalder Bodden besitzt als flächenmäßig größter Bodden Öffnungen über den Strelasund nach dem Westen und über eine breite Schwelle eine nach Osten. In Abhängigkeit von den Wasserständen in der Ostsee und von den Windrichtungen vollzieht sich der Wasseraustausch. In dem kleinen Einzugsgebiet gibt es keine größeren Süßwasserzuflüsse. Der größte Zufluß ist der Ryck.

- **Kleines Haff/Oderhaff:** Da es wenig sinnvoll ist gewässerökologische Betrachtungen an einem Gewässer mit politischen Teilgebieten vorzunehmen, wird das Oderhaff (Stettiner Haff) als einheitliches Ökosystem untersucht. Das Oderhaff wird wesentlich durch die großen Süßwassereinträge der Oder geprägt. Der Wasseraustausch mit der Ostsee erfolgt über drei Verbindungen, die durch die Inseln Usedom und Wollin gegeben sind. Auf deutschem Gebiet liegt hier die westliche Verbindung in Form des Peenestromes (incl. Achterwasser). Die mittlere Verbindung ist identisch mit der Swine, die aber auch durch den Bau eines größeren Seewasserkanals verändert wurde. Die Swine grenzt die Inseln Usedom und Wollin voneinander ab. Die östliche Verbindung (Dzwina) ist für den Wasseraustausch unbedeutender. Auf deutschem Gebiet sind weitere bedeutende Süßwasserzuflüsse die Peene, die Zarow, die Uecker und die Randow.

**Tabelle 3** Innere Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern

Gewässer	Fläche km <sup>2</sup>	mittlere Tiefe m	maxi- male Tiefe m	Wasser- volumen $\Delta$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> *	Einzugs- gebiet km <sup>2</sup>	mittlere Zufuhr	
						Fluß- wasser	Ostsee- wasser
Wismar Bucht incl. Salzhaff und Breitling	168,9	~6	121,0	13,4	1.059	-	-
Unterwarnow	12,5	4	11	49,6	3.222	625	908
Darß-Zingster Boddenkette	196,8	~2	12 (14,5)*	397,1	1.578	290	2630
Nordrügensch e Bodden	217,6	3	10,3	652,8	718	50	3.360
Kubitzer Bodden**	35,4	1,5	4,3	53,1	238	-	-
Strelasund	64,4	3,9	16,9	252,5			
Greifswalder Bodden	510,2	5,8	13,5	2.960,0	665	106	29.890
Peenestrom incl. Achterwasser	163,9	2,6	16,0	429,3	5.772	-	-
Kleines Haff (deutscher Teil des Oderhaffes)	277,2	3,7	7,8	1.025,6	3.449	430	
Summe	1.647	-	-	6.833	16.701 17.698***	-	-
Oderhaff, gesamt	868,0	~3,4	-	3.310	122.719	15.050	7.560

- \* neue Tiefenmessungen im Bereich der Meiningenbrücke (vgl. SCHLUNGBAUM und BAUDLER, 1996)
- \*\* mit den Positionen Nordrügensch e Bodden und Kubitzer Bodden ist nicht das Gesamtgebiet der Bodden östlich Hiddensees erfaßt.
- \*\*\* 17.689 km<sup>2</sup> sind das Gesamt-Einzugsgebiet Ostsee berechnet aus den Hauptflußsystemen und Küste direkt (nach hydrologischem Atlas)
- Δ Wasservolumen auf Normalwasserstand (Pegel 500) berechnet

Diese geographischen, morphologischen und hydrologischen Differenzierungen führen hydrographisch zu ganz unterschiedlich geprägten Brackwassersituationen, incl. unterschiedlich wirkender Wasseraustauschprozesse (Dynamik). Das sind Tatsachen, die unbedingt bei der Gewässerbewertung zu berücksichtigen sind.

## 5.2.2 Diskussion um einen naturgegebenen Gewässerzustand

Wie aus den Kennwerten in Tab. 3 entnommen werden kann, zeigen die inneren Küstengewässer eine große Heterogenität in den Faktoren der Morphologie, des Einzugsgebietes und der Hydrologie. Es ist davon auszugehen, daß die genannten Faktoren bereits naturgegeben die Gewässerbeschaffenheit unterschiedlich prägen. Es ist immer eine Gewässerbeschaffenheit zu erwarten, die nicht besser sein kann als die der jeweils vorgelagerten Ostsee. Die Landabflüsse können einerseits verdünnt werden und andererseits auf der Basis ökologischer Prozesse eine neue Belastung auf hohem Niveau entstehen lassen.

Die Verschiedenartigkeit der natürlichen Faktoren wurde im früheren Seenstandard der ehemaligen DDR (TGL 27 885/01) zu einem sogenannten Gewässerbeleg zusammengefaßt. In der in Ausarbeitung befindlichen Richtlinie der LAWA (1996) für die Bewertung der stehenden Gewässer nach trophischen Kriterien wird dieses Prinzip als "Naturzustand/bzw. potentiell natürlicher Zustand (= Leitbild)" übernommen und dient im Vergleich mit dem jeweiligen Istzustand für die Ableitung von Entwicklungszielen:

**"Naturzustand:** Natürlicher Zustand, in dem sich ein Gewässer befände, wenn es keinerlei anthropogene Einflüsse gäbe. Anthropogene Einflüsse auf stehende Gewässer (so auch Küstengewässer) lassen sich seit mehreren tausend Jahren nachweisen. In Mitteleuropa gibt es wahrscheinlich keinen einzigen See mehr im Naturzustand, so daß sich dieser auch nicht mehr durch Messungen feststellen und quantitativ beschreiben läßt. Er kann daher weder als Leitbild noch als Referenzzustand herangezogen werden."

**"Leitbild:** Das Leitbild wird definiert durch den potentiell natürlichen Zustand. Es beschreibt kein konkretes Sanierungsziel, sondern dient als Bezugsgundlage (Referenzzustand) für die Bewertung eines Gewässers. Das Leitbild ist für jedes Gewässer individuell zu ermitteln" (so auch für innere Küstengewässer).

**"Potentiell natürlicher Zustand:** Unbelasteter Zustand eines Gewässers, der seinen naturähnlichen (geologischen, geographischen und klimatischen) Randbedingungen entspricht. Gewisse vom Menschen gesetzte, irreversible und sinnvollerweise nicht zu verändernde Fakten werden akzeptiert und einbezogen ..."

**"Istzustand:** der, durch Untersuchungen feststellbarer (biologischer) Zustand."

**"Referenzzustand:** Zustand eines Gewässers, mit dem der Istzustand verglichen wird, um aus diesem Vergleich eine Bewertung abzuleiten. Als Referenzzustand dient der potentiell natürliche Zustand."

**"Entwicklungsziel:** Das Entwicklungsziel beschreibt den unter den gegebenen sozio-ökonomischen Bedingungen durch Schutz- und Sanierungsmaßnahmen erreichbare Zustand eines Gewässers (so auch Küstengewässer). Es ist das auch unter Einbeziehung von Kosten-Nutzen-Betrachtungen realisierbare Sanierungsziel, das häufig nicht oder nur unter den günstigsten Randbedingungen identisch ist mit dem potentiell natürlichen Zustand."

Da die vorgenannten Begriffe und ihre Definitionen bereits an die für Fließgewässer angepaßt wurden, sollten sie auch bei der Bewertung von Küstengewässern, insbesondere inneren Küstengewässern, eine Grundlage sein.

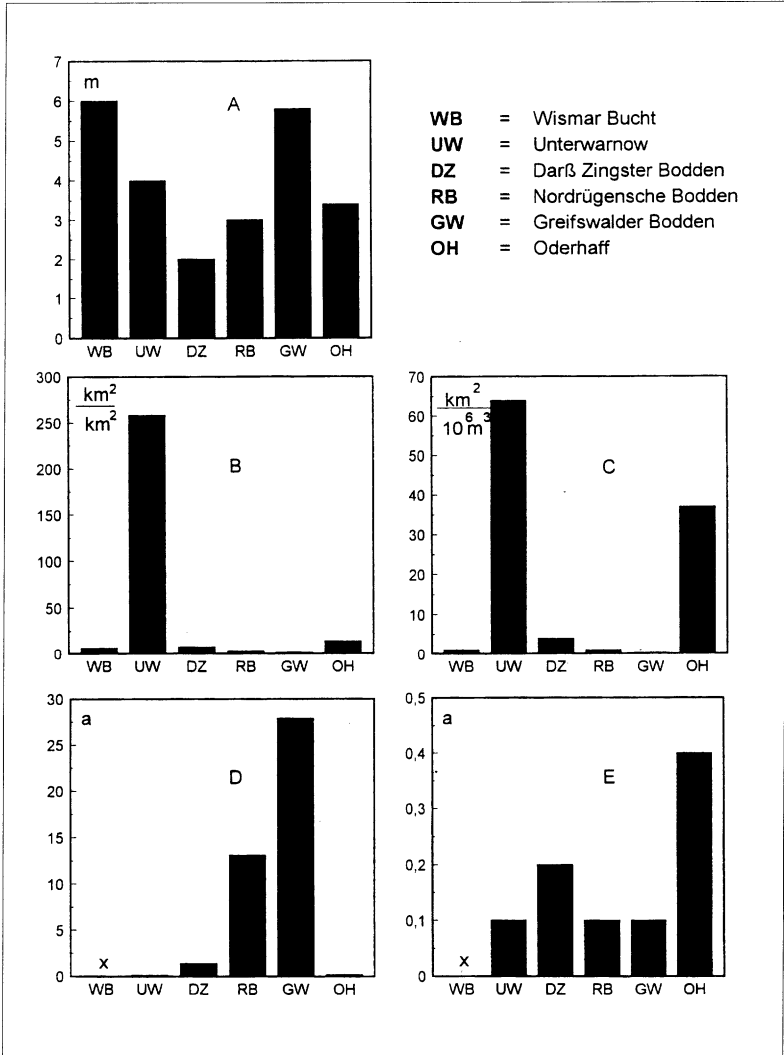
Im bereits mehrfach genannten Standardentwurf für innere Küstengewässer (1987) wurde das Prinzip des Gewässerbelegs für stehende Gewässer übernommen bzw. angepaßt. Mit Hilfe der Kriterien: mittlere Tiefe, Flächenquotient, Volumenquotient, Verweilzeit des Wassers auf der Basis des Süßwasserzuflusses und des Ostseewassereinstromes wurde ein sogenannter natürlicher Zustand definiert und klassifiziert (Tab. 4).

Die Werte belegen (dokumentiert durch Abb. 3) klare Unterschiede für die einzelnen Gewässersysteme.

Darum sollte auch im Rahmen des deutschen Gewässergüteatlases (Tab. 1) der potentiell mögliche Naturzustand der Küstengewässer kartenmäßig ausgewiesen werden. Es ist ratsam, das bisherige fünfklassige Bewertungssystem ebenfalls auf sieben Beschaffenheitsklassen aufzubauen.

**Tabelle 4** Wichtige Kriterien mit Einfluß auf die naturgegebene Gewässerbeschaffenheit für ausgewählte Küstengewässer (entsprechend Kenndaten Tab. 3)

Kriterien	Wismar Bucht	Unter- warnow	Darß- Zingster- Bodden	Nord- rügen- sche Bodden	Greifs- walder Bodden	Oder- haff
mittlere Tiefe m	6	4	2	3	5,8	3,4
Flächenquotient $\frac{\text{EZG}}{\text{Gew.-Fl.}}$ $\frac{\text{km}^2}{\text{km}^2}$	6,3	258	8,0	3,3	1,3	141
Volumenquotient $\frac{\text{EZG}}{\text{Gew.-Vol.}}$ $\frac{\text{km}^2}{10^6 \text{m}^3}$	1,1	64	4,0	1,1	0,2	37
mittlere Verweilzeit des Wassers in a						
- Basis Flußwasserzufuhr $\frac{\text{Gew.Vol.}}{\text{Flw.zuf.}}$ $\frac{10^6 \text{m}^3}{10^6 \text{m}^3/\text{a}}$	-	0,1	1,4	13,1	27,9	0,2
- Basis Ostseewasserzufuhr $\frac{\text{Gew.Vol.}}{\text{Ostw.zuf.}}$ $\frac{10^6 \text{m}^3}{10^6 \text{m}^3/\text{a}}$	-	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4



**Abb. 3** Heterogenität der naturgegebenen Faktoren mit Einfluß auf die Gewässerbeschaffenheit innerer Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommern  
 Werte entsprechend Tab. 4  
 a = mittlere Tiefe, b = Flächenquotient, c = Volumenquotient, d = Wasserverweilzeit Basis: Flußwasser, e = Wasserverweilzeit Basis: Ostseewasser



### 5.2.3 Die Brackwasserklassifizierung für innere Küstengewässer

Der Salzgehalt ist für Brackwassergebiete ein wichtiges Charakteristikum für die Gewässerbeschaffenheit. Obwohl nur in seltenen Fällen durch anthropogene Einflüsse differenziert, können unterschiedliche Salzgehaltssituationen die Gewässerbeschaffenheit wesentlich beeinflussen. Das gilt für die naturgegebene Beschaffenheit genauso wie für die anthropogen verursachte.

Im großen Brackwassermeer Ostsee reicht der Salzgehalt vom limnischen Bereich ( $< 0,5$  PSU) bis zum polyhalinen im Übergangsbereich zur Nordsee. In den inneren Küstengewässern spiegelt sich dieser Ästuarcharakter mit anderer Gradientenbildung wider, wobei als maximaler Salzgehalt jeweils der der vorgelagerten Ostsee erreicht werden kann. Grundlage der Brackwasserklassifizierung ist das "Venedig-System" (Tab. 5). Es hat sich allgemein eingebürgert und soll darum uneingeschränkt übernommen werden. Es hat außerdem den Vorteil, daß für die Klassenabgrenzungen nicht physikalische oder chemische Gründe ausschlaggebend waren sondern biologische Gewässerprägungen.

**Tabelle 5** Das Venedig-System - eine Brackwasserklassifizierung  
(‰ heute = PSU) - 1958

Abstufung		Salinität (PSU)
Süßwasser	limnisch	$< 0,5$
Brackwasser	(mixohalin)	(0,5-30)
Brackwasser	$\beta$ -oligohalin	0,5-3
Brackwasser	$\alpha$ -oligohalin	3-5
Brackwasser	$\beta$ -mesohalin	5-10
Brackwasser	$\alpha$ -mesohalin	10-18
Brackwasser	polyhalin	18-30
Meerwasser	euhalin	30-40

Bemerkung: Der hyperhaline Bereich ( $> 40$  PSU) spielt im humiden Klimabereich keine Rolle.

Obwohl im Küstengewässerbereich der Ostsee Mecklenburg-Vorpommerns schon die polyhaline Zone keine Rolle spielt, sollte wegen späterer Vergleiche mit dem Bereich der westlichen Ostsee und vor allem mit dem des Wattenmeeres der Nordsee das Prinzip der in Tab. 5 aufgeführten siebenstufigen Klassifizierung beibehalten werden.

Für die Erarbeitung eines Gewässeratlases für die deutschen Küstengewässer sollte unbedingt eine Karte für die hydrographische Situation vorgesehen werden.

Die hydrographischen Bedingungen beeinflussen die Beschaffenheitsprägungen der Trophie und organischen Belastung unmittelbar.

#### 5.2.4 Trophie und organische Belastung in der Klassifizierung innerer Küstengewässer

Für die Klassifizierung der Gewässerbeschaffenheit der inneren Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern war im Standardvorschlag des Fachbereiches Biologie der Universität Rostock in Anlehnung an die OECD-Skala (vgl. VOLLENWEIDER, 1968) und an die Seen-TGL 27 885/01 bei einem Fünfstufensystem mit den Klassen oligotroph, mesotroph, eutroph, polytroph und hypertroph von Kriterien der Merkmalskomplexe

- Sauerstoffverhältnisse
- Nährstoffverhältnisse
- Bioproduktionsverhältnisse

und in Erweiterung durch Indikationsorganismen in Form von Zusatzkriterien aus den Bereichen Makrophytobenthos, Phytoplankton, Makrozoobenthos sowie Pfahlbewuchs ausgegangen worden. Mit Hilfe der Zusatzkriterien sollte die Beschaffenheitsansprache unterstützt werden. Mit ausgewählten Kriterien hieraus wurden die Küstengewässer durch die damalige Wasserwirtschaftsdirektion klassifiziert.

Mit der Richtlinie zur Klassifizierung der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns aus dem Jahre 1993 (vgl. Kap. 3.4) ist das System weiterentwickelt worden. Es erfolgte eine Erweiterung auf sechs Klassen (vgl. Tab. 2 in Kap. 5.1).

Die Tab. 6 zeigt, daß die Gedanken zur Entwicklung eines siebenklassigen Bewertungssystems auf der Basis der vier Hauptklassen und drei Unterklassen des Saprobien-systems für Fließgewässer am weitesten fortgeschritten ist. Für stehende Gewässer wird es mit der LAWA-Richtlinie auf der Grundlage des Seenstandards der ehemaligen DDR erstmalig ein Bewertungssystem geben und gleich mit sieben Klassen.

Für Küstengewässer kann eingeschätzt werden, daß die Entwicklung einer Bewertungsskala am weitesten in Mecklenburg-Vorpommern fortgeschritten ist. Im Rahmen der Arbeiten an einem deutschen Gewässergüteatlas sollte bald auch die Anpassung an ein siebenklassiges System erfolgen. Dennoch kann bereits heute für die mecklenburgisch-vorpommerschen Küstengewässer die Beschaffenheitsentwicklung über den Zeitraum von ca. 10 Jahren verglichen werden (dazu Kap. 5.2.5).

**Tabelle 6** 7 Gewässergüteklassen für die Bewertung der Oberflächengewässer in Deutschland  
a) Fließgewässer, b) Stehende Gewässer und Küstengewässer

a) Fließgewässer

Güteklasse	Fließgewässer		
	Saprobiearte	planktondominierte Flüsse	ökologische Struktur*
Klasse 1	I: oligosaprob	I: oligotroph	natürlich/naturnah
Klasse 2	I-II: oligo- bis $\beta$ -mesosaprob	I-II: mesotroph	bedingt naturnah
Klasse 3	II: $\beta$ -mesosaprob	II: eutroph	mäßig beeinträchtigt
Klasse 4	II-III: $\beta$ -meso- bis $\alpha$ -mesosaprob	II-III: eu- bis polytroph	deutlich beeinträchtigt
Klasse 5	III: $\alpha$ -mesosaprob	III: polytroph	merklich geschädigt
Klasse 6	III-IV: $\alpha$ -meso- bis polysaprob	III-IV: poly- bis saprotroph	deutlich geschädigt
Klasse 7	IV: polysaprob	IV: saprotroph	übermäßig geschädigt

\*FRIEDRICH und HESSE, 1996

b) Stehende Gewässer und Küstengewässer

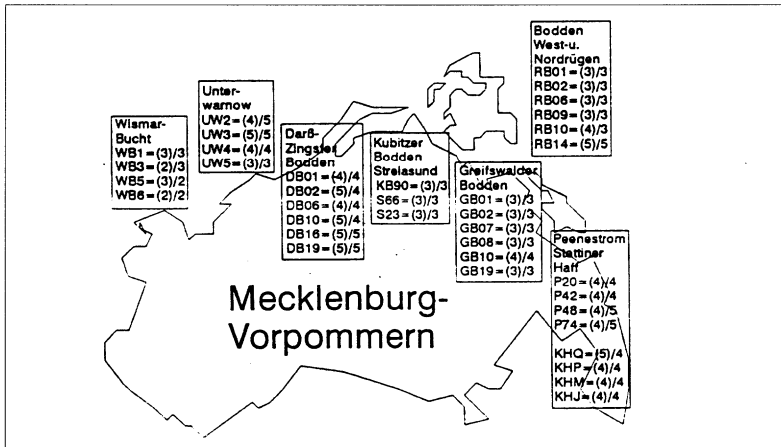
Güteklasse	Stehende Gewässer		Küstengewässer	
	TGL 27 885/01 ehemalige DDR 1982	LAWA- Vorschlag 1996	Fachbereich Biologie 1987	Landesrichtlinie Mecklenburg- Vorpommern 1993
Klasse 1	oligotroph	oligotroph	oligotroph	oligotroph
Klasse 2	mesotroph	mesotroph	mesotroph	mesotroph
Klasse 3	3a: eutroph: geschichtet 3b: eutroph: ungeschichtet	eutroph 1	eutroph	eutroph
Klasse 4	polytroph	eutroph 2	polytroph	stark eutroph
Klasse 5	hypertroph	polytroph 1	hypertroph	polytroph
Klasse 6	-	polytroph 2	-	hypertroph
Klasse 7	-	hypertroph	-	-

5.2.5 Die aktuelle Beschaffenheit der inneren Küstengewässer nach den Merkmalen der Trophie und organischen Belastung

Mit der Tab. 7 wird die aktuelle Beschaffenheit der inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns der Jahre 1994 und 1995 (Gewässergüteberichte 1994 (1996) und 1995 (1997)) mit dem potentiell natürlichen Zustand verglichen. Die Abb. 4 konkretisiert die Beschaffenheitsverteilung.

**Tabelle 7** Potentielle natürliche und aktuelle Beschaffenheit in den inneren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns  
 - entsprechend Tab. 3 und Gewässergütebericht 1994 und 1995  
 - Mittelwerte der 5-klassigen Bewertung

Gewässer	potentiell natürliche Beschaffenheit	aktuelle Beschaffenheit	
	Klasse	1994 Klasse	1995 Klasse
Wismar Bucht	1,6	2,5	2,5
Unterwarnow	3,2	4,0	4,2
Darß-Zingster Bodden	2,4	4,7	4,3
Rügener Bodden	1,8	3,5	3,3
Greifswalder Bodden	1,6	3,1	3,1
Oderhaff (Kleines Haff)	3,2	4,2	4,0



**Abb. 4** Die Gewässerbeschaffenheit der inneren Küstengewässer (1994) und 1995  
 - aus Gewässergütebericht 1995 (1997)

Bei allen Unterschieden in der Beschaffenheit der naturgegebenen Bedingungen (vgl. auch Tab. 4 und Abb. 3) ergeben sich größere Abweichungen zum aktuellen Zustand, wobei die schlechteren Beschaffenheitswerte immer in den ostseefernen Gewässerteilen angetroffen werden. Große Abweichungen vom potentiellen Naturzustand deuten auf die Erfolgserwartungen von Sanierungsstrategien hin. Auffallend ist, daß seit 1990 die Beschaffenheit der Darß-Zingster Boddenkette keinen sichtbaren Trend einer Verbesserung aufweist.

Mit der kontinuierlichen Durchsetzung der Inhalte der Landesrichtlinie für die Klassifizierung der Seegewässer kann bereits heute gezeigt werden, daß für den deutschen Gewässeratlas aus der Sicht der Küstengewässer ein bedeutender Beitrag geleistet werden kann. Künftig muß das Hauptinteresse auf die Anpassung an die siebenstufige Klassifizierung (vgl. Tab. 6) gelegt werden. Die in Tab. 2 aufgeführten Bewertungskriterien werden als ausreichend für eine sichere Klassifizierung nach dem Merkmalskomplex Trophie und organische Belastung eingeschätzt. Damit wird die Beeinträchtigung des Gewässerzustandes im Zusammenhang mit der Eutrophierung ausreichend berücksichtigt.

### 5.2.6 Das Erfordernis einer Sedimentbewertung

Obwohl die Rolle der Sedimente für die Prägung des Stoffhaushaltes der Oberflächengewässer seit langem bekannt ist, spielen sie in der Gewässerbewertung bisher nur eine untergeordnete Rolle. Sedimente vermögen hohe Konzentrationen von Nährstoffen und Schadstoffen zu akkumulieren. In Abhängigkeit von den Bedingungen im Gewässer können Sedimente die Rolle einer Senke bzw. einer Quelle für Stoffflüsse übernehmen. Sedimentwirkungen sind bei der Gewässerbewertung bisher nur indirekt berücksichtigt worden, z. B. bei den Sauerstoffverhältnissen im Hypolimnion von Seen (TGL 27 885/01). Erste Ansätze von Sedimentbewertungen sind im Zusammenhang mit der zunehmenden Schadstoffproblematik entwickelt worden. Als Beispiel soll hier der Geoakkumulationsindex ( $I_{geo}$  - 1979) für Schwermetallbelastungen der Sedimente genannt werden (MÜLLER, 1981). Unter Berücksichtigung eines geologischen Backgrounds als Bezugsgröße sind für die Klassifizierung bereits damals sieben Sedimentbeschaffenheitsklassen für Fließgewässer festgelegt worden (vgl. Tab. 8).

**Tabelle 8** Der Geoakkumulationsindex  $I_{geo}$  - 1979 für Schwermetalle in Fließgewässersedimenten  
- nach MÜLLER, 1981

$I_{geo}$	Geoakkumulationsindex ( $I_{geo}$ - 1979)	
	$I_{geo}$ -Klasse	Sedimentqualität
< 0	0	praktisch unbelastet
> 0-1	1	unbelastet bis mäßig belastet
> 1-2	2	mäßig belastet
> 2-3	3	mäßig bis stark belastet
> 3-4	4	stark belastet
> 4-5	5	stark bis übermäßig belastet
> 5	6	übermäßig belastet

Als Bezugsgröße ("Nullwert") für eine anthropogene Schwermetallbelastung bietet sich die Schwermetallkonzentration, die durch die geochemischen Verteilungsgesetze in unbelasteten Sedimenten vorgegeben ist (= "geochemischer Background"). In der Regel wird dafür die Messung bei Sedimenten und Böden an der Tonfraktion,

Tonfraktion, also Korngröße < 0,2  $\mu$ m, vorgenommen. Durch den Vergleich mit fossilen Tongesteinen wurden damals die folgenden Beispielkonzentrationen als Background-Wert festgelegt (in mg/kg):

Cadmium	0,3	Kupfer	45
Blei	20	Chrom	90
Zink	95	Kobalt	19
Quecksilber	0,4	Nickel	68.

Für die im Rahmen dieses Beitrages im Vordergrund stehende Diskussion der Eutrophierungserscheinungen erfordern, die Sedimentwirkungen nach dem Sauerstoffzehrungspotential und den Nährstoffakkumulationen zu bewerten. Im Standardvorschlag für Küstengewässer des Fachbereiches Biologie der Universität Rostock (vgl. SCHLUNGBAUM, NAUSCH, 1987) sind dazu erste Schritte unternommen worden. Anlaß dafür waren die Ergebnisse umfangreicher Sedimentkartierungen nach Qualität und Verteilung im Rahmen der komplexen ökologischen Boddenforschung (Kartierung im 500 m Netz).

**Tabelle 9** Sedimentverteilung (Oberflächenschicht) am Beispiel der Darß-Zingster Boddengewässer  
 - Mineralbodenkomplex = organischer Gehalt < 5 % TS  
 - Schlickbodenkomplex = organischer Gehalt > 5 % TS  
 aus: SCHLUNGBAUM, NAUSCH, BAUDLER, 1994

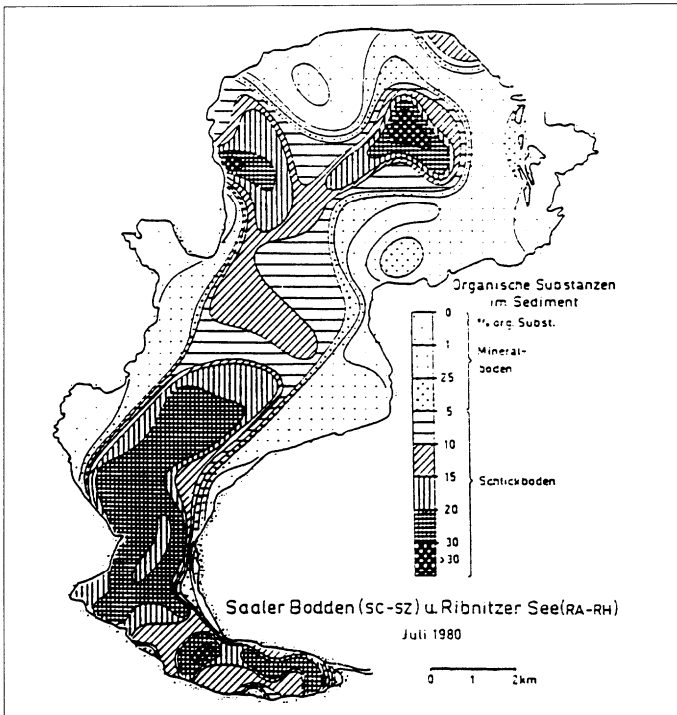
Gewässerteil MK + SK = 100%	Mineralbodenkomplex MK					Schlickbodenkomplex SK				
	Probenanzahl		organischer Anteil			Probenanzahl		organischer Anteil		
	n	%	Mittel	Min.	Max.	n	%	Mittel	Min.	Max.
Grabow	51	59	1,7	0,1	5,1	36	41	16,6	5,3	42,8
Barther Bodden <sup>1980</sup>	58	57	2,3	0,2	4,8	43	43	12,1	5,3	25,8
Bodstedter Bodden	51	50	1,6	0,2	4,8	51	50	20,3	5,1	36,8
Saaler Bodden	39	54	1,4	0,2	3,3	33	46	15,8	5,2	34,2
Ribnitzer See	6	12	2,6	1,5	4,8	42	88	19,5	9,1	43,2

Auch die Phosphorgehalte in den Sedimenten weisen wie die Gehalte an organischen Substanzen in der Flächenverteilung eine große Heterogenität auf. Die P-Akkumulation steigt in der Regel mit dem Anteil an organischer Substanz an (Tab. 10).

**Tabelle 10** P-Verteilung auf Stufen organischer Gehalte der einzelnen Bodenteile der Darß-Zingster Boddengewässer  
 - Werte in mg P/g TS  
 aus: SCHLUNGBAUM, NAUSCH, 1994

P-Gehalte	organischer Gehalt in %				
	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30
Grabow	0,16	0,50	0,63	0,62	0,39
Barther Bodden	0,20	0,43	0,73	0,86	-
Bodstedter Bodden	0,17	0,37	0,77	0,99	1,00
Saaler Bodden	0,15	0,68	0,92	1,15	0,87
Ribnitzer See	0,34	1,11	1,16	1,45	1,26

In der Abb. 5 wird am Beispiel des Saaler Boddens eine für die Boddengewässer des Darßes und des Zingstes komplett erstellte Sedimentqualitätsverteilung gezeigt.



**Abb. 5** Kartierungsergebnisse für die Verteilung der Sedimentqualitäten am Beispiel des Saaler Boddens/Darß-Zingster Boddenkette  
 aus: SCHLUNGBAUM, BAUDLER 1996 b

Mit Hilfe der in den Tabellen 9 und 10 gezeigten heterogenen Verteilung der Sedimentqualität wurde für das damals fünfklassige Bewertungssystem die folgende Klassenzuteilung vorgesehen (Tab. 11).

**Tabelle 11** Kriterien der internen Gewässerbelastung  
aus: SCHLUNGBAUM, NAUSCH, 1987

Kriterien	Klasse 1 oligotroph	Klasse 2 mesotroph	Klasse 3 eutroph	Klasse 4 polytroph	Klasse 5 hypertroph
<b>organischer Gehalt</b> in Sedimentoberflächenschicht in % der Gewässerfläche (> 5% TS)	< 10	> 10	> 30	> 60	> 90
<b>P-Gehalt</b> mg P/g TS in Sedimentoberflächenschicht	< 0,5	< 0,7	< 1,0	1,5	> 1,5

Aus heutiger Sicht der analytischen Möglichkeiten könnte statt der  $P_{ges.}$ -Konzentration auch der biologisch verfügbare Anteil und damit gewässerwirksame Teil eingesetzt werden (SELIG, 1995; HUPFER et al., 1997). Auch bezüglich der organischen Substanzverteilung könnte mit Hilfe des Sedimentzehrungspotentials für Sauerstoff ein vielleicht besseres Kriterium eingeführt werden (KWIATKOWSKI, SCHLUNGBAUM, 1996).

Insgesamt kann festgestellt werden, daß bei Einbeziehung der Sedimente in die Gewässerbewertung eine bessere Analyse mit höherer Zuordnungssicherheit erfolgen kann. Die Ergebnisse der ökologischen Küstengewässerforschung bieten dafür eine erste Basis.

## 6 Zum gegenwärtigen Stand und zu Erfordernissen der Entwicklung eines Gewässergüteatlasses für die inneren Küstengewässer

Die Notwendigkeit eines Teiles Küstengewässer in dem im Aufbau befindlichen deutschen Güteatlasses für Oberflächengewässer durch Gestaltung mehrer thematischer Karten wurde ausführlich dargelegt. Es wurde außerdem aufgezeigt, daß für Mecklenburg-Vorpommern schon auf recht hohes Eingangsniveau verwiesen werden kann.

Entsprechend Tab. 1 wird es nicht ausreichend sein, nur die physikalisch-chemische Beschaffenheit zu bewerten. Ein Kartensystem für die Küstengewässer muß ähnlich dem für limnische Gewässer sowohl den potentiellen natürlichen als auch den aktuellen Gewässerzustand berücksichtigen. Im Rahmen dieses Beitrages



wurden insbesondere die klassischen Belastungsbereiche der Saprobisierung und der Eutrophierung untersucht. Durch die langjährigen, komplex angelegten Forschungsarbeiten des Fachbereiches (früher Sektion) Biologie der Universität Rostock und der Weiterentwicklung des Küstengewässerbewertungsprogrammes im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern kann bereits jetzt von einem hohen Startniveau ausgegangen werden. Bei der Entwicklung des Kartensystems sind selbstverständlich die unterschiedlichen Küstengewässertypen an Nord- und Ostsee zu berücksichtigen. Dennoch sollten bestimmte allgemeine Karten vergleichbar gestaltet werden.

Im einzelnen ergibt sich gegenwärtig der folgende Stand für den Bereich der inneren Küstengewässer an der Ostsee:

- **Karte 1:** Die Darstellung des potentiellen natürlichen Zustandes der Küstengewässer auf der Basis der Ausführungen in den Kap. 5.2.1 und 5.2.2. Die Ausweisung dieses Zustandes muß in den gleichen Beschaffenheitsklassen wie in den übrigen Karten erfolgen.
- **Karte 2:** Das Charakteristikum der wechselnden Salzgehalte in den Küstengewässern erfordert eine Extrakarte für die hydrographischen Bedingungen entsprechend Kap. 5.2.3. Die Salzgehaltsschwankungen gehören in der Regel nicht zu den anthropogen beeinflussten Faktoren. Mit den Salzgehaltsbedingungen können in Nebenkarten auch die Verteilungen der wichtigsten Salzgehaltsbestandteile, incl. ihrer Anomalie erfaßt werden.
- **Karte 3:** Die Kriterien der Trophie und organischen Belastung sollten zur Karte 3 zusammengefaßt werden. Hier sollte unbedingt überlegt werden, ob nicht bestimmte Gestaltungsähnlichkeiten zu den stehenden Gewässern (Seen-Richtlinie) erreicht werden können. Dann wäre ein unmittelbarer Trophievergleich zwischen beiden Gewässertypen möglich. Die Inhalte wurden in Kap. 5.2.4 diskutiert.
- **Karte 4:** Die Beschaffenheit der Sedimente und ihre Wirkung auf den Wasserkörper hinsichtlich der Trophie und organischen Belastung muß getrennt von Karte 3 ausgewiesen werden. Im Kap. 5.2.6 werden dazu erste Vorschläge unterbreitet.
- **Karte 5 und Karte 6:** Diese Karten sind der Schadstoffproblematik vorzubehalten. Bezüglich der Schwermetalle in den Sedimenten könnte auf das IGEO-System von MÜLLER (1981) verwiesen werden (vgl. Kap. 5.2.6).

Es bleibt zu überlegen, ob in dem komplex gedachten Güteatlas für die Oberflächengewässer nicht auch die hygienische Bewertung (z. B. Badewasserkarten) Berücksichtigung finden sollten.

#### Literatur

- BACHOR, A. (1996a). Ergebnisse der Gewässerüberwachung der inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns. - BODDEN 3, 117 - 136
- BACHOR, A. (1996b). Nährstoffeinträge aus Mecklenburg-Vorpommern in die Ostsee 1990 - 1995. - Wasser und Boden 48, 8, 33 - 36.
- BACHOR, A., M. v. WEBER und R. WIEMER (1996). Die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns. - Wasser und Boden 48, 8, 26 - 32.

- BMBF (1996). Fluß- und Seenlandschaften - Berichte aus der ökologischen Forschung. "Chancen für einen ökologischen Neuanfang - Warnow". - Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, 96 S..
- EU (1994). Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über die ökologische Qualität von Gewässern. - Ratsdokument Europäische Kommission Nr. 8600/94.
- EU (1996/97). Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. - Entwurf 4/12/96 oder Bundesratsdrucksache 319/97 vom 29.04.1997.
- FRIEDRICH, G. (1997). Der Saprobienindex - Allheilmittel für die Gewässerbewertung? - Intern. Symp. 28./29.11.1996, "Lebensraum Gewässer - nachhaltiger Gewässerschutz im 21. Jahrhundert". Hrsg.: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg.
- FRIEDRICH, G. u. K. J. HESSE (1996). Das neue Gewässergütekartierungssystem und seine Auswirkungen. - Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 156, 6, 1 - 10 (29. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft Mai 1996 in Erfurt).
- HELCOM (1992). Ostseeekonvention II. Übereinkommen von 1992 über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes (HELSINKI-Übereinkommen). - Bundesgesetzblatt II, 1994, 1397 - 1431.
- HUPFER, M., J. GELBRECHT, B. SCHARF und Ch. STEINBER (1997). Konzeptionelle Ansätze zur Steuerung des Phosphat-Haushaltes von Seen durch interne Maßnahmen. - Wasser und Boden 49, 12, 8 - 13.
- KWIATKOWSKI, B., G. SCHLUNGBAUM und E. GRABERT (1996). Eine Möglichkeit zur Differenzierung der Sauerstoffzehrungsleistung von Sedimenten der Darß-Zingster Boddenkette mit Hilfe der ARAS SensorBSB Technik. - Rostock. Meeresbiol. Beitr. 4, 47 - 56.
- LAWA (1996a). Gewässerbewertung - stehende Gewässer, Richtlinie für die Bewertung nach trophischen Kriterien. - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/LAWA-Arbeitsgruppe Gewässerbewertung", Entwurf vom 04.06.1996.
- LAWA (1996b). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser-Gewässer-Güteatlas der Bundesrepublik Deutschland, Teil 1: Biologische Gewässergütekarte 1995.
- MÜLLER, G. (1981). Die Schwermetallbelastung der Sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse - Eine Bestandsaufnahme. - Chemiker-Zeitung 105, 6, 157 - 164.
- SCHLUNGBAUM, G. (1989). Konzepte und Arbeitsergebnisse zur Aufstellung für Gewässergütekriterien für Salz- und Brackgewässer. - Umweltgespräche Niedersachsen (Niedersächs. Umweltministerium) EXPERT, 34 - 36.
- SCHLUNGBAUM, G. (1997). Moderne Bewertungssysteme für Flachlandflüsse - Zustand, Entwicklung und ökologische Besonderheiten für Gewässer und Sedimente/Erfahrungen in Mecklenburg-Vorpommern. - Wasserkolloquium (BWK) Neubrandenburg, im Druck.
- SCHLUNGBAUM, G. und H. BAUDLER (1996a). Gewässergütebericht für die Darß-Zingster Boddenkette 1994/1995 mit Vergleichen zur Langzeitentwicklung. - im Druck.
- SCHLUNGBAUM, G. und H. BAUDLER (1996b). Schlämme in hocheutrophen Küstengewässern - gibt es zum Baggern eine Alternative?. - BfG Koblenz-Berlin, 11, 77 - 90.
- SCHLUNGBAUM, G. und G. NAUSCH (1987). Erarbeitung der naturwissenschaftlichen Grundlagen und des 1. Entwurfes einer Küstengewässer-TGL (bestehend aus: TGL-Entwurf, Anwenderrichtlinie und Bericht). - Fachbereich Biologie, Universität Rostock, Bericht unveröff..
- SCHLUNGBAUM, G. und G. NAUSCH (1988). Die naturwissenschaftlichen Grundlagen und der Entwurf eines Küstengewässerstandards - ein Ergebnis komplexer ökologischer Forschungen der Sektion Biologie der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock und ihrer Kooperationspartner. - Wiss. Z. Univ. Rostock 37, N-Reihe 5, 18 - 24.
- SCHLUNGBAUM, G., G. NAUSCH und H. BAUDLER (1994). Sedimentstruktur und Sedimentdynamik in den Darß-Zingster Boddengewässern. - Rostock. Meeresbiol. Beitr. 2, 27, 40.
- SCHLUNGBAUM, G., U. SCHIEWER und E. A. ARNDT (1994). Beschaffenheitsentwicklung und Klassifizierung der Darß-Zingster Boddengewässer mit ausgewählten Vergleichen zu anderen Bodden und Haffen. - Rostock. Meeresbiol. 2, 191 - 202.
- Selig, U. (1995). Untersuchungen zum Phosphorkreislauf in einem eutrophen Flachlandflußsystem - Phosphorbindungsformen und Gewässersedimenten der Warnow und deren Verfügbarkeit. - Dissertation, Univ. Rostock, Math.-Nat. Fak..
- TGL 22 764 (1981). Nutzung und Schutz der Gewässer: Klassifizierung der Beschaffenheit von Fließgewässern. - Ministerium für Umwelt und Wasserwirtschaft der DDR, Berlin, TGL, Bearbeitungsstand März 1981.

- TGL 27 885/01 (1982). Nutzung und Schutz der Gewässer: Stehende Gewässer (Klassifizierung). - Ministerium für Umwelt und Wasserwirtschaft der DDR, Berlin , TGL, Bearbeitungsstand März 1982.
- THIELE, V., D. MEHL (196). Zum Standorttypie-Index. - in BMBF (1996).
- UMWELT (1996). Neue Herausforderungen im Gewässerschutz. - UMWELT/Bundesministerium für Umwelt, 10, 333 - 334.
- UMWELTGUTACHTEN (1969). Rat für Sachverständige für Umweltfragen bei der Bundesregierung. - Verlag Metzler-Poeschel Stuttgart, 468 S..
- UMWELTMINISTERIUM (1991). Gewässergütebericht 1990 - Gütezustand der Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern.
- UMWELTMINISTERIUM (1992). Gewässergütebericht 1991 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer und der Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern.
- UMWELTMINISTERIUM (1993). Gewässergütebericht 1992 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer und der Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern.
- UMWELTMINISTERIUM (1994). Gewässergütebericht 1993 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer , der Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern.
- UMWELTMINISTERIUM (1996). Gewässergütebericht 1994 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer , der Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern.
- UMWELTMINISTERIUM (1997). Gewässergütebericht 1995 - Oberirdischen Gewässer , Küstengewässer und Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern.
- VENEDIG-System (1958). The Venice System for the Classification of marine waters according of salinity. - Symp. on the classification of brackish waters, Venedig 08. - 14.04.1958.
- VOLLENWEIDER, R. A. (1968). Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. - OECD-Technical Report, Paris DAS/GSI/68.
- VOLLENWEIDER, R. A. (1992). Coastal marine eutrophication: principles and control. - Proc. of an Internat. Conf. Bologna/Italy 21. - 24.03.1990. 1 - 20. Elsevier Amsterdam.

#### **Verfasser**

Prof. Dr. G. Schlungbaum  
 Universität Rostock  
 FB Biologie / Angewandte Ökologie  
 Freiligrathstr. 7/8  
 18051 Rostock